

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р  
И Н С Т И Т У Т   Г Е О Л О Г И И   Р У Д Н Ы Х   М Е С Т О Р О Ж Д Е Н И Й,   П Е Т Р О Г Р А Ф И И,  
М И Н Е Р А Л О Г И И   И   Г Е О Х И М И И

# МИНЕРАЛЫ

СПРАВОЧНИК

Т о м   I

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.  
ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.  
КАРБИДЫ, НИТРИДЫ, ФОСФИДЫ.  
АРСЕНИДЫ, АНТИМОНИДЫ,  
ВИСМУТИДЫ. СУЛЬФИДЫ.  
СЕЛЕНИДЫ. ТЕЛЛУРИДЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1960

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

чл.-корр. АН СССР Ф. В. ЧУХРОВ.

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

д-р геол.-мин. наук Э. М. БОНШТЕДТ - КУПЛЕТСКАЯ.

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Проф. Г. П. БАРСАНОВ, акад. Н. В. БЕЛОВ,

д-р геол.-мин. наук О. М. ШУБНИКОВА

ОТВЕТСТВЕННЫЕ РЕДАКТОРЫ I ТОМА:

Э. М. БОНШТЕДТ - КУПЛЕТСКАЯ и Ф. В. ЧУХРОВ.



---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый вниманию читателей справочник «Минералы» является первым полным минералогическим справочником, составленным в СССР. При подготовке его обращено внимание на возможно более широкое использование данных новейшей советской и иностранной литературы с тем, чтобы дать читателю представление о современном состоянии изучения отдельных минералов.

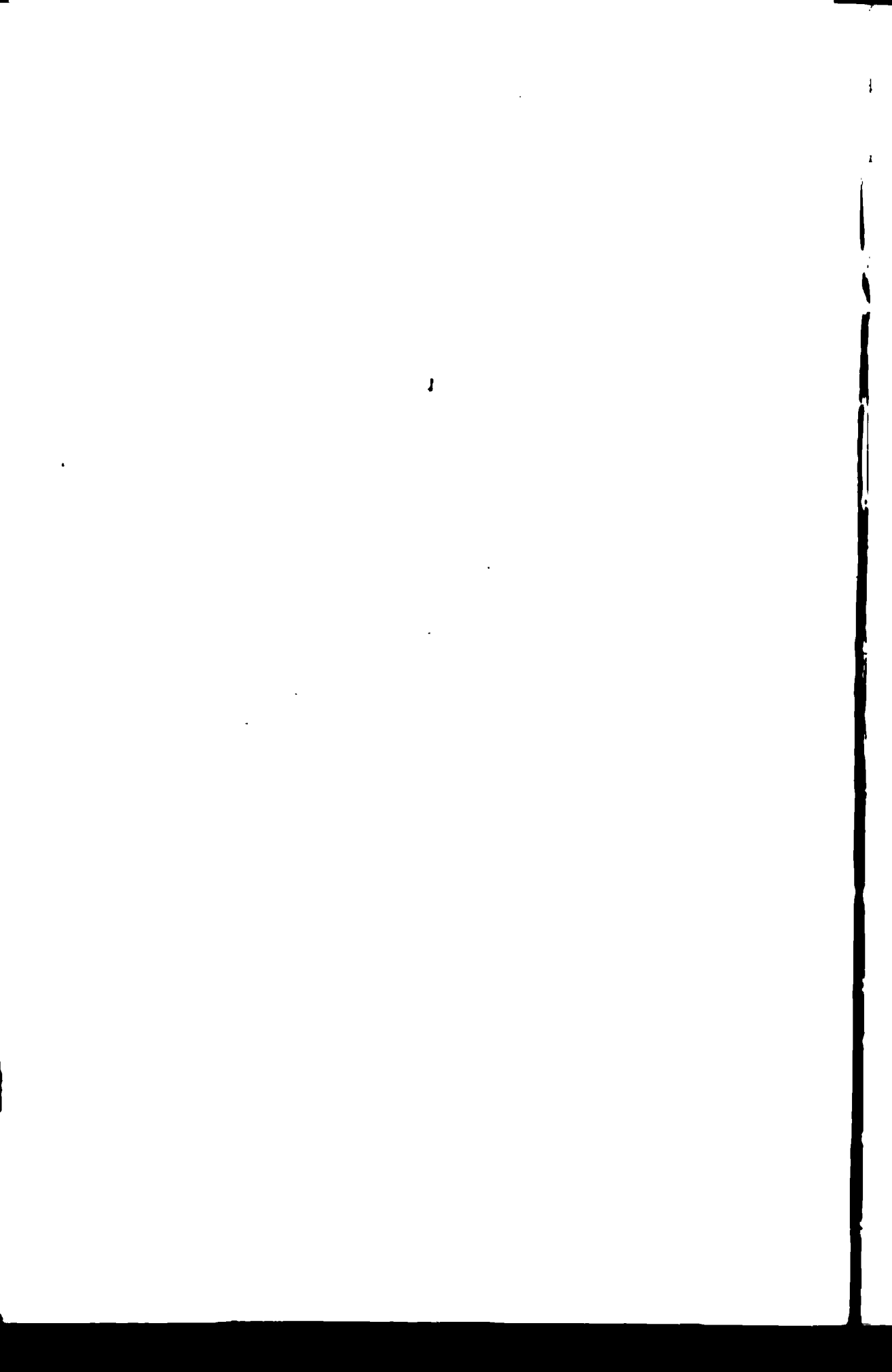
В наше время, когда для характеристики минералов используются данные сопредельных наук — физики, химии и др., составление полного минералогического справочника представляет большие трудности; некоторые свойства (например, магнитные, электрические и др.) в литературе охарактеризованы лишь для немногих минералов.

В отличие от распространенного среди минералогов 7-го издания «Системы минералогии» Дана, предлагаемый справочник в ряде разделов преимущественно базируется на достижениях отечественной минералогии. В дополнение к данным, содержащимся в других минералогических справочниках, в настоящем справочнике приведены межплоскостные расстояния, результаты термического анализа и некоторые другие сведения, необходимые для диагностики минералов.

В основу справочника легли классические русские и иностранные сводки и справочники, список которых приведен ниже. Более новые сведения о минералах заимствованы из периодических изданий, монографий и сводок последних лет.

Справочник предназначен для минералогов, геохимиков, петрографов, геологов различных специальностей и всех лиц, имеющих дело с изучением, добычей и практическим использованием минералов.

---



## ВВЕДЕНИЕ

Справочник «Минералы» намечено издать в семи томах. Принято следующее распределение материала по томам:

I том — Самородные элементы. Интерметаллические соединения. Карбиды, нитриды, фосфиды. Арсениды, антимониды, висмутиды. Сульфиды. Селениды. Теллуриды.

II том — Галогидные соединения. Окислы.

III и IV тома — Силикаты.

V и VI тома — Остальные кислородные соединения.

VII том — Диаграммы существенных для минералогии фазовых равновесий.

Сведения о каждом минерале изложены в следующем порядке: название, формула, объяснение названия и синонимы, характер выделений, структура и морфология кристаллов, физические свойства, химизм, поведение при нагревании, нахождение в природе, изменение, синтез, практическое значение, отличие от сходных минералов, литература.

Различные сопоставления, а также критические замечания или не вполне достоверные сведения напечатаны петитом.

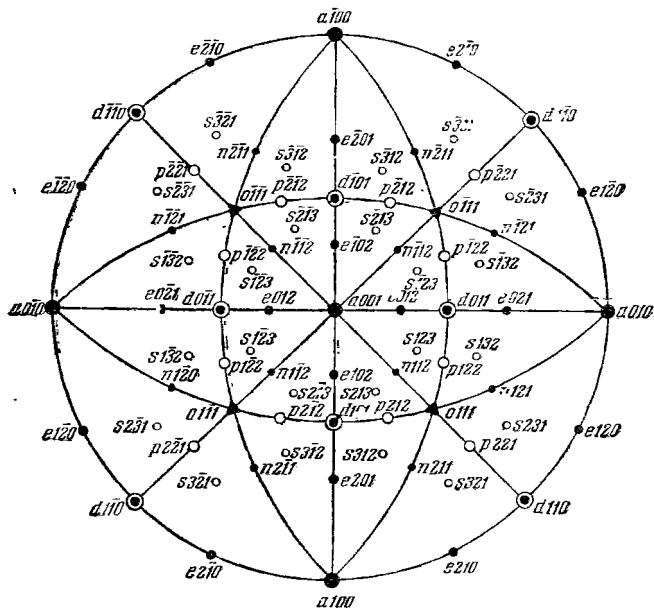
В основу распределения материала в каждом томе положены различия кристаллических структур минералов. Некоторые минералы, структуры которых до настоящего времени не изучены, отнесены к соответствующим группам условно, на основе близости состава и свойств. В особый раздел выделены недостаточно полно изученные минералы.

Названия минералов приведены на русском и английском языках. В начале описания каждого минерала кратко сообщается происхождение названия и перечисляются русские синонимы минерала (с указанием фамилии автора, предложившего название, и года описания).

В начале описания кратко перечисляются главные разновидности минерала; более подробно разновидности характеризуются в конце описания данного минерала (Разнов.).

В начале раздела, заключающего описания структуры и морфологии кристаллов (Структ. и морф. крист.), приведены данные рентгеноструктурного изучения, после чего следует морфологическое описание кристаллов. Сообщаются сведения о сингонии минерала, пространственной группе, размерах элементарной ячейки и отношении осей по рентгеновским данным, о числе формульных единиц ( $Z$ ) в ячейке. Кратко описывается кристаллическая структура. Параметры решетки приведены в  $\text{Å}$  (данные, приведенные авторами в  $kX$ , перечислены на  $\text{Å}$ ). Межплоскостные расстояния в таблицах даны в  $kX$ .

Из данных морфологической кристаллографии указывается отношение осей, приводится список наиболее распространенных форм с указанием их сферических угловых координат ( $\varphi$  и  $\rho$ ) и наиболее характерных межграных углов, перечисляются формы второстепенного значения.



Фиг. 1. Проекция форм кристаллов кубической сингонии

Морфологическая установка, как правило, не приведена к рентгеновской (предпочтительно принималась морфологическая установка, которой отвечает наименьшая сумма цифр символов главных форм минерала). При расхождении рентгеновского ( $a_0 : b_0 : c_0$ ) и морфологического ( $a : b : c$ ) отношений осей обе установки сопоставляются; для минералов, морфологические установки которых менялись, дано сопоставление символов главных форм для различных установок и приведены формулы перехода<sup>1</sup>.

Символы граней, направление спайности и оптическая ориентировка в дальнейшем тексте во всех случаях даны в принятой морфологической установке.

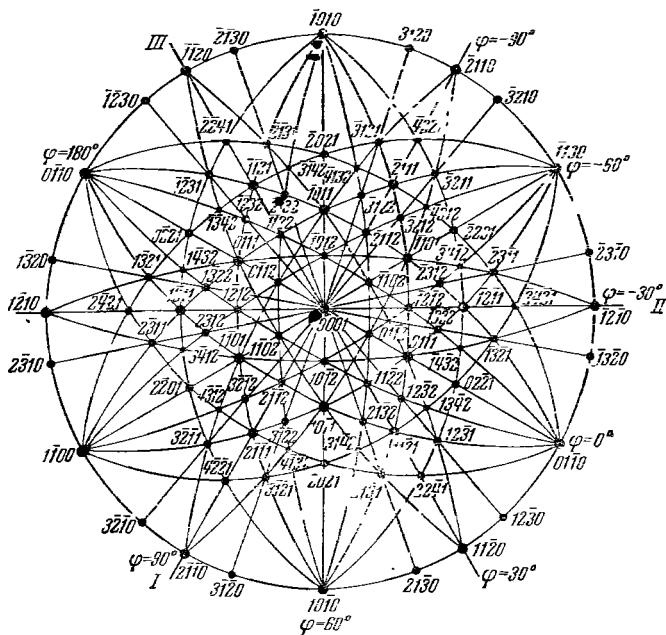
<sup>1</sup> Указания к применению формул перехода (подробно см. 7-е издание Дана и руководства по кристаллографии). Символ старой установки пишется 3 раза в одну строку, во второй строке подписываются 9 цифр формулы перехода; каждая цифра верхней строки умножается на стоящую под нею цифру второй строки. Сумма трех первых произведений составляет первую цифру символа в новой установке, сумма трех следующих произведений — вторую цифру, трех последних — третью.

Пример: Формула перехода  $\bar{1}00/0\bar{1}2/102$ ; старый символ (121).

1	2	1	1	2	1	1	2	1
×	×	×	×	×	×	×	×	×
$\bar{1}$	0	0	0	$\bar{1}$	2	1	0	2
$\bar{1}$	+0	+0	=	$\bar{1}$	0	+ $\bar{2}$	+2	=0
$\bar{1}$	+0	+0	=	$\bar{1}$	0	+2	=	3

Новый символ ( $\bar{1}03$ ).

На прилагаемых чертежах кристаллов, взятых из оригинальных статей и из справочников, буквенные обозначения во многих случаях изменены в соответствии с буквами, указанными при перечислении форм (в основном приняты буквенные обозначения по Дана).



Фиг. 2. Проекция форм кристаллов гексагональной и тригональной сингоний

В таблицах на стр. 8 и 9 приведены общие для всех минералов кубической сингонии значения полярных координат  $\varphi$  и  $\rho$  и граничных углов важнейших форм; стереографическая проекция форм кристаллов кубической сингонии иллюстрирует их положение (фиг. 1).

Для гексагональных и тригональных минералов нулевое значение  $\varphi$  принято для форм  $(0h\bar{h}l)$  в соответствии с установкой, принятой в советских руководствах по вычислению кристаллов (О. А. Аншелес, В. В. Доливо-Добровольский и др.) и в «Определителе кристаллов» А. К. Болдырева с сотрудниками.

Для наглядности расположения граней различных индексов прилагается стереографическая проекция главных форм гексагональной и тригональной сингоний (фиг. 2).

Для минералов ромбической сингонии, кристаллы которых бывают вытянуты по разным осям, помимо  $\varphi$  и  $\rho$  для нормального положения (с вертикально направленной осью  $c$ ), в таблицах приводятся также  $\varphi_1$  и  $\rho_1$  при вертикально направленной оси  $a$  (т. е. при перемещении осей  $c$  и  $a$ ) и  $\varphi_2$  и  $\rho_2$  — при вертикальном положении оси  $b$  (взаимное перемещение осей  $c$  и  $b$ ).

Для минералов моноклинной сингонии, кристаллы которых удлинены по оси  $b$  (группа эпидота и др.), помимо  $\varphi$  и  $\rho$ , приводятся  $\varphi_2$  и  $\rho_2$ , отвечающие вертикальному направлению оси  $b$ , необходимые для измерений кристаллов такого типа.

## φ и ρ кристаллов кубической сингонии.

	φ	ρ		φ	ρ		φ	ρ
<i>a</i>	$\begin{cases} 001 & - \\ 010 & 0^{\circ}00' \\ 100 & 90\ 00 \end{cases}$	$\begin{cases} 0^{\circ}00' \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>δ</i>	$\begin{cases} 016 & 0^{\circ}00' & 9^{\circ}27' \\ 061 & 0\ 00 & 80\ 32 \\ 160 & 9\ 27 & 90\ 00 \\ 610 & 80\ 32 & 90\ 00 \end{cases}$	<i>P</i>	$\begin{cases} 122 & 26^{\circ}34' & 48^{\circ}11' \\ 221 & 45\ 00 & 70\ 31 \end{cases}$		
<i>d</i>	$\begin{cases} 011 & 0\ 00 \\ 110 & 45\ 00 \\ 101 & 90\ 00 \end{cases}$	$\begin{cases} 45\ 00 \\ 90\ 00 \\ 45\ 00 \end{cases}$	<i>χ</i>	$\begin{cases} 343 & 36\ 52 & 59\ 02 \\ 334 & 45\ 00 & 46\ 41 \\ 433 & 53\ 08 & 59\ 02 \end{cases}$	<i>γ</i>	$\begin{cases} 255 & 21\ 48 & 47\ 07 \\ 552 & 45\ 00 & 74\ 12 \end{cases}$		
<i>o</i>	111 45 00	54 44				<i>q</i>	$\begin{cases} 133 & 18\ 26 & 46\ 30 \\ 331 & 45\ 00 & 76\ 44 \end{cases}$	
<i>ζ</i>	$\begin{cases} 045 & 0\ 00 \\ 054 & 0\ 00 \\ 450 & 38\ 39 \\ 540 & 51\ 20 \end{cases}$	$\begin{cases} 38\ 39 \\ 51\ 20 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>β</i>	$\begin{cases} 232 & 33\ 41 & 60\ 59 \\ 223 & 45\ 00 & 43\ 19 \\ 322 & 56\ 19 & 60\ 59 \end{cases}$	<i>p</i>	$\begin{cases} 144 & 14\ 02 & 45\ 52 \\ 441 & 45\ 00 & 79\ 58 \end{cases}$		
<i>θ</i>	$\begin{cases} 034 & 0\ 00 \\ 043 & 0\ 00 \\ 340 & 36\ 52 \\ 430 & 53\ 08 \end{cases}$	$\begin{cases} 36\ 52 \\ 53\ 08 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>σ</i>	$\begin{cases} 353 & 30\ 58 & 62\ 46 \\ 335 & 45\ 00 & 40\ 19 \\ 533 & 59\ 02 & 62\ 46 \end{cases}$	<i>z</i>	$\begin{cases} 243 & 26\ 34 & 56\ 08 \\ 234 & 33\ 41 & 42\ 02 \\ 342 & 36\ 52 & 68\ 12 \\ 432 & 53\ 08 & 68\ 12 \end{cases}$		
<i>g</i>	$\begin{cases} 023 & 0\ 00 \\ 032 & 0\ 00 \\ 230 & 33\ 41 \\ 320 & 56\ 18 \end{cases}$	$\begin{cases} 33\ 41 \\ 56\ 18 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>n</i>	$\begin{cases} 121 & 26\ 34 & 65\ 54 \\ 112 & 45\ 00 & 35\ 16 \\ 211 & 63\ 26 & 65\ 54 \end{cases}$	<i>U</i>	$\begin{cases} 253 & 21\ 48 & 60\ 52 \\ 235 & 33\ 41 & 35\ 48 \\ 352 & 30\ 58 & 71\ 04 \\ 532 & 59\ 02 & 71\ 04 \end{cases}$		
<i>l</i>	$\begin{cases} 035 & 0\ 00 \\ 053 & 0\ 00 \\ 350 & 30\ 58 \\ 530 & 59\ 02 \end{cases}$	$\begin{cases} 30\ 58 \\ 59\ 02 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>γ</i>	$\begin{cases} 252 & 21\ 48 & 69\ 37 \\ 225 & 45\ 00 & 29\ 30 \\ 522 & 68\ 12 & 69\ 37 \end{cases}$	<i>s</i>	$\begin{cases} 132 & 18\ 26 & 57\ 41 \\ 123 & 26\ 34 & 36\ 42 \\ 231 & 33\ 41 & 74\ 30 \\ 321 & 56\ 18 & 74\ 30 \end{cases}$		
<i>e</i>	$\begin{cases} 012 & 0\ 00 \\ 021 & 0\ 00 \\ 120 & 26\ 34 \\ 210 & 63\ 26 \end{cases}$	$\begin{cases} 26\ 34 \\ 63\ 26 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>m</i>	$\begin{cases} 131 & 18\ 26 & 72\ 27 \\ 113 & 45\ 00 & 25\ 14 \\ 311 & 71\ 34 & 72\ 27 \end{cases}$	<i>t</i>	$\begin{cases} 142 & 14\ 02 & 64\ 07 \\ 124 & 26\ 34 & 29\ 12 \\ 241 & 26\ 34 & 77\ 23 \\ 421 & 63\ 26 & 77\ 23 \end{cases}$		
<i>k</i>	$\begin{cases} 025 & 0\ 00 \\ 052 & 0\ 00 \\ 250 & 21\ 48 \\ 520 & 68\ 12 \end{cases}$	$\begin{cases} 21\ 48 \\ 68\ 12 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>μ</i>	$\begin{cases} 141 & 14\ 02 & 76\ 22 \\ 114 & 45\ 00 & 19\ 28 \\ 411 & 75\ 58 & 76\ 22 \end{cases}$	<i>u</i>	$\begin{cases} 143 & 14\ 02 & 53\ 57 \\ 134 & 18\ 26 & 38\ 19 \\ 341 & 36\ 52 & 78\ 41 \\ 431 & 53\ 08 & 78\ 41 \end{cases}$		
<i>f</i>	$\begin{cases} 013 & 0\ 00 \\ 031 & 0\ 00 \\ 130 & 18\ 26 \\ 310 & 71\ 34 \end{cases}$	$\begin{cases} 18\ 26 \\ 71\ 34 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>ω</i>	$\begin{cases} 151 & 11\ 18 & 78\ 54 \\ 115 & 45\ 00 & 15\ 47 \\ 511 & 78\ 41 & 78\ 54 \end{cases}$	<i>Y</i>	$\begin{cases} 152 & 11\ 18 & 68\ 35 \\ 125 & 26\ 34 & 24\ 05 \\ 251 & 21\ 48 & 79\ 29 \\ 521 & 68\ 12 & 79\ 29 \end{cases}$		
<i>h</i>	$\begin{cases} 014 & 0\ 00 \\ 041 & 0\ 00 \\ 140 & 14\ 02 \\ 410 & 75\ 58 \end{cases}$	$\begin{cases} 14\ 02 \\ 75\ 58 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>φ</i>	$\begin{cases} 161 & 9\ 27 & 80\ 40 \\ 116 & 45\ 00 & 13\ 15 \\ 611 & 80\ 32 & 80\ 40 \end{cases}$	<i>V</i>	$\begin{cases} 153 & 11\ 18 & 59\ 32 \\ 135 & 18\ 26 & 32\ 18 \\ 351 & 30\ 58 & 80\ 16 \\ 531 & 59\ 02 & 80\ 16 \end{cases}$		
<i>η</i>	$\begin{cases} 015 & 0\ 00 \\ 051 & 0\ 00 \\ 150 & 11\ 18 \\ 510 & 78\ 41 \end{cases}$	$\begin{cases} 11\ 18 \\ 78\ 41 \\ 90\ 00 \\ 90\ 00 \end{cases}$	<i>N</i>	$\begin{cases} 344 & 36\ 52 & 51\ 20 \\ 443 & 45\ 00 & 62\ 03 \end{cases}$	<i>w</i>	$\begin{cases} 163 & 9\ 27 & 63\ 15 \\ 136 & 18\ 26 & 27\ 47 \\ 361 & 23\ 34 & 81\ 31 \\ 631 & 66\ 26 & 81\ 31 \end{cases}$		
			<i>r</i>	$\begin{cases} 233 & 33\ 41 & 50\ 14 \\ 332 & 45\ 00 & 64\ 45 \end{cases}$				

## Граничные углы кристаллов кубической сингонии

<i>oa</i> 111 : 100 = 54°44'	$\gamma a$ 510 : 100 = 11°18'	<i>ra</i> 332 : 100 = 50°14'
	$\gamma o$ 510 : 111 = 47 12	<i>ro</i> 332 : 111 = 10 01
	$\gamma d$ 510 : 110 = 33 42	<i>rd</i> 332 : 110 = 25 15
<i>da</i> 110 : 100 = 45 00		<i>pa</i> 221 : 100 = 48 11
	$\delta a$ 610 : 100 = 9 27	<i>po</i> 221 : 111 = 15 47
<i>od</i> 111 : 110 = 35 16	$\delta o$ 610 : 111 = 48 22	<i>pd</i> 221 : 110 = 19 29
	$\delta d$ 610 : 110 = 35 32	
<i>oo</i> 111 : 111 = 70 32		$\Gamma a$ 552 : 100 = 47 07
	$\chi a$ 433 : 100 = 46 41	$\Gamma o$ 552 : 111 = 19 28
	$\chi o$ 433 : 111 = 8 03	$\Gamma d$ 552 : 110 = 15 48
<i>dd</i> 110 : 101 = 60 00	$\chi d$ 433 : 110 = 31 55	
		<i>qa</i> 331 : 100 = 46 30
$\zeta a$ 540 : 100 = 38 39	$\beta a$ 322 : 100 = 43 19	<i>qo</i> 331 : 111 = 22 00
$\zeta o$ 540 : 111 = 35 46	$\beta o$ 322 : 111 = 11 25	<i>qd</i> 331 : 110 = 13 16
$\zeta d$ 540 : 110 = 6 20	$\beta d$ 322 : 110 = 30 58	
$\theta a$ 430 : 100 = 36 52	$\sigma a$ 533 : 100 = 40 19	<i>pa</i> 441 : 100 = 45 52
$\theta o$ 430 : 111 = 36 04	$\sigma o$ 533 : 111 = 14 25	<i>po</i> 441 : 111 = 25 12
$\theta d$ 430 : 110 = 8 08	$\sigma d$ 533 : 110 = 30 23	<i>pd</i> 441 : 110 = 10 02
		<i>za</i> 432 : 100 = 42 02
<i>ga</i> 320 : 100 = 33 41	<i>na</i> 211 : 100 = 35 16	<i>zo</i> 432 : 111 = 15 14
<i>go</i> 320 : 111 = 36 49	<i>no</i> 211 : 111 = 19 28	<i>zd</i> 432 : 110 = 23 12
<i>gd</i> 320 : 110 = 11 18	<i>nd</i> 211 : 110 = 30 00	
	$\gamma a$ 522 : 100 = 29 30	<i>Ua</i> 532 : 100 = 35 48
	$\gamma o$ 522 : 111 = 25 14	<i>Uo</i> 532 : 111 = 20 31
	$\gamma d$ 522 : 110 = 30 30	<i>Ud</i> 532 : 110 = 23 24
<i>la</i> 530 : 100 = 30 58		<i>sa</i> 321 : 100 = 36 42
<i>lo</i> 530 : 111 = 37 37	<i>ma</i> 311 : 100 = 25 14	<i>so</i> 321 : 111 = 22 13
<i>ld</i> 530 : 110 = 14 02	<i>mo</i> 311 : 111 = 29 30	<i>sd</i> 321 : 110 = 19 06
	<i>md</i> 311 : 110 = 31 29	
<i>ea</i> 210 : 100 = 26 34	$\mu a$ 411 : 100 = 19 28	<i>ta</i> 421 : 100 = 29 12
<i>eo</i> 210 : 111 = 39 14	$\mu o$ 411 : 111 = 35 16	<i>to</i> 421 : 111 = 28 07
<i>ed</i> 210 : 110 = 18 26	$\mu d$ 411 : 110 = 33 33	<i>td</i> 421 : 110 = 22 12
		<i>ua</i> 431 : 100 = 38 19
<i>ka</i> 520 : 100 = 21 48	$\omega a$ 511 : 100 = 15 47	<i>uo</i> 431 : 111 = 25 04
<i>ko</i> 520 : 111 = 41 22	$\omega o$ 511 : 111 = 38 57	<i>ud</i> 431 : 110 = 13 54
<i>kd</i> 520 : 110 = 23 12	$\omega d$ 511 : 110 = 35 16	<i>Ya</i> 521 : 100 = 24 05
		<i>Yo</i> 521 : 111 = 32 31
<i>ja</i> 310 : 100 = 18 26	$\varphi a$ 611 : 100 = 13 15	<i>Yd</i> 521 : 110 = 25 21
<i>jo</i> 310 : 111 = 43 05	$\varphi o$ 611 : 111 = 41 28	<i>Va</i> 531 : 100 = 32 18
<i>jd</i> 310 : 110 = 26 34	$\varphi d$ 611 : 110 = 36 35	<i>Vo</i> 531 : 111 = 28 34
		$\Gamma d$ 531 : 110 = 17 01
<i>ha</i> 410 : 100 = 14 02	<i>Na</i> 443 : 100 = 51 20	<i>wa</i> 631 : 100 = 27 47
<i>ho</i> 410 : 111 = 45 34	<i>No</i> 443 : 111 = 7 19	<i>wo</i> 631 : 111 = 31 39
<i>hd</i> 410 : 110 = 30 58	<i>Nd</i> 443 : 110 = 27 57	<i>wd</i> 631 : 110 = 20 14

После перечисления форм кратко характеризуются типы кристаллов, которые иллюстрируются соответствующими чертежами. Отмечаются особенности граней, характер фигур травления, законы двойников.

Сведения о макроскопически наблюдаемых включениях в минералах, а также о срастаниях, для которых установлена взаимная ориентировка минералов, приведены в разделе «Структура и морфология кристаллов»; указания на включения, наблюдаемые под микроскопом, и на структуры распада твердых растворов даны в разделе микроскопии.

В разделе «Физические свойства» (Физ.) приведены данные о спайности, изломе, хрупкости, твердости, удельном весе, цвете, цвете черты, блеске, прозрачности минералов.

Наряду с данными измерений уд. веса, приведен теоретический (вычисл.) уд. вес, определенный на основе рентгенометрических данных.

Ввиду очень слабой изученности других физических свойств (электрических и магнитных, упругости, сжимаемости, термического расширения и др.), указания на эти свойства даются лишь в тех случаях, когда имеются достоверные современные измерения.

Литературные данные по люминесценции минералов, также очень отрывочные, часто разноречивые, не всегда отражают характер свечения чисто отобранного минерала, поэтому, как и при указании электрических и магнитных свойств, данные по люминесценции отражены лишь выборочно.

При наличии соответствующих сведений приводятся данные о радиоактивности минералов и характеризуются их инфракрасные спектры.

Результаты микроскопического изучения минералов выделены в особый раздел (Микр.). Минераграфическая характеристика непрозрачных минералов в основном дана по руководствам П. Рамдора, А. Г. Бетехтина и И. С. Вольпского, частично дополнена данными составителей и сведениями, имеющимися в новейшей литературе. По отражательной способности минералов приведены данные определений микрофотометром для воздушной среды.

В разделе «Х и м п з м» (Хим.) указываются характер примесей, изоморфные замещения, колебания в составе и наряду с теоретическим составом приводятся данные химических анализов, типичных для данного минерала, а также указывающих на специфические отклонения в его составе. При подборе анализов учитывалась чистота подвергнутого анализу материала; преимущество отдавалось данным анализов последних лет, сопровождавшихся определениями уд. веса, оптических констант, параметров элементарной ячейки и т. п. Обращено внимание на возможно более полную характеристику состава минералов из месторождений Советского Союза.

Сведения о растворимости минералов, о диагностическом травлении минералов в полированных шлифах и о поведении при работе по методу напыльной трубки кратко сообщаются в разделе «Д и а г н о с т и ч е с к и е и с п ы т а н и я» (Диагн. исп.).

Кривые нагревания и обезвоживания минералов, температуры плавления и полиморфных превращений приведены под заголовком «П о в е д е н и е п р и н а г р е в а н и я» (Повед. при нагр.).

Диаграммы фазовых равновесий, которые имеют значение для минералогии, намечено рассмотреть в специальном, последнем, томе справочника.

При описании нахождения минерала в природе (Нахожд.) отмечаются распространенность его, условия нахождения, указываются главные типы месторождений с характерными для них парагенезисом минералов и приводятся примеры, иллюстрирующие отдельные типы месторождений. При наличии соответствующих данных отмечаются типоморфные особенности минерала.

Транскрипция большинства иностранных географических названий приведена в соответствии с транскрипцией, принятой в Атласе мира<sup>1</sup>. Для месторождений Советского Союза указаны Союзные республики, за исключением РСФСР, для которой приведены названия соответствующих автономных республик, краев и областей.

В разделе «И з м е н е н и е» (Изм.) указываются как гипогенные, так и гипергенные изменения минерала в природных условиях.

В связи с наличием очень большой литературы, касающейся синтеза минералов, и разнообразием методов синтеза, в разделе «И с к у с с т

<sup>1</sup> Изд. Главного управления геодезии и картографии МВД СССР, М., 1954.



венное получение» (Искусств.) указаны лишь основные способы получения минералов и приведены соответствующие литературные ссылки; сведения, взятые из справочника Дёльтера, сообщаются без указания на источник.

В разделе «Практическое значение» (Практ. знач.) для минералов, имеющих промышленное значение, кратко указаны главные области применения и использования минерала.

Раздел «Отличие» (Отл.) включает главные диагностические признаки, отличающие данный минерал от сходных с ним минералов. При составлении этого раздела широко использованы данные по макроскопической диагностике из «Курса минералогии» под ред. А. К. Болдырева (1936), данные по микроскопической диагностике прозрачных минералов из руководства В. Н. Лодочникова (1955), данные по диагностике непрозрачных минералов из руководств А. Г. Бетехтина (1950), П. Рамдора (1955) и И. С. Волынского (1949).

В конце раздела «Отличие» приведены таблицы межплоскостных расстояний.

Литературные ссылки даны в конце описания каждого минерала, за исключением ссылок на основные справочные издания, которые перечислены в приводимом ниже списке. Не указываются также многие работы, напечатанные в прошлом столетии, использованные и указанные в капитальных справочниках Хинце, Дёльтера, Гольдшмидта, Дана и др., так как эти работы в большинстве недоступны для авторов статей справочника и читателей.

В тексте в основном принята фонетическая транскрипция иностранных фамилий. Русские названия минералов даны в том виде, в каком они уже вошли в отечественную литературу.

---

**СПИСОК ОСНОВНЫХ СОВРЕМЕННЫХ РУКОВОДСТВ,  
СПРАВОЧНЫХ И РЕФЕРАТИВНЫХ ИЗДАНИЙ,  
ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ СПРАВОЧНИКА**

- Белов Н. В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз. Изд. АН СССР, 1947.
- Берч Фр., Шерер Дж., Спайсер Г. Справочник для геологов по физическим константам. Пер. с англ. под ред. А. П. Виноградова. Изд. иностр. лит-ры, 1949.
- Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолпиздат, 1950.
- Бокпй Г. Б. Введение в кристаллохимию. Изд. Моск. гос. ун-та, 1954.
- Болдырев А. К. Курс описательной минералогии, Хим.-тех. изд., 1926, вып. 1; Изд. Кубуч, 1928, вып. 2; ОНТИ, 1935, вып. 3.
- Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии. СПб., 1908—1914. Самородные элементы, т. 1. Сернистые и селенистые соединения, т. 2, вып. 1. Избр. труды, т. 2. Изд. АН СССР, 1955.
- Вернадский В. И. История минералов земной коры. Л., 1923, т. 1, вып. 1; 1927, вып. 2; 1933, т. 2, ч. 1, вып. 1; 1934, вып. 2.
- Винчелл А. Н., Впнчелл Г. Оптическая минералогия. Пер. под ред. акад. Д. С. Белянкина. Изд. иностр. лит-ры, 1953.
- Волынский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом. Госгеолпиздат, 1949, т. 3.
- Дубинина В. Н., Михеев В. П. Материалы к рентгенометрическому определению минералов. Зап. Всес. мин. о-ва, 1948, 77, вып. 2, 125—134.
- Дэна Дж. Д., Дэна Э. С., Пэлач Ч., Берман Г., Фрондель К. Система минералогии (перевод 7-го, значит. перераб. и расшир. издания, 1944—1951) Т. I, ч. 1—2; Т. II, ч. 1—2. Изд. иностр. лит-ры, 1950—1954.
- Курс минералогии под ред. А. К. Болдырева, Н. К. Разумовского и В. В. Черных. ОНТИ, 1936.
- Лодочников В. Н. Главнейшие породообразующие минералы. Госгеолиздат, 1955, 4-е изд.
- Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, т. 2.
- Минералы СССР. Изд. АН СССР. Самородные элементы, 1940, т. 1; Сульфиды, сульфосолн, 1940, т. 2.
- Определитель кристаллов. Под ред. А. К. Болдырева, В. В. Доливо-Добровольского и др. Введение. Тетрагирная сингония. ОНТИ, 1937, т. 1, 1-я половина. Тригирная и гексагирная сингонии. Общее дополнение к средним сингониям. ГОНТИ, 1939, т. I, 2-я половина.
- Ормонт Б. Ф. Структуры неорганических веществ. Техтеоретпиздат, 1950.
- Реферативный журнал «Геология». Изд. АН СССР (с 1954 г.).
- Смолянинов Н. А. Таблицы для определения наиболее известных и часто встречающихся минералов по внешним признакам. Госгеолиздат, 1933.
- Смолянинов Н. А. Практическое руководство по минералогии. Госгеолиздат, 1955.
- Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1955, 3-е изд.
- Соболев В. С. Введение в минералогию силикатов. Изд. Львовск. гос. ун-та, 1949.
- Ферсман А. Е. Пегматиты, их научное и практическое значение. Изд. АН СССР, 1940, т. I, 3-е испр. и доп. изд.
- Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955.
- Шубникова О. М. Новые минералы. Тр. Ломоносовского ин-та АН СССР, 1936, вып. 7, 307—336; 1937, вып. 10, 169—226; Тр. Инст. геол. наук АН СССР, 1938, вып. 11, 1—36; 1940, вып. 31, 31—62; 1947, вып. 74, 1—136; 1953, вып. 144, 1—104; Зап. Всес. мин. о-ва, 1952, 81, вып. 1, 41—50.

- Chemical Abstracts (просмотрено, начиная с 1936 г.).
- Dana E. S. System of Mineralogy. New York, 1892—1915. 6<sup>th</sup> Edition. Appendixes I, II, III.
- Palache Ch., Berman H., Frondel C. System of Mineralogy of J. D. Dana and E. S. Dana. 7<sup>th</sup> Edition. New York, 1944, vol. 1; 1951, vol. 2.
- Doelter C. Handbuch der Mineralchemie. Dresden — Leipzig, 1912—1931, Bd. 1—9.
- Folinsbee R. E. Determination of reflectivity of the ore minerals. *Eos Geol.*, 1949, 44, 425.
- Goldschmidt V. Atlas der Kristallformen. Heidelberg, 1913—1923, Bd. 1—9.
- Harcourt G. A. Tables for the identification of ore minerals by X-ray powder patterns. *Amer. Min.*, 1942, 27, No 2, 63—113.
- Hey M. H. An index of mineral species and varieties arranged chemically. London, 1955, 2<sup>d</sup> edit.
- Hintze C. Handbuch der Mineralogie. Leipzig — Berlin, 1897—1939. Bd. 1, Teile 1—4; Bd. 2, Teile 1—2. Ergänzungsbände: Neue Mineralien und neue Mineralnamen, 1936—1937, Hintze C.—Linck G., I; 1954—1959, Hintze C.—Chudoba K. F., II.
- Lacroix A. Minéralogie de la France. Paris, 1893—1913, t. 1—5.
- Lacroix A. Minéralogie de Madagascar. Paris, 1922, t. 1—3.
- Mineralogical Abstracts. Mineralogical Magazine, London.
- Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Referate. Stuttgart (до 1941 г.)
- Niggli P. Lehrbuch der Mineralogie. II — Spezielle Mineralogie. Berlin, 1926, Aufl. 2.
- Ramdohr P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin, Akad. Verl., 1955.
- Rosenbusch H.—Mügge O. Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien, B. I, zweite Hälfte, Spezieller Teil. Stuttgart, 1927.
- Strukturberichte. Leipzig, 1931—1943, Bd. 1—7.
- Structure Reports. Utrecht, 1951—1956, vol. 8—15.
- Strunz H. Mineralogische Tabellen. Leipzig, Akad. Verlagsges., 1957, Aufl. 3.
- Sztrokay K. I., Balyi K. Reflexionsmessung und theoretische Wertbestimmung an opaken Erzminerale. *Acta geologica Acad. scient. Hungaricae*, 1953, vol. 2, fasc. 1/2, 169—184.
- Tröger W. E. Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Stuttgart, 1952. (Трегер В. Е. Таблицы для оптического определения породобразующих минералов. Пер. под ред. Н. Д. Соболева. Госгеолтехиздат, 1958).
- X-ray Diffraction Data Cards. 1943. Изд. Amer. Soc. Testing Mater. Philadelphia; Supplementary Cards., 1947, Изд. Amer. Soc. Testing Mater., Amer. Soc. X-ray a. Electr. Diff., Inst. Phys. London; 1950, Изд. Amer. Soc. Testing Mater., Amer. Cryst. Assoc., Inst. Phys., Joint Comm. Chem. Anal. Philadelphia.
- Zentralblatt für Mineralogie etc., Stuttgart (с 1950 г.).

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- $a, b, c$  — кристаллографические оси  
 $a : b : c$  — отношение отрезков осей, отсекаемых единичной гранью (морфологическое отношение осей)  
 $a_0, b_0, c_0$  — параметры элементарной ячейки  
 $a_{rh}$  — ребро ромбоэдрической ячейки  
 $a_h, c_h$  — параметры гексагональной ячейки тригональных минералов  
 $\alpha, \beta, \gamma$  — углы между кристаллографическими осями  
 $\varphi$  и  $\rho$  — угловые сферические координаты кристаллов при установке оси  $c$  в вертикальном положении  
 $\varphi_1$  и  $\rho_1$  — угловые сферические координаты кристаллов при установке оси  $a$  в вертикальном положении  
 $\varphi_2$  и  $\rho_2$  — угловые сферические координаты кристаллов при установке оси  $b$  в вертикальном положении  
 $(hkl)$  — простые формы и грани  
 $[hkl]$  — ребра кристаллов и зоны  
 $Z$  — число формульных единиц в элементарной ячейке  
 $I$  — интенсивность линий порошкограмм  
 $I'$  — интенсивность линий порошкограмм, оцененная по методу Харкорта  
 $Ng, Nm, Np$  — оси индикатрисы двусосных минералов  
 $Ne, No$  — оси индикатрисы одноосных минералов  
 $n_g, n_m, n_p$  — показатели преломления двусосных минералов  
 $n_e, n_o$  — показатели преломления одноосных минералов  
 $2V, 2E$  — истинный и кажущийся углы оптических осей  
 $r, v$  — соответственно красный и синий (при дисперсии)  
 $Ro, Re$  — отражательная способность одноосных минералов  
 $Rg, Rm, Rp$  — отражательная способность двусосных минералов

Анал. — аналитик  
Бл. — блеск  
Восст. пл. — восстановительное пламя  
Вычисл. — вычисленный  
Гексаг. с. — гексагональная сплюснутая (система)  
Гексатетраэдр. — гексатетраэдрический  
Гексоктаэдр. — гексоктаэдрический  
Дв. — двойник  
Дв. ось — двойниковая ось  
Дв. пл. — двойниковая плоскость  
Двуупр. — двуупреломление

Диагр. — диаграмма  
Дидодекаэдр. — дидодекаэдрический  
Дипирамид. — дипирамидальный  
Дитриг. — дитригональный  
Закр. тр. — закрытая трубка  
Изл. — излом  
Изм. — изменение (название раздела)  
Искусств. — искусственный, искусственное получение (название раздела)  
Кл. — класс  
Конц. — концентрированная  
Козф. — коэффициент

- Коэф. погл.— коэффициент поглощения  
 Коэф. лин. расп.— коэффициент линейного расширения  
 Кр. нагр.— кривая нагревания  
 Кр. обевв.— кривая обезвоживания  
 Куб. с.— кубическая сингония (система)  
 Микр.— микроскопическое определение, микроскоп  
 М-ние — месторождение  
 Монокл. с.— моноклиновая сингония (система)  
 Не обн.— не обнаружен  
 Н. о.— нерастворимый остаток  
 Октаэдр.— октаэдрический  
 Окисл. пл.— окислительное пламя  
 Опт.— оптика, оптический  
 Откр. тр.— открытая трубка  
 Отл.— отличие (название раздела)  
 Отраж. св.— отраженный свет  
 Отраж. спос.— отражательная способность  
 Пирам.— пирамидальный  
 Плавк.— плавкость  
 Плавл.— плавление  
 Пл. опт. осей— плоскость оптических осей  
 П. микр.— под микроскопом  
 Полир. шл.— полированный шлиф  
 Повед. при нагр.— поведение при нагревании (название раздела)  
 Показ. прел.— показатель преломления  
 Полир.— полированный  
 Порошкogr.— порошковая диаграмма  
 П. п.— потеря при прокаливании  
 П. п. тр.— перед паяльной трубкой  
 Практич. знач.— практическое значение (название раздела)  
 Призм.— призматический  
 Простр. гр.— пространственная группа  
 Прох. св.— проходящий свет  
 Разб.— разбавленный  
 Разнов.— разновидности (название раздела)  
 Раств.— растворимость  
 Ромб. с.— ромбическая сингония (система)  
 Ромбоэдр.— ромбоэдрический  
 Р-к — рудник  
 Р-р—раствор  
 Синон.— синоним, синонимы (название раздела)  
 Скаленоэдр.— скаленоэдрический  
 Сп.— спайность  
 Спектр. ан.— спектральный анализ  
 Структ. и морф. крист.— структура и морфология кристаллов (название раздела)  
 Сфеноид.— сфеноидальный  
 Тв.— твердость  
 Т-ра — температура  
 Т-ра кип.— температура кипения  
 Т-ра плавл.— температура плавления  
 Теор. состав — теоретический состав  
 Терм.исслед.— термическое исследование  
 Тетраг. с.— тетрагональная (квадратная) сингония (система)  
 Тетраэдр.— тетраэдрический  
 Триг. с.— тригональная сингония (система)  
 Трикл. с.— триклинная сингония (система)  
 Уд. в.— удельный вес  
 У.-ф.— ультрафиолетовый  
 Физ.— физические свойства (название раздела)  
 Характ. выдел.— характер выделения (название раздела)  
 Хим.— химизм, химический состав (название раздела)  
 Цв.— цвет  
 Шл.— шлиф  
 Экзотерм. эфф.— экзотермический эффект  
 Эндотерм. эфф.— эндотермический эффект

## ТИПОВЫЕ СОКРАЩЕНИЯ В СПИСКАХ ЛИТЕРАТУРЫ

- АН — Академия наук (АН СССР, АН Арм. ССР, АН УССР и т. д.)  
 Бюл.— бюллетень  
 Вестн.— вестник  
 ВНИМС — Всесоюзный институт минерального сырья  
 ВСЕГЕИ — Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт  
 Геол.— геологический, геология  
 Геол.-разв.— геолого-разведочный  
 Горн.— горный  
 Гос.— государственный  
 Д.— доклады  
 ДАН — Доклады Академии наук  
 Дана, 1892— Dana. System of Mineralogy, 6th Ed.  
 Дана, 1944— Dana's System of Mineralogy, 7th Ed., v. 1.  
 Дана, 1951— Dana's System of Mineralogy, 7th Ed., v. 2.  
 Журн.— журнал  
 Зап.— записки  
 ИГЕМ — Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР  
 ИГиГ — Институт геологических наук АН СССР  
 Изв.— Известия  
 Ин-т — институт (за исключением институтов, указанных в данном списке)  
 КЕПС — Комиссия по изучению естественных производительных сил  
 К-т — комитет  
 Крист.— кристаллография  
 Лаб.— лаборатория  
 Ломон. ин-т — Ломоносовский институт АН СССР  
 Матер.— материалы  
 Мин.— минералогический, минералогия  
 Муз.— музей  
 НИГРИ — Научно-исследовательский геолого-разведочный институт  
 О-во — общество  
 О-во ест.— общество естествоиспытателей  
 О-во. исп. природы — общество испытателей природы

Политехн. — политехнический	Econ. — Economic
Р. Ж. Геол. — Реферативный журнал «Геология»	Geol. — Geological, Geology, Geologie. Geol. Förl. Förh. — Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar
Сб. — сборник	Fortschr. — Fortschritte
Технол. — технологический	J. — Journal
Тр. — труды	Jb. — Jahrbuch
Ун-т — университет	Krist. — Kristallographie
Упр. — управление	Mag. — Magazine
УФАН — Уральский филиал АН СССР	Mem. — Mémoire
Уч. — ученые	Met. — Metall
Физ. — физический, физика	Min. — Mineralogical, Mineralogie etc.
Фил. — филиал	Mitt. — Mitteilungen
Хим. — химический, химия	Nat. — Natural
ЦНИИГРИ — Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт	Nation. — National
	N. — Neues, New
	Proc. — Proceedings
Abstr. — Abstracts	Phys. — Physical
Am. — American	Sci. — Science
Ann. — Annales	Soc. — Society, société
Arch., Ark. — Archiv, Arkiv	Surv. — Survey
Ber. — Berichte	Strber. — Strukturberichte
Bull. — Bulletin	Trans. — Transactions
Beitr. — Beiträge	Verh. — Verhandlungen
Cbl. — Centralblatt, Zentralblatt	Zs. — Zeitschrift
Chem. — Chemical, Chemie	Ztng. — Zeitung
C. R. — Comptes Rendus, Academie des sciences	US — United States
	XRDC — X-ray Diffraction Data Cards

## ВВЕДЕНИЕ К I ТОМУ СПРАВОЧНИКА

Описание кристаллических структур в данном томе отредактировано и дополнено акад. Н. В. Беловым, минераграфические данные приведены в редакции акад. А. Г. Бетехтина и Т. Н. Шадлун, таблицы межплоскостных расстояний критически обработаны В. И. Михеевым, классификация разработана Г. П. Барсановым и Ф. В. Чухровым.

### Общая классификация минералов т. I:

Самородные элементы:

металлы,  
полуметаллы и неметаллы

Интерметаллические соединения

Карбиды, нитриды, фосфиды

Арсениды, антимониды, висмутиды

Сульфиды:

простые сульфиды  
сложные сульфиды

Селениды

Теллуриды

В каждом из этих классов сначала описываются минералы, структуры которых изучены, а затем минералы с невыясненными структурами (подробная классификация дана в начале каждого раздела).

Минералы, относящиеся к классу самородных элементов, разделены на два подкласса: 1) металлы; 2) полуметаллы и неметаллы. В каждом из этих подклассов сначала описываются минералы более высоких сингоний, а среди них — минералы с наиболее простыми структурами или наименее плотными упаковками, а затем — минералы, решетки которых построены более сложно или характеризуются более плотными упаковками. В пределах отдельных структурных групп минералы — самородные элементы — располагаются в порядке, отвечающем положению соответствующих элементов в группах периодической системы.

В группе интерметаллических соединений с общей формулой  $A_mX_n$ , помимо указанных признаков, группировка минералов в основном отражает положение X в периодической системе.

Группы соединений с общими формулами  $A_mX_n$ ,  $A_mB_nX_p$ ,  $A_mB_nC_pX_q$  преимущественно располагаются в порядке возрастания отношения числа атомов  $\frac{X}{A(+B+C)}$ ; из групп, в которых это отношение является близким или равным, в большинстве случаев сначала описываются минералы более высоких сингоний. В отдельных структурных группах

минералы расположены в порядке, отвечающем положению катионов в периодической системе. От основной схемы классификации сделан ряд отклонений, главным образом, с учетом сходства состава или структуры.

Названия минералов, отнесенных к соответствующим структурным группам условно, заключены в классификации и в заголовках к группам в квадратные скобки.

К сложным сульфидам отнесены минералы, которые описываются также под названиями сульфосолей, сульфоарсенидов, сульфоантимонидов, сульфобисмутидов и т. д. Сульфиды сложного состава, структура которых не изучена, расположены в порядке возрастания отношения  $\frac{X}{A + B(+C)}$ .

Описание минералов I тома справочника «Минералы» составлено следующими авторами:

- А н д р у щ е н к о П. Ф. — алабадин, гауерит  
 Б е т е х т и н А. Г. — минералы группы платины, группы иридия; лаурит, сперрилит  
 Б о н ш т е д т - К у л е т с к а я Э. М. — айкшиит, алмаз, андорит, антимонит, бертьерит, бурнонит, валлерит, ваэсит, вольфахит, врбант, вюртцит, гетероморфит, гладит, горсфордит, графит, гринокит, гудмундит, дигенит, дискразит, кермесит, киповарь, кобеллит, колусит, ливингстонит, липдстрёмит, группа линнеита, менегинит, метациннабарит, овихинт, ольгамит, параджесонит, пираргирит, простильпинит, пирсеит, плагионит, полибазит, потарит, прустит, рецбанит, ртуть, семсейит, смитит, стефанит, стибнопалладинит, сульванит, сфалерит, гр. тетраэдрита, фаматинит, физелиит, фрейсселебенит, фюльёппит, халькостибит, хаммарит, хоулит, цилиндрит, цинкениит, эмплектит и ряд мелких статей  
 Г е н к и н А. Д. — бреггит, виоларит, куперит, миллерит, пентландит, пирротин, троилит  
 Г р и ц а е н к о Г. С. — бравоит, полидимит  
 Д о л о м а н о в а Е. И. — герценбергит, ставнин  
 Е р м и л о в а Л. П. — висмутин, галенобисмутит, козалиит  
 К о с т ы л е в а Е. Е. — акантит, амальгамы, арамайонит, аргентит, галенит, группа железа, золото, когениит, матильдит, медь, мваргирит, муассанит, свинец, шрейберзит.  
**М и х е е в В. И.** — подбор и критическая обработка таблиц межплоскостных расстояний минералов  
 О н т о е в Д. О. — маухерит, никелин, раммельсбергит, саффорит, скуттерудит, смальтин, хлоантит  
 П о л я к о в а О. П. — буланжерит, геокронит, држемсонит, тиллит, франкеит  
 С и н д е е в а Н. Д. — теллур, селен, все теллуриды и селениды  
 С м о л ь я н и н о в а Н. Н. — арсенопирит, молибденит  
 С о к о л о в а М. Н. — акантит, аргентит, аргиродит, арсеноламприт, беегерит, висмут, витнеит, вольцин, гидротроилит, диафорит, мальдонит, монелландсбергит, мышьяк, олово, осборнит, серебро, сурьма, тантал, тунгстенит, цинк, нитромейерит и несколько мелких статей  
 Ф и л и м о н о в а А. А. — борнит, ковеллин, халькозин  
 Ш а д л у н Т. Н. — кубанит, марказит, шприт, халькопирит  
**Ш у б н и к о в а О. М.** — аллемонит, альгодонит, аргентошприт, арсеноферрит, ауринитмент, аурустибит, баумгауерит, виллиамит, гаухекорнит, германит, герсдорфит, гитерманит, глауколот, грейтонит, гуччинсонит, джайшурит, динерит, домейнит, дюфренуазит, зелигманнит, иорданит, кобальтин, ксантоконит, купробисмутит, лаутит, лёллинит, ленгенбахит, ливейнгит, лорандит, люционит, павонит, паркерит, патронит, полиаргирит, ратит, реальгар, реньерит, робинонит, самсонит, сарторит, сера, соллит, ульманнит, хизлевудит, шандит, штернбергит, энарит и ряд мелких статей.

В подготовке тома к печати и в проведении корректур приняли участие мл. научные сотрудники И. В. Островская и Т. А. Яковлевская и библиографы О. А. Арбузова и С. А. Букина-Доброхотова.



## САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

### МЕТАЛЛЫ

#### *Структура типа $\alpha$ -Fe*

группа тантала	
тантал	Ta
группа железа	
железо	Fe

#### *Структура типа меди*

группа меди	
медь	Cu
серебро	Ag
золото	Au
группа свинца	
свинец	Pb
группа платины	
палладий	Pd
осмирид	(Ir, Os)
платинистый	
иридий	(Ir, Pt)
платина	Pt
поликсен	(Pt, Fe)

#### *Структура типа осмия*

группа осмистого иридия	
аллопалладий	Pd
осмистый иридий	
и иридий осмий	(Ir, Os), (Os, Ir)

#### *Структура типа цинка*

группа цинка	
цинк	Zn

#### *Структура типа белого олова*

группа олова	
олово	Sn

#### *Жидкие элементы*

группа ртути	
ртуть	Hg

## ПОЛУМЕТАЛЛЫ И НЕМЕТАЛЛЫ

## Структура типа алмаза

группа алмаза	
алмаз	C

## Структура типа графита

группа графита	
графит	C

## Структура типа серого селена

группа селена	
селен	Se
селенотеллур	(Te, Se)
теллур	Te

## Структура типа мышьяка

группа мышьяка	
мышьяк	As
аллемонит	AsSb
сурьма	Sb
висмут	Bi

Структура типа  $\alpha$ -серы

группа серы	
$\alpha$ -сера	S
$\beta$ -сера	S
[ $\gamma$ -сера]	S

## МЕТАЛЛЫ

СТРУКТУРА ТИПА  $\alpha$ -ЖЕЛЕЗА

## ГРУППА ТАНТАЛА

Тантал Ta Куб. с.  $a_0$  3,303 Уд. в. 16,7

## Тантал Tantalum

Ta

Имеются единичные, не проверенные новыми данными указания на находки при промывке золота на Урале (Вальтер, 1909)<sup>1</sup> и на Алтае (Джон, 1910)<sup>2</sup>. Эти указания, однако, являются недостоверными<sup>3</sup>.

Тантал (искусств.) относится к куб. с.; гексоктаэдр. кл.;  $O_h^9 = Im \bar{3}m$ ;  $a_0 = 3,303 \text{ \AA}$ ;  $Z = 2$  (Нойбюргер)<sup>4</sup>. Структура аналогична структуре  $\alpha$ -железа. Цв. серовато-желтый. Бл. сильный металлический. Тв. 6—7.

В уральском тантале содержится 98,5% Ta, 1,5% Nb, ~0,001% Mn, сл. Au, Sn; в алтайском — 98,99% Ta, 0,0095% Au. Уд. в. уральского тантала 11,2, что вызывает сомнение так как вычисл. уд. в. 16,72.

Межплоскостные расстояния тантала (по XRDС *)											
№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	110	9	2,315	5	310	5	1,033	9	330	5	0,773
2	200	5	1,636	6	222	4	0,946	10	420	1	0,732
3	211	10	1,335	7	321	9	0,872	11	332	1	0,697
4	220	6	1,157	8	400	1	0,818	12	422	1	0,667
								13	510;431	3	0,643

\* 1943, 3841.

## Литература

1. Walter P. Nature, London, 1909, 81, No 2081, 335.
2. John W. Там же, 1910, 83, No 2118, 398.
3. Пилипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Ив. Томск. ун-та, 1915, 62, 322; Пгумнов А. П. Минералогия Урала 1941, 2, 128.
4. Neubürger M. C. Zs. Krist., 1936, 93, 312.

## ГРУППА ЖЕЛЕЗА

Железо Fe Куб. с.  $a_0$  2,86 Уд. в. 7,8

## Железо Iron

Fe

Для чистого железа известны три основные полиморфные модификации:  $\alpha$ -железо ( $a_0=2,86$  Å), устойчивое до  $910^\circ$ ;  $\gamma$ -железо ( $a_0=3,63$  Å при  $1000^\circ$ ), устойчивое в интервале температур  $910-1401^\circ$ ;  $\delta$ -железо, устойчивое выше  $1401^\circ$ ;  $\alpha$ - и  $\delta$ -железо имеют структуру объемноцентрированного куба,  $\gamma$ -железо обладает структурой гранецентрированного куба (плотнейшая кубическая упаковка). Обычно железо образует твердый раствор с никелем.  $\alpha$ -железо может содержать до 30% Ni ( $a_0=2,865-2,875$ ).  $\gamma$ -модификация при наличии Ni устойчива при обыкновенных температурах. Никель, для структуры которого характерна гранецентрированная кубическая ячейка, дает с железом твердые растворы, содержащие до 70% Fe (никель-железо с  $a_0=3,52-3,60$ ).

По условиям нахождения различают: А) теллурическое, или земное, железо (и никель-железо); Б) метеоритное (космическое) железо, всегда никелистое (камасит и тэнцит).

## А. Теллурическое железо

(Fe, Ni) и (Ni, Fe)

Синон Сидероферрит (Бар, 1851) — псевдоморфоза по дереву.

Разнов. Для железа — феррит; для никель-железа — аварунит, октиббегит, джозефинит, суэзит, бобровит, катаринит<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Зерна, чешуйки, проволокообразные палочки, изогнутые ленты, вкрапленность в породах, иногда крупные сплошные выделения весом до нескольких тонн (феррит), часто в сростании с когенитом.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.;  $O_h^h - Im\bar{3}m$ ;  $a_0=2,86$  Å;  $Z=2$  (для  $\alpha$ -модификации при  $18^\circ$ , 0,018% примесей; Бэрет, 1953).

Гексоктаэдр. кл. Формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ .

Известны лишь микроскопически мелкие кристаллы феррита. Дв. по (111) с плоскостью сростания (211)<sup>2</sup>, часто повторные.

**Физ.** Сп. по (100) совершенная, отдельность и плоскости скольжения по (211). У Ni-содержащих разновидностей сп. выражена менее ясно или отсутствует. Изл. крючковатый. Ковко. Тв. 4 (железо) — 5 (никелистые разновидности). Более высокая тв. зависит часто от присутствия когенита. Уд. в. 7,3—7,8 (железо) (вычисл. 7,87); 7,8—8,2 (никель-железо). Бл. металлический. Цв. стально-серый до железо-черного (феррит), серебристо-белый до серовато-белого (никель-железо). Непрозрачно. Сильно магнитно.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белое. Отраж. спос. железа из метеорита Атакама (в %): для зеленых лучей — 64, для оранжевых — 59, для красных — 58. Изотропно.

По Кундту (1888) показатель преломления железа для красного света 1,81, для белого 1,73, для голубого 1,52. По Друде (1890)  $n=2,36$  (Na), коэф. поглощения 1,36. Никель-железо под микроскопом изучено недостаточно.

**Хим.** Самородное железо обычно содержит Ni в твердом растворе. Состав отдельных разновидностей точно не установлен, анализы в основном старые, выполнены на материале, не проверенном минераграфическим и рентгеновским изучением. Установлены незначительные примеси Co, Cu, S, C, Mn, P, Pt, As, Ge, частью связанные, по-видимому, с механической примесью когенита; отмечалось наличие включений газов (CO и CO<sub>2</sub>).

## Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	—	0,14	0,16	0,33	—	0,90	—	0,59	1,22
Fe	99,16	95,15	91,71	93,89	63,69	37,69	31,02	27,41	22,30
Co	—	0,06	0,53	0,54	1,48	0,40	0,70	0,55	—
Ni	—	0,34	1,74	2,55	33,97	59,69	67,63	71,35	76,48
C	0,065	0,96	1,37	0,28	0,20	—	—	—	—
P	0,207	—	—	—	0,05	0,10	0,43	—	—
S	—	—	0,10	0,20	0,16	—	0,22	—	—
SiO <sub>2</sub>	0,37	1,19*	1,52**	0,46	0,01	0,41	—	—	—
Н. о.	—	1,90	2,39	1,48	—	—	—	—	—
Сумма	99,802	99,74	99,52	99,73	99,56	99,19	100,00	99,90	100,00
Уд. в.	7,43	7,26	6,87	7,5— 7,9	7,75— 7,84	8,54	8,10	—	—

\* К SiO<sub>2</sub> отнесено 0,51% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

\*\* К TiO<sub>2</sub> отнесено 1,21% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

1—4 ферриты: 1 — Камерон (шт. Миссури, США); анал. Элсп<sup>2</sup>; 2 — Асук (Гренландия)<sup>3</sup>; 3 — Овибак (Гренландия)<sup>3</sup>; 4 — Меллемфьорд (Гренландия)<sup>3</sup>; 2—4 апал. Лоренцен; 5 — катаринит, Санта-Катарина (Бразилия); апал. Дамур<sup>4</sup>; 6 — октибегит, округ Октиббег (шт. Миссури, США); анал. Гент.<sup>5</sup>; 7 — аварунит, р. Горж (Новая Зеландия); анал. Скей<sup>6</sup>; 8 — джозефинит, Джозефин (шт. Калифорния, США); анал. Мелвил<sup>7</sup>; 9 — сюзит, Фрейзер (Британская Колумбия, Канада)<sup>8</sup>.

**Диагн. исп.** Слабоникелистые разности легко растворяются в разбавленных HCl и HNO<sub>3</sub> с выделением водорода, медленно растворяются в царской водке. Никель-железо медленно растворяется в разбавленной HCl и только слегка подвергается действию царской водки; выделяет металлическую медь из растворов ее солей. В полир. шл. железо травится разбавленными HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, не травится конц. HNO<sub>3</sub>.

П. п. тр. железо-никелевые разности при красном калении только размягчаются, при белом калении спекаются; никель-железистые разности плавятся в тонких осколках и темнеют (указание для метеорного тэнита).

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл. чистого Fe 1535°, чистого Ni 1452,6°. При 768° α-железо перестает быть ферромагнитным (точка Кюри), сохраняя свою структуру. При 910° происходит полиморфное превращение, образуется парамагнитное γ-железо; при 1401° превращается в δ-железо.

**Находж.** В заметных скоплениях редкий минерал. Преимущественно встречается в виде мелких зерен в изверженных, метаморфических и осадочных породах. Образуется: 1) при восстановлении Fe основных (базальтовых) лав в момент их излияния углеродистыми веществами (например, углистым веществом); 2) при кристаллизации или при серпентинизации ультраосновных пород (перидотитов и др.) в результате восстановления Fe магнетита, Fe-содержащих силикатов и сульфидов газовыми восстановителями (например, водородом); 3) в россыпях, осадочных породах и рудах в результате действия восстановителей, главным образом за счет Fe пирита, магнетита и лимонита.

В некоторых базальтовых породах, бедных оливином и магнетитом, довольно обычен феррит в виде мелкой рассеянной вкрапленности зерен и

чешуек размером до 0,1 мм, очень редко — в крупных сплошных массах. Наиболее известно и крупное месторождение этого типа находится на о-ве Диско у берегов Зап. Гренландии (Овифак, Асук и др.)<sup>3</sup>. В базальтах наряду с вкрапленностью наблюдаются крупные скопления весом до 25 т. Базальты содержат шаровые включения графита с анортитом, гингеритом, пирротином, шрейберзитом, шпинелью; железо — типа феррита, бедное никелем (анал. 2—4). В базальтах Бюля близ Касселя (ФРГ) самородное железо — феррит — наблюдается в виде ветвистых образований и желвакообразных скоплений (до 5 кг) в сопровождении магнетита, пирротина, диоксида, оливина. В виде вкраплений отдельных зерен и сплошных выделений установлено в габбро-долеритах р. Курейки в Красноярском крае в тесной ассоциации с пльменитом и пирротинном (Fe 97,62%)<sup>8а</sup>.

В Оверни (Франция) обнаружено в трахитах. Имеются также указания на нахождение самородного железа в кварцевых порфирах<sup>9</sup>.

В некоторых ультраосновных породах (перидотитах) наблюдается мелкая вкрапленность феррита и никель-железа наряду с магнетитом, хромитом, пирротинном, оливином; особенно обычны разновидности, богатые Ni, в перидотитах, подвергшихся серпентинизации, и в серпентинитах; характерны сростания с пирротинном (Прионежский р-н в Карельской АССР)<sup>10</sup>. Из кислых глубинных пород, в которых установлены выделения самородного железа, следует указать граниты Бен-Брека (Шотландия).

В платиноносных и золотоносных россыпях встречаются пластинки, зерна и чешуйки феррита, никель-железа типа аварюита или октиббегита (россыпи Средней Азии — р. Варзоб, р. Гава; Урала — р-ны Нижнего и Верхнего Тагила; Новой Зеландии — р. Горж, впадающая в залив Аваруа, и др.).

В некоторых сидеритовых скоплениях мелкие зерна самородного железа неправильной остроугольной формы иногда обнаруживаются внутри выделений бурого железняка, на зернах магнетита, на листовках хлоритов (р. Сысоль в Коми АССР)<sup>11</sup>. В кварцевых песчаниках и кварцевых конгломератах самородное железо изредка встречается в виде изогнутых проволокообразных палочек длиной до 0,01 мм, витых лент длиной до 0,5 мм и шириной до 0,08 мм (р. Пижма в бассейне Печоры, Архангельская обл.). Известны также находки самородного железа в каменных углях и антрацитах, частью в тесном сростании с пирротинном<sup>12</sup>.

Возможно также образование его в болотных рудах в результате восстановительного действия органического вещества. Мелкие выделения неясного происхождения обнаруживаются в красном глубоководном иле.

**Изм.** Легко окисляется и переходит в окислы железа.

**Искусств.** Самородное железо, бедное Ni, отвечает сплавам железа с Ni типа непрерывных твердых растворов со структурой  $\alpha$ -железа; богатое Ni — никель-железо — соответствует сплавам Ni — Fe со структурой  $\beta$ -никеля и  $\gamma$ -железа.

**Практ. знач.** Встречается в незначительных количествах, вследствие чего обычно практического интереса не представляет.

**Отл.** Может быть принят за самородное серебро или висмут, от которых отличается магнитностью. От магнитных разновидностей поликсена отличается отношением к кислотам. Характерна реакция с  $\text{CuSO}_4$ : порошок, промытый водой, подкисленный  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , обрабатывают раствором  $\text{CuSO}_4$ , подкисленным  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; при этом выпадает медь, которая может быть определена под микроскопом в отраженном свете; аварюит и октиббегит этой реакции сразу не дают. Раствор борвольфрамвокислого Cd (жидкость Клейна) в присутствии самородного железа становится темно-фиолетовым. От когенита самородное железо отличается меньшей твердостью и изотропностью. Кроме того, в отличие от когенита, железо

(феррит) травится спиртовым раствором пикриновой кислоты (1 : 100); так же действует спиртовой раствор  $J_2$ <sup>13,14</sup>. По результатам травления  $HNO_3$ ,  $HCl$  не отличима под микроскопом от оптически похожих самородных серебра, висмута и сурьмы, домейкита, вптнепта, дискразита.

**Разнов. Феррит** — ferrite (Вернадский, 1912) — наиболее чистое, почти не содержащее Ni самородное железо.

**Аваруит** — awaruite (Скей, 1885)<sup>6</sup> — (Ni, Fe). Самородное никель-железо с большим содержанием Ni (Ni : Fe от 4 : 1 до 2 : 1). Тв. 5. Уд. в. 8,1. По блеску и цвету напоминает поликсен. В отраж. св. чисто белый или светло-кремовый, изотропный, с высокой отраж. способностью.

Назван по находению в заливе Аваруа (Новая Зеландия), где ассоциируется с золотом, платиной, касситеритом, хромитом, магнетитом. Встречается как вторичный минерал в перидотитах, подвергшихся серпентинизации, серпентинитах, трахитах, кварцевых порфирах<sup>9</sup>.

Близкие к аваруиту или идентичные с ним разновидности никель-железа земного происхождения, находимые в россыпях и в серпентинизированных перидотитах, описаны под названиями: д ж о з е ф и н и т — josephinite (Мелвил, 1892)<sup>15</sup>, с у э з и т — souesite (Хофман, 1905)<sup>8</sup>, о к т и б б е г и т — octibbehite (Тэйлор, 1857)<sup>5</sup>, к а т а р и н и т — catarinite (Дамур, 1877)<sup>4</sup>, (анализы 5—9).

Под названием б о б р о в к и т а (Высоцкий, 1913) описано никель-железо (железо-никель), встречаемое в виде тонкочешуйчатых зерен вместе с платиной (поликсеном) в россыпях М. Бобровки (Урал)<sup>16</sup>. Содержит Ni 71,93, Fe 28,07, а также Co, Mn.

### Б. Железо метеоритное

**Камасит** — Kamacite — никелистое железо (6—9% Ni).

**Тэнит** — Taenite — никель-железо (до 48% Ni).

Название камасит происходит от греч. *κμαξ* — балка, стержень (Райхенбах, 1861), тэнит — от *ταμια* — лента, полоса (Райхенбах, 1861).

Синон. камасита — балочное железо, тэнита — ленточное железо (Райхенбах, 1861), эдмонсонит (Флайт, 1882). Плессит (Райхенбах, 1861) — тонкая смесь камасита и тэнита.

Для тэнита состава  $Fe_2Ni$  предложены названия: нпдиферрит (Чирвинский, 1928)<sup>17</sup>, ортотэнит (Бадхью, 1936)<sup>18</sup> и чирвинит (Астапович, 1950)<sup>19</sup>; соединение такого состава установлено в системе Fe-Ni.

Метакамаситом названы метастабильная  $\alpha$ -модификация никелистого железа, и, кроме того, зернистая разновидность плессита (Оуэн, 1940)<sup>20</sup>. Метатэнит — тэнит с примесью камасита (Бадхью, 1936)<sup>18</sup>.

**Характ. выдел.** Самородное железо космического происхождения составляет массу железных метеоритов. Встречается в большинстве каменных метеоритов. Образует: а) сплошную массу метеорита; б) губчатую массу, в которую погружены зерна оливина или других силикатов; в) зерна и чешуйки, рассеянные в массе метеорита; г) отдельные кристаллические индивидуумы с многочисленными двойниковыми пластинками.

Камасит и тэнит всегда находятся в тесном сростании.

Для железных метеоритов из группы октаэдритов характерны системы пересекающихся полос, которые получили названия Видманштеттов-ых фигур: отдельные полосы состоят из камасита с каемками тэнита, между пересекающимися полосами находится плессит. Видманштеттовы фигуры возникают в результате распада твердого раствора  $\gamma$ -железа и никеля.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.

Камасит:  $O_h^9 — Im\bar{3}m$ ;  $a_0 = 2,859 \text{ \AA}$ .

Тэнит:  $O_h^5 — Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 3,590 \text{ \AA}$ .

В сростаниях камасита и тэнита плоскость ромбического додекаэдра (110) камасита параллельна плоскости октаэдра (111) тэнита, что объясняется их структурным сходством.

**Физ. Свойства** близки к свойствам теллурического железа (см. выше). Камасит имеет серый цвет. Магнитен. Тэнит белый. При содержании Ni выше 26—30% теряет магнитные свойства. Твердость увеличивается по мере возрастания содержания Ni.

**Хим.** По составу метеоритное железо всегда никелистое; содержит также Co, Cu, C, P, S, из газов — H.

**Анализы:**

	Cu	Fe	Co	Ni	C	P	S	Сумма
1.	—	93,75	0,58	5,43	—	0,19	0,08	100,03
2.	—	93,09	0,25	6,69	0,02	—	—	100,05
3.	—	74,78	0,33	24,32	0,50	—	—	99,93
4.	0,33	68,13	0,69	30,85	—	—	—	100,00

1 — камасит из гексаэдрита; метеорит Серро-дель-Буей-Уерто (Чили)<sup>21</sup>; 2 — камасит из октаэдрита; метеорит Уэлленд (Канада); анал. Дэвидсон<sup>22</sup>; 3 — тэнит из метеорита Уэлленд; анал. Дэвидсон<sup>22</sup>; 4 — тэнит из метеорита Каньон Дьябло (шт. Аризона, США); пересчет после вычитания 3,60% фосфида никель-железа; анал. Флоренс<sup>23</sup>.

**Диагн. исп.** Камасит п. п. тр. не плавится; тэнит в тонких осколках плавится и темнеет; как и земное никель-железо, тэнит менее подвержен воздействию кислот, нежели камасит.

**Нахожд.** Камасит составляет основу железной части железных метеоритов, слагает почти целиком метеориты группы гексаэдритов, является главным минералом метеоритов группы октаэдритов и железной части каменных метеоритов. Тэнит находится в метеоритах в подчиненных количествах; лишь в очень редких, богатых Ni метеоритах, его содержание достигает 70%. Встречается главным образом в грубозернистых октаэдритах. В тонкозернистых октаэдритах его содержание уменьшается.

Метеоритное железо отмечается также в атмосферной пыли (пылеватые частицы), выпадающей вместе с градом и снегом.

**Отл.** От теллурического железа в большинстве случаев отличается ясно выраженными Видманштеттовыми фигурами, выявляемыми на полированных поверхностях травлением HNO<sub>3</sub>. В теллурическом железе эти фигуры слабо выражены или их нет.

**Межплоскостные расстояния  $\alpha$ -железа (по Михееву)**

Fe-анткатод.  $D = 68,00$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$
1	110 $\beta$	3	(2,233)	2,023	5	211 $\beta$	4	(1,289)	1,168
2	110	9	2,022	1,833	6	211	10	1,168	(1,059)
3	200 $\beta$	3	1,578	1,430	7	220 $\beta$	2	1,117	1,012
4	200	7	1,430	1,296	8	220	7	1,012	0,917

**Л и т е р а т у р а**

1. Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии (1912); Избр. соч., 1955, 2, 53.
2. Allen E. T. Am. J. Sci., 1894, 4, 93.
3. Lorenzen J. Meddelels. Grönland, 1883; Min. Mag., 1884, 6, 14.
4. Damour A. C. R., Paris, 1887, 84, 478.
5. Taylor W. J. Am. J. Sci., 1857, 24, 294.
6. Skey W. Trans. N. Zealand Inst., 1885, 18, 401.
7. Jamieson G. S. Zs. Krist., 1906, 41, 157.
8. Hoffmann G. C. Am. J. Sci., 1905, 19, 319.
- 8а. Баженов П. К., Индукаев Ю. В., Яхно А. В. Зап. Всес. мин. о-ва, 1959, 88, № 2, 180 (анализ).

9. Ramdohr P. Min. Mag., 1950, 29, No 11, 374 (библиография).
10. Бетехтин А. Г., Альбов И. В. Изв. АН СССР, сер. геол., 1940, № 3, 84; Бетехтин А. Г. Изв. АН СССР, сер. геол., 1950, № 5, 20.
11. Преображенский И. А. ДАН СССР, 1944, 43, № 1, 26.
12. Кулик Л. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 32.
13. Бетехтин А. Г. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1941, № 41, 119.
14. Юшко С. А. Методы изучения руд в отраженном свете, 1934, 119.
15. Melville R. Am. J. Sci., 1892, 43, 509; A vias J., Caillége S. C. R., Paris, 1959, 248, № 1, 118.
16. Высоцкий Н. К. Тр. Геолкома, 1913, 62, 668.
17. Чирвинский П. Н. Изв. Донск. политехн. ин-та, 1928, 11; Метеоритика, 1949, 5, 46.
18. Buddhue J. D. Popular Astronomy, Northfield, Minnesota, 1936, 24, 512.
19. Астапович И. С. Природа, 1950, № 9, 82.
20. Owen E. A. Phil. Mag., 1940, 29, 562.
21. Heide F., Herschkowski E., Preuss E. Chem. d. Erde, 1932, 7, 483.
22. Davidson J. M. Am. J. Sci., 1891, 42, 64.
23. Cohen E. Meteoritenkunde, 1903, 2, 217.

Норильскит — norilskite. Встречен в россыпях в районе Норильского месторождения медно-никелевых руд в Красноярском крае (кубики и зерна размером от десятых долей миллиметра до 5—6 мм; магнетит; Fe — 25,30; Ni — 25,64; Pt — 35,50; Pd — 3,57; Cu — 9,28; S — 0,71; н. о. — 0,40 сумма — 100,40%. По-видимому, является смесью (Звягинцев О. ДАН СССР, 1940, 26, № 8,795; Сб. «Вопросы минералогии, геохимии и петрографии» Изд. АН СССР, 1946, 203).

### СТРУКТУРА ТИПА МЕДИ

		ГРУППА МЕДИ		
		Сингония	a.	Уд. в. (вычисл.)
Медь	Cu	Куб.	3,6153	8,9
Серебро	Ag	Куб.	4,0856	10,5
Золото	Au	Куб.	4,0783	19,3

Самородные металлы — золото, серебро и медь — кристаллизуются в кубической сингонии. Вид симметрии гексоктаэдрический. Решетка грауцентрированная типа меди; пространственная группа  $O_h^5$  —  $Fm\bar{3}m$ . Элементарная ячейка содержит 4 атома. Минералы этой группы обладают склонностью к двойникованию и образованию дендритовидных форм. Имеют сходные физические свойства: ковкость, тягучесть, твердость, теплопроводность и др. Состав изменяется вследствие взаимной растворимости членов этой группы с образованием разновидностей: медистого золота, серебряного золота, электрума, порпецита и др.

Золото и серебро в природных условиях смешиваются в широких пределах, при охлаждении иногда дают структуры распада, часто представляют собой соединения двухфазового состава, но в отличие от искусственных сплавов не образуют непрерывного ряда твердых растворов. Самородное золото большинства месторождений, обычно высокопробное, содержит до 10—12% Ag; электрум — разновидность золота с 30—43% Ag; серебро, за редкими исключениями, не содержит значительных примесей Au. Cu только при высокой температуре дает твердый раствор с Au, который при охлаждении распадается; Cu и Ag практически не образуют твердых растворов. Золото образует ограниченные твердые растворы с Pd (порпецит), Rh (родит), поглощает до 16,5% Hg (амальгама золота — аурамальгама); с Bi образует соединение  $BiAu_2$  (мальдонит). Серебро растворяет до 45% Hg (амальгама серебра), до 5% Sb (сурьмянистое серебро), до 7% As (мышьяковистое серебро) и в очень узких пределах растворяет Cu. Медь растворяет около 4% As.



## Медь Соррег

Cu

Латинское наименование меди *cuprum* происходит от названия острова Кипр, откуда в древности ввозили медь. Происхождение русского названия неясно <sup>1</sup>.

Купрокупритом были названы тонкие смеси самородной меди и куприта (Вернадский, 1910). Витнейт—whitneyite (Гент, 1859) и дарвинит (Форбс, 1860) — мышьяковистая медь, образующая смеси с альгодонитом.

**Характ. выдел.** Искаженные кристаллы, дендритовидные сростки, нитевидные, проволочные, моховидные образования, тонкие пластинки, конкреции, порошковатые скопления и сплошные массы весом до нескольких сотен тонн.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^3 - Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 3,6153 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (для металла, Бэрет, 1953).

Для кристаллической структуры характерна гранецентрированная решетка: по углам и в центрах граней элементарного куба расположены атомы меди. Это формальное выражение того, что в структуре меди имеется плотнейшая упаковка (так называемая кубическая плотнейшая упаковка) из атомов металла с радиусом  $1,27 \text{ \AA}$  и расстоянием между ближайшими атомами  $2,54 \text{ \AA}$  при выполнении пространства в 74,05%. Каждый атом Cu окружен 12 ему подобными (координационное число 12), располагающимися вокруг него по вершинам так называемого Архимедова кубооктаэдра.

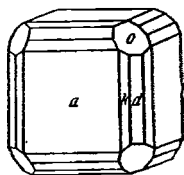
Гексоктаэдр. кл.

Обычные формы<sup>2</sup>:  $a$  (100),  $d$  (110),  $o$  (111),  $l$  (530),  $e$  (210),  $h$  (410).

Более редкие (недостовверные) формы:

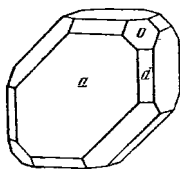
320	520	211	411	542	18.10.5	11.3.1
740	310	311	511	531	11. 6.1	12.3.2
730	322	722	611	954	421	

Облик кристаллов кубический, тетрагексаэдрический, додекаэдрический, реже — октаэдрический (возможно, псевдоморфозы по куприту) (фиг. 3—7). Грани часто шероховатые, с углублениями или возвышениями.



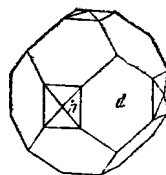
Фиг. 3. Кристалл самородной меди (Турьинские рудники)

По Розе



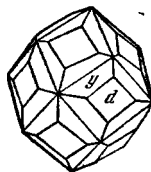
Фиг. 4. Кристалл самородной меди (Турьинские рудники)

По Задебену



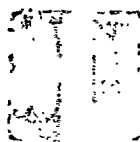
Фиг. 5. Кристалл самородной меди (Верхнее озеро)

По Дана, 1868



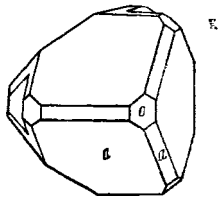
Фиг. 6. Кристалл самородной меди (Верхнее озеро)

По Дана, 1868



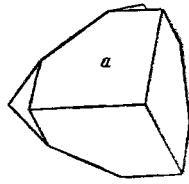
Фиг. 7. Кристалл самородной меди (Нижний Тагил)

По Розе



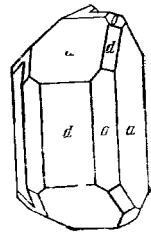
Фиг. 8. Двойник самородной меди по (111) (Турьинские рудники)

По Розе



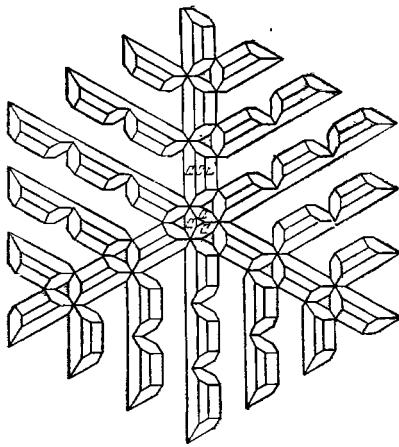
Фиг. 9. Двойник самородной меди по (111) (Турьинские рудники)

По Розе



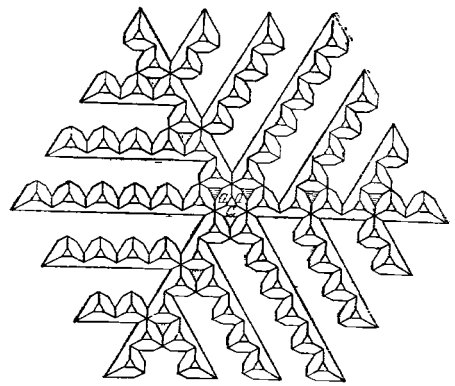
Фиг. 10. Двойник самородной меди по (111) (Турьинские рудники)

По Розе



Фиг. 11. Дендритовидные сростания двойниковых кристаллов самородной меди (Турьинские рудники)

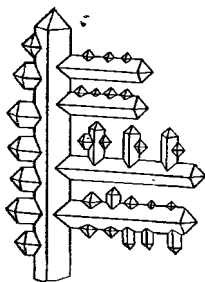
По Розе,



Фиг. 12. Дендритовидные растения двойниковых кристаллов самородной меди (Турьинские рудники)

По Розе

Простые кристаллы редки. Дв. сростания по (111) обычны (фиг 8—10), иногда полисинтетические, часто пластинчатые в направлении дв. оси или удлиненные  $\parallel$  диагонали дв. плоскости. Обычно кристаллы (простые и двойники) неравномерно развиты: вытянуты, укорочены или деформированы.



Фиг. 13. Дендритовидные сростания двойниковых кристаллов самородной меди (Верхнее озеро)

По Дана, 1886

Характерны дендритовидные формы, представляющие собой однообразные сростания множества кристаллов (единообразно деформированных или правильных) по какому-либо одному направлению. Таковы, например, двойниковые по (111) кристаллы, вытянутые по оси симметрии 2-го порядка и сросшиеся параллельно граням ромбического додекаэдра (фиг. 11) или сростания правильных двойниковых кристаллов, разветвляющиеся по направлению ребер и диагоналей октаэдрических граней (фиг. 12), а также параллельные сростания кристаллов, вытянутых в направлении осей 4-го порядка (фиг. 13). В сплошных выделениях самородной меди при травлении обнаруживаются признаки собирательной кристаллизации с развитием крупных зерен за счет более мелких зональных зерен неправильной формы.

**Физ.** Сп. не наблюдается. Изл. занозистый, крючковатый. Очень ковкая и тягучая. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 8,4—8,9 (вычисл. 8,94). Цв. в свежем изломе светло-розовый, быстро переходящий в медно-красный, затем в коричневый; часто с желтой или пестрой побежалостью. Черта медно-красная, блестящая. Бл. металлический. Непрозрачна. В тончайших пластинках просвечивает зеленым цветом. Электропроводность очень высокая; существенно понижается от примесей.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. розовая. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей — 61, для оранжевых — 83, для красных — 89. Изотропна. Показ. прел. (по Кундту) в призмах для красного света — 0,45, для белого — 0,65, для голубого — 0,95; в отраж. свете (по Друде) для Na-света 0,641, для красного ( $\lambda = 630,1 \text{ м}\mu$ ) — 0,580. Коэф. погл. для Na-света — 4,09, для красного света — 5,24.

**Хим.** Содержит иногда примеси Fe, Ag, Pb, Au, Hg, Bi, Sb, V, Ge<sup>3</sup> (серебристая медь с 3—4% Ag, железистая—2,5% Fe и золотистая—2—3% Au). Примеси наблюдаются чаще в первичной самородной меди; вторичная медь обычно более чистая. Состав самородной меди из Шамлугского м-ния (Арм. ССР)<sup>4</sup>: Cu — 97,20 — 97,46%, Fe — 0,25%; в меди из месторождений Алтая определено 98,3% Cu и более.

**Диагн. исп.** Легко растворяется в разбавленной HNO<sub>3</sub> и в царской водке, в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—при нагревании, в HCl — с трудом. В водном растворе аммиака растворяется, окрашивая его в синий цвет.

В полир. шл. травится всеми основными реактивами. Внутреннее строение легко выявляется с помощью NH<sub>4</sub>OH + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> или HCl + CrO<sub>3</sub> (50%-ный раствор).

П. п. тр. плавится (плавк. 3). При температуре белого каления постепенно окисляется, окрашивая пламя в зеленый цвет.

**Повед. при нагр.** Чистая медь плавится при 1083°. Коэф. линейного расширения при 40° 0,1690·10<sup>-4</sup>. Теплопроводность несколько меньше, чем у серебра.

**Нахожд.**<sup>5,7</sup> Самородная медь образуется в восстановительных условиях при различных геологических процессах; значительная часть ее выделяется из гидротермальных растворов. В виде микроскопических выделений наблюдается во многих, преимущественно основных, изверженных породах, подвергшихся воздействию гидротермальных растворов, например, в серпентинизированных перидотитах, дунитах и серпентинитах. В этом случае возникновение самородной меди, возможно, связано с разложением ранее образовавшихся медных сульфидов, например, кубанпта (Урал, Закавказье). Аналогичное происхождение можно приписать самородной меди в амфиболитизированных основных породах Серовского р-на Свердловской обл. В Карабашском месторождении медистого золота Челябинской обл. самородная медь наблюдается в жидкообразных телах диопсидо-гранатовых пород, залегающих среди серпентинитов; для самородной меди здесь характерна ассоциация с медистым золотом, халькозином, кальцитом, диопсидом, апатитом, сфеном, магнетитом и др.

В некоторых древних вулканических породах (мелафирах, диабазах и др.), метаморфизованных под воздействием паров, газов и гидротермальных растворов, медь выполняет миндалины, образует цемент между минералами измененной лавы, заполняет пустоты и трещины; сопровождается гидротермальными минералами: анальцитом, ломонитом, пренитом, датолитом, адуляром, хлоритом, эпидотом, пумпелинитом, кварцем, кальцитом. Крупнейшие месторождения этого типа находятся на п-ве Кивино в районе Верхнего озера (шт. Мичиган, США), где оруденение приурочено к верхнепротерозойской толще. Главная масса меди добывается из мелафиров и конгломератов, но наиболее крупные

выделения меди (до 400 т и более) встречены в кальцитовых жилах, содержащих самородное серебро и домейкит.

Выделения самородной меди наблюдались в диабазах Новой Земли, в траппах Сибирской платформы<sup>8</sup>, среди основных эффузивных пород в Италии, на Фарерских островах (Дания), в Новой Шотландии (Канада) и в других местах. Представителями редких типов гипогенных месторождений самородной меди являются цинково-марганцовое месторождение Франклин (шт. Нью-Джерси, США) и марганцовые месторождения Лонгбан и Якобсберг (Швеция). Гипогенными, по-видимому, являются выделения самородной меди весом до нескольких тонн из ранее разрабатывавшегося месторождения Калмактас в Каз.ССР, представленные в музеях прекрасными образцами.

В зоне окисления, особенно в ее нижних частях, самородная медь в основном является ранним продуктом изменения сульфидных медных минералов, главным образом халькозина. Она слагает преимущественно выделения неправильной формы, реже — кристаллы и дендритовидные агрегаты.

Наиболее часто самородная медь сопровождается халькозином, купритом, кальцитом, лимонитом. Наблюдается в ряде месторождений Каз. ССР<sup>9</sup> (Джезказган, Беркара, Успенское и др.), Рудного Алтая (Беловосовское, Зыряновское, Чудак, Таловское и др.), США (Бисби и Клифтон-Моренс в шт. Аризона, Тинтик в шт. Юта и др.).

Частью самородная медь в зоне окисления возникает путем отложения из растворов, содержащих сульфат меди. Такова, например, самородная медь, образующая выделения в полостях среди агрегатов лимонита, иногда в ассоциации с купритом (Меднорудянское месторождение Свердловской обл. и др.). Известны псевдоморфозы самородной меди, образовавшиеся в зоне окисления по халькозину, куприту, антлериту, халькантиту, азуриту, кальциту, арагониту и другим минералам.

Особенно красивые образцы самородной меди (кристаллы и дендритовидные сростки) происходят из Турьинских рудников Свердловской обл.

В некоторых горных выработках из медьсодержащих вод на железных предметах выделяется так называемая цементная медь в виде пленок и корочек. Известны также случаи образования меди на полусгнивших остатках крепежной древесины.

В повышенном количестве самородная медь наблюдается в некоторых осадочных породах (песчаниках, глинах, мергелях), содержащих растительные остатки, в виде выделений неправильной формы, иногда в псевдоморфозах по древесине или в виде конкреций. Таковы, например, пермские медистые песчаники отдельных районов РСФСР (Приуралье, Татарская АССР и др.), песчаники Науката в Киргизской ССР, меловые медистые песчаники Кокоро и Кобрицос в Боливии и др.

С восстановительными процессами связано также образование самородной меди в некоторых торфяниках, например, в Свердловской обл. — по р. Лёвихе в бассейне р. Тагила и в Сыертском р-не.

В виде галек и зерен самородная медь встречается в СССР в некоторых россыпях: на Урале, по Енисею, по р. Б. Сархой в Бурятской АССР, по р. Чорох в Груз. ССР, на Командорских о-вах и в других местах. В шт. Коннектикут (США) самородная медь обнаружена в ледниковых отложениях в виде выделений весом до 75 кг. Мелкие, неправильной формы выделения самородной меди отмечены в самородном железе метеорита Венгеро в ассоциации с троилитом<sup>10</sup>.

**Изм.** Наиболее обычными продуктами изменения самородной меди являются куприт, малахит и азурит.

**Искусств.** Может быть легко получена из расплавов или путем электролиза из растворов солей меди.

**Практ. знач.** Важная составная часть некоторых медных руд, иногда главный медный минерал таких руд.

**Отл.** От других минералов легко отличается по цвету, твердости, ковкости. Под микр. в отраж. св. легко определяется по цвету и отражательной способности.

## Межплоскостные расстояния меди

(по Болдыреву и Михееву)

Fe-антикатод,  $D=46,00$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	111 $\beta$	4	(2,3012)	2,0862	6	220	10	1,2762	(1,1570)
2	111	9	2,0851	(1,8898)	7	311 $\beta$	4	(1,2001)	1,0881
3	200 $\beta$	3	(1,9924)	1,8058	8	222 $\beta$	2	1,1482	1,0413
4	200	8	1,8060	(1,6572)	9	311	9	1,0887	(0,9868)
5	220 $\beta$	4	(1,4071)	1,2760	10	222	5	1,0419	(0,9443)

## Л и т е р а т у р а

1. Фигуровский Н. А. Сб. «Материалы по истории отечественной химии». Изд. АН СССР, 1950, 259.
2. D a n a E. S. Am. J. Sci., 1886, 32, 413 (описание кристаллов из р-на Верхнего озера); H a w k i n s A. C. Am. Min., 1929, 14, No 7—8, 309; O e h i k e J. F. Min. Abstr., 1922, 1, 348.
3. G e i l m a n n W., B r ü n g e r K. Zs. anorg. Chem., 1931, 196, 312; P a r i s h J. Econ. Geol., 1928, 23, 660 (наличие Ge).
4. З в я г и н ц е в О. Е., П и с а р ж е в с к а я Э. Л. Изв. АН СССР, отд. мат. и ест. наук, сер. хим., 1937, № 3, 675.
5. Б о л г о в Г. П. Минералогия полиметаллических м-ний Рудного Алтая. Изд. АН Каз.ССР, 1957, 1, 95.
6. Б е т е х т и н А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 180.
7. В е р н а д с к и й В. И. Опыт описательной минералогии (1910); Избр. соч., 1955. 2, 251.
8. М о о р Г. Г. ДАН СССР, 1945, 49, № 1, 48 (в трапном поле Сибирской платформы).
9. Ч у х р о в Ф. В. Зона окисления сульфидных месторождений степной части Казахстана. Изд. АН СССР, 1950, 50.
10. Ю д и н И. А. Зап. Всес. мин. о-ва, 1956, 85, вып. 3, 403.

## Серебро Silver

## Ag

Русское название от славянского слова серп (серп луны)<sup>1</sup>, Разнов. Кюстелит, конгсбергит, аркверит, бордозит, апимикит, алларгентум чшенит, медистое серебро.

Макфарланит (Сиблн, 1880) — смесь самородного серебра с галенитом, сфалеритом, никелином, халькопиритом.

**Характ. выдел.** Зерна, сплошные массы весом до нескольких сотен килограммов, волосовидные, моховидные и проволоочные формы, а также тонкие пластины, листочки, дендриты, кристаллы, частью скелетные, «вязаные» формы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5$  —  $Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 4,0856\text{Å}$ ;  $Z=4$  (для металла, Бэрет, 1953).

Структура та же, что у меди, но радиус атомов Ag несколько больше (1,44Å), а, следовательно, и расстояние между ближайшими атомами 2,88 Å (половина диагонали грани элементарного куба).

Гексоктаэдр. кл.

Формы:

<i>a</i> 100	<i>o</i> 111	<i>e</i> 210	<i>j</i> 310	<i>n</i> 211	<i>r</i> 332	<i>q</i> 331
<i>d</i> 110	<i>8</i> 740	<i>k</i> 520	<i>h</i> 410	<i>m</i> 311	<i>Г</i> 552	<i>y</i> 751

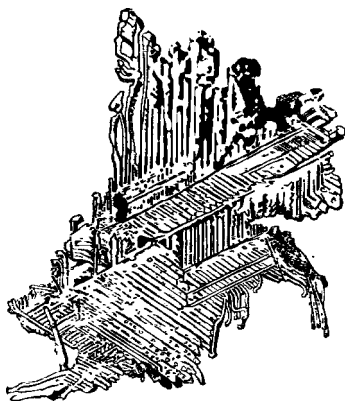


Фиг. 14. Проволоковидные кристаллы самородного серебра (Конгсберг)



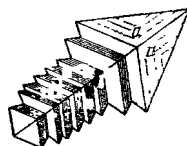
Фиг. 15. Изогнутый кристалл самородного серебра (Конгсберг)

Наиболее распространены куб и октаэдр или комбинации этих двух форм. Облик кристаллов кубический, октаэдрический, додекаэдрический. Обычно кристаллы сильно деформированы; характерно развитие длинных волосовидных кристаллов, вытянутых по оси симметрии 4-го порядка, изогнутых или скрученных (фиг. 14 и 15).



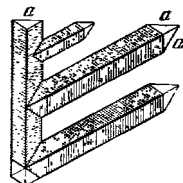
Фиг. 16. Дендритовидная («вязаная») форма самородного серебра (Конгсберг)

По Рату



Фиг. 17. Сросток кристаллов самородного серебра (Мексика)

По Задбеку



Фиг. 18. Сросток кристаллов самородного серебра (Мексика)

По Задбеку

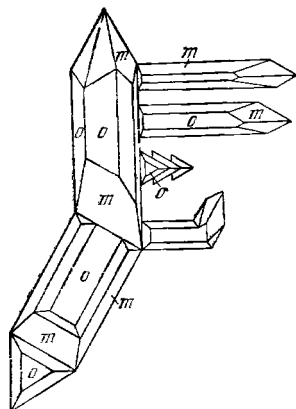
Дв. по (111), нередко повторные, образующие пластины сложного строения (фиг. 16). Своеобразные параллельные сростки кристаллов (фиг. 17 и 18) установлены в образцах из месторождений Мексики. Еще более сложное строение имеют сростки кристаллов серебра из Конгсберга в Норвегии (фиг. 19). Наблюдаются двойники (фиг. 20 и 21).

Физ. Сп. отсутствует. Изл. крючковатый. Весьма ковко и тягуче, расплющивается в тончайшие листочки. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 10,1—11,1 (вычисл. 10,497). Цв. в свежем изломе серебряно-белый; с поверхности

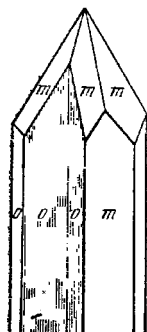
часто покрыто серым или черным налетом. Черта белая блестящая. Бл. металлический. Непрозрачно.

Наилучший проводник электричества; по мере увеличения содержания Au электропроводность значительно падает.

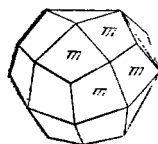
Микр. В полир. шл. в отраж. св. яркое серебрино-белое с кремовым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 95,5, для желтых — 95, для оранжевых — 94, для красных — 93. Пок. прел. (по Кундту) в призмах для белого света 0,27; для Na-света (по Друде) 0,181, для красного — 0,203. Коэф. погл. для Na-света 20,3, для красного 19,5. Изотропно.



Фиг. 19. Сrostок кристаллов самородного серебра (Конгсберг)  
По Розе



Фиг. 20. Двойник самородного серебра (Конгсберг)  
По Задебуку



Фиг. 21. Двойник самородного серебра (Конгсберг)  
По Розе

Известны сростания самородного серебра с дискразитом, самородной медью, блеклой рудой и др.

Хим. Почти никогда не бывает химически чистым. Наиболее распространены примеси Au и Hg, в меньшем количестве — Sb, Bi, Cu, As, Pt (см. ниже — разновидности).

Анализы:

	Cu	Ag	Au	Fe	Zn	Hg	Sb	Н.о.	Сумма
1.	0,56	96,78	—	1,04	1,12	—	—	0,22	99,72
2.	0,011	98,45	0,004	0,024	—	1,13	0,581	—	100,200

1—Сокольное м-пие; анал. Пилипенко<sup>2</sup>; 2—Конгсберг; анал. Мюнстер<sup>3</sup>.

Диагн. исп. Растворимо в HNO<sub>3</sub>; от прибавления к раствору HCl выпадает белый творожистый осадок AgCl; от H<sub>2</sub>S чернеет. Раствор йода в спирте оставляет на поверхности серебра белый налет AgI.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> травится со вскипанием, от FeCl<sub>3</sub> — темное ирризирующее пятно; от HgCl<sub>2</sub> — серый налет, переходящий в сероват-бурый. Раствором CrO<sub>3</sub> в HNO<sub>3</sub> в течение 1—3 сек. выявляются двойники.

П. п. тр. легко плавится и дает слабый красный налет Ag<sub>2</sub>O.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. чистого Ag 960,5°. Коэф. лин. расш. при 40° 0,1921 · 10<sup>-4</sup>, при 50° 0,1936 · 10<sup>-4</sup>.

Находж.<sup>4,5,6,7</sup> Находится преимущественно в средне- и низкотемпературных гидротермальных месторождениях, в зоне вторичного обогащения, в зоне окисления сульфидных месторождений и изредка в осадочных

породах и россыях. Среди среднетемпературных гидротермальных месторождений самородного серебра можно выделить два главных типа: 1) месторождения Ag-Co-Ni-Bi-U-формации с арсенидами Co и Ni, самородным висмутом, аргентитом, пруститом, стефанитом, тетраэдритом, частью с уранинитом (урановой смолкой); самородное серебро встречается в иглольчатых, проволочных, часто дендритовидных формах, иногда в сростаньи с сурьмянистыми минералами [примеры: Шнееберг и Аннаберг в Саксонии (ГДР), Кобальт в Онтарио (Канада), Яхимов (Чехословакия)]; 2) жилы с кальцитом, кварцем, флюоритом, адуляром, альбитом, цеолитами, серебро-содержащими сульфидами; самородное серебро частью наблюдается в виде волосовидных агрегатов на аргентите [примеры: Конгсберг (Норвегия), Фрейберг (ГДР), Андреасберг (ФРГ) на Гарце, Аркверос и Родатио (Чили)]. Для м-ния Конгсберг характерно наличие в кальците, с которым ассоциируется самородное серебро, органического вещества. Из этого месторождения происходят особенно красивые образцы проволочных форм и кристаллов самородного серебра; последнее прослежено до глубины 900 м. Вес выделений самородного серебра в м-нии Кобальт достигал 612 кг; частично оно образует сростания с дискразитом. В Шнееберге встречены крупные массы самородного серебра и аргентита весом до 40 т. Преимущественно в виде микроскопических выделений самородное серебро встречается в среднетемпературных гидротермальных месторождениях других типов, например, в золоторудном м-нии Степняк в Каз. ССР (включения в блеклой руде, галените, джемсоните), свинцово-цинковом м-нии Митюшев Камень на Новой Земле (включения в галените и пирите) и др.

Самородное серебро наряду с самородным золотом встречается в ряде относительно низкотемпературных гидротермальных месторождений в районах развития молодых излившихся пород. В этих месторождениях оно ассоциируется с сульфосолями серебра, аргентитом, самородным золотом, галенитом, сфалеритом и др. Таковы богатые жилы в области Кордильер, в Карпатах, Японии, в Новой Зеландии. В районе Верхнего озера в шт. Мичиган (США) самородное серебро найдено в эвтектическом сростании с самородной медью.

В зонах окисления и цементации свинцово-цинковых, серебряных, колчеданных и других месторождений самородное серебро обычно находится в тонкорассеянном состоянии или в виде тонких пластинок, пленок, чешуек, зерен, волокон, дендритов, иногда в виде коллоидных агрегатов совместно с лимонитом и кварцем. Кристаллы редки, мелкие и бедны формами. Размеры отдельных выделений от пылевидных частиц (микрон и менее) до 0,5 мм, реже до 2—3 мм. Ассоциируется с типичными минералами зоны окисления, часто с церусситом и лимонитом. Гипергенное самородное серебро частью представлено псевдоморфозами по галогенидам серебра. Примеры месторождений: Белоусовское, Заводни-ское, Зырянское, Риддерское, Сокольное (Рудный Алтай, Каз. ССР), Турьинские, им. Шмидта, Сан-Дonato (Свердловская обл.), Новый Сибай (Башкирская АССР), Джебказган (Каз. ССР), Тары-Экан (Тадж. ССР), Салаирское (Кемеровская обл.), Чаньярсилло (Чили), Потоси (Боливия), ряд месторождений Мексики.

В некоторых осадочных месторождениях самородное серебро встречается среди песчаников, содержащих углеродное вещество, в ассоциации с самородной медью. Образуется в результате восстановления органическими веществами<sup>6</sup>. В элювиальных и аллювиальных россыях самородное серебро наблюдалось в виде зерен и небольших самородков, весом до 4 кг (Южн. Урал, Закавказье, Зап. Сибирь и др.).

Изм. Имеются указания на замещение самородного серебра аргентитом; наиболее обычными продуктами изменения самородного серебра в



зоне окисления являются его галлоидные соединения. Выделения самородного серебра часто покрыты черными пленками, природа которых не выяснена.

Встречены трубчатые псевдоморфозы аргентита (акантита?) по самородному проволочному серебру<sup>8</sup>.

**Пескуств.** Получается из расплавов, а также из растворов солей серебра путем электролиза и при действии осадителей:  $\text{FeSO}_4$ , органических веществ, меди, куприта, различных сульфидных минералов (халькозин, ковеллит, эвэргит — сильные осадители; пирит халькопирит, галенит, сфалерит — более слабые), силикатов (каолинит, ортоклаз) и др.

**Практ. знач.** Крупного самостоятельного значения месторождения самородного серебра в большинстве случаев не имеют.

**Отл.** Распознается по цвету, характерному крючковатому излому, по ковкости (острие ножа легко оставляет металлический след) и уд. весу. От платины отличается меньшей твердостью и меньшим уд. весом. Аргентит, часто сопровождающий самородное серебро, обладает более темным свинцово-серым или черным цветом, не ковок. В полир. шл. от золота отличается цветом, отраж. способностью, быстрым потемнением при нахождении на воздухе и на свету. От висмута отличается изотропностью и большей твердостью. Самородная сурьма и дискразит похожи на самородное серебро по отраж. способности, но отличаются отсутствием кремового оттенка, резко пониженным относительным рельефом и анизотропностью. Платина почти не травится реактивами.

**Разнов.** *Au-содержащие:* күстелит — küstelite (Брайтхаупт, 1866). Или золотистое серебро. Содержит до 10% и выше Au, которое присутствует в виде твердого раствора. Тв. 2—2½. Уд. в. 11,32—13,10. Цв. серебряно-белый, на несвежей поверхности более темный. Впервые встречен Кюстелен в шт. Невада (США) в р-ке Офир в виде мелких бобовидных зерен.

*Hg-содержащие:* конгсбергит — kongsbergite (Пизани, 1872). Содержит до 5% Hg. Найден в месторождении Конгсберг (Норвегия). Цв. серебряно-белый или желтоватый; бл. тусклый. Аркверит — arquerite (Домейко, 1841). Содержит до 13% Hg. Встречен в месторождении Аркверос (Чили). Встречается в зернах и неправильных выделениях. Уд. в. 10,8. Ковок и мягок. Цв. серебряно-белый. Бл. металлический. Бордозит — bordosite (Домейко, 1879). Содержит до 30,7% Hg. Впервые был найден в р-ке Бордозо (Чили). Хрупок, легко растирается в порошок. Цв. желтый, на воздухе быстро темнеет. Наблюдался совместно с амальгамой как продукт ее разложения.

*Sb-содержащие:* анимикит — animikite (Вюртц, 1879). Содержит до 11% Sb в виде твердого раствора с сохранением кристаллической структуры Ag. Тонкозернистый до скрытокристаллического. Изл. полураковистый. Уд. в. 9,45. Цв. белый до серовато-белого. Алларгентум — allargentum (Рамдор, 1950)<sup>9</sup>. Содержит 8—15% Sb. Гексаг. с. Наблюдался в полир. шл. совместно с дискразитом как продукт распада твердого раствора. Занимает промежуточное положение между собственно серебром (куб. с.) и дискразитом (ромб. с.). В полир. шл. в иммерсии слегка светлее дискразита и менее сильно анизотропен. Обнаружен в месторождении Кобальт в Онтарио (Канада).

*Bi-содержащие:* чиленит — chilenite (Домейко, 1845) (серебряный висмут Кенгота, 1844; висмутистое серебро Рамельсберга, 1845). Содержит до 5% Bi. При более высоком содержании в полир. шл. устанавливаются механические примеси самородного висмута (Бетехтин). Зернистый. Серебряно-белый; на воздухе тускнеет и желтеет. Наблюдался в р-ке Сан-Антонио, Копьяпо (Чили).

**Си-содержащие:** медистое серебро. Содержит Си до десятых долей процента; при более высоких содержаниях Си устанавливаются механические примеси самородной меди (Бетехтин).

Межплоскостные расстояния серебра (по Харкорту)  
Мо-антикатод,  $ZrO_2$ -фильтр,  $D = 40,64$  мм

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	10	9,0	2,370	9	422	4	5,0	0,833
2	200	8	5,0	2,050	10	511;333	4	—	0,786
3	220	8	4,0	1,443	11	440	1	—	0,721
4	311	9	6,0	1,232	12	531	3	—	0,689
5	222	5	2,0	1,178	13	600;442	3	—	0,680
6	400	2	1,0	1,020	14	620	2	—	0,645
7	331	6	5,0	0,936	15	533	1	—	0,622
8	420	6	5,0	0,912					

#### Л и т е р а т у р а

1. Фигуровский Н. А. Сб. «Материалы по истории отечественной химии». Изд. АН СССР, 1950, 251; Васильев А. М. Уч. зап. Казанск. ун-та, 1912, 79, № 2, 3.
2. Филипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 338; Болгов Г. П. Минералогия полиметаллических м-ний Рудного Алтая. Изд. АН Каз.ССР, 1957, 1, 96.
3. K g u s c h P. Zs. pr. Geol., 1896, 93.
4. Л и н д г р е н В. Месторождения золота и платины. Цветметиздат, 1932, 56.
5. К р е й т е р В. М. Зап. Всес. мин. о-ва, 1948, 77, № 3, 239.
6. Б е т е х т и н А. Г., Т и т о в А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 88.
7. Ч и р к о в И. В. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 102.
8. Рафальский Р. П., Дымков Ю. М. ДАН СССР, 1957, 112, № 4, 746.
9. R a m d o h r P. Fortschr. Min., 1950, 28, Nr 1, 69.

## Золото Gold

### Au

Славяно-русское название «золото», по-видимому, связано корнем «сол» с обозначением солища<sup>1</sup>.

Разнов. Электрум, порпедит, купроаурид, аурикуприд, бисмутаурид, родит, иридитное золото, платинистое золото.

**Характ. выдел.** Первичное золото (коренное и россыпное) наблюдается в виде зерен, чешуек, листочков разнообразной формы и величины, в сплошных массах — самородках различной формы, весом от нескольких граммов до десятков килограммов. Менее часто оно встречается также в виде пластин, древовидных, нитевидных, сетчатых, проволочных образований, дендритов, редко в искаженных, еще более редко в более или менее правильных кристаллах<sup>2</sup>. Мелкодисперсное «невидимое», золото с размерами частиц от нескольких микронов и меньше в виде механических включений рассеяно в сульфидах (пирите, галените, халькопирите, арсенопирите и др.)<sup>3</sup>. Вторичное золото<sup>4,5</sup> наблюдается чаще в виде пленок, губчатых выделений, каемок, тонколосовидных выделений на первичном золоте, а также на гипергенных минералах (например, на куприте, лимоните и др.). Вторичное тонкокристаллическое золото коричневого цвета (подобного цвету порошка сухой горчицы) и плотного или рыхлого сложения иногда называют **горчицным золотом**.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5 - Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 4,0783 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Барет, 1953).

Структура, как у меди и серебра; радиус атомов Au 1,44 Å; расстояние между ближайшими атомами 2,88 Å.

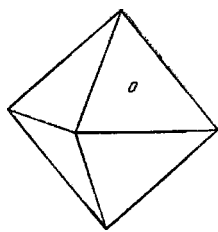
Гексоктаэдр. кл.

Формы<sup>6</sup>:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $e(210)$ ,  $m(311)$ ,  $x(18.10.1)$ ,  $t(421)$ .

Редкие и недостоверные формы: (520), (310), (410), (322), (211), (411), (811), (543), (321), (732), (11.5.3).

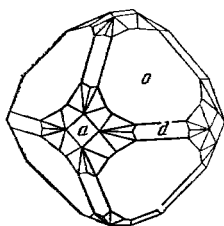
Кристаллы октаэдрического (фиг. 22 и 23), реже додекаэдрического (фиг. 24) и еще реже кубического облика и др. (фиг. 25). Кристаллы обычно искаженные: пластинчатые по (111), вытянутые вдоль оси 3-го порядка, иногда тетрагонального облика вследствие неравномерного развития (фиг. 26) вдоль четверной оси. Дв. по (111) простые (фиг. 27—28) и более сложные (фиг. 29—31). Наблюдаются скелетообразные, параллельные и ступенчатые срастания (фиг. 32—35), кристаллические скелеты, дендриты (фиг. 36) и сетчатые пластины. Дендритовая структура обнаруживается также в монокристалльных образованиях при травлении<sup>4,7</sup>. Поверхности граней часто неровные, с фигурами роста и разьедания (фиг. 37). Некоторые выделения состоят из чередующихся зон различной окраски — от темно-желтой до серебрино-белой, что, вероятно, зависит от изменения химического состава золота в процессе его отложения<sup>8</sup>.

Физ. Сп. отсутствует. Изл. крючковатый. Ковко и тягуче.<sup>6</sup> Легко расплющивается в тончайшие листочки. Тв. 2—3. При обжиге и переплавлении твердость уменьшается<sup>9</sup>. Уд. в. 15,6—18,3 в зависимости от состава (вычисл. 19,3). Цв. и черта, в зависимости от содержания Ag, от золотисто-желтого до почти серебрино-белого; при содержании Si приобретает розоватый оттенок. Цв. тонкого порошка бурый. Бл. сильный металлический. Непрозрачно; в тончайших слоях синее и зеленое просвечивание.



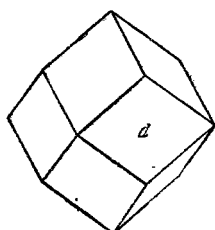
Фиг. 22. Кристалл самородного золота (Нижний Тагил, Урал)

По Розе



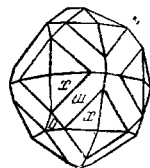
Фиг. 23. Кристалл самородного золота (Березовск, Урал)

По Розе



Фиг. 24. Кристалл самородного золота (Березовск, Урал)

По Розе



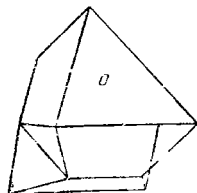
Фиг. 25. Кристалл самородного золота (Калифорния)

По Дана, 1886



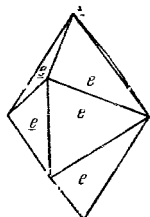
Фиг. 26. Кристалл самородного золота, удлиненный по оси 4-го порядка (г. Благодать, Урал)

По Вайсбаху



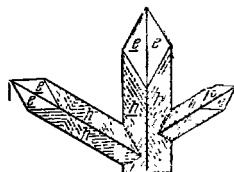
Фиг. 27. Двойник самородного золота (Урал)

По Кокшарову



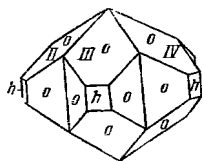
Фиг. 28. Двойник самородного золота (Фаца Бзи, Румыния)

По Рату

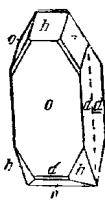


Фиг. 29. Двойниковый сросток самородного золота (Здрахольц, Румыния)

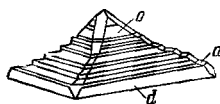
По Рату



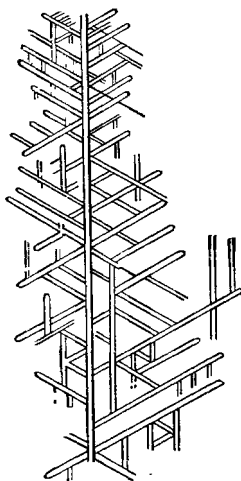
Фиг. 30. Пятерник самородного золота (Бэица, Румыния)  
По Розе



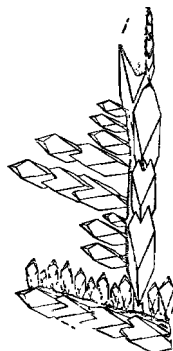
Фиг. 31. Двойник самородного золота (Рошия Монтана, Румыния)  
По Рату



Фиг. 35. Ступенчатый сросток кристаллов самородного золота (Сысертск, Урал)  
По Хельмханеру



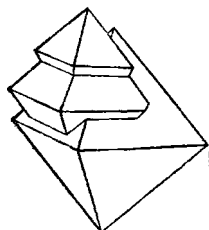
Фиг. 33. Двойниковый сросток кристаллов самородного золота (Фаца Бэи, Румыния)  
По Рату



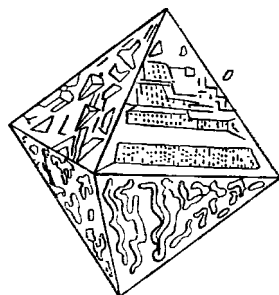
Фиг. 36. Дендритовидный сросток кристаллов самородного золота (Орегон)  
По Дана, 1886



Фиг. 32. Скелетообразный сросток октаэдрических кристаллов самородного золота (Сысертск, Урал)  
По Хельмханеру



Фиг. 34. Сросток октаэдрических кристаллов самородного золота (Сысертск, Урал)  
По Хельмханеру



Фиг. 37. Скульптура граней кристалла самородного золота (Сысертск, Урал)  
По Хельмханеру

Отмечались случаи магнитности самородного золота, содержащего  $Fe^{10}$ . Электропроводность меньше, чем у серебра и меди.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. золотисто-желтое, блестящее. Отраж. спос. исключительно высокая, зависит от содержания  $Ag$ , у чистого золота (в %): для зеленых лучей 47,0, для оранжевых 82,5, для красных 86. Изотропно. Пог. прел. (по Кундту) в призмах для красного света 0,38, для белого 0,58, для голубого 1,00; в отраж. св. (по Друде) для  $Na$  света 0,366, для красного ( $\lambda = 630,1 \text{ м}\mu$ ) 0,306; коэф. поглощения для  $Na$  света

7,71. для красного 10,2. Способность к полировке в мелких выделениях очень хорошая, в более крупных, даже при тщательной полировке, сохраняются царапины от мельчайших частиц абразивов и мелкие точечные углубления.

Наблюдаются структуры замещения и цементации золотом различных минералов.

**Хим.** Наиболее обычны примеси Ag, Cu, Fe, Te, Se, реже Bi, Pt, Ir, Rb (при значительном содержании примесей выделяются разновидности золота). Спектроскопически устанавливаются Mg, As, Mn, Ni. Первичное золото из низкотемпературных м-ний обычно богаче серебром, чем золото из высокотемпературных м-ний; золото вторичное (переотложенное) бедно серебром.

Анализы (данные о содержании Ag и других примесей в золоте из месторождений СССР приведены в ряде работ<sup>2,11,11а</sup>):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	0,35	0,10	0,35	—	—	—	—	20,39	0,11
Ag	0,16	2,88	9,45	14,71	17,33	38,38	38,14	4,49	2,84
Au	98,96	96,79	89,76	85,21	78,24	60,98	61,86	74,33	94,22
Fe	0,05	—	—	—	4,40	0,33	0,20	Сл.	—
Bi	—	0,13	—	—	—	—	—	—	2,92
H. o	—	—	0,08	—	—	—	—	0,26	—
Сумма	99,52	99,90	99,64	99,92	99,97	99,69	100,20	99,47	100,09
Уд. в.	19,10	18,22	17,96	16,90	15,54	14,56	14,68	15,17	17,58

1 — Шабровская россыпь (Свердловская обл.); анал. Розе<sup>12</sup>; 2 — Шилово-Исетский р-к (Свердловская обл.); анал. Ненадкевич<sup>18</sup>; 3 — Воицкий р-к (Карельская АССР); анал. Ненадкевич<sup>18</sup>; 4 — Острый бугор в Нагольном крае (УССР); анал. Самойлов<sup>14</sup>; 5 — Якутская АССР; анал. Ненадкевич<sup>10</sup>; магнитно, под микр. однородно; 6 и 7 — электрум. Зырянское м-ние на Рудном Алтае (Казах. ССР); анал. Розе<sup>12</sup>; 8 — медистое золото, Карабаш (Челябинская обл.); анал. Ненадкевич<sup>8</sup>; 9 — висмутистое золото, Шилово-Исетский р-к (Свердловская обл.); анал. Ненадкевич<sup>18</sup>.

**Диагн. исп.** Высокопробное золото растворимо в царской водке. Взаимодействует с Cl в момент его выделения и благодаря этому растворяется в смесях, в которых образуется свободный Cl, например, в смеси соляной и хромовой кислот. Также растворяется в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, в горячей конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с примесью HNO<sub>3</sub>, в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с примесью HJO<sub>3</sub> или KMnO<sub>4</sub>. В HCl и HNO<sub>3</sub> не растворяется. Растворяется в цианистых растворах.

В полпр. шл. от KCN чернеет, причем выявляются структурные особенности зерен золота. С Hg дает белую амальгаму; иногда разъедается HJ. Царской водкой, а также раствором CrO<sub>3</sub> в HCl и CrO<sub>3</sub> в царской водке выявляется структура: зернистое строение, двойники, иногда дендритовое строение зерен; в медистых и серебристых разностях — структуры распада<sup>15,16</sup>.

П. п. тр. легко плавится. Не реагирует с плавнями.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл. 1062,6°. Коэф. лин. расш. между 0 и 100° 0,146 · 10<sup>-4</sup>.

**Находч.**<sup>2,8,17</sup> В мельчайших выделениях содержится в изверженных, осадочных и метаморфических породах. Изредка обнаруживается в пегматитах. Концентрируется в гидротермальных месторождениях разнообразных формаций, преимущественно связанных с кислыми (до средних) интрузивными, реже эффузивными породами.

Месторождения золота бывают коренными и россыпными. Распределение золота в коренных месторождениях неравномерно; нередко

обнаруживаются участки, резко обогащенные золотом («кусты», «столбы» и «бонанцы»).

Среди коренных месторождений золота широким распространением пользуются жильные средне- до высокотемпературных месторождения, в которых рудные тела часто в основном или почти целиком сложены кварцем. Некоторые месторождения этой группы представляют штокверки и зоны окварцевания, главным образом, среди метаморфических и магматических пород. Месторождения этой группы обычно связаны с крупными массивами гранитоидов. Руды содержат те или иные количества пирита, арсенопирита, реже галенита, сфалерита, халькопирита, марказита, блеклых руд, вольфрампита, молибденита, шпротина, теллуридов, шелита и др., из нерудных минералов встречаются барит, карбонаты, хлориты, серицит, турмалин, гранат, апатит, альбит и др. Золото наблюдается в зернах неправильной формы, пластинках, дендритовидных выделениях, иногда в кристаллах. Часть его представлена тонкими включениями в сульфидных и других минералах. Чешуйки и зерна золота в сульфидах бывают разнообразной формы: уплощенные, сфероидальные, палочковидные и др.<sup>12,18</sup> В некоторых месторождениях встречены крупные сплошные выделения (самородки) золота. Иногда тонкодисперсное золото устанавливается только химически. Примеры месторождений этой группы в СССР: многие месторождения Урала (Березовское и др.) и Казахстана (Степняк и др.); в США ряд месторождений Аляски, Калифорнии, Невады; некоторые месторождения Бразилии, Канады, Южн. Африки, Австралии и многие другие. Помимо кварцевых жил, золото, отложенное из высоко- или среднетемпературных гидротермальных растворов, наблюдается также местами среди скарнов и серпентинитов.

Значительная часть золота приурочена к низкотемпературным гидротермальным месторождениям, которые характерны для районов развития третичных вулканических пород. Жильные минералы представлены кварцем, халцедоном, кальцитом, анкеритом, сидеритом, родохрозитом, адуляром, баритом, флюоритом, цеолитами. Золото в некоторых месторождениях тонко распылено в кварце, халцедоне, карбонатах. Из рудных минералов с ним ассоциируются пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды, энаргит, самородное серебро, аргентит, теллуристые соединения золота (наггагит, калаверит и др.). Золото по составу преимущественно низкопробное. Примеры месторождений этого типа: Балей (Читинская обл.)<sup>19</sup>; Криш-Крик в шт. Колорадо (США), Пачука (Мексика), месторождения Японии, Румынии и др.

Россышные месторождения золота, современные и древние (палеозойские, мезозойские), широко распространены. Различают элювиальные, аллювиальные и морские россыпи. Их образование связано с разрушением золотоносных жил и золотоносных пород. Золото представлено зернами и чешуйками различной величины и формы, разной степени окатанности — в зависимости от типа россыпи и удаленности от коренных месторождений; встречаются также кристаллы, их сростки, дендриты, самородки весом от граммов до единиц и десятков килограммов. Золото обычно первичного происхождения, освободившееся при разрушении жил; в незначительном количестве наблюдается также перетолженное вторичное золото, которое образует каемки на первичном золоте, меди, куприте, платине. Спутники золота в россыпях: магнетит, циркон, касситерит, пльменит, платина и осмистый придий. В россыпях речных долин и террас золото распределяется неравномерно или с известной закономерностью «струями». Примеры: элювиальные россыпи — Калгурли в Зап. Австралии; русловые россыпи — Алдан, Амур, Колыма (СССР), Аляска, Калифорния (США); террасовые россыпи — Алдан, Лена, Охотское побережье (СССР); морские — Аляска (США).

Крупнейшие месторождения золота типа золотоносных конгломератов представляют метаморфизованные древние россышные месторождения, подвергшиеся воздействию гидротермальных растворов (Витватерсранд в Южной Африке).

В зоне окисления сульфидных месторождений<sup>20,21</sup> наблюдается остаточное первичное золото, освободившееся при разрушении сульфидов, и в более редких случаях — вторичное (гипергенное) золото, выделившееся из растворов. Такое золото в некоторых месторождениях типа колчеданных залежей наблюдается среди бурых железняков или ярозитов (Майкани в Каз. ССР). Вторичное (гипергенное) золото в зоне окисления обычно представлено пленками, мелкими кристалликами и их сростками, иногда — так называемым горчичным золотом. Часть гипергенного золота образуется при выветривании теллуридов золота.

Самородки золота иногда достигают крупных размеров: самородок весом около 153 кг был найден в россыях в Чили, весом 93,5 кг — в кварцевой жиле Хил-Энд в Новом Южном Уэльсе (Австралия). Крупный самородок (весом около 36,04 кг) был найден в 1842 г. в одном из приисков Мпасского р-на (Челябинская обл.); в той же россыпи были найдены самородки весом 10,08 кг (1826 г.), 20,07 кг (1854 г.); в россыпи р. Тьелги, притока Мпасса, в 1936 г. добыты самородки весом 14 кг 231г и 9 кг 386 г: в Свердловской обл., в россыпи Никольского лога, притока Чусовой, найден золотой самородок весом 13,8 кг (1935 г.)<sup>2,21а</sup>.

**Изм.** В зоне окисления тонкодисперсное золото в особых условиях (воздействие Cl, Br или J в момент выделения, воздействие  $Fe_2(SO_4)_3$  в присутствии кислорода воздуха, переход в коллоидальный раствор) растворяется — мигрирует и переотлагается<sup>22</sup>. Золото, слагающее более крупные выделения, в зоне окисления и в россыях претерпевает изменение с образованием тонких каемок более высокопробного золота ярко-желтого цвета по периферии и вдоль границ между зёрнами; вследствие электрохимической коррозии золото переходит в раствор вместе с более легко растворимым серебром, и часть золота немедленно осаждается тут же на остальной части золотины. При длительном нахождении золота в россыях происходит облагораживание золотинок с выносом серебра и образованием высокопробных сравнительно широких каемок около неизмененного ядра<sup>23</sup>. При переносе в россыях золото претерпевает механическое истирание и окатывание, внешнюю и внутреннюю деформацию и перекристаллизацию<sup>24</sup>.

**Искусств.** Получается многими способами, например: 1) осаждением из растворов золота железным купоросом, перекисью водорода, сернистой кислотой, ампиловым спиртом и др.; 2) электролизом. Искусственно воспроизведено осаждение золота из растворов природными сульфидами (piritом, галенитом, сфалеритом, халькоpiritом), кальцитом, сидеритом и др. при различных температурах. Изучено совместное осаждение золота и сульфидов из растворов<sup>25</sup>.

**Практ. знач.** Добывается в значительных количествах из коренных и россышных месторождений как драгоценный металл. Извлекается попутно с основными металлами из медноколчеданных и свинцово-цинковых руд.

**Отл.** Главные диагностические признаки золота: золотисто-желтый цвет, малая твердость (легко режется ножом), большая ковкость и уд. вес, неспособность окисляться на воздухе. В мелких выделениях золото можно смешать сpiritом, халькоpiritом, миллеритом. Отличается от них меньшей твердостью, отсутствием побежалости, по черте, ковкостью. В полир. шл. под микр. от халькоpiritа легко отличается по отраж. спос. и по реакции с  $AgNO_3$  (не чернеет); от самородного серебра отличается большей отраж. способностью в синем свете<sup>26</sup> почернением от KCN; от теллуридов — изотропностью.

**Разнов.** Электрум — electrum — (Au, Ag). Содержит до 10—15% Ag.

Назван от греч. ἤλεκτρον — янтарь — по сходству цвета (Шлипп). Синон. серебряное золото.

Наблюдается в виде зерен, пластинок, примазок, дендритов, иногда кристаллов.

Преобладающие формы: (111), (100). Дв. по (111).

Сп. отсутствует. Изл. крючковатый. Весьма ковоч и тягуч. Тв. 2—3. Уд. в. 12,5—15,6. Цв. светло-желтый до серебряно-белого и зеленоватого («зеленое» золото из Балея). Черта металлическая блестящая. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

Отраж. спос. очень высока, но ниже чем у золота и серебра. Изотропен.

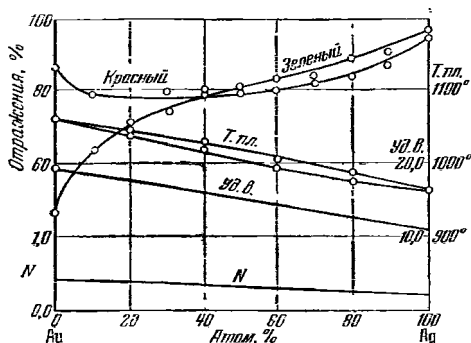
Травится  $\text{HNO}_3$  (от паров слабо тускнеет, иногда слабо вскипает); от KCN темнеет с образованием шероховатой поверхности; от  $\text{FeCl}_3$  иногда

слегка буреет и призирует, от  $\text{HgCl}_2$  становится бурым до черного и призирует.

Содержание Ag в электруме выше 25%, обычно 30—45% (анализы 6 и 7 на стр. 39).

Т-ра плавл.  $1061^\circ$  при содержании Ag 35,4% и  $1046^\circ$  при содержании Ag 39,9%. Зависимость некоторых свойств электрума от состава показана на фиг. 38.

Более редок, чем самородные золото и серебро. Встречается в месторождениях от средних до низкотемпературных. В сравнении с самородным золотом, бедным серебром, является более низкотемпературным.



Фиг. 38 Зависимость свойств минералов группы Au—Ag от состава  
По Винчелу

Наибольшее число указаний на находки электрума относится к кварцевым, барито-кварцевым, кальцито-кварцевым и баритовым жилам и залежам. Выделения минерала имеют различные величины и форму. Ассоциируется с аргентитом, красными серебряными рудами, штромейеритом, галенитом, халькозином, антимонитом, самородным золотом и другими минералами (Балея в Читинской обл., Кочкарское месторождение в Челябинской обл., Змеиногорское, Зыряновское и другие месторождения Рудного Алтая). В некоторых сульфидных месторождениях электрум наблюдается в зоне сажистых руд или в зоне окисления (Крюковское, Петровское, Риддерское, Семеновское и другие м-ния Рудного Алтая).

Мелкие зерна и самородки электрума весом до 400 г встречаются в некоторых россыях (Алтай, Зап. и Вост. Сибирь).

В зоне окисления изменяется с образованием на поверхности пленок и корочек галогенидов серебра.

**Порпезит** — porpezite (Фребель, 1892) (палладистое золото) — Au, Pd. Установлено впервые в 1798 г. в р-не Порпез (Помпео) в шт. Минас-Жерайс в Бразилии. Образует неправильные губчатые выделения, пленки, пластинки, округлые конкреции, реже — кристаллы. Изл. неровный, крючковатый. Тв. ~3. Ковоч. Уд. в. 15,73. Бл. металлический. Цв. как у собственно золота, частью с сероватым или бронзовым оттенком; иногда серебряно-белый. Черта металлическая, блестящая.

В искусственных условиях Au с Pd дают твердые растворы во всех пропорциях.



Состав порпецита из Минас-Жераис<sup>27</sup>:

Au	Ag	Pd	Pt	Fe, Cu
86,0—91,1	Сл.—4	8,2—11,6	0—0,1	0—сл.

Известен в шт. Минас-Жераис и Гояс в Бразилии в коренных месторождениях и в россыях. В коренных месторождениях порпецит приурочен к так называемым якотингам — контактовым породам, залегающим среди итабиритов (слоистые кварциты с гематитом). Якотинги наблюдаются около выходов гранитных пород; состоят из доломита, кальцита, хондродита, турмалина, пироксена, актинолита, магнетита, касситерита.

В небольшом количестве порпецит встречен в россыях бассейна р. Чорох (Груз. ССР)<sup>28</sup>. Установлено образование порпецита при изменении землистого палладита (PdO). По внешнему виду порпецит не отличается от золота. При добавлении к азотнокислому раствору цианистой ртути выпадает белый студенистый осадок цианистого палладия.

Купроаурид — cuproauride (Ложечкин, 1939)<sup>29</sup> и аурипкуприд — auricupride (Рамдор, 1950)<sup>30</sup> — природные твердые растворы Ag и Cu, по составу близкие к AuCu<sub>3</sub> (медистое золото). Под микр. в большинстве случаев оказывается состоящим из двух компонентов: медистого золота и золотистой меди. Изучение системы Au—Cu показало, что однородные изоморфные смеси (Au и Cu) при понижении температуры распадаются с образованием AuCu и AuCu<sub>3</sub>.

По характеру выделений не отличается от золота, не содержащего меди. Цв. желтовато-розовый. Изл. крючковатый. Ковок. Тв. 2—3.

Амальгамируется слабее чистого золота, травится сильнее высокопробного золота, при нагревании до 260° окисляется, при длительном нагревании при 350 в течение 3 час. порошок медистого золота чернеет и покрывается тонкими пленками CuO.

Главное и наиболее изученное месторождение медистого золота — гора Карабаш (Челябинская обл.), где медистое золото сопровождается магнетитом, халькозином, аргентитом, брейтгаузитом и золотосодержащей самородной медью; золотоносные кварцевые жилки залегают в тектонической зоне среди серпентинитов. Вес скоплений медистого золота достигает 100 г, но наряду с крупными выделениями широко распространены его микроскопические выделения. При травлении с помощью KCN выявляются пластинчатые и решетчатые структуры распада твердого раствора<sup>30</sup>. Содержание Cu составляет 17—20% (анализ 8 на стр. 39). На Урале медистое золото встречено также в некоторых россыях (Горный щит в Свердловской обл.). Кроме того, медистое золото в коренных месторождениях обнаружено в Австралии, Сев. Финляндии, Южн. Африке.

Висмут-аурид (висмутистое золото) — bismuth gold (Au, Bi). При содержании Bi до 4% однороден (твердый раствор), при более высоких содержаниях под микроскопом обнаруживаются включения самородного висмута (анализ 9 на стр. 39). По форме выделений и свойствам существенно не отличается от собственно золота. Типичные образцы происходят из Шилово-Исетского месторождения Свердловской обл. (кварцевые жилы с висмутистым золотом, тетрадимитом, пиритом, халькопиритом, блеклой рудой). Переходы от висмутистого золота к мальдониту, содержащему около 35% Bi, не известны.

Родит — rhodite (Адам, 1869) (родистое золото). Содержит до 43% Rh. Возможно, представляет смесь. Уд. в. 15,5—16,8. Хрупок. Обнаружен в месторождениях Мексики и Колумбии. В СССР встречен в золотоносных россыях бассейна р. Чорох в Груз. ССР (с содержанием 11,6% Rh)<sup>2</sup>.

Иридит — iridite (ираурит) — iridic gold. Встречено в россыях бассейна р. Чорох (Груз. ССР) и в Калифорнии (США). Уд. в. 21,69. Возможно, представляет смесь. Состав иридитного золота из бас-

сейна р. Чорох: Au — 62,4; Ag — 2,1; Pt — 3,8; Ir — 30,4; Pd — сл.; Cu — 0,03; Fe — 0,6; Bi — сл. (анал. Черник)<sup>2</sup>.

Платинистое золото — platinum gold. Встречено в россыпях бассейна р. Чорох (Груз. ССР). Уд. в. 19,53. Состав: Au — 84,6; Ag — 2,9; Pt — 10,5; Cu — 0,9; Fe — 0,2 (анал. Черник)<sup>2</sup>. Возможно, является смесью.

Межплоскостные расстояния золота (по Харкорту)  
Мо-антикаторд, ZrO<sub>2</sub>-фильтр, D=40,64 мм

№	hkl	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	111	10	9,0	2,35	6	400	3	0,3	1,016
2	200	9	6,0	2,03	7	331	7	2,0	0,933
3	220	8	4,0	1,437	8	420	7	2,0	0,909
4	311	9	5,0	1,226	9	422	4	3,0	0,830
5	222	5	1,0	1,173	10	511;333	4	3,0	0,783

#### Л и т е р а т у р а

1. Фигуровский Н. А. Сб. «Материалы по истории отечественной химии». Изд. АН СССР, 1950, 251.
2. Общие данные: Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии, 1908; Избр. соч., 1955, 2, 128; Смирнов А. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 96 и 101; Линдгрэн В. Месторождения золота и платины. Цветметиздат, 1932; Звягинцев О. Е. Геохимия золота. Изд. АН СССР, 1941; Билбин Ю. А. Зап. Мин. о-ва, 1947, 76, № 1, 77 (о металлогении золота).
3. Иванов А. А. Зап. Всес. мин. о-ва, 1951, 80, № 3, 172; Сб. «Вопросы минералогии, геохимии и петрографии». Изд. АН СССР, 1946, 366; Переляев А. П. Зап. Всес. мин. о-ва, 1951, 80, № 4, 289.
4. Петровская Н. В. ДАН СССР, 1941, 32, № 6, 424 (морфология и структура «нового» золота); Сб. материалов по геологии золота и платины, 1947, вып. 5, 66.
5. Чухров Ф. В. Зона окисления сульфидных месторождений стеной части Казахстана. Изд. АН СССР, 1950, 52; Юшко С. А. Изв. АН СССР, сер. геол., 1936, № 2—3, 435.
6. Ungersack H. Bull. Soc. fr. min., 1916, 39, 5; Шафрановский И. П. Зап. Всес. мин. о-ва, 1950, 79, № 4, 294.
7. Фасталович А. И. ДАН СССР, 1941, 32, № 6, 430.
8. Иванов А. А., Переляев А. П. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 68.
9. Жемчужный С. Ф. Изв. Ин-та физ.-хим. анализа, 1922, 2, вып. 2, 5.
10. Обручев В. А., Григорьев Д. П. ДАН СССР, 1945, 46, № 7, 318.
11. Звягинцев О. Е. Геохимия золота. Изд. АН СССР, 1941, 22.
- 11а. Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических м-ний Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 101.
12. Rose G. Ann. Phys., 1831, 23, 175.
13. Ненадкевич К. А. Тр. Геол. музея АН, 1907, 1, 83.
14. Самойлов Я. С. Материалы по геологии России, 1908, 23, 90; Зап. Мин. о-ва, 1905, 43, № 1, 237.
15. Поликарпова В. А. Тр. НИГРИзолото, 1941, вып. 14, 92 (микроскопическое изучение золота).
16. Переляев А. П. Тр. Горно-геол. ин-та, Уральск. фил. АН СССР, 1948, № 12, 5; Зап. Всес. мин. о-ва, 1953, 82, № 3, 196.
17. Амирасланов А. А. Тр. ВИМС, 1937, вып. 121, 188; Горностаев Н. Н. Тр. НИГРИзолото, 1936, вып. 3, 7; Крейтер В. М., Крейтер Д. С. Советская геология, 1946, № 17, 68; Масленецкий И. ДАН СССР, 1944, 45, № 9, 405; Петровская Н. В. Зап. Всес. мин. о-ва, 1955, 84, № 3, 290; Филипенко П. П. Минералогия Западного Алтая, Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 328; Плаксин И. Н., Шабарин С. К. Советская золотопромышленность, 1934, № 8, 41; Фасталович А. И., Петровская Н. В. Советская геология, 1940, № 2—3, 54; Mawdsley J. B. Econ. Geol., 1938, 33, 194; Schwartz G. Econ. Geol., 1944, 39, 374; White W. H. Econ. Geol., 1943, 38, 512, и др.
18. Плаксин И. Н., Наслузов М. Г. Советская золотопромышленность, 1935, № 10, 38.
19. Уяксов В. А., Иванова Т. Н. Советская геология, 1947, № 7, 97.

20. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. ОНТИ НКТП СССР, 1936, 171.
21. Крейтер В. М. и др. Поведение золота в зоне окисления золото-сульфидных м-вий. ГОНТИ, 1958.
- 21а. Соболевский В. И. Замечательные минералы. Госгеолгиздат, 1940, 95.
22. Чухров Ф. В. Изв. АН СССР, 1947, № 4, 117; Крейтер В. М. Сб. научн. тр. Моск. ин-та цветных металлов и золота, 1947, № 16, 23; Плетенев О. А. Советская геология, 1946, № 17, 86.
23. Ивенсен Ю. П. Тр. Треста «Золоторазведка» и Ин-та НИГРИЗолото, 1938, вып. 10, 96; Fischer W. Inst. Min. a. Met. Bull., 1935, No 365—370; Freise F. W. Econ. Geol., 1931, 26, No 4, 421.
24. Петровская Н. В., Фасталович А. И. Вопросы геологии Азии, 1955, 2, 245.
25. Звягинцев О. Е., Паульсен И. А. ДАН СССР, 1940, 26, № 7, 655.
26. Островский И. А. Журн. «Кольма», 1946, № 6, 16.
27. Hussak E. Zs. prakt. Geol., 1906, 291.
28. Вильи Ф. Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, 1893, 25, 506.
29. Ramdohr P. Fortschr. Min., 1950, 28, Nr 1, 69.
30. Ложечкин М. П. Тр. Уральск. фил. АН СССР, 1935, вып. 4, 35; ДАН СССР, 1939, 24, № 5, 454.

## ГРУППА СВИНЦА

Свинец Pb. Куб. с.  $a_0$  4,9495 Уд. в. 11,3

## Свинец Lead

Pb

Происхождение названия металла неясно.

**Характ. выдел.** Мелкие округлые зерна, чешуйки, шарики («дробь»). тонкие пластинки, а также нитевидные и проволоковидные образования.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5$  —  $Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 4,9495 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (для металла; Бэрет, 1953). Структура та же, что у меди, серебра и золота; кубическая плотнейшая упаковка из атомов с радиусом 1,74  $\text{ \AA}$  и с расстоянием между ближайшими атомами 3,48  $\text{ \AA}$ .

**Гексоктаэдр. кл. Формы:**  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $h(410)$ ,  $n(211)$ ,  $\pi(551)$ .

**Облик кристаллов** октаэдрический, ромбододекаэдрический или тетрагонтриоктаэдрический. Дв. по (111).

**Физ. Сп. нет.** Изл. крючковатый. Ковок, тягуч, режется ножом, способен прокатываться до тонких пластинок. Тв.  $1\frac{1}{2}$ . Уд. в. 11,4—13,3 (вычисл. 11,3). Цв. свинцово-серый с синеватым оттенком. Наблюдается черноватая побежалость; на свежеполитрованной поверхности серо-белый, быстро тускнеет. Черта серая; на бумаге также дает черту. Бл. в свежем разрезе металлический. Непрозрачен.

**Микр.** На свежеполитрованной поверхности отраж. спос. высокая. Быстро становится тусклым. Изотропен. По Друде (1890) для Na-света показатель преломления 2,01, коэфф. погл. 1,73; для красных лучей соответственно 1,97 и 1,71.

**Хим.** Самородный свинец из росышей редко бывает чистым; обычно содержит примеси (S, реже Au, Ag, Sb, иногда  $\text{Ir}^1$ ). Самородный свинец из некоторых коренных месторождений почти свободен от примесей (свинец из р-ка Гарстиг содержит 99,71% Pb).

**Диагн. исп.** В слабый  $\text{HNO}_3$  легко растворяется. П. п. тр. легко плавится, на угле дает налет  $\text{PbO}$ .

**Повед. при нагрев.** Т-ра плавл.  $327,4^\circ$ .

**Наход.**<sup>2</sup> Редок. Известен в коренных месторождениях и в россыпях. В коренных месторождениях образуется как продукт восстановления в особых условиях. Часть самородного свинца возникает при радиоактивном распаде (тонкорассеянный свинец ряда радиоактивных минералов).

Встречен в сев. части Киргизской ССР<sup>3</sup> в некоторых изверженных породах варисского магматического комплекса, главным образом в гранитах

п аляскптах; в более основных разностях встречается в значительно меньшем количестве; в Мпасском р-не Челябинской обл. обнаружен в мелкозернистом сиените в виде прожилков и округлых выделений, в месторождении Беркара в Каз. ССР — мелкие зерна в роговке, местами покрытом церусситом. В Швеции встречен в железных и марганцовых рудах Лонгбана с кальцитом, доломитом п гаусманнитом в кристаллических сростках весом до 50 кг, в р-не Пайсберга в доломитизированном известняке в ассоциации с гематитом, магнетитом, гаусманнитом, в р-не Гарстиг в ассоциации с карнишилтом, брандтитом п сарквинитом; в шт. Веракрус (Мексика) в метаморфизованном известняке в тесной ассоциации с галенитом и масскотом: в Уанкавелика (Церу) с кальцитом, галенитом, церусситом; в Моравии (Чехословакия) в базальтовом туфе; на о-ве Мадейра (Португалия) в лаве; в США в месторождении Франклин (шт. Нью-Джерси), в окр. Блейн (шт. Айдахо) и в других районах. В россыпях встречается вместе с золотом, платиной, осмистым прирдем, галенитом, гематитом, магнетитом; иногда содержит включения золота (в СССР — на Урале, в Зап. Сибири, Якутской АССР; в Корее, Румынии, США).

Изм. Неустойчив. В зоне окисления переходит в другие свинцовые минералы (сурьм, масскот, церуссит п др.).

Отл. В полир. шл. характерны низкая твердость п быстрое потускнение после полировки.

#### Межплоскостные расстояния свинца (по данным Михеева)

Fe-антикатоде, без фильтра,  $D=68,00$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$
1	111 $\bar{3}$	3	(3,158)	2,862	10	222	5	1,430	(1,296)
2	111	9	2,860	(2,592)	11	400 $\bar{3}$	1	(1,366)	1,238
3	200 $\bar{3}$	3	(2,738)	2,482	12	331 $\bar{3}$	4	(1,256)	1,138
4	200	8	2,480	(2,248)	13	400	4	1,238	(1,122)
5	220 $\bar{3}$	3	(1,933)	1,752	14	420 $\bar{3}$	4	(1,222)	1,108
6	220	9	1,753	(1,589)	15	331	10	1,138	(1,032)
7	311 $\bar{3}$	4	(1,648)	1,494	16	422 $\bar{3}$	2	(1,117)	1,012
8	222 $\bar{3}$	2	(1,580)	1,432	17	420	10	1,108	(1,004)
9	311	10	1,494	c 1,354	18	422	10	1,011	(0,916)

#### Л и т е р а т у р а

1. Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии, 1908; Избр. соч. 1955, 2, 278.
2. Титов А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 213.
3. Туровский С. Д. Тр. Ин-та геол. Кирг. фел. АН СССР, 1954, вып. 5, 91.

#### ГРУППА ПЛАТИНЫ

		Сингония	$a_0$	Уд. в.
Палладий	Pd	Куб.	3,882	12,04
Осмирид	(Ir, Os)	Куб.	3,849	—
Платинистый иридий (Ir, Pt)		Куб.	—	22,66
Платина	Pt	Куб.	3,924	21,5
Поликсен	(Pt, Fe)	Куб.	—	15—19

#### Палладий Palladium

Pd

Назван по малой планете Палладе, открытой в 1802 г. (Воластов, 1803).

Характ. выдел. Наблюдался в виде окатанных зерен, иногда сталактитовых форм среди шпихов из платинистых россыпей<sup>1</sup>.

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $O_h^5 - Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 3,8824 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Барт, Лунде)<sup>2</sup>. Кристаллическая структура аналогична структуре меди, золота, серебра: расстояние Pd — Pd = 1,37 Å. Гексоктаэдр. кл. Имеются указания на находки октаэдрических кристаллов.

Физ. Сп. отсутствует. Тв. 4½—5. Ковок. Уд. в. 10,84—11,97 (вычисл. 12,04). Цв. стально-серый. Бл. металлический.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. серебряно-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 69, для оранжевых — 70, для красных — 71,5. Изотропен.

Хим. Согласно старым анализам, химически почти чистый с примесью следов Ir, Cu, Ag и Au.

Диагн. исп. Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

П. п. тр. не плавится. При сплавлении с KHSO<sub>4</sub> образуется растворимый в воде сульфат, дающий с KJ реакцию на Pd.

Повед. при нагр. Плавится при 1555° (наимнизшая т-ра плавл. у металлов платиновой группы).

Нахожд. Редок. Встречался в россыпях в СССР (Н.-Тагильский р-н и по р. Тылай Свердловской обл.)<sup>3</sup>, Бразилии (шт. Минас-Жерайс), Колумбии (Чоко), Австралии (Новый Южный Уэльс), на Антильских островах. В Трансваале (Южная Африка) встречен в зоне окисления платиновых месторождений (продукт выветривания стибноалладинита).

Отл. Может быть принят за платину; в отличие от последней быстрее травится царской водкой и смесью HCl (1 : 1) + CrO<sub>3</sub>. От других сходных минералов отличается по качественным реакциям и отражательной способности.

Межплоскостные расстояния палладия („Palladium Pd“)  
(по Дэви)<sup>4</sup>

Мо-антикатоид, ZrO<sub>2</sub>-фильтр, D=40,64 мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	9	2,21	8	420	7	0,863
2	200	9	1,923	9	422	5	0,788
3	220	8	1,362	10	511; 333	6	0,743
4	311	10	1,162	11	440	2	0,683
5	222	3	1,114	12	531	5	0,654
6	400	3	0,965	13	600; 442	5	0,645
7	331	7	0,885	14	620	3	0,612

#### Л и т е р а т у р а

1. Hussak E. Sitzber. Wien. Akad., 1904, 113.
2. Barth T., Lunde G. Norsk geol. Tidsskr., 1925, 8, 220, 358.
3. Высокцкий Н. К. Платина и районы ее добычи. Изд. КЕПС, 1923—1933, ч. 1—5.
4. Davey W. P. Zs. Krist., 1926, 63, Н. 3—4, 316.

### Осмирид *Osmiridium* (Ir, Os)

Назван по главным металлам, входящим в состав минерала (Звягинцев, 1934)<sup>1</sup>.  
Синон. Осприт (Гагарин и Кусмо, 1949)<sup>2</sup>.

Характ. выдел. Мелкие зерна.

Структ. и морф. крист. Куб. с. Структура типа меди.  $a_0 = 3,849 \text{ \AA}$  (для оригинала анализа 1);  $Z = 4^3$ .

Физ. Сп. отсутствует. Изл. неровный. Тв. 6—7. При легком ударе сплющивается, при сильном — раскалывается. Уд. в. неизвестен. Цв. серебряно-белый. Бл. металлический.

**Хим.** Твердый раствор Os и Ir (для кубического ряда предельное содержание Os — 32—35%).

**Анализы:**

	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt	Au]	Сумма
1.	не обн.	1,8	не обн.	31,2	65,4	необн.	не обн.	98,4
2.	2,8	5,9	0,6	11,9	65,8	11,3	— <sup>1</sup>	98,3
3.	3,5	—	—	25,5	51,7	—	19,3	100,00

1— осмирид из нерастворимых остатков аффинажа уральской россыпной платины, Fe и Cu отсутствуют<sup>2</sup>; 2— осмирид из Колумбии: навеска 1,459 мг, содержит Ag, Sn, Pb, Te, Cu, Ni<sup>4</sup>; 3— ауросмирид, Урал<sup>1</sup>.

**Диагн. исп.** В царской водке не растворим.

**Нахожд.** Очень редок. В природных образованиях непосредственно не наблюдался. Установлен в остатках аффинажа россыпной уральской платины и в музейном образце из Колумбии (Бразилия). Возможно, связан с кварцевыми золотоносными жилами.

**Разнов.** Ауросмирид (Звягинцев, 1934)<sup>1</sup> с содержанием Au 19,3%. Степень однородности неясна, так как микраграфически образцы не изучались.

#### Л и т е р а т у р а

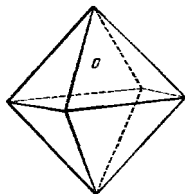
1. Звягинцев О. Е. ДАН СССР, 1934, 4, № 3, 176.
2. G a g a r i n G., S u o m o R. Comun. Inst. Nacion. Invest. Cienc. Natur. Mus. Argentino Cienc. Nat. «Bernardino-Rivadavia», Cienc. Geol., 1949, 1, No 5, 4.
3. Звягинцев О. Е. ДАН СССР, 1938, 18, № 4—5, 295.
4. Westland A. D., Veamish F. E. Am. Min. 1958, 43, No 5—6, 512.

### Платинистый иридий *Platiniridium*

(Ir, Pt)

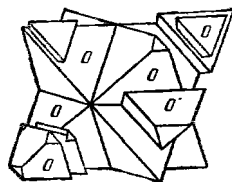
Назван по главным металлам, входящим в состав минерала (Сванберг, 1834)<sup>1</sup>. Синон. Аваит (Хедл, 1883), сванбергит (Шенард по Честеру, 1886).

**Характ. выдел.** В виде мелких кристалликов или зерен неправильной формы.



Фиг. 39. Кристалл платинистого иридия (Урал)

По Еремееву



Фиг. 40. Двойник прорастания платинистого иридия (Урал)

По Еремееву

**Структ. и морф. крист.** Куб. с. Гексаоктаэдр. кл. Кристаллы большей частью имеют вид кубов, октаэдров (фиг. 39), кубооктаэдров, ромбододекаэдров, реже комбинаций куба с пирамидальным кубом и др.<sup>2</sup>

**Дв.** по (111). Наблюдались двойники прорастания двух тетраэдров (фиг. 40).

**Физ. Сп.** по (001) несовершенная. Изл. неровный. Тв. 6—7. Уд. в. 22,65—22,84 (вычисл. 22,66). Цв. серебристо-белый с желтоватым оттенком. Бл. металлический.

**Хим.** Твердый раствор Ir, Pt, Rh, Pd и др.

## Анализы:

	Pt	Ir	Pd	Rh	Fe	Cu	Сумма
1.	19,64	76,85	0,89	—	—	1,78	99,16
2.	55,44	27,79	0,49	6,86	4,14	3,30	98,02

1— из Невьянских россыпей Свердловской обл.<sup>1</sup>; 2— из россыпей Бразилии<sup>1</sup>.

**Диагн. исп.** Кислотами не разлагается. П. п. тр. не плавится.

**Нахожд.** Очень редок. Встречался в платиноносных уральских россыпях в СССР, в Бразилии, в золотоносных песках Ава в Бирме.

## Литература

1. Swanberg L. F. Jahresber. Chem., 1834, 15, 205.  
2. Еремеев П. В. Зап. мин. о-ва, 1879, 14, 155.

## Платина Platinum

## Pt

Название происходит от испан. «platina» — уменьшительное от plata — серебро.

**Характ. выдел.** Мелкие конкреционные, иногда ясно сталактитовые формы (до 5 мм в поперечнике), имеющие в разрезе радиально-лучистое строение (фиг. 41).

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5$  —  $Fm3m$ .  $a_0 = 3,924 \text{ \AA}$  для чистой искусств. Pt (Бэрет, 1953). Кристаллическая структура та же, что у Ag, Au, но металлический атомный радиус несколько меньше — 1,38 Å, расстояние между ближайшими атомами 2,76 Å.

В кристаллах не наблюдалась.

**Физ. Сп. вет.** Изл. неровный. Тв. 4. Уд. в. природной платины неизвестен, уд. в. чистой Pt — 21,5. Цв. белый. Бл. металлический.

**Микр.** В полпр. шл. в отраж. св. серебристо-белый. Отраж. спос. не изучена.

**Хим.** Почти химически чистая Pt. В некоторых конкреционных образованиях платины в виде примеси содержится Pd (3—21%) при отсутствии Fe. Полных анализов нет.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл. чистой платины 1773,5°.

**Нахожд.** Обнаружена Хусаком<sup>1</sup> в бразильских россыпях в верховьях рек Коррего-дас-Лолес, Коррего-до-Бом-Суксесо и др., берущих начало на склоне гор Серра-ду-Эспиньясу (шт. Минас-Жераис, Бразилия). Отсутствие на конкреционных образованиях платины признаков механического переноса позволяет считать, что они представляют собой продукт выпадения из коллоидного раствора в россыпях. Колломорфные гипергенные выделения платины наблюдались также в зоне окисления коренных месторождений; их образование связано с разложением купроплатины<sup>2</sup>.



Фиг. 41. Радиально-лучистое строение конкреционных агрегатов платины из бразильских россыпей

Межплоскостные расстояния платины (по Дэви)<sup>3</sup>

Мо-электрод,  $ZrO_2$ -фильтр,  $D=40,64 \text{ мм}$

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	111	9	2,27	6	400	4	0,978
2	200	8	1,956	7	331	7	0,898
3	220	8	1,384	8	420	7	0,875
4	311	10	1,180	9	422	6	0,799
5	222	6	1,130	10	511; 333	5	0,753

## Литература

1. Hussak E. Sitzber. Wien Akad., 1904, 113, 459.
2. Бетехтин А. Г. Платина и другие минералы платиновой группы. Изд. АН СССР, 1935.
3. Davey W. P. Zs. Krist., 1926, 63, Н. 3—4, 316.

### Поликсен Poluxene (Pt, Fe)

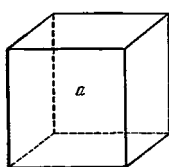
Название от греч. *πολυξενος* (поликсенос) — много чужих — по обилию изоморфных примесей (Хаусман, 1813).

Синон. Обычно называется самородной платиной.

Разнов. Ферроплатина, придистая платина, палладистая платина, родистая платина, купроплатина, никелстая платина.

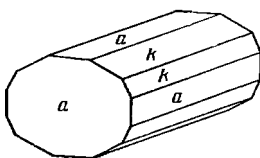
Характ. выдел. Отдельные неправильные зерна, иногда сплошные массы (самородки), изредка мелкие кристаллы.

Структ. и морф.-крист. Куб. с. Структура типа меди. Гексоктаэдр. кл.



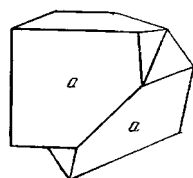
Фиг. 42. Кубический кристалл поликсена (Уральские россыпи)

По Еремееву



Фиг. 43. Удлиненный по оси 4-го порядка кристалл поликсена (Уральские россыпи)

По Еремееву



Фиг. 44. Двойник кубических кристаллов поликсена (Уральские россыпи)

По Еремееву

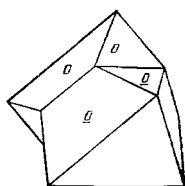
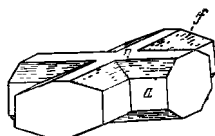


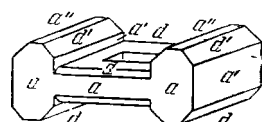
Рис. 45. Двойник октаэдрических кристаллов поликсена (Уральские россыпи)

По Еремееву



Фиг. 46. Крестообразный сросток кристаллов поликсена (Уральские россыпи)

По Еремееву



Фиг. 47. Сросток кристаллов поликсена (Уральские россыпи)

По Еремееву

Кроме господствующей формы  $a$  (100), наблюдаются:  $d$  (110),  $e$  (210),  $f$  (310), отмечались также  $g$  (320),  $l$  (530)<sup>1</sup>. Известны кристаллы кубического облика (фиг. 42), обычно неправильно развитые удлиненные по оси 4-го порядка, псевдоромбические кристаллы, (фиг. 43).

Дв. прорастания и срастания по (111) (фиг. 44, 45). Образует своеобразные крестообразные и параллельные сростки кристаллов (фиг. 46 и 47).

Физ. Сп. отсутствует, но иногда проявляется по кубу. Изл. неровный, крючковатый. Ковок. Тв. 4—4½. Уд. в. 15—19. Подмечена связь пониженного уд. веса с наличием пустот, занятых природными газами, а также включений силикатов. Цв. от серебристо-белого до стально-серого. Бл. металлический.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. серебристо-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 70, для оранжевых — 73, для красных — 70 (несколько колеблется в зависимости от количества изоморфных примесей).



По Кундту, пок. прел. для белого света 1,64, для красного 1,76, для голубого 1,44, по Друде — 2,06 (Na), для красного света — 2,16.

Хим. Представляет собой твердый раствор Pt, Fe, Ir, Rh, Pd, Cu, Ni и др. В виде механической примеси часто устанавливаются включения оксидов иридия, хромшпинелидов и силикатов. Содержит Pt 80—88%, Fe 9—11% (иногда 4—5% или выше 11%), Ir 1—4%, Pd 0,1—1,0%, Rh 0,1—0,8%, Cu 0—0,8%, Ni — до десятых долей процента.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cu	0,31	0,40	3,20	0,01	0,20	11,43	4,05	—
Au	—	—	—	—	—	—	Нет	3,0
Fe	8,24	9,55	16,42	11,56	10,40	14,97	12,53	—
Ni	—	Сл.	1,05	0,86	—	1,45	3,70	—
Rh	0,66	0,71	0,98	—	6,80	0,36	0,74	—
Pd	0,49	0,67	0,51	—	0,80	0,15	0,05	37,1
Ir	1,01	4,00	1,68	10,39	6,80	1,08	1,80	—
Pt	87,23	81,85	73,02	76,98	62,14	55,75	74,64	59,9
Os, Ir	0,61	2,74	1,57	—	—	—	—	—
H. o.	—	—	—	—	12,20	15,00	2,42	—
Сумма	98,55	99,92	98,43	99,80	99,34	100,19	99,93	100,00
Уд. в.	17,78	—	—	—	—	—	—	—

1—4 — Свердловская обл., Н.-Тагильский дунитовый массив; анал. Карпов<sup>2</sup>; 1 — поликсен с р. Б. Покан, бассейна р. Пс<sup>2</sup>; 2 — поликсен из Авроринского коренного м-ния<sup>2</sup>; 3 — ферроплатина из россыпи по р. Бобровка<sup>3</sup>; 4 — иридиевая платина, м-ние Госшахта<sup>4</sup>; 5 — родистая платина, урочище Чибгагалы (Якутская АССР); анал. Карпов<sup>2</sup>; 6 и 7 — Александровский лог № 69 (Н.-Тагильский дунитовый массив); анал. Карпов<sup>4</sup>; 6 — купроплатина; 7 — никелистая платина; 8 — палладистая платина из Ритфонтейна (Трансвааль, Южная Африка); анал. Уотсон и Купер<sup>5</sup>.

Диагн. исп. Растворяется в царской водке (придистые и родистые разновидности более устойчивы).

В полир. шл. травится царской водкой и смесью HCl(1 : 1) + CrO<sub>3</sub>.

П. п. тр. не плавится.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. зависит от состава: для чистой платины она равна 1773,5°, при наличии Fe, Ni, Cu или Pd понижается, при наличии Ir или Rh повышается.

Наход. Поликсен — наиболее широко распространенный из платиновых минералов. Встречается в магматических месторождениях, генетически связанных с ультраосновными породами (дунитами и диаллагитами)<sup>2,4,6,7</sup>. Как и другие, бедные Pd минералы платиновой группы, поликсен парагенетически тесно связан с хромшпинелидами. В ассоциации с ним наблюдаются также силикаты: оливин (или серпентин по нему), изредка — хромгранаты, хромдиоксид, хромхлориты и др.

Палладистая и родистая разновидности генетически связаны с основными изверженными породами (норитами, габбро-диабазами и др.), содержащими скопления медно-никелевых сульфидов. Палладистая платина в ассоциации с гематитом и хлоритами встречена также в кварцевых жилах Вотерберга (Трансвааль в Южной Африке).

Впервые самородная платина была обнаружена в аллювиальных россыпях по р. Пинто (Колумбия) откуда в 1735 г. была привезена в Европу. На Урале первые находки самородной платины относятся к 1819 г. Первоначально она была установлена в золотоносных россыпях. Самостоятельные платиноносные россыпи открыты несколько позднее (в 1822 г.) на Среднем и Северном Урале (район Нижнего Тагила Свердловской обл., бассейны рек Ис, Кытлым, Косьва и др.).

**Изм.** Поликсен, бедный прирдеом, в процессе серпентинизации ультраосновных пород претерпевает химическое изменение, обогащаясь Cu, Fe и Ni с образованием реакционных каемок купроплатины, ферроплатины и никелистой платины.

**Практ. знач.** Служит главным источником получения металлов платиновой группы.

**Отл.** По внешнему виду может быть принят за самородное серебро или самородное железо. В отличие от первого имеет более высокую твердость, не плавится перед паяльной трубкой и не растворяется в кислотах; в отличие от самородного железа не растворяется в кислотах. Под микр. от сходных минералов отличается по взаимодействию с реактивами.

**Разнов.**<sup>2,4,8</sup> **Ферроплатина** — железистая платина, железная платина (Брайтхаупт, 1832) с содержанием Fe 15—19% и Cu до 3%. Цв. темно-серый. Сильно магнитна. Уд. в. 12—15.

**Иридий** — платина с содержанием Ir 6—7% и больше. Цв. серебристо-белый. Тв. 5—6. Т-ра плавл. между 1755° и 2360°. Иридий частью образует микроскопические включения в платине.

**Палладистая платина** с содержанием Pd 7—40% обычно не содержит Fe, но встречаются разновидности, богатые этим металлом. Цв. серый или желтовато-серый. Тв. 4—4½. Уд. в. 15—16 (для разновидностей с низким содержанием палладия 18—20,5). Палладистая платина в экзогенных условиях менее устойчива по сравнению с поликсеном.

**Родистая платина** с содержанием Rh 4—6,8%. Т-ра плавл. ~1970°.

**Купроплатина**, медистая платина с содержанием Cu 7,7—14% и Fe 12—17%. Цв. стально-серый. Тв. ~4. Хрупка. Сильно магнитна. Уд. в. 14,6 (вероятно, колеблется). Образуется за счет поликсена в связи с процессом серпентинизации. В зоне окисления купроплатина частично разлагается, замещаясь новообразованными металлической платиной, более бедной медью и железом.

**Никелистая платина** с содержанием Ni до 3,8%. Известны и более богатые никелем и железом разновидности, генетически связанные с месторождениями медно-никелевых сульфидных руд в основных изверженных породах. Цв. серебристо-белый. Тв. ~4. Уд. в. не определялся.

#### Л и т е р а т у р а

1. Еремеев П. В. Зап. Мин. о-ва, 1879, 14, 155.
2. Висоцкий Н. К. Платина и районы ее добычи. Изд. КЕПС, 1923—1933, ч. 1—5.
3. Duranc L., Tikhonowitch M. Le platine et les gîtes platinifères del'Oural et du Monde. Genève, 1920.
4. Бетехтин А. Г. Платина и другие металлы платиновой группы. Изд. АН СССР, 1935; «Минералы СССР», Изд. АН СССР 1940, 1, 43.
5. Вагнер П. А. Месторождения платины и рудники Южной Африки. (Перевод). Цветметиздат, 1932.
6. Висоцкий Н. К. Тр. Геолкома, 1913, нов. сер., вып. 62, 1.
7. Заварицкий А. Н. Материалы по общей и прикладной геологии. Изд. Геолкома, 1928, вып. 108.
8. Бетехтин А. Г. Горн. журн., 1930, № 1, 152.

### СТРУКТУРА ТИПА ОСМИЯ

#### ГРУППА ОСМИСТОГО ПРИДИЯ

	Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.
Аллопалладий Pd	Гексаг.	—	—	?
Осмистый иридий (Ir, Os)	Гексаг.	2,7	4,3	17,21

## Аллопалладий Alloralladium

Pd

Название от греч. *αλλος* (аллос) — иной, в отличие от кубической модификации палладия (Дана, 1868).

Синон. Селенпалладий (Цинкен, 1831)<sup>1,2</sup>, евгенезит (Адам, 1869).

**Характ. выдел.** Мелкие (до 1 мм) шестигульные таблечки.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. (тригон.?). с.

**Физ. Сп. по (0001)** хорошая. Тв. 4—5. Хрупок. Уд. в. 11,5 (?). Цв. серебристо-белый. Бл. спальный металлический.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. серебристо-белый с желтоватым оттенком. Отраж. спос. (в%): для зеленых лучей 53, для оранжевых — 54, для красных — 54. Анизотропен.

В шлифах наблюдаются двойники и спайность по пинакоиду.

**Хим.** Спектроскопически<sup>3</sup>, кроме Pd, устанавливаются Hg (до 5%), Pt, Ru, Cu и др.

**Нахожд.** Очень редок. Встречен в ассоциации с клаусталитом и золотом в жильных гидротермальных месторождениях селеновых руд в Тиллькероде (ФРГ) и в других местах Гарца. Указывается также находка аллопалладия в сульфидных выделениях в гортонолитовом дуните Моой-хук (Трансвааль в Южной Африке).

## Литература

1. Zincken C. F. N. Jb. Min., 1831, 194.
2. Ramdohr P. Sbl. Min., 1937, A, Nr 7, 193.
3. Cissarz A. N. Jb. Min., 1928, B.-B. 56A, 185; Zs. Krist., 1930, 74, 501.

## Осмистый иридий Иридистый осмий

Iridosmine

(Ir, Os) (Os, Ir)

Назван по главным металлам, входящим в состав минерала.

Осмит (Вернадский, 1909) — по-видимому, минерал группы осмистого иридия.

В зависимости от химического состава различают:

невьянскит = иридосмин (Ir, Os) с преобладанием Ir над Os;

сысертскит (Os, Ir) с преобладанием Os над Ir;

родиевый невянскит (Ir, Os, Rh)<sup>1</sup>;

рутениевый невянскит (Ir, Os, Ru);

рутениевый сысертскит (Os, Ir, Ru)<sup>1</sup>;

родиевый сысертскит (Os, Ir, Rh).

**Характ. выдел.** Пластинчатые кристаллики (до нескольких миллиметров) и окатанные зерна в платиноносных россыях.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с.  $D_{6h}^4$  —  $P6_3/mmc$ .

Структура сходна со структурой чистого Os.  $Z=2$ . Параметры решеток очень близки. По Звягинцеву и Бруновскому:

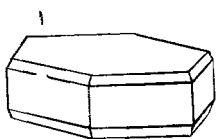
	Os+Ru	Ir+Pt+Rh	$a_0$	$c_0$	$c_0 a_0$	№ анализа	№ порошко-гр.
Невянский р-н . . .	44,3	50,9	2,625	4,243	1,617	4	2
Сысертский » . . .	43,9	50,5	2,715	4,296	1,582	—	4
Мласский » . . . .	48,9	51,1	2,702	4,291	1,588	5	3
Забайкалье . . . . .	64,3	31,9	2,715	4,291	1,581	6	1
Синтетический . . .	100,0	—	2,721	4,340	1,595	—	—

Дигексаг.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1 : 1.5961$  (Хал)<sup>3</sup>.  
 Формы<sup>3,4</sup>:

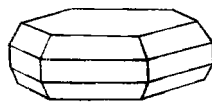
	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 0001	—	0°00'	$r$ 11 $\bar{2}2$	30°00'	57°56'
$a$ 11 $\bar{2}0$	30°00'	90,00	$z$ 12 $\bar{1}2$	—30 00	57 56
$m$ 10 $\bar{1}0$	60 00	90 00	$p$ 10 $\bar{1}1$	60 00	61 31

В установке Розе (Дана 1892, Хинце, Гольдшмидта, Еремеева, Гладхила)  $a : c = 1 : 1,4105$ . Формула перехода от установки Розе к установке Хала:  $0110/1010/\bar{1}100/0002$ .

Кристаллы таблитчатые по (0001) гексагонального или тригонального облика (фиг. 48—50). Грани (0004) с своеобразной тригональной скульптурой (фиг. 51); иногда грани вогнутые. Отмечались кольцеобразные сростки кристаллов (фиг. 52), закономерные сростки по (0004).



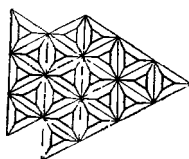
Фиг. 48. Кристалл осмистого иридия (Урал)  
По Розе



Фиг. 49. Кристалл осмистого иридия (Урал)  
По Розе



Фиг. 50. Кристалл осмистого иридия (Урал)  
По Еремееву



Фиг. 51. Скульптура на грани (0004) кристаллов осмистого иридия (Урал)  
По Еремееву



Фиг. 52. Кольцеобразный сросток кристаллов осмистого иридия (Урал)  
По Еремееву

**Физ.** Сп. совершенная по (0001). Изл. неровный. Листочки ломкие. Тв. 6—7. Уд. в. 17—21 (понижение уд. веса вызывается наличием пустот). Цв. оловянно-белый (невьянскит) до серого (сысертскит). Черта серая. Непрозрачен.

Магнитные свойства, по-видимому, зависят от состава: более магнитные разновидности содержат больше Ir и Ru, в немагнитных преобладает Os<sup>5</sup>.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. оловянно-белый с голубоватым оттенком. Отраж. спос. невянскита (в %): для зеленых лучей 67,5, для оранжевых — 66, для красных — 67. Данные для сысертскита: для зеленых — 59, для оранжевых — 54, красных — 53. Слабо анизотропен.

**Хим.** Твердый раствор Ir и Os, а также Ru и Rh. Что касается Pt, содержание которой нередко достигает нескольких процентов, то не исключена возможность того, что она в осмистом иридии присутствует в виде механической примеси (наблюдались вроски платины в осмистом иридии в полированных шлифах под микроскопом).

Анализы (многочисленные анализы минералов из месторождений Союза сведены в т. I «Минералы СССР»<sup>6</sup>; см. также новые анализы минералов из Тасмании, Колумбии и с Урала в работах Уэстленда и Бимиша, Ная<sup>6а</sup>):

	1	2	3	4	5	6	7
Cu	—	—	—	—	—	—	0,03
Fe	сл.	—	1,40	1,6	—	2,60	0,03
Au	сл.	—	0,90	Нет	—	Сл.	—
Ru	5,85	6,20	—	14,1	13,4	18,30	8,9
Rh	1,51	1,00	7,70	1,8	0,2	Нет	4,5
Os	27,32	41,80	22,90	35,6	35,5	46,00	67,9
Ir	55,24	34,70	64,50	44,7	44,3	24,50	17,0
Pt	10,08	13,60	2,80	1,8	6,6	7,40	0,2
Сумма	100,00	97,30	100,20	99,6	100,0	98,80	98,56
Уд. в.	—	17,78	—	17,6	—	18,36	21,16

1—3— Из россыпей Невьянского р-на Свердловской обл.: 1—невьянскит; анал. Девиля и Дебре (Deville, Debrau, 1859)<sup>6</sup>; 2—сысертскит; анал. Звягинцев<sup>7</sup>; 3—родиевый невянскит; анал. Девиля и Дебре (1859)<sup>6</sup>; 4—5— рутениевые невянскиты; анал. Звягинцев<sup>7</sup>; 4—Невянский р-н Свердловской обл.; 5—р. Ирмель Мпасский р-н Челябинской обл.); 6—рутениевый сысертскит; россыль Магин-Шано (Бурятская АССР); анал. Звягинцев<sup>7</sup>; 7—родиевый сысертскит; о-в Борнео; анал. Черник<sup>8</sup>.

**Диагн. исп.** В царской водке нерастворим.

П. п. тр. сысертскит темнеет, издавая резкий запах OsO<sub>4</sub>; невянскит не разлагается и не выделяет паров четырехокси осмия. Сплавы с KNO<sub>3</sub> растворяются в воде, образуя синий осадок окиси иридия.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл. осмия 2700° ± 200°, иридия 2454° ± 3°.

**Находк.**<sup>6,9</sup> Минералы группы осмистого иридия генетически связаны главным образом с ультраосновными изверженными породами (дунитами и перидотитами), в которых они встречаются в тесной ассоциации с минералами группы платины, хромшпинелидами, изредка с сульфидами меди. Известны находки осмистого иридия также в гидротермальных кварцевых золотоносных жилах (встречались сростки невянскита с золотом).

При выветривании руд осмистый иридий вследствие химической устойчивости вместе с минералами группы платины и золотом переходит в россыпи. Он широко распространен в платиноносных россыпях Свердловской обл. (Невянский, Сысертский и другие районы). В незначительных количествах осмистый иридий присутствует в СССР во многих золотоносных россыпях Урала, Сибири, а также в россыпях шт. Калифорния, шт. Орегон (США), Британской Колумбии (Канада), Бразилии и в других местах. На о-ве Тасмания (Австралия) известны россыпи, в которых минералы группы осмистого иридия преобладают над платиновыми минералами. Попутно с золотом они добываются в месторождении Витватерсранд (Южн. Африка).

**Практ. знач.** Более крупные зерна осмистого иридия (размером не меньше 1 мм) употребляются при изготовлении приборов специального назначения. Мелкие зерна находят применение для острий хирургических инструментов, для вечных перьев и т. п.

**Отлич.** Под микр. в полир. шл. от самородной платины отличается более высокой твердостью, анизотропией и устойчивостью по отношению к царской водке, от самородного иридия — желтовато-белой окраской и анизотропией. Интенсивность линий на порошкограммах образцов из различных месторождений варьирует в значительных пределах. Ниже приводятся данные (по Звягинцеву и Бруновскому)<sup>2</sup> для четырех образцов, взятых из различных мест.

## 1. Межплоскостные расстояния рутениевого сысертскита из россыпи р. Магин-Шано

Cu-антикатод,  $D=23,0$  мм\*

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	002	3	(2,376)	2,145	8	112	3	1,141	(1,030)
2	101	1	(2,250)	2,031	9	201	1	1,126	(1,017)
3	002	10	2,124	(1,917)	10	004	7	1,071	(0,9665)
4	101	4	2,036	(1,837)	11	104	5	0,9747	(0,8797)
5	102	4	1,576	(1,422)	12	203	6	0,9066	(0,8182)
6	110	5	1,346	1,215	13	211	6	0,8685	(0,7839)
7	103	10	1,217	(1,098)	14	114	9	0,8438	(0,7616)

\* Оригинал хим. анализа 6.

## 2. Межплоскостные расстояния рутениевого невьянскита из Невьянского р-на

Cu-антикатод,  $D=23,0$  мм\*\*

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	002	10	2,092	(1,888)	7	004	5	1,060	(0,9569)
2	101	4	2,004	(1,809)	8	104	4	0,9656	(0,8715)
3	102	3	1,550	(1,399)	9	203	6	0,8988	(0,8113)
4	110	3	1,328	1,198	10	120	3	0,8623	(0,7782)
5	103	3	1,202	(1,085)	11	121	8	0,8374	(0,7558)
6	200	3	1,124	(1,015)					

\*\* Оригинал хим. анализа 4.

3. Межплоскостные расстояния рутениевого невьянскита с р. Ирмель<sup>2</sup>Cu-антикатод,  $D = 23,0$  мм\*\*\*

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	002	4	2,144	(1,906)	8	004	0	1,070	(0,9657)
2	101	4	2,047	(1,848)	9	202	0	1,028	(0,9282)
3	110	3	1,332	(1,203)	10	104	0	0,9714	(0,8768)
4	103	2	1,216	(1,097)	11	121	0	(0,9550)	0,8619
5	112	4	1,146	(1,031)	12	114	0	(0,9273)	0,8369
6	201	2	1,122	(1,013)	13	203	3	0,9051	0,8169
7	?	0	1,096	(0,9893)	14	121	5	0,8665	0,7821

\*\*\* Оригинал хим. анализа 5.

4. Межплоскостные расстояния рутениевого невьянскита из Сысертского р-на<sup>2</sup>Cu-антикатод,  $D = 23,0$  мм\*\*\*\*

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	002	6	2,144	(1,936)	8	004	4	1,073	(0,9681)
2	101	5	2,047	(1,848)	9	104	4	0,9767	(0,8815)
3	102	2	1,580	(1,426)	10	121	1	(0,9631)	0,8692
4	110	3	1,351	1,219	11	114	1	(0,9317)	0,8409
5	103	7	1,220	(1,102)	12	203	4	0,9069	0,8185
6	} Очень размытый дублет				13	121	6	0,8705	0,7857
7					14	114	7	0,8451	0,7628

\*\*\*\* Ru 19,1; Os 24,8; Ir 42,2; Pt 8,3.

## Л и т е р а т у р а

1. Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии (1908). Избр. соч. 1955, 2, 116.
2. Звягинцев О. Е., Бруновский Б. К. Изв. Ин-та по изуч. платины АН СССР, 1932, вып. 9, 49; Zs. Krist., 1932, 83, 187.
3. Hull A. W. Phys. Rev., 1921, 18, 88.
4. Rose G. Ann. Phys., 1833, 29, 452; Abhandl. Akad., Berlin, 1842, 77, 149; Ремеев П. В. Горн. журн., 1868, 1, 245; Зап. Мин. о-ва, 1879, 14, 155; Gledhill T. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1921, No 12, 40.
5. Еплатько Ю. М. Сб. студench. работ Киевск. ун-та, 1956, 19, 27 (физ. свойства, микротвердость).
6. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 71 (общая сводка, анализы осмистого прудия из м-ний Союза).
- 6a. Westland A. D., Veamish F. E. Am. Min., 1958, 43, No 5—6, 503; Nye P. B. Tasmania Dept. of Mines, Geol. Surv. Bull., 1929, No 39, 245.
7. Звягинцев О. Е. Изв. Ин-та по изуч. платины АН СССР, 1932, вып. 9, 34.
8. Черник Г. П. Тр. Геол. музея АН СПб., 1912, 6, 77.
9. Висоцкий Н. К. Платина и районы ее добычи. Изд. ГЕПС, 1923—1933 ч. 1—5..

## СТРУКТУРА ТИПА ЦИНКА

## ГРУППА ЦИНКА

Цинк Zn Гексаг. с.  $a_0$  2,66  $c_0$  4,94 Уд. в. 7,1.

## Цинк Zinc

## Zn

**Характ. выдел.** Сплошные массы яснокристаллического сложения. В кристаллах не встречен.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг с.  $D_{6h}^4 - P6_3/mmc$ ;  $a_0 = 2,6645$ ;  $c_0 = 4,9453 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,856$ ;  $Z = 2$  (Стензел и Упртс)<sup>1</sup>.

Структура металлического цинка представляет плотнейшую гексагональную упаковку атомов. Вдоль оси симметрии 6-го порядка располагаются плотно упакованные плоские слои из Zn-шаров, в которых каждый Zn окружен по шестиугольнику шестью Zn с расстоянием 2,66 Å. Сверху и снизу примыкают аналогичные слои таким образом, что шары одного слоя заходят в пустоты соседнего, и наоборот. Атом Zn имеет, кроме шести ближайших соседей в плоскости своего слоя, еще по три более удаленных соседа сверху и снизу, а всего 12 атомов-соседей (как в кубической плотной упаковке Au).

Дигексагон.-дипирамид кл.

Искусственные кристаллы призматические по оси  $c$ , бочковидные до пластинчатых по (0001). Формы: (0001), (10 $\bar{1}$ 0), (11 $\bar{2}$ 0), (10 $\bar{1}$ 1), а также (20 $\bar{2}$ 5), (10 $\bar{1}$ 2), (20 $\bar{2}$ 3). Дв. по (10 $\bar{1}$ 2)<sup>2</sup>.

**Физ. Сп.** по (0001) совершенная. Хрупок. Тв. 2. Уд. в. 6,7—7,2 (вычисл. 7,135). Цв. и черта белые, слегка сероватые. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Хим.** Отмечалась изоморфная примесь Cd (до 1%) (Брунsvик).

**Диагн. исп.** П. и тр. горит синим пламенем, выделяя пары ZnO; на угле дает налет ZnO. Характерна микрохимическая реакция с Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: выпадают тетраэдрические кристаллы двойной соли.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл. 419,4°.

**Нахожд.** Редок. Встречен в коренных месторождениях и россыях. Генезис неясен. По-видимому, образуется в исключительных случаях в восстановительной среде.

Установлен в самородной платине Авроринского месторождения в районе Нижнего Тагила (Свердловская обл.), в базальтах Брунсвика

(около Мельбурна, Австралия), в золотоносных россыпях Австралии, Новой Зеландии, США (штаты Алабама, Колорадо, Калифорния). На Кавказе обнаружен в виде корочек толщиной в 0,03—0,06 мм на иголках вулканического стекла в вулканогенной породе в верховьях р. Чемарт-Гол севернее Эльбруса<sup>3</sup>.

**Искусств.** Кристаллы получают из расплава и как продукт конденсации паров металлического цинка.

Межплоскостные расстояния цинка (по Михееву)

Fe-анткатод,  $D = 68,00$  мм.

№	<i>hkil</i>	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>hkil</i>	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	0002 $\bar{3}$	2	(2,74)	2,48	11	20 $\bar{2}0\bar{3}$	3	(1,292)	1,171
2	1010 $\bar{3}$	1	(2,552)	2,313	12	0004	4	1,235	1,119
3	0002	4	2,473	(2,242)	13	10 $\bar{1}4\bar{3}$	1	(1,199)	1,087
4	10 $\bar{1}0$ ; 10 $\bar{1}1\bar{3}$	5	2,311	2,095	14	20 $\bar{2}0\bar{3}$	9	1,173	(1,064)
5	10 $\bar{1}1$	10	2,092	(1,896)	15	20 $\bar{2}2\bar{3}$	3	(1,154)	1,046
6	10 $\bar{1}2\bar{3}$	3	(1,858)	1,684	16	20 $\bar{1}$	6	1,128	(1,022)
7	10 $\bar{1}2$	8	1,683	(1,526)	17	10 $\bar{1}4$	5	1,090	(0,988)
8	11 $\bar{2}0\bar{3}$	5	(1,476)	1,337	18	20 $\bar{2}2$	5	1,046	(0,948)
9	10 $\bar{1}3$	1	1,357	(1,230)	19	10 $\bar{1}5\bar{3}$	2	(1,017)	0,922
10	11 $\bar{2}0$	9	1,339	(1,214)					

Л и т е р а т у р а

1. Stenzel W., Weerts J. Zs. Krist., 1932, 84, 20.
2. Gough H. J., Cox H. L. Roy. Soc. London, Proc., 1929, 123, 143; 1930, 127, 453.
3. Гончарова Т. Я. Зап. Всес. мпн. о-ва, 1959, 88, вып. 4, 458.

**СТРУКТУРА ТИПА БЕЛОГО ОЛОВА**

**ГРУППА ОЛОВА**

Олово Sn Тетраг. с.  $a_0$  5,83  $c_0$  3,18 Уд. в. 7,3

**Олово Tin**

Sn

Название, возможно, происходит от древнерусских слов олу (название напстка), оловенки (свинцовые и оловянные сосуды)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Зерна округлой, пластинчатой или неправильной формы, изредка в виде коротких проволочных или крючковатых выделений. Природные кристаллы очень редки.

**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с.  $D_{4h}^{19} = I4_1/amd$ ;  $a_0 = 5,8315$ ;  $c_0 = 3,1813$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 0,546$ ;  $Z = 4$  (Евинс и др.)<sup>2</sup>.

В решетке (белого) олова сохраняется структурный тип алмаза, но ячейка очень сильно сдавлена вдоль оси  $c$ ; в результате этого, кроме четырех соседей с расстоянием 3,02 Å, атом Sn приобретает еще двух (над верхними и нижними ребрами сдавленного тетраэдра) с расстоянием 3,17 Å. Морфологическое отношение осей  $a : c = 1 : 0,3857$  Миллера и Грота отвечает алмазоподобной гранецентрированной ячейке, приведенное ниже отношение Дана отвечает объемноцентрированной ячейке.

«Оловянная чума» при низких температурах разрушает решетку «белого олова» и превращает ее в строго алмазную решетку «серого олова» —



$O_n^5 = Fm\bar{3}m$ ;  $Z = 8$ ;  $a_0 = 6,47 \text{ \AA}$ . Чисто ковалентные связи в этом «сером» олове уменьшают расстояние Sn — Sn до 2,80 Å.

Дитетрагон.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1 : 0,5455$  (для искусств., Дана 1944 — на основе измерений Милера).

Искусств. кристаллы<sup>3</sup> призматические или таблитчатые по (001) с формами  $a$  (100),  $m$  (110),  $p$  (101),  $r$  (301),  $e$  (112),  $t$  (332).

Формула перехода от установки Милера, Грота и др. к установке Дана:  $1/2, 1/2, 0$ ;  $1/2, 1/2, 0/001$ .

**Физ.** Сп. отсутствует. Изл. крючковатый. Ковко и тягуче, может быть прокатано в тонкие пластинки. Тв. 2—2½. Уд. в. 7,31 (вычсл. 7,278). Цв. оловянно- или серовато-белый. Черта серая блестящая. Бл. металлический. Непрозрачно.

**Микр.** В полпр. пл. белое. Слабо анизотропно.

**Хим.** Состав олова из россыпей р. Ис в Свердловской обл. (анал. Гольд-вассер)<sup>4</sup>: Sn — 86,02; Pb — 11,05; Cu — 0,79;  $R_2O_3$  — 0,45; сумма — 98,31.

**Диагн. исп.** Легко растворяется в конц. HCl, образуя  $SnO_2$  и выделяя  $H_2$ . Растворяется в крепкой  $H_2SO_4$ . В  $HNO_3$  окисляется в белый нерастворимый порошок метаоловянной кислоты.

В полпр. пл. от HCl слабо тускнеет, выявляется зернистая структура: от  $HNO_3$  вскипает и чернеет; от  $FeCl_3$  и  $H_2SO_4$  темнеет; от  $AgNO_3$  чернеет: KCN, KOH,  $H_2O_2$  не действуют<sup>4</sup>.

П. п. тр. легко плавится и сгорает. На угле дает валет  $SnO_2$ .

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл. чистого олова 231,9°. При 18° белое олово переходит в серое. При 100° особенно легко куется, при 200° становится хрупким и растирается в порошок.

**Находч.** Встречается редко и преимущественно в россыпях. Условия возникновения не изучены. Главные спутники в россыпях: платина, осмистый прирди, золото, медь, касситерит, киноварь, корунд и др.

В золотоносных россыпях Башкирской АССР обнаружено в виде мелких чешуек, содержащих частицы золота<sup>5</sup>, в Кузнецком Алатау — в виде примазок на золоте<sup>5</sup>, в Мшасском р-не Челябинской обл. — с осмистым прирдем, иногда в сростании с золотом<sup>6</sup>, в аллювиальных россыпях р. Ис в Свердловской обл.<sup>4</sup>, в Читинской обл. — по р. Онон; в Тадж. ССР в Туркестанском и Зеравшанском хребтах — в виде округлых зерен до 1 мм в поперечнике, похожих на дробинки, в ассоциации с касситеритом, арсенопиритом, галенитом, пиритом и самородным золотом<sup>7</sup>, в золотоносных россыпях Франц. Гвианы, Нигерии, Нового Южного Уэльса (Австралия), по р. Тупуани (Боливия) и др.

В пзверженных породах (аляскитах, сиенитах, гранит-порфирах) и метаматических образованиях (кварцевых жплах — рудоносных и практически безрудных), связанных с аляскитами (Заильский Алатау, Киргизская ССР<sup>8</sup>), встречается в незначительных количествах в неправильных пластинчатых выделениях размером до 6—7 мм. Наиболее обычно в «безрудных» кварцевых жплах и аляскитах. Ассоциируется с цирконитом, пиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, молибденитом, флюоритом, апатитом, самородным свинцом, магнетитом, ильменитом, сфеном и др. Генезис не выяснен. По-видимому, образовалось в результате отложения из рудоносных гидротермальных растворов. В Биверлодже (Канада) самородное олово обнаружено в трещинах среди глинистых сланцев с настураном, кальцитом, гематитом, пиритом, халькопиритом, борнитом, галенитом, сфалеритом, халькозином, ковеллином. По отношению ко всем этим минералам самородное олово является наиболее поздним<sup>9</sup>. В оловорудных месторождениях Боливии отмечались зерна и кристаллы до 5 мм длиной в ассоциации с касситеритом (данные не вполне

достоверны). Имеются указания на наличие выделений самородного олова в вулканических возгонах на о-ве Вулкано и о-ве Стромболи (Италия).

**Искусств.** Получается путем электролиза и из расплавов.

Межплоскостные расстояния олова<sup>2</sup>

№	hkl	I	I*	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	I*	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	200	10	1,00	2,91	10	501; 431	5	0,11	1,092
2	101	9	0,80	2,79	11	103; 332	4	0,08	1,042
3	220	7	0,32	2,05	12	440	3	0,06	1,022
4	211	10	0,80	2,01	13	441	2	0,03	0,980
5	301	7	0,24	1,65	14	601; 512	3	0,06	0,927
6	112	7	0,24	1,480	15	323	1	0,02	0,885
7	400; 231	6	0,20	1,450	16	413	2	0,03	0,847
8	420	6	0,16	1,298	17	640	2	0,02	0,805
9	312	7	0,20	1,200					

\* Интенсивность, оцененная по шкале Хававалта и др.

Л и т е р а т у р а

1. Фигуровский Н. А. Сб. «Материалы по истории отечественной химии». Изд. АН СССР, 1950, 254; Васильев А. М. Уч. зап. Казанск. ун-та, 1912, 79, кн. 2 и 3.
2. Jevins A., Straumanis M., Karlsons K. Zs. phys. Chem., 1938, B, 40, 347.
3. Miller W. H. Phil. Mag., 1843, 22, 263; Groth P. Chemische Kristallographie, 1906, 1, 14; Mügge O. Zs. Krist., 1927, 65, 604; Stenzel W., Weerts J. Zs. Krist., 1932, 84, 20 (искусств. кристаллы).
4. Александров А. И. Зап. Всес. мин. о-ва, 1955, 84, № 4, 462.
5. Еремеев П. В. Горн. журн., 1887, 3, 271.
6. Игумнов А. Н. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 124.
7. Соседко А. Ф. Минералы СССР, Изд. АН СССР, 1940, 1, 212.
8. Туровский С. Д. Тр. Ин-та геол. АН Кирг. ССР, 1956, вып. 8, 125.
9. Silman J. Am. Min., 1954, 39, No 5—6, 529.

ЖИДКИЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

ГРУППА РТУТИ

Ртуть Hg Жидкая Уд. в. 13,6

Ртуть Меркури  
Hg

Происхождение русского названия неизвестно.

**Характ. выдел.** Образует отдельные мелкие капли. Жидкая при обыкновенной температуре.

**Структ. и морф. крист.** Ниже — 38,87° триг. с., дитриг.-скаленоэдр. кл.  $D_{3d}^5 - \bar{R}3m$ . При -46°  $a_{rh} = 3,005$ ;  $\alpha = 70^{\circ}32'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 3,47$ ;  $c_h = 6,72 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 1,937$ ;  $Z = 3$  (Мед, Бэрет)<sup>1</sup>.

Структуру твердой ртути можно вывести из структуры Au(Ag, Cu), если соответствующий элементарный гранецентрированный куб поставить на диагональ и сжать так, чтобы полярный угол стал равным 98°13'. Ребро полученного ромбоэдра,  $a_{rh} = 4,581 \text{ \AA}$ . Вдоль оси симметрии 3-го порядка чередуются плотно упакованные слои атомов Hg; в каждом из них атом Hg окружен шестью себе подобными, но за счет сдавливания упаковки вдоль оси симметрии 3-го порядка 6 атомов из соседних слоев (3 из верхнего и 3 из нижнего) приближаются к центральному атому Hg и расстояние между ними сокращается до 2,99 Å. Ввиду превращения элементарного куба в ромбоэдр при описании структуры можно вместо ромбоэдра с атомами Hg ограничиться примитивным острым ромбоэдром с одним атомом Hg с указанными выше параметрами.

**Физ.** Уд. в. жидкой ртути при  $0^{\circ}$  — 13,596, при  $15^{\circ}$  — 13,558. в твердом состоянии (при  $-46^{\circ}$ )—14,26. Цв. серебристо-белый, оловянно-белый. Бл. металлический.

**Хим.** Иногда содержит незначительную примесь Au или Ag.

**Диагн. исп.** Легко растворяется в  $\text{HNO}_3$ . П. п. тр. полностью улетучивается, если не содержит Ag и Au. В закр. тр. дает возгон на стенках в виде мелких капелек.

**Повед. при нагр.** Т-ра кип. при атмосферном давлении  $357^{\circ}$ : пары ртути могут содержаться в воздухе даже при обычной температуре, затвердевает при  $-38,87^{\circ}$ .

**Нахожд.**<sup>2</sup> Характерный минерал зоны окисления ртутных месторождений, где возникает при разложении киноваря и обычно образует небольшие капли в пустотах и среди обломков пород. Иногда в повышенных количествах обнаруживается в нижних горизонтах зоны окисления или россыпей, но крупных скопленений в природе не образует. Наблюдается в большинстве месторождений киновари: часто встречается в месторождениях ртутно-сурьмяного пояса Южной Ферганы, особенно в месторождении Хайдаркан (Киргизская ССР)<sup>3</sup>, отмечалась в Никитовском месторождении УССР, в Акташском золоторудном месторождении Горно-Алтайской авт. обл., в Урском золоторудном месторождении Кемеровской обл. и др.

Встречается в ртутных месторождениях Идрия и Авала в Югославии. Альмаден в Испании, Мошелландсберг в ФРГ, Терлингва в шт. Техас (США), Сан-Хосе в шт. Калифорния (США), Уапкавелика (Перу). Помимо ртутных месторождений, иногда встречается в месторождениях других металлов (Сала в Швеции, Чаньярсилло в Чили и др.). Известна также в отложениях гейзеров Исландии и Новой Зеландии.

**Пзм.** Озон начинает окислять ртуть уже при обыкновенной температуре, при  $170^{\circ}$  происходит заметное окисление; кислород окисляет ртуть при высоких температурах, реакция ускоряется в присутствии паров  $\text{H}_2\text{O}$ , следов кислот и т. п. При обыкновенной температуре  $\text{H}_2\text{S}$  в присутствии  $\text{O}_2$  медленно переводит ртуть в  $\text{HgS}$ ; S легко соединяется с парами Hg, образуя  $\text{HgS}$  (киноварь, метациннабарит). Под действием хлоридов ртуть переходит в кадомель и сложные оксигалогениды. На поверхности ртуть частично испаряется, даже при обыкновенной температуре. При соприкосновении с золотом или серебром образует амальгамы.

**Практ. знач.** не имеет, так как не образует значительных скопленений.

**Отл.** Легко узнается по капельно-жидкому характеру выделений.

### Л и т е р а т у р а

1. Mehl R. F., Barrett C. S. Am. Inst. Min. Met. Eng., Techn. Publ., 1929, 225; Neubürger C. M. Zs. anorg. Chem., 1933, 212, 40.
2. Сауков А. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 194.
3. Федорчук В. П. Геохимия, 1958, № 3. 273.

## ПОЛУМЕТАЛЛЫ И НЕМЕТАЛЛЫ

### СТРУКТУРА ТИПА АЛМАЗА

#### ГРУППА АЛМАЗА

Алмаз С Куб. с.  $a_0$  3,56 Уд. в. 3,51 Тв. 10

Алмаз является одной из двух наблюдающихся в природе полиморфных модификаций углерода, резко различных по структуре и по вытекающим из нее свойствам. Другая модификация — графит — гексагональная,  $a_0=2,46$ ;  $c_0=6,70$ ; уд. в. 2,23; тв. 1—2.

## Алмаз Diamond

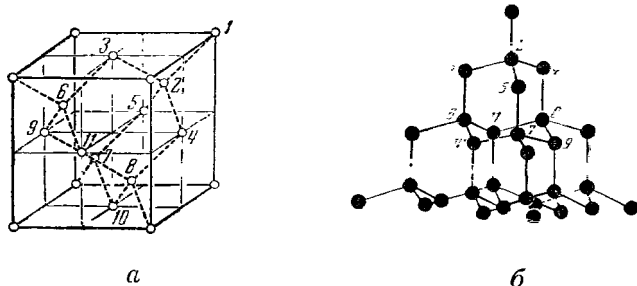
## С

Название происходит от греч. *ἀδάμας* (адамас) — непобедимый, непреодолимый — по необычно большой твердости и стойкости минерала.

Разнов. Борт, баллас, карбонадо.

Характ. выдел.<sup>1</sup> Отдельные (обычно несовершенные) кристаллы и сростки их.

Структ. и морф. крист. Куб. с. Решетка (фиг. 53а, 53б) с голоэдрич. симметрией, отвечает простр. гр.  $O_h^2 - Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 3,5597 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (Райли)<sup>2</sup>;  $3,56688 \pm 0,00009 \text{ \AA}$  при  $298,16^\circ \text{ K}$  и 1 атм (Скиннер)<sup>2</sup>.



Фиг. 53. Структура алмаза:

а — распределение атомов в решетке, б — расположение центров атомов С при горизонтальном положении плоских сеток (111) (номера соответствуют номерам фиг. а

Ячейка решетки алмаза представляет гранецентрированный куб, который поделен на 8 мелких кубов; в четырех из этих кубов в шахматном порядке размещены еще четыре атома С. Кристаллографически все 8 атомов С в элементарном кубе тождественны, каждый атом С окружен четырьмя С. Четверная координация С в алмазе отвечает всем алифатическим соединениям углерода. Эта координация соответствует правилу Юма-Розери, хорошо проявляющемуся в структуре S, Se, Te, As, Sb. Расстояние С — С в алмазе  $1,54 \text{ \AA}$ , т. е. намного больше, чем в графите. Структуру алмаза часто сравнивают со структурой сфалерита, в которой помещается гранецентрированный куб (плотнейшая упаковка) из атомов S, а в тетраэдрических пустотах находятся атомы Zn. В структуре алмаза оба положения заняты атомами С, в результате чего возникают центры симметрии, отсутствующие в гемиморфной решетке сфалерита. Хотя в алмазе примесей немного, но преимущественное их нахождение в положениях, соответствующих Zn в сфалерите, или, наоборот, в положениях S, восстанавливает гемидрихю (гемиморфию) сфалерита ( $T_d - 43m$  вместо  $O_h - m\bar{3}m$ ); нередко это сказывается на габитусе алмазных кристаллов, выражаясь в развитии лишь половины октаэдрических граней.

Вопрос о симметрии алмаза обсуждался начиная с прошлого столетия и в настоящее время не может считаться окончательно решенным. На основе изучения морфологии кристаллов<sup>3</sup> одни исследователи признавали гексоктаэдрическую симметрию, другие — гекстетраэдрическую. По различию люминесценции, фотопроводимости и инфракрасных спектров, наличие или отсутствию дупреломления выделены две группы<sup>4</sup>: алмазы I — тетраэдрическая разновидность (наиболее распространенные в природе) — не прозрачны для у.-ф. лучей короче  $3000 \text{ \AA}$ , люминесцируют в сине-голубых тонах, обнаруживают дупреломление, в инфракрасном спектре дают полосы поглощения при  $4-5$  и  $8-10 \mu$ ; алмазы II — октаэдри-

ческие—прозрачны для у.-ф. лучей до 2250 А, не люминесцируют (см. ниже), изотропны, характеризуются наличием в инфракрасном спектре только полос 4—5  $\mu$ . Раман с сотрудниками<sup>4</sup>, основываясь на предположении о тетраэдрической конфигурации атомов С (ядро окружено четырьмя электронами, расположенными по тетраэдру), допускает существование четырех структурных разновидностей алмаза, отличающихся различными способами компенсации магнитных моментов, разным взаимным расположением тетраэдрических атомов: две из этих структурных разновидностей ( $Td_1$  и  $Td_2$ ) характеризуются тетраэдрической симметрией и две ( $Oh_1$  и  $Oh_2$ ) — октаэдрической (рентгеноструктурными и другими исследованиями эти различия не улавливаются). По Раману и др., в кристаллах алмаза почти всегда одновременно имеются различные структуры, что вызывает аномальное двупреломление, своеобразное двойникование, желто-зеленую неоднородную флюоресценцию кристаллов и т. д. Нардов<sup>5</sup> отмечает всего три возможные структуры:  $Td$ ,  $Oh_1$  и  $Oh_2$ ; Шубников<sup>6</sup>, исходя из симметрии и структуры алмаза, указывает, что из четырех структурных разновидностей выделенной Раманом, возможна только  $Oh_1$ , но наряду с нею допускает существование разновидности  $Th$ , ранее никем не предусмотренной.

На кристаллах алмаза отмечалось очень много форм. Достоверные формы:  $c$  (100),  $d$  (110),  $o$  (111),  $\beta$  (322),  $n$  (211),  $m$  (314),  $r$  (332),  $p$  (221).

На округлых кристаллах намечаются (210), (310), (321), (431), (531), (542), (653), (973) и др.<sup>7, 8, 9</sup>

Кристаллы несовершенные, обычно с округлыми гранями, с нечеткими ребрами и вершинами, часто значительно деформированные, но всегда образованы всесторонне, что указывает на особые условия кристаллизации.

Причина округлости граней<sup>8</sup> является предметом долголетней дискуссии (подробно см. Кухаренко, 1954). Кокшаров впервые рассматривал округлость как результат особенностей роста; Ферсман и Гольдшмидт<sup>9</sup> выдвинули «теорию растворения», получившую широкое признание; Шафрановский предполагает наличие растворения и частичной регенерации<sup>8</sup>; теории роста придерживаются Сатон<sup>1</sup>, Уильямс<sup>1</sup>, Аншелес<sup>8</sup> и др. По Кухаренко<sup>8</sup>, округлые формы, в зависимости от условий образования, могут быть обусловлены растворением или ростом.

На гранях развита штриховка, сложные структуры поверхностей в виде различных треугольных впадин, ориентированных обратно параллельно по отношению к ребрам октаэдров (фиг. 54) и четырехугольных углублений. Очень обычно лампнарное строение кристаллов со ступенчатым нарастающим слоев; отмечалась шестоватая скульптура (на уральских кристаллах), черепитчатая и др. (фиг. 55)<sup>9, 10, 8</sup>. На гранях наблюдаются также следы естественного растворения, проявившегося в различной степени: от частичной или полной матовости граней до грубой коррозии (фиг. 56) и образования отдельных каверн (на сибирских, южноафриканских и др. алмазах).

Облик кристаллов разнообразный. Наиболее распространены кристаллы октаэдрического облика (фиг. 57—59, 62) («октаэдропды» по Кухаренко, «индийский тип»), несколько реже — додекаэдрические (фиг. 60) («додекаэдропды», «бразильский тип»), редки кубические (фиг. 61). Дв. по (111) очень распространены (фиг. 62—65); образует характерные двойники прорастания, простые и сложные, часто уплотненные параллельно двойниковой плоскости; обычны параллельные сростки и сложные прорастания, проявляющиеся в виде чередующихся пластинок, сростков параллельно (111).

В кристаллах алмаза наблюдались включения идиоморфных кристаллов алмаза более ранней генерации, включения графита, которые в вилейских алмазах располагаются или по внутренним трещинам в виде

пластинок или рассеяны по всему кристаллу алмаза в виде мельчайших пылинков; наблюдались включения оливоина, иногда ориентированные: [101] алмаза и оливоина взаимно параллельны, (010) оливоина (111) алмаза<sup>11</sup>; включения шпропа, энстатита, рудных минералов — ильменита, гематита, магнетита, по-видимому, хромшпинеллида, а также включения углеродного вещества. Иногда алмаз содержит включения мелких пузырьков газа. Указания на наличие жидких и газовой-жидких включений требуют проверки<sup>12</sup>.

Физ. Сп. по (111) совершенная (плоскость с большой ретикулярной плотностью при сравнительно большом межплоскостном расстоянии). Отмечалась несовершенная сп. по (331), (557) и (332)<sup>13</sup>. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 10 — наиболее твердый минерал: абс. тв. в 150 раз больше абс. тв. корунда. Наибольшая тв. — на (111), меньше — на (110) и наименьшая — на (100), что учитывается при огранке и полировке. Полируется лучше всего в направлении [001]<sup>13</sup>. Абразивная способность нефлюоресцирующих алмазов выше, чем флюоресцирующих<sup>14</sup>. Наблюдающиеся различия ряда физических свойств алмазов объясняются различиями их тонкой кристаллической структуры<sup>1</sup>, возможно, являются результатом большей или меньшей упорядоченности решетки<sup>15</sup>. Уд. в. 3,50—3,52 (вычсл. 3,511). Цв.: бесцветный, белый, голубой, зеленый, желтоватый, коричневатый, красноватый разных оттенков, темно-серый до черного; часто окраска распределена неравномерно. При облучении радием становится зеленым; меняет окраску в результате бомбардировки  $\alpha$ -частицами, протонами, нейтронами и дейтронами<sup>16</sup>. Бл. алмазный до жирного. Прозрачен или просвечивает, частью непрозрачен.

Кэф. объемн. сжимаемости  $0,16 \cdot 10^{-12}$  см<sup>2</sup>/дин (по Шубникову, Блю, Флинту).

Плохой проводник электричества. Кристаллы типа II, из Южн. Африки, по Кастеру<sup>17</sup>, электропроводны в разной степени, частью являются изоляторами, частью — полупроводниками. Бомбардировка  $\gamma$ -частицами возбуждает электрический ток у алмазов типа II (октаэдрических, прозрачных для у.-ф. лучей), не возбуждает у алмазов I (тетраэдрических); бомбардировка  $\alpha$ -частицами возбуждает импульсную проводимость у алмазов I и лишь частично (нередко в отдельных участках кристалла) в алмазах II (Уулдридж и Эхёрн<sup>17</sup>, Чемпсон<sup>17</sup>).

Пьезооптические константы:  $q_{11} = 5,05$ ;  $q_{12} = 2,15$ ;  $q_{44} = 2,8 \cdot 10^{-11}$  см<sup>2</sup> · дин<sup>-1</sup> и  $p_{11} = 0,31$ ;  $p_{12} = 0,09$ ;  $p_{44} = 0,12$  (Рамачандран)<sup>18</sup>.

По способности люминесцировать можно выделить несколько групп алмазов<sup>19,4</sup>: 1) октаэдрические алмазы II не люминесцируют в у.-ф. лучах; 2) тетраэдрические алмазы I имеют голубую люминесценцию; 3) желто-зеленая люминесценция, по наблюдениям Рамана, отвечает одновременному присутствию решеток разного типа. По данным Гневусева<sup>20</sup>, прозрачные, бесцветные, правильно развитые кристаллы алмаза из Сибири характеризуются сине-голубыми цветами свечения в у.-ф. лучах; несовершенные кристаллы, сростки, полупрозрачные, окрашенные алмазы и алмазы, содержащие включения, люминесцируют в желтых и красно-желтых цветах. У алмазов I, по Раману<sup>21</sup>, наблюдается слабая желто-зеленая фосфоресценция при комнатной температуре. У светящихся синим цветом алмазов I после облучения при нагревании до 540° — яркостияя термолюминесценция, у остальных термолюминесценции нет. В рентгеновских лучах и при полной бомбардировке алмазы всех типов обнаруживают синюю люминесценцию.

Инфракрасные спектры второго порядка (4—5  $\mu$ ) у алмазов обоих типов одинаковы, в спектрах тетраэдрических алмазов (тип I), кроме того, устанавливается абсорбция в области 8—10  $\mu$ <sup>21</sup>.

Микр. В пл. в прох. св. алмаз бесцветен. Редко изотропен), обычно обнаруживает аномальное двупреломление, что связано, по-видимому, с наличием в кристаллах структур разных типов, полисинтетического двойникования, включений, может быть обусловлено испытанным давлением. Очень сильна дисперсия, обуславливающая «игру» ювелирного алмаза.  $n=2,4135$  (Li),  $2,4195$  (Na),  $2,4278$  (П). При большом гидростатическом давлении показатель преломления понижается, при нагревании повышается<sup>22</sup>.

Хим. Содержание примесей (несгораемого остатка) колеблется от следов до 4,8%. Наиболее обычные примеси (по спектр. анализам): Si, Al, Ca, Mg, также Fe, Ti; отмечались Cu, Ba, Fe, Sr, Na, Ag, Cr, Pb, Rh<sup>23</sup>. Намечается связь голубой окраски с наличием Cr, в желтых алмазах — повышенное содержание Al<sup>24</sup>.

Диагн. исп. Не растворим в кислотах и в щелочах. Окисляется и растворяется в сплаве соды и калиевой селитры при  $t_{\text{ре}} \sim 800^\circ$ ; на гранях (111) при растворении появляются треугольники травления, ориентированные сторонами параллельно ребрам октаэдра, реже перпендикулярно к ним, что зависит от природы реагента<sup>25</sup>.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. неизвестна. В атмосфере воздуха сгорает при  $850^\circ$ , в кислороде — при  $720^\circ$ . Теплота сгорания в воздухе —  $94,505$  кал/мол.<sup>26</sup> Коэф. лин. расш. при  $298,16^\circ \text{K}$   $1,06 \cdot 10^{-6}$ , коэф. объемн. расш. соответственно  $2,97 \cdot 10^{-6}$  (Скпнер)<sup>2</sup>. Очень хороший проводник тепла; теплопроводность при  $0^\circ$   $1,210$ — $1,630$ , при  $72^\circ$   $1,340$ — $1,720$  ватт·см<sup>-1</sup>·град.<sup>-1</sup> (Берч и др.). Уд. теплоемкость при  $27^\circ$   $1,4805$  кал/г·атом/град. (Десорбо)<sup>27</sup>.

В вакууме при  $1500^\circ$  переходит в графит (теплота перехода  $454 \pm 30$  кал)<sup>27</sup>. При нагревании на воздухе до  $1400^\circ$  переход в графит очень незначителен (всего 1—2% веса алмаза)<sup>28</sup>.

Нахожд.<sup>29,1</sup> Встречается в коренном залежании и в россыях. Образуется, по-видимому, под очень высоким давлением при относительно высоких температурах; кристаллизуется в магме до начала извержения, на что указывает всестороннее развитие кристаллов. Размеры кристаллов очень разнообразны, большей частью небольшие; наиболее крупный кристалл, найденный в руднике Премьер в Южн. Африке, «Куллинан», имел первоначальный вес 3025 карат (622г.).

По вопросам генезиса алмазов единого мнения нет. Помимо несомненно магматического происхождения, допускается выделение их из флюидов.

Промышленные месторождения генетически связаны лишь с ультраосновными породами эффузивного ряда; отдельные находки алмазов отмечались в глубинных ультраосновных породах типа перидотитов, дунитов и т. д. (Британская Колумбия, Онтарио и Квебек в Канаде — в платиноносных хромитовых телах), а также в основных породах типа диабазов (Новый Южный Уэльс в Австралии и др.). Однако несомненной является лишь приуроченность алмазов к кимберлитам.

Наиболее крупные месторождения мирового значения сосредоточены в Южной Африке, в Бельгийском Конго и в Якутской АССР. В Южной Африке<sup>29</sup> коренные месторождения представлены грандиозными трубками вулканического происхождения, уходящими в глубину до 1 км и заполненными алмазопосными кимберлитами и продуктами их изменения. Аналогичны месторождения алмазов в бассейне р. Виллюя в Якутской АССР<sup>9</sup>, где алмазопосные кимберлиты также образуют трубчатые тела, прорывающие карбонатные толщи. В кимберлитах — ультраосновных эффузивных породах типа вулканических брекчий, туфов и туфобрекчий — главными породообразующими минералами являются оливин,

образующий вкрапленники и существенно серпентинизированный, флогопит, пироп, ильменит, магнетит, а также энстатит, хромдиопсид и др. Алмаз входит в состав основной массы кимберлитов, а также наблюдается в них в виде вкрапленников. Кристаллизовался предположительно на больших глубинах до начала взвешивания магмы, частично и в процессе ее поднятия, за счет первичного углерода магмы.

Исключительно большое значение имеют аллювиальные и делювиальные россыпи, образовавшиеся в различные геологические периоды. Рыхлый материал частью сцементирован окислами Fe, карбонатами и др. (Южная и Юго-западная Африка, Индия и др.). Характерна ассоциация алмаза в россыпях с шпроном, ильменитом и хромдиопсидом, по наличию которых в россыпях были выявлены Якутские коренные месторождения алмазов. В россыпях алмаз часто сопровождается минералами платиновой группы (например, на западном склоне Урала, на о-ве Борнео, в Австралии и др.). В древних конгломератах и песчаниках и в продуктах их выветривания, а также в элювиальных и аллювиальных россыпях с давних пор алмазы добываются в Индии (Голконда)<sup>30</sup>. В делювиальных отложениях Борнео алмазы сопровождаются золотом и платиной; указателем на нахождение алмаза здесь признается присутствие в россыпях голубого и фиолетового корунда.

Наряду с графитом, аморфным углеродом и муассанитом, алмаз содержится также в некоторых метеоритах. В метеорите Каньон Дьябло (шт. Аризона, США) и др. алмаз образует прозрачные кристаллики и черные зернышки, причем количество его возрастает в соответствии с увеличением содержания в метеорите Ni.

**Изм.** Исключительно стойкий минерал, вследствие чего сохраняется в россыпях.

**Искусств.**<sup>31</sup> Впервые достоверно был получен только Хэвэй (1880 г.) из смеси керосина и костяного масла в присутствии металлического лития в запаянных железных сосудах при очень высоких давлении и температуре.

Многочисленные более поздние указания на искусственное получение, не подтвержденные рентгеновским анализом, сомнительны, так как за синтезированный алмаз могли быть приняты карбиды, также очень твердые и не растворимые в кислотах. Кристаллы алмаза получены в 1955 г. из углеродистого вещества Бэнди, Холлом, Стронгом и Венторфом в специальной установке при  $t$ -ре больше  $2780^{\circ}$  и давлении свыше 100 000 атм<sup>32</sup>.

**Практ. знач.** очень велико<sup>33</sup>. Различают ювелирный алмаз и технический алмаз; потребление последнего по сравнению с ювелирным непрерывно возрастает. Техническое применение очень разнообразно: широко используется при бурении горных пород, в металлообрабатывающей промышленности (в токарных инструментах, для обработки вязких материалов, при изготовлении штампов для волочения специальных проволок), для резки стекла и др. Алмазная крошка представляет высококачественный абразивный материал.

**Разнов.**<sup>34</sup> 1) **Борт** — зернистые и непрозрачные сростки, преимущественно серые и черные; 2) **б а л л а с** — очень мелкие шаровидные агрегаты большей частью лучистого строения; 3) **к а р б о н а д о** — тонкозернистые плотные или пористого сложения агрегаты сероватого и черного цвета.

В технике различают: разновидности борта (дробеобразный — *shot bort*, градообразный борт — *hailstone bort*, фраземит, черный алмаз, стевартит), алмазную крошку, конго и др.

**Отл.** Характерны исключительная твердость и стойкость по отношению к крепким кислотам.



## Межплоскостные расстояния алмаза (по XRDC) \*

№	hkl	I **	$\frac{d}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d}{n}$
1	111	10	2,05	16	800	1	0,442
2	220	8	1,26	17	733	1	0,432
3	311	7	1,072	18	822; 660	5	0,417
4	400	4	0,885	19	751; 555	4	0,409
5	331	6	0,813	20	840	3	0,397
6	422	9	0,721	21		5	
7	333; 511	6	0,680	22	911; 753	2	0,389
8	440	4	0,625	23	664	3	0,378
9	531	6	0,597	24		1	
10	620	5	0,558	25	931	3	0,372
11	533	3	0,538	26		1	
12	444	2	0,507	27	844	4	0,363
13	711; 551	4	0,496	28		1	
14	642	7	0,473	29	933; 771; 755	9	0,358
15	731; 553	6	0,462	30		5	

\* 1943, 3346.

\*\* Начиная с 21-й линии указавы значения I для дублетов  $K_{\alpha_1}$  и  $K_{\alpha_2}$ .

## Л и т е р а т у р а

1. Работы сводного характера: Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии (1912); Избр. соч., 1955, 2, 338; Вернадский В. И. История минералов земной коры, 1927, 1, вып. 2, 353; Ферсман А. Е. Драгоценные камни России. Изд. Рос. АН, 1920, 1, 11; Sutton I. R. Diamond. London, 1928; Williams A. F. The Genesis of the Diamond. London, 1932; Веселовский В. С. Углерод, алмазы, графиты и угли. ОНТИ, 1936, 175; Мерепков Б. Я. Неметаллические ископаемые СССР, 1936, 1, 71; он же. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 217, и др.
2. Riley D. P. Nature, 1944, 153, 587; Lonsdale K. Там же, 22; Skipper В. J. Am. Min., 1957, 42, No 1—2, 39, и др.
3. Ферсман А. Е., Goldschmidt V. Der Diamant. Heidelberg, 1911 (морфология, гониометрия, опыты по растворению); Van der Veen. A. L. Zs. Krist., 1913, 51 (симметрия) и др.
4. Robertson R., Fox J., Martin A. E. Phil. Trans. Roy. Soc., 1934, 232, 465 (выделено 2 типа); Ramon C. V., Ramachandran G. H. и др. Proc. Ind. Acad. Sci., 1944, 19A и 1946, 24A (сб. работ по структуре и физ. свойствам); Ramon C. V., Jayaraman A. Там же, 1950, 32A, No 2, 65; Белов Н. В. Структура полных кристаллов и металлических фаз. Изд. АН СССР, 1947, 66; Шафрановский И. И., Гумилевский А. А. Сб. «Кристаллография», Уллетехиздат, 1952, 209; Sutherland G. B., Blackwell D. E., Simeral W. G. Nature, 1954, 174, No 4437, 901; Custers J. F. H. Physica, 1954, 20, No 3, 183; он же, Nature, 1955, 176, No 4477, 300.
5. Нардов В. В. Уч. зап. Ленингр. ун-та, 1954, № 178, сер. геол., вып. 4, 93.
6. Шубников А. В. Тр. Ин-та кристаллогр. АН СССР, 1955, № 11, 5.
7. Кристаллогр. изучение: Еремеев П. В. Зап. Мин. о-ва, 1896, 34, № 2, 59; Ферсман А. Е., Гольдшмидт<sup>2</sup>; Лабунцов А. Н. Тр. Мин. музея АН СССР, 1949, 1, 87; Кухаренко А. А. Мпн. сб. Львов. геол. о-ва, 1950, № 4, 306; Lawson C. В. Am. Min., 1950, 33, No 3—4, 198 (двойники); Ферсман А. Е. Кристаллография алмаза. Изд. АН СССР, 1955; Писемская Е. М. Тр. НИГРИЗОлото, 1957, вып. 22, 23 (морфология отечественных алмазов); Понугаева Л. А., Шафрановский И. И. Зап. Всес. мин. о-ва, 1958, 87, № 4, 494 и др.
8. Об округлости граней: Кокшаров Н. И. Зап. Мин. о-ва, 1869, 4, 335; Шафрановский И. И. Уч. зап. Ленингр. ун-та, сер. геол.-почв., 1944, № 65, 41; он же. Кристаллизация округлых алмазов. Изд. ЛГУ, 1948, 132; Кухаренко А. А. ДАН СССР, 1945, 50, 437 и 1946, 51, 629; он же. Уч. зап. Ленингр. гос. ун-та, 1954, № 178, сер. геол., вып. 4, 96; Аншелес И. М. Там же, 36; Нардов В. В. К кристаллографии якутских алмазов. Автореферат диссертации, Ленингр. гос. ун-т, 1958, 1; Орлов Ю. Л. Тр. Мин. муз. АН СССР, 1959, вып. 9, 86; Квоков К. Г. Зап. Всес. мин. о-ва, 1959, 88, № 3, 240; и др.

9. Алмазы Сибири. Сборник, Госгеолиздат, 1957,; Бобрневич А. П., Бондаренко М. Н., Гневушев М. А., Красов И. М., Смирнов Г. П., Юркович Р. К. Алмазные месторождения Якутии. Госгеолиздат, 1959, 525 стр.
10. Tolansky S. *Industr. Diamond Rev.*, 1953, 13, No 157, 271 (строение поверхности граней, анизотропия, сп.); Růžička P. *Vestník Ústředn. úst. geol.*, 1952, 27, № 5, 194 (поверхность граней); Custers J. P. H., Simpson H. R. *Nature*, 1954, 173, No 4407, 738; Tolansky S. *Microstructures of diamond surfaces*. NAG Press Ltd., London, 1955; он же. *Industr. Diamond Rev.*, 1959, 19, No 218, 6.
11. Mitchell R. S., Giardini A. A. *Am. Min.*, 1953, 38, No 12, 136; Hartman P. *Am. Min.*, 1954, 39, No 7—8, 674 (ориентированные включения ольвина).
12. Gübelin E. *Schweiz. min. petr. Mitt.*, 1948, 28, 146.
13. Кухаренко А. А. Сб. «Кристаллография». Углетехиздат, 1952, 203 (связь твердости и спайности со структурой); Berghelmer H. N. *Jb. Min.*, 1938, В.-В. 74 А, 318; Kraus E. H., Lawson C. B. *Am. Min.*, 1939, 24, No 11, 661; Wilks G. M., Wilks J. *Philos. Mag.*, 1954, 45, No 367, 844.
14. Гумплевский А. А. Сб. «Кристаллография». Углетехиздат, 1952, 223 (образные свойства).
15. Lonsdale K. *Nature*, 1945, 155, 144; Taylor W. H. *Nature*, 1947, 159, No 4048, 729; Blackwall D. E., Sutherland G. B. *J. chim. phys.*, 1949, 46, 9 (возражения Раману); Champion F. C., *Proc. Roy. Soc.*, 1953, 220A, No 1143 (мозаичное строение).
16. Измененные окраски: Doelter. *Handb. Mineralchem.*, 1912, 1, 38; Cork J. M. *Phys. Rev.*, 1942, 62, 80; Hamilton J. G., Putnam T. M., Ehrmann M. L., *Am. Min.*, 1952, 37, No 11—12, 941; Pringsheim P., Voerck R. C. *Zs. Physik*, 1952, 133, 2; Pough F. H., Schulke A. A. *Cbl. Min.*, 1952, Nr 3, 329.
17. Bhagavantam S., Narayana Rao. *Nature*, 1948, 161, No 4097, 729 (дielektrическая постоянная); Wooldridge D. E., Ahearn A. J., Burton J. A. *Phys. Rev.*, 1947, 71, No 12, 912 (действие  $\alpha$ -частиц); Champion F. C. *Proc. Phys. Soc.*, 1952, Sect. B, 65, 465 (электровозбудимость); Custers J. P. H. *Physica*, 1954, 20, No 3, 183.
18. Ramachandran G. N. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 1950, 32 A, No 3, 171, 469; Poindexter E. *Am. Min.*, 1955, 40, No 11—12, 1032, (пьезооптические константы).
19. Моргенштерн З. Л. *Журн. эксп. и теор. физики*, 1951, 21, вып. 2, 230 (спектры люминесценции); Bull C., Garlick G. F. *Proc. Phys. Soc.*, Sect. A, 1950, 63, 1283.
20. Гневушев М. А. *Мин. сб. Львов. геол. о-ва*, 1956, № 10, 325.
21. Ramachandran G. N. *Nature*, 1945, 156, No 3949, 22; Ramapathan K. G. Там же, 23; Krishnan R. S., Ramapathan K. G. Там же, 1946, 157, No 3976, 45 (инфракрасные спектры); Ramachandran C., Jayaraman A. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 1950, 32A, No 2, 65 (люминесценция, дупреломление в связи со структурой, инфракрасные спектры); Vurstein E., Oberly J. J. *Phys. Rev.*, 1950, 78, 642 (инфракрасные спектры).
22. Ramachandran G. N. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 1947, 25A, No 3, 266; Denning R. M., Giardini A. A. и др., *Am. Min.*, 1957, 42, No 7—8, 556 (термооптические свойства).
23. Chesley F. G. *Am. Min.*, 1942, 27, No 1, 20 (спектральный анализ).
24. Orr J. M., de Ment J. *Mineralogist*, 1942, 10, 45, 64; Dake H. C. *Gemmologist*, 1942, 11, 55 (зависимость окраски от примесей).
25. Григорьев Д. П., Шафрановский И. И. *Зап. Мин. о-ва*, 1942, 71, № 1—2, 28 (опыты по растворению, см. также Fersmann u. Goldschmidt<sup>3</sup>).
26. Prosen E. J., Jessup R. S., Rossini F. D. *J. Nation. Research Bureau Stand.*, 1944, 33, No 6, 447 (теплота сгорания); Rossini F. D., Jessup R. S. Там же, 1938, 21, 491 (теплота перехода); Wagner R. M. *J. Chem. Soc. London*, 1936, 1256 и 1261 (сорбционная способность).
27. Krishnan R. S. *Nature*, 1944, 154, 486 (коэф. расширения); Pitzer K. S. *J. Chem. Phys.*, 1938, 6, 68, (теплоемкость); de Haas W. J., Biermasz T. *Physica*, 1938, 5, 47, (теплопроводность); Desorbo W. J. *Chem. Phys.*, 1953, 21, 876 (уд. теплоемкость).
28. Phippey F. S. *Science*, 1954, 120, No 3114, 393.
29. Трофимов В. С. *Советская геология*, 1940, № 4, 73 (генезис); Соболев В. С. Геология месторождений алмазов Африки, Австралии, о-ва Борнео, Сев. Америки. Госгеолиздат, 1951; Williams A. F. *The Genesis of Diamond*, 1932; Брешенков Б. *ДАН СССР*, 1945, 50, 21 (генезис уральских алмазов); Wilson N. W. *Min. Mag.*, 1948, 79, 329 (обзор мировых месторождений алмазов), и др.
30. Jensen K. D. N. *Jb. Min. Monatsh.*, 1957, H. 3, 49.
31. Лейпунский О. И. *Успехи химии*, 1939, 8, 1519; Bannister F. A., Lonsdale K. *Min. Mag.*, 1943, 26, No 181, 315; Desch C. H. *Nature*, 1943,

152. No 4849, 148; Hershey W. J. The Book of Diamonds. Hearthsides Press, New-York, 1940; Günther P., Geselle P., Rebentisch W. Zs. anorg. allgem. Chem., 1943, 250, 357; Chudoba K. Zs. deut. Ges. f. Edelsteinkunde, 1953, 1, Nr 2, 4; Neuhaus A. Zs. angew. Chem. 1954, 66, Nr 17—18, 525.
32. Chem. a. Eng. News, 1955, 33, No 8, 718; Davis L. G. S. Africa Mining a. Eng. J., 1955, 66, No 3240, 91. Bovenkerk, H.P., Bundy F.P., Hall H.T., Strong H.M., Wentorf R. H. Nature, 1959, 184, 1094.
33. Трофимов В. С. Природа, 1944, № 2, 10 (обработка, применение); Обручев С. В. Природа, 1948, № 4, 34 (добыча, применение).
34. Шафрановский И. И., Гумилевский А. А. Сб. «Кристаллография». Углетехиздат, 1952, 209 (вопросы классификации).

## СТРУКТУРА ТИПА ГРАФИТА

## ГРУППА ГРАФИТА

Графит С Гексаг. с.  $a_0$  2,46  $c_0$  6,70 Уд. в. 2,23

## Графит Graphite

С

Графит<sup>1</sup> известен с древних времен, назван от греч. γράφο (графо) — пишу (Вернер, 1789):

Синон. Пломбагин (де Лиль, 1783), черный свинец, мелаграфит (Хайдингер, 1845), графитоид (Зауер, 1885), графитит (Люци, 1891).

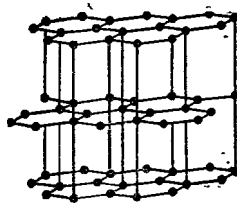
Разнов. Шунгит.

**Характ. выдел.** Отдельные мелкие чешуйки и пластинки, сферические конкреции радиально-лучистого, реже концентрического строения, агрегаты чешуек различной величины, иногда землистый. Кристаллы редки.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с.  $D_{6h}^{24}$  —  $R\bar{6}_3/mmc$ ;  $a_0 = 2,462$ ;  $c_0 = 6,701$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 2,72$ ;  $Z = 4$  (Михеев).

Структура слоистого типа<sup>2</sup>. В бесконечной плоской сетке каждая петля представляет шестиугольник бензольного типа, сторона которого равна 1,42 Å; около каждого атома С имеются три соседних на таком же расстоянии. Параллельные сетки отстоят друг от друга на значительном расстоянии (3,35 Å). На период с приходится две такие взаимно параллельные сетки, которые взаимно смещены так, что над центром шестиугольника нижней сетки находится узел верхней сетки (фиг. 66). Ввиду слабой связи между сетками эта закономерность строения решетки графита часто нарушается, и по отношению к центру шестиугольника одного слоя верхний и нижний слой располагаются так, что тройки лучей С — С, находящиеся над и под осью среднего кольца, взаимно повернуты на 180°. Если такое нарушение строения решетки графита проявляется в большом масштабе, то говорят о ромбоэдрической (трехслойной) модификации графита. Возможны и другие нарушения в чередовании слоев. Наличие в решетке подвижных электронов обуславливает ряд свойств графита, приближающихся к свойствам металлов: цвет, блеск, электро- и теплопроводность, кислотоупорность и т. п. Различные связи в решетке в направлении слоистости и перпендикулярно к нему вызывает резко выраженную анизотропию твердости, электропроводности, магнитных, оптических и других свойств.

Дигексаг.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1 : 2,7522$  (Пэлэч)<sup>3</sup>.



Фиг. 66. Структура графита

## Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 0001	—	0°00'	<i>x</i> $4\bar{0}45$	60°00'	68°31'
<i>m</i> $10\bar{1}0$	60°00'	90 00	<i>p</i> $10\bar{1}1$	60 00	72 32
<i>d</i> $10\bar{1}8$	60 00	21 10	<i>y</i> $20\bar{2}1$	60 00	81 03
<i>e</i> 1015	60 00	32 26	$\pi$ $11\bar{2}6$	30 00	42 32
<i>t</i> $10\bar{1}4$	60 00	38 28	$\rho$ $11\bar{2}3$	30 00	61 24
<i>r</i> $10\bar{1}3$	60 00	46 39	$\varphi$ $11\bar{2}2$	30 00	70 02
<i>o</i> $10\bar{1}2$	60 00	57 49	$\sigma$ $22\bar{4}3$	30 00	74 45
<i>w</i> $20\bar{2}3$	60 00	64 44	$\tau$ $11\bar{2}1$	30 00	79 42
$pp(10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 56^\circ 58'$			$rr(10\bar{1}3) : (01\bar{1}3) = 42^\circ 39'$		$pp(11\bar{2}3) : (\bar{1}2\bar{1}3) = 52^\circ 05'$
$oo(10\bar{1}2) : (01\bar{1}2) = 50 04$			$\varphi\varphi(11\bar{2}2) : (\bar{1}2\bar{1}2) = 56 04$		

Кристаллы таблитчатые по (0001), несовершенные; образуют шестиугольные пластинки с развитыми гранями ( $h0\bar{h}l$ ) при отсутствии или подчиненном значении ( $hh\bar{2}hl$ ). Наиболее обычны формы: *c*, *r*, *o*, *p*,  $\rho$ ,  $\varphi$ .

На гранях наблюдается штриховка. Дв. по (11 $\bar{2}$ 1) образуются в результате действия давления, проявляются на (0001) в виде тригональной или гексагональной штриховки; редки дв. вокруг [0001] с поворотом на 30° (90°)<sup>4</sup>. Наблюдалась ориентированная срастания с биотитом.

Физ. Сп. по (0001) совершенная. Изл. яснокристаллических агрегатов зернистый, плотных — ровный. Тв. 1—2, на (0001) ~ 5½; у высокодисперсных агрегатов твердость возрастает с увеличением степени дисперсности. Листочки упругие; сопротивление их на разрыв 2 кг/мм<sup>2</sup> (Шапиро)<sup>1</sup>. Уд. в. 2,21—2,26 (вычисл. 2,23). Цв. кристаллов темно-серый, серебристый, цв. агрегатов железно-черный до стально-серого. Черта темно-свинцово-серая. Бл. сильный металлический, у скрытокристаллического — матовый. Просвечивает лишь в очень тонких листочках. Сжимаемость  $\perp$  оси  $c$   $2,5 \cdot 10^{-13}$ ,  $\parallel$  оси  $c$   $50 \cdot 10^{-13}$  см<sup>2</sup>/дин (Нелсон, Райли)<sup>2</sup>. Коэф. объемн. сж.  $3,04 \cdot 10^{-6}$  на 1 атм при 20° (Веселовский)<sup>1</sup>. Коэф. трения очень низкий, с чем связаны «кирность» на ощупь и применение в качестве смазочного материала.

Хороший проводник электричества. Электропроводность кристаллов  $\perp$  к оси *c*, т. е.  $\parallel$  слоям решетки, в  $10^4$  больше, чем вдоль оси *c*. Электропроводность резко убывает при повышении температуры (Датэ)<sup>5</sup> и возрастает с увеличением влажности и содержания летучих (Вада)<sup>5</sup>.

Сильно выражена анизотропия магнитных свойств. Уд. магнитная восприимчивость  $\parallel$  слоям решетки равна  $0,5 \cdot 10^{-6}$  CGSM и практически не зависит от *t*-ры,  $\parallel$  оси *c*  $22 \cdot 10^{-6}$ , при нагревании существенно изменяется<sup>6</sup>.

Микр. В очень тонких шлифах в прох. св. темно-сине-серый; тонко-чешуйчатый из Вост. Забайкалья — серый, зеленовато-серый<sup>7</sup>. Одноосный (—).  $n = 1,93-2,07$ .

В полир. шл. в отраж. св. исключительно сильное двуотражение: *Ro* белесо-коричневатый, *Re* — синеvато-серый. Отраж. спос. (в %) *Ro*: для зеленых лучей — 22,5, для оранжевых — 23,5, для красных — 23,0; *Re* соответствует — 5; 5 и 5,5. Исключительно сильно анизотропен с умеренным цветным эффектом (в диагональном положении — светлый буро-желтый). Скрытокристаллические агрегаты кажутся изотропными.

Хим. Даже чисто отобранный, всегда содержит абсорбированные газы — главным образом H, N, в меньшем количестве CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, про-

гда  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , а также  $\text{H}_2\text{O}$ . Нередко содержит механические примеси, которые при сжигании полностью или частью остаются в золе; иногда содержит битумы. В золе, кроме Si, Al, Fe, Mg, Ca и щелочей, могут присутствовать S, P, Cu, Ni, Mo, Mn, а также Be, Ge, Ti, V, благородные металлы и др. Налпче в золе V характерно для графита органического происхождения. Fe, возможно, иногда содержится в виде твердого раствора<sup>8</sup>.

Диагн. исп. Кислотоупорен. В полпр. пл. ни одним из стандартных реактивов не травится.

При нагревании с дымящей  $\text{HNO}_3$  чешуйчатый графит всучивается (реакция Броди). При длительном нагревании в смеси дымящей  $\text{HNO}_3$  с бертолетовой солью ( $\text{KClO}_3$ ) образуется графитовая кислота. На основе некоторого различия в отношении к  $\text{HNO}_3$  и  $\text{KNO}_3$  было предложено (Люци 1894) различать две разновидности —  $\alpha$  и  $\beta$ .

П. п. тр. не плавится, в вольтовой дуге улетучивается, не плавясь. При сплавлении с  $\text{KNO}_3$  быстро сгорает, образуя  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , вскипающий с кислотами.

Повед. при нагр. Т-ра плавл.  $3550^\circ \pm 50^\circ \text{K}$ . Теплопроводность при  $30^\circ$  — ось с  $3,550 \text{ ватт}\cdot\text{см}^{-1}\cdot\text{град}^{-1}$ , || ось с в 4 раза меньше (Верч и др.). При нагревании в воздухе начинает окисляться выше  $400^\circ$  (чешуйки восточно-забайкальского при т-ре ниже  $300^\circ$ ); скорость окисления (горения) зависит от строения агрегатов: крупночешуйчатого —  $720\text{--}730^\circ$ , мелкочешуйчатого ботогольского —  $680^\circ$ . Теплота горения в воздухе  $7856 \pm 1 \text{ кал}\cdot\text{г}$  (также зависит от степени дисперсности); в атмосфере кислорода —  $94,051 \pm 10,8 \text{ кал}\cdot\text{мол}$  (Прозен и др.)<sup>9</sup>; в разреженной кислородной атмосфере при нагревании до  $1500^\circ$  с увеличением давления скорость сгорания возрастает, а выше  $1500^\circ$  не зависит от давления (Тромб и Фёкс)<sup>9</sup>. При  $\sim 2000^\circ$  становится пластичным<sup>10</sup>.

При нагревании цейлонского графита от 0 до  $400^\circ$  размеры  $a_0$  несколько уменьшились, в пределах  $400\text{--}800^\circ$  имело место увеличение  $a_0$  (Нелсон и Райли)<sup>9</sup>.

Нахожд.<sup>1</sup> Широко распространенный минерал, образующий местами крупные скопления. Возникает при высоких температурах — при кристаллизации магмы, при образовании жильных месторождений и при процессах метаморфизма.

Образование скоплений графита в магматических породах связано с ассимиляцией магмой известняков, битуминозных или углистых пород. Некоторые месторождения этой группы имеют промышленное значение. Наиболее известным среди них является Ботогольское (Алиберовское) месторождение в Бурятской АССР, в котором графит образует штоки, гнезда, жиллообразные тела и рассеянные выделения среди сиенитов поблизости от известняков. Спутники графита — микроклин, эгирин-авгит, альбит, кальцит, сфен и др.<sup>11</sup> В Черемшанском месторождении (Ильменские горы в Челябинской обл.) графит наблюдается в граните в виде сферолитов, гнезд и неправильных выделений. Выделения графита среди гранитов установлены также в округе Клей (шт. Алабама, США). В Овиפקе (Зап. Гренландия) графит обнаружен в базальтах вместе с самородным железом, на Гарце (ГДР, ФРГ) — в порфирах, порфиритах и габбро, в Малаге (Испания) — среди серпентинита и диорит-порфирита, в Новом Южном Уэльсе (Австралия) — в фельзитах, слагающих дайку. Выделения графита, частью имеющие практическое значение, наблюдаются во многих пегматитовых жилах (графитоносные пегматиты УССР, Таджикской ССР, Бразилии, Индии, Гренландии, США, Италии, Канады и других стран).

Из высокотемпературных жильных месторождений графита наибольшей известностью пользуются м-ния Цейлона, имеющие большое промышленное значение. Графитовые жилы здесь залегают главным образом среди

гнейсов: они состоят почти нацело из графита или содержат наряду с ним пирит, титаномагнетит, кварц, биотит, ортоклаз, апатит, ортит, рутил, цеолиты, кальцит и другие минералы. Жильные месторождения графита такого же типа имеются в Канаде (пров. Квебек), США (шт. Монтана), в Англии (Камберленд) и в других странах.

Отмечается наличие графита в некоторых кварцевых жилах с вольфрамитом<sup>12</sup>, в некоторых золотоносных кварцевых жилах, среднетемпературных гидротермальных свинцово-цинковых месторождениях и др.

В скарновых месторождениях графит наблюдается в ассоциации с гранатом, везувианом, диопсидом, воластонитом, тремолитом, скаполитом, кальцитом, апатитом и другими минералами; некоторые месторождения этой группы являются промышленными. Таковы м-ния Канады — Луиза (пров. Квебек) и Порт-Элслей (пров. Онтарио). В м-нии Тас-Казган (Узб. ССР) графит приурочен к контакту габбро-поритов с битуминозными породами<sup>13</sup>.

Графит широко развит в метаморфических породах, гнейсах и сланцах, в виде отдельных рассеянных чешуек, скоплений, линзовидных и пластовых залежей. Образуется в результате глубокой метаморфизации древних осадочных пород, первоначально содержавших значительные количества органических остатков (битуминозных), или карбонатных отложений. Таковы широко развитые чешуйчатые выделения в гнейсах и сланцах СССР<sup>14</sup> — результат интенсивной метаморфизации древних кристаллических пород, возможно, при участии летучих (месторождения Старо-Крымское, Завьяловское и др.), Союзное м-ние на Малом Хингане в Амурской обл., Тайгинское и Мурзинское месторождения Свердловской обл., богатые месторождения в гнейсах около Пассау (ФРГ)<sup>15</sup>, в метаморфизованных известняках Паргаса в Финляндии, Эшленд в шт. Алабама (США), крупные месторождения чешуйчатого графита на Мадагаскаре и др.

Широко развиты месторождения скрытокристаллического графита, связанные с метаморфизацией каменных углей. В соответствии с различными условиями метаморфизма степень метаморфизации углей различна. Графит образует прослойки, пласты и пластовые залежи. Под влиянием контактного воздействия траптов на угольные пласты образовались, например, крупные залежи западной части Тунгусского угольного бассейна (Красноярский край), состоящие из мельчайших выделений графита с примесью пирита, кальцита, небольших количеств апатита, рутила, магнетита и др. С метаморфизмом каменных углей связано также образование некоторых графитовых месторождений Урала (Боевое, Полтавское, Брединское, Фадинское Челябинской обл.)<sup>16</sup>. Тонкодисперсный графит, выявляемый лишь рентгеновским анализом, содержится во многих ископаемых каменных углях (см. также шунгит).

Графит содержится в некоторых элювиальных, реже в аллювиальных россыпях, образующихся при выветривании графитсодержащих пород.

В сублиматах вулкана Билюкай на Камчатке графит в виде налета на шаптыре образовался, вероятно, в результате действия лавового потока на растительность (по устному сообщению Набоко). Отмечается наличие графита в каменных и железных метеоритах<sup>17</sup>.

Неясен генезис пленок графита на кристаллах алмаза в южноафриканских месторождениях (см. также клифтонит).

Искусств. В электрических печах при  $t$ -рах выше  $2200^{\circ}$  графит получается из антрацита и из аморфного углерода (ачесоновский графит). Выделяется при раскристаллизации металлов, особенно в сером чугуна. В виде шестиугольных пластинок был получен из силикатного расплава с примесью сажи и флюорита. Образуется из алмаза при нагревании в вакууме при  $\sim 2000^{\circ}$ ; при этом  $\{0001\}$  графита ориентирован  $\parallel \{111\}$  алмаза. Может быть получен при низком давлении и при  $t$ -ре до  $1000^{\circ}$  в резуль-

тате раскисления  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ , образующихся при диссоциации  $\text{CaCO}_3$  (опыты Олинга, Винчела и Фрауэнфельдера, по Шапиро)<sup>1</sup>.

**Практ. знач.** Имеет очень разнообразное применение, основанное на его «жирности», кислотоупорности, огнестойкости, электропроводности. Идет на изготовление тиглей для плавки стали и цветных металлов (около 65—70% общего потребления), широко применяется в электротехнике, в литейном деле, используется при производстве карандашей и др. Наиболее ценным считается кристаллический графит; скрытокристаллические разновидности употребляются лишь в литейном деле, как наиболее дешевое сырье.

**Отл.** Характерны цвет, жирность на ощупь, низкая твердость, кислотоупорность. Мелкие чешуйки от очень сходного молибденита отличаются более темным цветом и менее сильным блеском. В отраж. св. по характеру двуотражения и анизотропии определяется легко. Может быть принят лишь за молибденит (отличается коричневатым оттенком и низкой отраж. спос. — *Re*), за валлерит и тенорит, отличающиеся по парагенезису; валлерит, кроме того, характеризуется высокой отраж. спос., тенорит — меньшим двуотражением. Изотропный скрытокристаллический графит в очень мелких выделениях трудно отличим от сульванита, отраж. спос. которого, однако, выше средней отраж. спос. графита.

Межплоскостные расстояния графита (по Михееву)  
Fe-антикатод,  $D = 140,00$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	0002 $\beta$	8	(3,692)	3,348	11	$\overline{1120}\beta$	4	(1,358)	1,231
2	0002	10	3,352	(3,038)	12	$\overline{1122}\beta$	5	(1,274)	1,155
3	$\overline{1011}\beta$	3	(2,242)	2,032	13	$\overline{1120}$	9	1,230	(1,115)
4	$\overline{1010}$	5	2,134	(1,934)	14	$\overline{1122}$	9	1,1543	(1,0463)
5	$\overline{1011}$	5	2,036	(1,846)	15	0006	6	1,1174	(1,0128)
6	0004 $\beta$	4	(1,848)	1,675	16	$\overline{1016}\beta$ ; $\overline{1124}\beta$	4	(1,0927)	0,9904
7	$\overline{1012}$	3	1,801	(1,632)	17	$\overline{2022}$	3	1,0143	(0,9194)
8	$\overline{1013}\beta$	2	(1,700)	1,541	18	$\overline{1124}$	8	0,9913	(0,8985)
9	0004	8	1,675	(1,518)	19	$\overline{1016}$	6	0,9879	(0,8954)
10	$\overline{1013}$	6	1,541	(1,396)					

**Разнов. Шунгит** — shungite (Иностранцев, 1879)<sup>18</sup>. Впервые обнаружен около с. Шунга в Карельской АССР. Относится к гр. антраксолитов, является промежуточным продуктом между аморфным углеродом и графитом. Содержит кристаллическую фазу в виде очень тонкодисперсного графита<sup>19</sup>. Выделяют четыре разновидности, отвечающие различной степени метаморфизма и различному содержанию углеродистого вещества. Шунгит I наиболее близок к графиту.

Изл. его раковистый. Тв.  $3\frac{1}{2}$ —4. Уд. в. 1,84—1,98. Цв. черный с едва заметным буроватым отливом. Бл. сильный полуметаллический. Не прозрачен. Содержит мельчайшие включения кварца, доломита, кальцита, пирита и др. Электропроводность близка к таковой графита.

В полир. пл.<sup>20</sup> латунно-желтый (напоминает пирротин). Двуотражения (в отличие от графита) не обнаруживает. Заметно анизотропен.

Содержит 93—98% C, до 3—4% соединений водорода, также N, O, S, до 8% гигроскопической воды; в золе — значительные количества V, Ni, Mo, а также W, Se, As; по спектральным анализам: Co, Ti, Mg, Sr, Cu, Cr, Zr, Rh, Ru, Pt, Mn. Содержание V, характерное для шунгита, по данным Мармо<sup>20</sup>, связано с примесями.

П. п. тр. растрескивается и сгорает чрезвычайно медленно. Крепкие  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$  окисляют тонкий порошок лишь при длительном кипячении.

Шунгит II, III и IV — разновидности со слабым и с матовым блеском содержат соответственно всего 40—60%, 28—44% и меньше 15% углерода.

Имеет очень ограниченное распространение. Образовался, по-видимому, в результате метаморфизма докембрийских битуминозных осадочных пород под воздействием диабазов. В Карельской АССР слагает прожилки, линзочки на контакте известняков и диабазов, пропитывает сланцы. Наблюдался в нескольких местах в р-не Онежского оз. в Карельской АССР<sup>18</sup> и в Финляндии<sup>21</sup>, отмечался в Бурятской АССР и Якутской АССР<sup>22</sup>, а также на Урале — в магнетитах Сатки (Челябинская обл.) и в породах спилито-альбитофировой формации около Красноуральска (Свердловская обл.), где приурочен к контактам спилитов и альбитофиров с прослоями метаморфизованных осадочных и туфогенно-осадочных пород<sup>23</sup>.

Может быть использован как удобрение<sup>24</sup>, в качестве топлива в специально приспособленных топках, как сырье для извлечения V, Mo, в металлургии (в качестве заменителя кокса и носителя легирующих элементов)<sup>25</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. Всесторонняя характеристика: Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии (1912). Избр. соч., 1955, 2, 338; он же. История минералов земной коры, 1927, I, вып. 2, 342; Веселовский В. С. Углерод, алмаз, графиты и угли и методология их исследования. Изд. НКТП, 1936, 176 (литература); Шапиро И. А. Неметаллические ископаемые СССР, 1941, 5, 152; Титов А. Г., Веселовский В. С. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 224; Графит. Требования промышленности к качеству минерального сырья (Справочник). Госгеолнадат, 1946, № 3, 1; Howe J. P. J. Am. Ceram. Soc., 1952, 35, No 11, 275, и др.
2. Брегер А. X., Жданов Г. С. ДАН СССР, 1940, 28, № 7, 630 (природа связи); Lipson H., Stokes A. R. Proc. Roy. Soc. London 1942, 181A, 101 (структура); Gibson J. Nature, 1946, 158, 752 (структура); Белов Н. В. Структура простых кристаллов, и металлических фаз. Изд. АН СССР, 1947, 66; Nelson J. V., Riley D. P. Nature, 1947, 159, No 4045, 63 (размеры ячейки); Hoerni J. A., Weigle J. Nature, 1949, 164, No 4182, 1088 (структура); Bacon G. E. Acta Cryst., 1950, 3, 137 и 1951, 4, 558 (межплоскостные расстояния); Lukesh J. S., Pauling L. Am. Min., 1950, 35, No 1—2, 125; Ruston W. R. Fuel, 1953, 32, 52 по Chem. Abstr., 47, 2591i (то же); Lukesh J. S. Phys. Rev., 1950, 80, No 2, 226; он же. J. Chem. Phys., 1951, 19, 1203 (структура).
3. Palache C. Am. Min., 1944, 26, No 12, 709.
4. Веселовский В. С., Васильев К. В. Журн. физ. хим., 1934, 8, 982.
5. Wada T. J. Electrochem. Assoc. Japan, 1940, 8, 200 по Chem. Abstr., 36, 4745; Dutta A. K. Phys. Rev., 1953, 90, 187. См. также Шапиро<sup>1</sup>, Веселовский<sup>1</sup> и др.
6. Krishnan K. S., Ganguli N. Zs. Krist., 1939, 100, Nr 6, 530.
7. Пилипенко И. П. Орешкин И. И. Сб. «В. И. Вернадскому», 1936, 2, 723.
8. Конобеевский С. Т. Zs. Krist., 1929, 72, 881.
9. Bassett J. Chem. et Industr., 1941, 46, No 3b, 7 по N. Jb. Min., 1940, 1, 187 и Chem. Abstr., 36, 6071; Prosen E. J., Jessup R. S. Rossini F. D. J. Res. Nat. Bur. Stand., 1944, 33, 447 (тепл. сгорания); Wagman D. D., Kilpatrick J. E. и др. J. Res. Nat. Bur. Stand., 1945, 34, 143 (то же); Trombe F., Fёех M. C. R., Paris, 1946, 222, 442 (сгорание); Nelson J. V., Riley D. P. Proc. Phys. Soc., 1945, 57, p. 6, No 324, 477 (расширение при нагревании).
10. Green L. J. Appl. Mechanics, 1953, 20, 289 по Chem. Abstr., 47 10201 b (пластичность при нагревании).
11. Кокшаров Н. И. Материалы к минералогии России, 1892, 4, 497; Вернадский В. И., Шклярский О. А. Бюл. Моск. о-ва испыт. прир., 1900, 14, №3, 367; Костылева Е. Е., Лабунцов А. Н. Материалы КЕПС АН СССР, 1925, № 55, 93; Калинин П. В. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1948, 23, 274; Соловченко В. П., Соболев В. С. и др. Бото-



- гольское м-ние графита. Матер. по геол. и пол. ископ. Окнянского аймака БМ АССР, 1947, вып. 1; Соболев В. С., Флоренсов Н. А. Советская геология, 1948, № 32, 29; Солоненко В. П. Тр. Иркутск. ун-та, 1950, 5, вып. 1, 43.
12. Никольский А. П. Матер. ВСЕГЕИ, Полезные ископаемые, 1948, 4, 71.
  13. Абдуллаев Х. М. ДАН СССР, 1949, 65, № 2, 245.
  14. Сердюченко Д. П. Изв. Донск. политехн. ин-та, 1930, 14, 17; он же. Старо-Крымский графитоносный район. Изд. ВИМС, 1935; Семеновко Н. П. Изв. АН СССР, 1937, № 6, 1105.
  15. Maucher A. Chem. d. Erde, 1936, 10, Nr 4, 539.
  16. Богданович В. В. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1944, 2, 137.
  17. Заварицкий А. Н., Кваша Л. Г. Метеориты. Изд. АН СССР, 1952, 13.
  18. Иностранцев А. А. Горн. журн., 1879, 2, 314; Тимофеев В. М. Тр. Ленингр. о-ва ест., 1924, 53, 4; Крыжановский В. И. Минеральное сырье, 1931, № 10—11, 955; Шубникова О. М. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 244.
  19. Болдырев А. К., Ковалев Г. А. Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1937, 10, вып. 2, 3 (рентгеновское изучение).
  20. Магшо V. Geol. Föhr., 1953, 75, N. 1, 89 (хим. сост., оптика, природа).
  21. Lokka L. Bull. Com. Géol. Finl., 1943, No 129, 58; Рапката K. Bull. Geol. Soc. Am., 1948, 59, No 5, 389.
  22. Беляков М. Ф. ДАН СССР, 1947, 58, № 5, 863.
  23. Александров А. И. Зап. Всес. мин. о-ва, 1956, 85, № 3, 448.
  24. Фадеев М. И. Огнеупоры, 1951, 16, 448.
  25. Рембашевский А. Г. Исследование шунгита. Автореферат диссертации. Ленингр. технол. ин-т, 1958.

**Клифтонит (cliftonite).** (Флетчер, 1887)<sup>1</sup>. Небольшие кристаллики кубического облика, состоящие из углерода, наблюдавшиеся в ряде метеоритов, были приняты за особую разновидность углерода, образующую псевдоморфозы по алмазу, однако, по последним данным, исходный минерал не мог быть алмазом, так как в псевдоморфозах ось с графита || осям [001] минерала<sup>2</sup>, а при переходе алмаза в графит обычно ось с последнего ориентируются || осям симметрии 3-го порядка алмаза<sup>3</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. Fletcher L. Min. Mag., 1887, 7, 121 и 1899, 12, 171.
2. Hey M. H. Там же, 1938, 25, 81.
3. Grenville-Wells C. J. Там же, 1952, 29, 803.

### СТРУКТУРА ТИПА СЕРОГО СЕЛЕНА

#### ГРУППА СЕЛЕНА

		Сингония	$a_h$	$c_h$	Уд. в.
Селен	Se	Триг.	4,35	4,96	4,84
Селенотеллур	(Te, Se)	Триг.	—	—	—
Теллур	Te	Триг.	4,45	5,92	6,22

#### Селен Selenium

##### Se

Название происходит от греч.  $\sigma\epsilon\lambda\eta\eta$  (селенэ) — луна — по сходству свойств со свойствами теллура, названного от латин. tellus — земля. Впервые описан Дель-Рио в 1828 г.

Риодит (Брук, 1836) — смесь самородного селена с сульфидами и селенидами Hg, Cd и Fe (Хинце, 1, 1, 97).

**Характ. выдел.** Округлые выделения, войлокоподобные агрегаты. Кристаллы очень редки.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с. (для искусственного известны 3 модификации).  $D_3^4-P3_121$  или  $D_3^6-P3_221$ ;  $a_h = 4,349$ ;  $c_h = 4,960 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 1,14$ ;  $Z = 3$  (Брэдли)<sup>1</sup>.

Входящие в элементарную ячейку 3 атома Se составляют один завиток бесконечной спирали из атомов Se, тянущейся по направлению оси *c*. Вся структура представляет параллельную укладку таких спиралей. Расстояние между атомами одной и той же спирали значительно меньше ( $2,32 \frac{1}{2} \text{ \AA}$ ) расстояний от атомов соседних цепочек ( $3,46 \text{ \AA}$ ). Таким образом каждый атом Se характеризуется двойной координацией (имеет двух ближайших соседей) в согласии с правилом Юма-Розери, по которому число соседей у элементов главных подгрупп менделеевской системы должно быть дополнено до номера группы (в данном случае VI). Монокристаллы селена могут быть левыми и правыми, в зависимости от того, по какой системе — лево- или правовращающей — укладываются атомы в спиральных.

Тригон.-трапецедр. кл.;  $a : c = 1 : 1,1341$  (Пэлэч)<sup>2</sup>.

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>m</i> $10\bar{1}0$	60°00'	90°00'	<i>e</i> $0\bar{1}12$	0°00'	33°13'
<i>a</i> $11\bar{2}0$	30 00	90 00	<i>f</i> $11\bar{2}3$	30 00	37 05
<i>n</i> $21\bar{3}0$	49 06	90 00	<i>r</i> $10\bar{1}1$	60 00	52 38

$$rm (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) = 37^\circ 22' \quad rr (10\bar{1}1) : (\bar{1}101) = 86^\circ 59'$$

Обычны только *m* и *r*, остальные формы исключительно редки. Кристаллы удлинены вдоль оси *c* (фиг. 67), часто полые внутри, образуют параллельные сростки.

**Физ.** Сп. по  $(01\bar{1}2)$  хорошая. Гибок. Тв. 2. Уд. в. 4,80 (вычисл. 4,84). Цв. серый. Черта красная. Бл. металлический. В тонких осколках просвечивает красным цветом.



Фиг. 67. Кристаллы самородного селена (Юнайтед Верде)

По Пэлэчу

Проводник электричества; электропроводность зависит от силы освещения. Диамагнитен.

**Микр.** Одноосный (+).  $n_e = 4,04$ ;  $n_o = 3,00$ ;  $n_e - n_o = 1,04$ <sup>3</sup>.

В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 62,5, для оранжевых — 63, для красных — 55; по Фолинсби, измеренная при помощи фотоэлемента — 56,5. Двуотражение отчетливое (*Ro* кремово-белый, *Re* темнее). Очень сильно анизотропен.

**Хим.** Очень чистый. Иногда содержит следы S.

**Диагн. исп.** П. п. тр. улетучивается с выделением коричневатого дыма с запахом гнилой редьки и дает налет серебристого  $\text{SeO}_2$ , который окрашивает восст. пл. в лазурно-синий цвет.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл.  $217,4^\circ$ .

**Нахожд.** В природных условиях встречается преимущественно как продукт выветривания селенидов. Такое происхождение имеет, например, самородный селен в месторождении Пакахаке (Боливия)<sup>4,5</sup>, образующий пучки кристаллов и отдельные кристаллы. В некоторых урано-ванадиевых рудах США (шт. Южн. Дакота, Колорадо, Юта) самородный селен обнаружен в виде мелких (до 2 мм) игольчатых кристаллов, войлокоподобных агрегатов в трещинах и в виде рассеянных выделений среди песчаников, частью в ассоциации с цинштейтом, метатюамунитом, метаросситом, монтрозеитом, корвуситом<sup>6</sup>.

В р-ке Юнайтед Верде (шт. Аризона, США) найден в виде корки игольчатых кристаллов длиной до 2 см на кварците; образовался в результате подземного пожара. В Кладно (Чехословакия) — на горевших угленосных отвалах, богатых пиритом.

**Практ. знач.** Не имеет практического значения, так как обычно не образует достаточных скоплений.

**Отл.** От сходных минералов (в частности, от тенорита) отличается по качественным испытаниям.

Межплоскостные расстояния селена (по XRDC \*)

№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$
1	10 $\bar{1}$	10	2,975	13	11 $\bar{2}$ 3	8	1,317
2	11 $\bar{2}$ 0	6	2,167	14	0004	5 $\beta$	(1,242)
3	11 $\bar{1}$ 2	10	2,06	15	30 $\bar{3}$ 1?	6	1,205
4	11 $\bar{2}$ 1	8	1,986	66	10 $\bar{1}$ 4	8	1,178
5	20 $\bar{2}$ 0	4	1,886	17	30 $\bar{3}$ 2	6	1,124
6	0 $\bar{2}$ 21	10	1,755	18	22 $\bar{4}$ 0	8	1,08
7	0003	8	1,642	19	31 $\bar{4}$ 0	6	1,037
8	11 $\bar{2}$ 2	8	1,634	20		6	1,029
9	10 $\bar{1}$ 3?	7 $\beta$	(1,51)	21		6	0,96
10	20 $\bar{2}$ 2	7	1,499	22		6	0,946
11	21 $\bar{3}$ 0	8	1,424	23		6	0,903
12	21 $\bar{3}$ 1	6 $\beta$	(1,37)	24		6	0,878

\* 1944, 11-1421.

## Л и т е р а т у р а

1. Bradley W. Phil. Mag., 1924, 48, 477.
2. Palache Ch. Am. Min., 1934, 19, No 5, 203.
3. Straumanis M. Zs. Krist., 1940, 102, 432.
4. Block H., Ahlfeld F. Zs. prakt. Geol., 1937, 45, 9.
5. Hillebrand W. F., Mervin H. E., Wright F. E. Zs. Krist., 1915, 54, 211; Klug H. Zs. Krist., 1934, 88, 128.
6. Thompson M. E., Roach C., Braddock W. Am. Min., 1956, 41, No 1-2, 156.

## Селенотеллур Selen-tellurium

(Te, Se)

Назван по составу (Дана и Уэлс, 1890) <sup>1</sup>.

Синон. Гондурасит (Гагарин и Куомо, 1949).

Триг. с. Сп. по гексагон. призме. Плотный. Хрупок. Тв. 2—2½. Цв. черновато-серый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен. Легкоплавок.

Представляет изоморфные смеси Se и Te, легко смешивающихся в любых пропорциях.

Селенотеллур из Эль-Пломо (анал. Уэлс) содержит Te — 70,69%, Se — 29,31%.

Встречен в кварцево-баритовых жилах серебряного р-ка Эль-Пломо (Гондурас).

## Л и т е р а т у р а

1. Dana E., Wells H. Am. J. Sci., 1890, 40, 78; Kimata Y. Kyoto Univ. Mem. Coll. Sci., 1915, 1, 119.

## Теллур Tellurium

Te

Название происходит от латин. tellus — земля. Впервые описан в 1782 г. Райхенштайном.

**Синон.** Сильванит (Кирван, 1796); самородный сизьван (Вернер, 1817); лионит (Бердел, по Генту, 1874).

**Характ. выдел.** Плотные мелкозернистые и столбчатые выделения, реже — кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_3^4 - P3_121$  или  $D_3^6 - P3_221$ ;  $a_h = 4,454$ ;  $c_h = 5,922 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 1,33$ ;  $Z = 3$  (Брэдли)<sup>1</sup>.

Кристаллохимически аналогичен селену. Внутри спирали (левой или правой, соответственно энантиоморфизму) расстояние Te — Te = 2,26 \text{ \AA}, расстояние между атомами Te соседних параллельно расположенных спиралей 3,74 \text{ \AA}.

Тригон.-трапецоэдр. кл.;  $a : c = 1,3298$  (Розе).

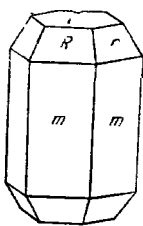
Обычные формы<sup>2</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c \ 0001$	—	$0^\circ 00'$	$R \ 10\bar{1}1$	$60^\circ 00'$	$56^\circ 55'$
$m \ 10\bar{1}0$	$60^\circ 00'$	$90 \ 00$	$r \ 01\bar{1}1$	$0 \ 00$	$56 \ 55$
$Rm \ (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) = 33^\circ 04'$			$rm \ (01\bar{1}1) : (01\bar{1}0) = 33^\circ 04'$		
$RR \ (10\bar{1}1) : (\bar{1}101) = 93 \ 03'$			$rR \ (01\bar{1}1) : (101\bar{1}) = 49 \ 32'$		

Менее обычные формы<sup>1</sup>:

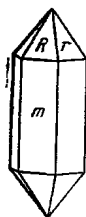
$a' \ (11\bar{2}0)$ ,  $'a \ (\bar{1}2\bar{1}0)$ ,  $e \ (0\bar{1}12)$ ,  $\xi' \ (1\bar{1}22)$ ,  $'\xi \ (\bar{1}2\bar{1}2)$ ,  $s' \ (11\bar{2}1)$ ,  $'s \ (\bar{1}2\bar{1}1)$

Кристаллы призматические или игольчатые по оси  $c$  (фиг. 68—70) иногда уплощенные по одной из призм  $(10\bar{1}0)$  (фиг. 71), в некоторых случаях с округлыми ребрами и неправильным развитием граней (фиг. 72).



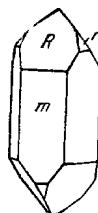
Фиг. 68. Кристалл самородного теллура (Златна)

По Розе



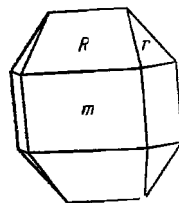
Фиг. 69. Кристалл самородного теллура (Кавадзу)

По Ватанабе



Фиг. 70. Кристалл самородного теллура (Кавадзу)

По Ватанабе



Фиг. 71. Кристалл самородного теллура (Кавадзу)

По Ватанабе



Фиг. 72. Кристалл самородного теллура (Тэйи)

По Ватанабе

**Физ. Сп.** по  $(10\bar{1}0)$  совершенная, по  $(0001)$  несовершенная. Хрупок. Тв. 2—2½. Уд. в. 6,1—6,3 (вычисл. 6,225). Цв. оловянно-белый. Черта серая. Бл. металлический. Непрозрачен. В тонких осколках просвечивает красным цветом.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый. Сильная отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 63,5, для оранжевых—63, для красных—55. Двуотражение слабое. Сильно анизотропен.

Хим. Иногда содержит незначительные примеси Au, Ag, Fe, Se; часть примесей входит в состав механических включений.

Анализы:

	Cu	Au	Fe	Se	Te	SiO <sub>2</sub>	Сумма	Уд.в.
1.	0,06	0,15	0,53	Сл.	97,92	1,56	100,22	6,084
2.	—	0,25	7,20	—	92,55	—	100,00	—
3.	—	2,78	—	—	97,22	—	100,0	—

1—3—Златна: 1—анал. Лочка (1892); 2—анал. Клапрот (1802), 3—анал. Пец (1842).

Диагн. исп. Растворяется в горячей H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, окрашивая раствор в малиновый цвет; при разбавлении водой красная окраска исчезает, выпадает осадок серо-черного Te.

В полпр. шл. от HNO<sub>3</sub> вскипает, образуется черное пятно; от FeCl<sub>3</sub>—радужная побежалость.

П. п. тр. очень легко плавится, почти нацело стораает, окрашивая пламя в зеленноватый цвет. На угле дает белый налет TeO<sub>2</sub>, в откр. тр.—возгон TeO<sub>2</sub>, стущающийся в прозрачные капли.

Находж. Встречается в некоторых гидротермальных месторождениях в ассоциации с теллуридами Au и Ag, пиритом, галенитом, самородным золотом, кварцем, халцедоном, баритом, родохрозитом. Частью возникает на ранней стадии выветривания теллуридов и др. Наибольшей известностью пользуются кристаллы из Златны (Румыния), Калгурли (Зап. Австралия), р-ков Кавадзу и Тэйи (Япония). В СССР известен в микроскопических выделениях в р-не Изумрудных копей Свердловской обл.<sup>3</sup>, в месторождении Тырны-Ауз Кабардино-Балкарской АССР, в Заводинском месторождении на Рудном Алтае (Каз. ССР)<sup>4</sup>, в США — в ряде месторождений шт. Колорадо, в Канаде — в Садбери.

Отл. Может быть принят за самородный мышьяк, от которого в полпр. шл. в отраж. св. отличается более светлой окраской и отсутствием двойников.

Межплоскостные расстояния теллура из шт. Колорадо  
(по Харкорту) Cu-антикатаг., Ni-фильтр

№	hkl	I	I'	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_x}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 0	5	1,0	3,850	13	10 $\bar{1}$ 4	5	1,0	1,375
2	10 $\bar{1}$ 1	10	9,0	3,220	14	30 $\bar{2}$ 0	3	0,5	1,300
3	01 $\bar{2}$ 1	8	4,0	2,330	15		2	0,3	1,252
4	11 $\bar{2}$ 0	7	3,0	2,220	16		2	0,3	1,230
5	11 $\bar{2}$ 1	5	1,0	2,070	17		7	3,0	1,170
6	20 $\bar{2}$ 0;0003	5	1,0	1,965	18		2	0,3	1,125
7	10 $\bar{1}$ 3	6	2,0	1,820	19		2	0,3	1,048
8	11 $\bar{2}$ 2	3	0,5	1,770	20		1	0,2	1,037
9	20 $\bar{2}$ 2	6	2,0	1,610	21		1	0,2	1,005
10	2130;0004	5	1,0	1,470	22		1	0,2	0,898
11	2131	5	0,5	1,445	23		1	0,2	0,864
12	20 $\bar{2}$ 3	5	1,0	1,410					

Л и т е р а т у р а

1. Bradley W. Phil. Mag., 1924, 48, 477.
2. Watanabe T. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. 4, Geol., 1936, 3, No 2, 101.
3. Казакова М. Е. ДАН СССР, нов. сер., 1946, 54, № 7, 627.
4. Вейц Б. И., Покровская И. В. Изв. АН Каз. ССР, сер. геол., 1955, вып. 21, 64.

## СТРУКТУРА ТИПА МЫШЬЯКА

## ГРУППА МЫШЬЯКА

		$a_{rh}$	$\alpha$	$a_h$	$c_h$	$c_h/a_h$	Уд. в.
Мышьяк	As	4,150	54°07'	3,78	10,59	2,80	5,81
Алломонтит	AsSb	4,287	55 53	4,02	10,81	2,69	6,31
Сурьма	Sb	4,507	57 06	4,31	11,29	2,62	6,73
Висмут	Bi	4,746	57 16	4,56	11,87	2,60	9,85

Все минералы гр. мышьяка кристаллизуются в тригон. с., дитригон-скаленоэдр. кл.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ .

Простейшая элементарная ячейка имеет вид острого ромбоэдра и содержит два атома. Оба атома кристаллографически идентичны, будучи связаны центром симметрии (в мышьяке, сурьме, висмуте). Если они химически различны (в алломонтите), то связующий их центр симметрии исчезает и симметрия снижается.

Исходя из хорошо известной структуры галита (периклаза, галенита), можно дать следующую более полную характеристику структуры элементов данной группы. Если структуру NaCl рассматривать вдоль диагонали куба, то можно видеть чередование слоев из катионов (Na) и анионов (Cl). Каждый ион имеет сверху и снизу по три (а всего — шесть) соседних ионов противоположного знака. В структуре As (и его аналогов) оба вида положений заняты атомами As. Слои (вдоль диагонали куба — оси симметрии 3-го порядка) разбиваются на пары: два слоя одной пары тесно связаны друг с другом и сильно отходят от такой же пары сверху и снизу. Вместо шести соседей у каждого атома As сохраняется лишь три (во втором слое пары). Это соответствует известному правилу (Юма-Розери) об обязательности для элементов главной подгруппы менделеевской системы иметь число соседей  $8 - K$ , где  $K$  — номер группы, в данном случае V. Расстояние As до трех ближайших соседей 2,51 Å, тогда как расстояние до трех других As равно 3,15 Å (соответственно расстояния Sb — Sb 2,87 и 3,37, Bi — Bi 3,10 и 3,47). Существование слоев-сеток с атомами As на двух высотах обуславливает совершенную спайность по (0001) у As и его аналогов. Указанные внутренние особенности отражаются и на внешнем облике кристаллов. Сохраняется лишь одна ось симметрии 3-го порядка — диагональ куба, вдоль которой произошло образование слоев. Симметрия ромбоэдрическая, вместо  $O_h (Fm\bar{3}m) - D_{3d}^5 (R\bar{3}m)$  — симметрия кальцита, угол у элементарного куба становится острым ( $\alpha = 84^\circ 18'$  при  $a_{rh} = 5,599$  Å). В элементарном кубе NaCl 4 атома (иона) Na и 4 — Cl, чему в ячейке мышьяка отвечает 8 As. Вместо ромбоэдрической (почти кубической) ячейки можно принять (как в кальците) еще меньшую ромбоэдрическую ячейку всего с двумя атомами As и  $a_{rh} = 4,150$  Å,  $\alpha = 54^\circ 07'$ . Для кристаллографических расчетов наиболее пригодны гексагональные ячейки, содержащие 6 атомов As (или Sb, Bi). Увеличение ребра элементарной ячейки и угла  $\alpha$  у минералов гр. мышьяка сопровождается некоторым уменьшением твердости, увеличением уд. веса и уменьшением отношения осей (выше приведены данные для искусственных веществ).

Минералы гр. мышьяка в кристаллах встречаются редко; для них характерны зернистые, листоватые, реже — натечные выделения. Отличительными признаками являются оловянно- или серебряно-белый цвет и металлический блеск в свежем изломе и быстрое потемнение на воздухе или появление желтой (до красноватой) побелости.

Несмотря на близость кристаллографических и физических свойств, минералы гр. мышьяка не встречаются совместно.

As и Sb образуют при высоких температурах твердые растворы во всех пропорциях, при низких температурах — устойчивое соединение AsSb (аллемонит); при охлаждении эти твердые растворы претерпевают распад с образованием смеси (аллемонита и Sb или аллемонита и As, в зависимости от исходного состава твердого раствора). As и Bi даже в жидком состоянии почти не смешиваются, Sb и Bi образуют непрерывный ряд твердых растворов.

### Мышьяк Arsenic

As

Русское название связано с применением в древней Руси в качестве яда (мышь+ядь)<sup>1</sup>, иностранное — от греч. *ἀρσενικός* (арсеникос) — мужественный — термин, применявшийся к аурипигменту как сильно действующему средству.

**Синон.** Шербенкобальт (Scherbenkobalt). Арсеноламприт (Хинце, 1886), считавшийся метастабильной разновидностью мышьяка, представляет смесь самородного мышьяка с арсенидом (Падера и Фишер)<sup>2</sup>. Мышьяковый блеск (Брайтхаупт, 1823), висмутый мышьяковый блеск и гипотифит (Брайтхаупт, 1847), по-видимому, смеси самородного мышьяка с висмутом.

**Характ. выдел.** В виде плотных натечных агрегатов с концентрически-скорлуповатым сложением, реже образует зернистые шаровидные стяжения и землштые агрегаты. Редко в кристаллах. Вес сплошных выделений — до нескольких килограммов.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 4,150 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 54^\circ 07'$ ;  $Z = 2$ ;  $a_h = 3,776$ ;  $c_h = 10,595 \text{ \AA} = a_h : c_h = 1 : 2,806$ ;  $Z = 6$  (Брэдди<sup>3</sup> для самородного мышьяка из Брокен-Хилла).

Описание структуры см. выше. Расстояние As — As 2,51 и 3,15  $\text{\AA}$ .

Дитриг.-скаленовдр. кл.;  $a : c = 1,4013$  (Цефарович, 1859).

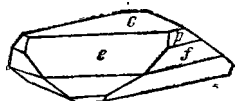
Формы<sup>4</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 0001	—	0°00'	$z$ 01 $\bar{1}4$	0°00'	22°01'
$e$ 1012	60°00'	38 58	$p$ 01 $\bar{1}1$	0 00	58 17
$h$ 30 $\bar{3}2$	60 00	67,36	$f$ 04 $\bar{4}1$	0 00	81 13
$zz$ (01 $\bar{1}4$ ) : (1 $\bar{1}04$ ) = 37°54'			$hh$ (30 $\bar{3}2$ ) : (3302) = 106°23'		
$pp$ (01 $\bar{1}1$ ) : (1 $\bar{1}01$ ) = 94 54			$ff$ (04 $\bar{4}1$ ) : (40 $\bar{1}$ ) = 117 43	$ze$ (01 $\bar{1}4$ ) : (10 $\bar{1}2$ ) = 32°30'	
$ee$ (10 $\bar{1}2$ ) : (1 $\bar{1}02$ ) = 66 01			$pe$ (01 $\bar{1}1$ ) : (10 $\bar{1}2$ ) = 47 27	$ph$ (01 $\bar{1}1$ ) : (30 $\bar{3}2$ ) = 52 30	

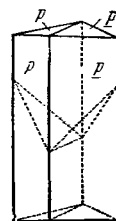
Рентгеновская установка минералов группы мышьяка, принятая Дана (1944), отличается от морфологической установки Розе—Цефаровича—Дана (1892)—Хинце—Гольдшмидта и др. в 2 раза большим значением  $c$ . Формула перехода от рентгеновской к морфологической установке  $1000/0100/0010/000^{1/2}$ , от морфологической к рентгеновской  $1000/0100/0010/0002$ .

Облик кристаллов ромбоэдрический (фиг. 73) или псевдокубический, часто игольчатый. Довольно редки дв. сростания по (10 $\bar{1}2$ ) (фиг. 74), иногда дв. прорастания.

**Физ.** Сп. по (0001) совершенная, по (10 $\bar{1}2$ ) хорошая. Изл. зернистый, у плотных разновидностей скорлуповатый или раковистый. Очень хрупок. Тв. 3½. Уд. в. 5,63—5,78 (вычисл. 5,81). Цв. и черта оловянно-белые, быстро темнеют — до коричневого и серовато-черного. Бл. в свежем изломе металлический, на несвежем — матовый. Непрозрачен. Диамагнитен.



Фиг. 73.  
Кристалл  
самородного мышьяка  
(Стерлинг-Хилл)  
По Пелечу



Фиг. 74.  
Двойник  
самородного  
мышьяка  
(Яхимов)  
По Цефаровичу

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый, быстро покрывается темным налетом. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей — 61,5, для оранжевых 50,5, красных — 50,0. Двуетражение слабое. Сильно анизотропен со

слабым цветным эффектом. Обнаруживает зернистое строение, отчетливую спайность, при скрепленных николях — характерное тонкое полисинтетическое двойникование. Дает ориентированные сростания с самородной сурьмой. В натечных агрегатах между отдельными слоями наблюдаются тонкие выделения дискразита.

**Хим.** Редко химически чист, обычно содержит примеси Sb (1,5—9,2%), Fe (до 2%), Ni (до 4,64%), следы Ag, Au, S, редко Bi, Ba.

Анализы:

	1	2	3
S	0,16	—	0,67
As	98,14	90,91	90,97
Sb	1,65	1,56	1,70
Bi	—	—	0,40
Fe	—	2,07	3,52
Ni	—	4,64	—
CO <sub>2</sub>	—	—	2,18
H.о.	0,15	0,55	0,49

Сумма 100,10 99,73 99,93

1 — Канада<sup>5</sup>; 2 — Яхимов<sup>6</sup>;

3 — Каринтия<sup>7</sup>.

**Диagn. исп.** В полпр. пл. от HNO<sub>3</sub> вскипает и темнеет, от царской водки вскипает, от FeCl<sub>3</sub> быстро чернеет; травится H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>, KMnO<sub>4</sub>. Реактивы для структурного травления: KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (в течение 2 мин.); K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> (в течение 10—20 сек.).

**П. п. тр.** возгоняется, не плавясь, издавая характерный чесночный запах. На угле дает белый налет As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В откр. тр. образуется возгон кристалликов As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в закр. тр. — мышьяковое зеркало. На гипсовой пластинке со смесью KJ + S дает оранжево-желтый налет AsJ<sub>3</sub>. При ударе издает резкий чесночный запах.

**Повед. при нагр.** Возгоняется при 604°С, в жидкое состояние переходит лишь при повышенном внешнем давлении — т-ра плавл. (при 36 атм) 817°С.

**Находч.** Редкий. Встречается главным образом в гидротермальных месторождениях как в первичных рудах, так и в рудах зоны окисления и зоны цементации. Известно также нахождение самородного мышьяка в россыпях и в соляных куполах. Крупные выделения редки.

Гипогенный мышьяк, по-видимому, образуется в связи с последними проявлениями гидротермальной деятельности в восстановительной среде, возможно, частью из коллоидных растворов. В некоторых месторождениях образование самородного мышьяка связано с распадом геокронита. Отмечено замещение самородным мышьяком самородного висмута.

В гидротермальных серебряных, свинцово-цинковых, кобальтовых и никелевых месторождениях самородный мышьяк встречается главным образом в верхних горизонтах. Наблюдается в трещинах и пустотах, иногда слагает прожилки. Сопровождается пруститом, шпираргиритом, аргентитом, дискразитом, сафлоритом, смальтином, никелином, лаутитом, блеклыми рудами, сфалеритом, реже реальгаром, аурипигментом и другими минералами. Наблюдался<sup>8</sup> в Садонском свинцово-цинковом месторождении Северо-Осетинской АССР — в сульфидной руде в ассоциации с кальцитом и светло-бурым сфалеритом<sup>9</sup>, в Турьинских медных рудниках Свердловской обл. — в ассоциации со смальтином, герсдорфитом, мышьяковыми соединениями Со<sup>10</sup>; в Змеиногорском р-ке (Алтайский край). В никеле-серебряном месторождении Аюол (Красноярский край) самородный мышьяк встречается в плотных и порошковатых агрегатах в смеси с полуразложившимися сульфидами<sup>11</sup>; в виде крупных почкообразных скоплений с концентрически-скорлуповатым строением наблюдался на берегу р. Чикоя в Бурятской АССР.



Самородный мышьяк встречается в месторождениях р-на Фрейберга, в Аннаберге, Мариенберге, Шнееберге (ГДР), в Конгсберге (Норвегия), Бая Сирпе (б. Фельшбэбаня, Румыния), в Яхимове (Чехословакия), в Каринтии (Австрия), в Сен-Мари-о-Мин (Эльзас), в Стерлинг-Хилле (шт. Нью-Джерси, США), в Мексике и др. В россыпях самородный мышьяк встречен в районе ст. Джалинда Амурской обл. в виде крупных почеч (до  $6 \times 9$  см) со скорлуповато-концентрическим сложением; различные концентрические зоны в неодинаковой степени подверглись выветриванию.

В Уинфилде (шт. Луизиана, США) самородный мышьяк в виде сфероподальных агрегатов встречен в ангидритовой шляпе соляного купола.

**Изм.** При окислении переходит главным образом в арсенолит; на поверхности выделений самородного мышьяка образуется корка, представляющая смесь самородного мышьяка и арсенолита.

**Получение.** Может быть получен различными способами: возгонкой As в отсутствие воздуха, при восстановлении из солянокислого раствора  $As_2O_3^{12}$ , при нагревании арсенопирита, обработкой реалгара или аурипигмента КОН с последующим нагреванием с  $Na_2CO_3$  и другими способами.

**Отл.** От сходных по внешнему виду минералов отличается формой выделений, наличием черных корочек на несвежей поверхности, значительным уд. весом, сильным блеском в свежем изломе и по качественным испытаниям на As. В полпр. пл. быстро темнеет на воздухе, имеет сходство по ряду свойств (белый, анизотропный, мягкий) с самородной сурьмой, самородным висмутом, дискразитом, альгодонитом и др. Отличается от сходных минералов по отраж. спос. Самородная сурьма светлее, слабо анизотропна, на воздухе не тускнеет, от  $H_2O_2$  не изменяется. Самородный висмут значительно светлее и мягче. Альгодонит и другие арсениды меди имеют желтоватый оттенок. Дискразит не тускнеет на воздухе, отличается также более высоким относительным рельефом.

Межплоскостные расстояния мышьяка из Брокен-Хилла (Австралия) (По Харкорту)  
Cu-антикатоде, Ni-фильтр

№	hkl*	I	I'	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_a}{n}$
1	?	4	0,2	6,50	21		5	1,0	1,345
2	?	7	2,0	6,17	22		3	0,5	1,299
3	0003	7	2,0	3,45	23		8	3,0	1,283
4	1011	8	4,0	3,14	24	0009	8	4,0	1,195
5	?	3	0,5	2,81	25		7	2,0	1,112
6	1012	10	8,0	2,74	26		5	1,0	1,102
7	?	7	2,0	2,52	27	3030	7	2,0	1,083
8	?	3	0,5	2,25	28		5	1,0	1,068
9	0005?	3	0,5	2,12	29		5	1,0	1,061
10	1014	9	5,0	2,04	30		7	2,0	0,993
11	?	5	1,0	1,95	31		3	0,5	0,964
12	1120	10	6,0	1,867	32		5	1,0	0,952
13	1121	3	0,5	1,837	33		5	1,0	0,938
14	1122	8	3,0	1,76	34		5	1,0	0,921
15	1123	8	3,0	1,65	35		3	0,5	0,897
16	?	3	0,5	1,59	36		3	0,5	0,889
17	1124	10	5,0	1,53	37		2	0,2	0,862
18	?	5	1,0	1,433	38		5	1,0	0,853
19	0224	7	2,0	1,380	39		5	1,0	0,827
20	1017	5	1,0	1,363					

\* При вышеуказанных размерах ячейки по Бредли порошковая диаграмма не индексируется. Возможно, что образец является смесью.

## Л и т е р а т у р а

1. Фигуровский Н. А. Сб. «Материалы по истории отечественной химии». Изд. АН СССР, 1950, 251.
2. Падера К., Фишер Э. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1956, № 10, 160.
3. Bradley W. Phil. Mag., 1924, 47 (по Strber., 1931, 1, 57).
4. Zernagovich V. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 1875, 74, 272; Palache C. Am. Min., 1941, 26, No 12, 716.
5. Evans N. N. Am. J. Sci., 1903, 15, 92.
6. Janovsky J. Ber. Akad. Wiss., Wien, 1875, 74(1), 276.
7. Matz K. Carintia, 1948, 137—138, 10 (no Chem. Abstr., 1949, 43, 6115).
8. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 202.
9. Таддыкин С. П. Зап. Мин. о-ва, 1939, 68, № 3, 465.
10. Игумнов А. Н. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 122.
11. Барсанов Г. П., Погоня Ю. Ф. Изв. АН СССР, 1947, сер. геол. №2, 106.
12. Geiling S., Richter H. Acta Cryst., 1949, 2, pt. 5, 305.

Аллемонит *Allemontite*

## AsSb

Назван по м-нию Аллемон во Франции (Хайдингер, 1845).

Синон. Мышьяковистая сурьма (Аюи, 1822); сурьмянистый мышьяк.

Представляет обычно тонкую смесь двух фаз: фазы AsSb с фазой As или Sb. Для гомогенной фазы состава AsSb предложено название стибарсен или аллемонит II (Вретблад<sup>1</sup>) вретбладит (по Гагарину и Куомо, 1949)<sup>2</sup>; для тонких смесей стибарсена и самородной сурьмы — аллемонит I, тонких смесей стибарсена и самородного мышьяка — аллемонит III.

**Характ. выдел.** Тонковолокнистые или зернистые почковидные выделения.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m^3$ . Размеры ячейки промежуточные между размерами ячеек As и Sb. У аллемонита из Варутреска:  $a_{rh} = 4,287 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 55^\circ 53'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 4,019$ ;  $c_h = 10,812 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 2,690$ ;  $Z = 3$  (Альборг и Вестгрен)<sup>3</sup>.

Дитриг.-скаленоэдр. кл. Образует неясно ветвящиеся кристаллы, волокна, изогнутые пластинки, мелкие зерна.

**Физ.** Сп. совершенная в одном направлении. Тв. 3—4. Уд. в. 6,33 (вычисл. 6,31). Цв. оловянно-белый, красновато-серый; побежалость серая или буровато-черная. Черта серая. Бл. металлический, иногда матовый.

**Микр.** Характерно графическое срастание двух фаз — результат распада первоначально однородных твердых растворов. Стибарсен по отражательной способности занимает промежуточное положение между самородными мышьяком и сурьмой.

**Хим.** Теор. состав для AsSb: As — 38,09; Sb — 61,91.

Анализы:

	S	As <sup>4</sup>	Sb	Bi	Au	Fe	Н. о	Сумма	Уд. в.
1.	0,20	35,0	61,5	0,02	—	0,85	2,20	99,77	—
2.	0,12	25,4	73,9	0,24	—	0,07	—	99,73	6,38
3.	0,25	70,08	28,68	—	0,05	—	—	99,06	6,05

1 и 2 — Варутреск: 1 — стибарсен(аллемонит II); анал. Сведберг<sup>4</sup>; 2 — аллемонит I; анал. Берггрэн<sup>5</sup>; 3 — аллемонит III; Брит. Колумбия: анал. Уокер<sup>5</sup>.

**Диагн. исп.** П. п. тр. легко плавится, на угле дает налет As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и сплавляется в металлический королек, который сгорает, оставляя белый налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; в закр. тр. дает возгон As и королек Sb.

**Наход.** Редкий, гидротермальный. Встречается в кварцевых или кальцитовых жилах с самородными мышьяком и сурьмой, сфалеритом, галенитом, сидеритом, антимонитом, арсенолитом, кермезитом и др. Месторождения: Аллемон (Франция), Пршибрам (Чехословакия), Стэнжжа (Румыния), Андреасберг на Гарце (ФРГ), Марпенберг в Саксонии (ГДР), Вальтеллина (Италия), Офир (шт. Калифорния, США), Сальпо (Перу). В литевых пегматитах Варутреска (Швеция) с клевеландитом, турмалином, лепидолитом и кварцем.

**Изм.** При выветривании дает окислы Sb и As.

**Искусств.** Получается сплавлением As и Sb в электрической печи<sup>1,6</sup>.

**Отл.** От самородных мышьяка и сурьмы отличается химически. Различия между аллемонтитом I и аллемонтитом III<sup>1</sup>:

А л л е м о н т и т I		А л л е м о н т и т III		
	Фаза AsSb	Фаза Sb	Фаза AsSb	Фаза As
FeCl <sub>3</sub>	Сильная реакция, пестрая окраска	Почти не изменяется	Сильная реакция, пестрая окраска	Не изменяется
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Незначительное изменение	Буровато-серая окраска	Окраска от светлой желто-бурой до темной серовато-бурой	Не изменяется
HJ	Несильная реакция, валеты	Сильно травится	Буреет и чернеет	Не изменяется
NaClO	Не действует или вызывает незначительное изменение		Травится незначительно	Сильно травится

#### Л и т е р а т у р а

1. Wretblad P. E. Geol. Förl. Förh., 1941, 63, 19.
2. Gagarin G., Суомо J. R. Comun. Inst. Nacion. Invest. Cienc. Natural. Mus. Argentino Cienc. Nat. «Bernardino-Rivadavia, Cien.», Geol., 1949, 1, n° 5, 7.
3. Ahlborg K., Westgren A. Geol. Förl. Förh., 1937, 59, 140.
4. Quensel P. D. Geol. Förl. Förh., 1937, 59, 135.
5. Walker T. L. Am. Min., 1921, 6, No 6, 98.
6. Trzebiatowski W., Бружак E. Zs. anorg. allg. Chem., 1938, 238, 255.

### Сурьма Antimony

Sb

Русское название от турецкого сюрме — натирать<sup>1</sup>, иностранное — от латинского слова antimonium, применявшегося еще алхимиками для антимонита. Первоначально описывалась под названием шпигглас (Сваб, 1748; Кронстедт, 1758)

**Характер. выдел.** Сплошные зернистые выделения, реже натечные агрегаты (почковидные, гроздевидные), иногда лучистого строения; кристаллы редки.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 4,507 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 57^\circ 06'$ ;  $Z = 2$ ;  $a_h = 4,310$ ;  $c_h = 11,318 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 2,627$ ;  $Z = 6$  (Персон, Вестгрен)<sup>2</sup>.

Структура типа мышьяка (описание см. во введении к группе). Расстояния Sb—Sb 2,87 и 3,37 Å.

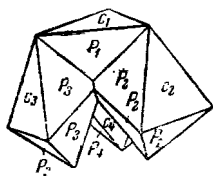
Дитригон.-скаленоэдр. кл.;  $a : c = 1 : 1,3236$  (Ласпейрес, 1875).

Формы:

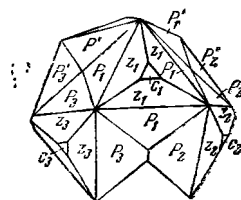
		$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i>	0001	—	0°00'	<i>r</i>	20 $\bar{2}$ 1	60°00' 71°53'
<i>a</i>	11 $\bar{2}$ 0	30°00'	90 00	<i>Z</i>	01 $\bar{1}$ 4	0 00 20 54
<i>e</i>	10 $\bar{1}$ 2	60 00	37 23	<i>P</i>	01 $\bar{1}$ 1	0 00 56 48
	<i>ee</i> (10 $\bar{1}$ 2) : ( $\bar{1}$ 102) =	63°27'		<i>ZZ</i>	(01 $\bar{1}$ 4) : ( $\bar{1}$ 014) =	36°01'
	<i>rr</i> (20 $\bar{2}$ 1) : ( $\bar{2}$ 201) =	110 47		<i>PP</i>	(01 $\bar{1}$ 1) : ( $\bar{1}$ 101) =	92 53

Соотношение морфологической и рентгеновской установок см. стр. 81.

Кристаллы ромбоэдрические, толстотаблитчатые по (0001) или пластинчатые. Дв. по (10 $\bar{1}$ 2); образуют сложные группы — четверники (фиг. 75), шестерники (фиг. 76), часто полисинтетические.



Фиг. 75.  
Четверник  
самородной сурьмы  
(Андреасберг)  
По Розе



Фиг. 76.  
Шестерник  
самородной сурьмы  
(Андреасберг)  
По Розе

Физ. Сп. по (0001) совершенная, по (20 $\bar{2}$ 1) иногда ясная, по (11 $\bar{2}$ 0) и по (10 $\bar{1}$ 2) несовершенная. Изл. неровный. Очень хрупка. Тв. 3—3 $\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,61—6,72 (вычисл. 6,73). Цв. оловянно-белый с желтой побежалостью. Черта буровато-серая. Бл. металлический. Неупруга.

Диамагнитна.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белая. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 67,5, для оранжевых — 58, для красных — 55; по Фолинсби, измеренная с помощью фотоэлемента, — 74,6. Двухотражение слабое. Анизотропна.

Хим. Иногда содержит Ag, Fe или As.

Анализы:

	Sb	As	Ag	Fe	Сумма
1.	98,00	—	1,00	0,25	99,25
2.	95,15	4,85 $\frac{1}{2}$	—	—	100,00
3.	96,36	3,63	0,01	—	100,00

1 — Андреасберг (Клапрот, 1802); 2 — Пришбрам (Эшка, 1862); 3 — Перу (Раймонди, 1878). По Хинце

Диагн. исп. В конц. HNO<sub>3</sub> окисляется в HSbO<sub>3</sub>, растворяется в царской водке; в HCl не растворима.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> чернеет, призирует, от паров HCl тускнеет, от KCN слабо буреет, от FeCl<sub>3</sub> буреет и чернеет, от HgCl<sub>2</sub> слабо буреет и призирует. Реактивы для структурного травления: FeCl<sub>3</sub> (20%-ный раствор) в течение нескольких секунд; K<sub>2</sub>S (конц. раствор); H<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (конц. раствор).

П. п. тр. на угле в восст. пл. легко плавится (плавк. 1), в окисл. пл. сгорает, давая белый налет и дым Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В откр. тр. полностью улетучи-

вається, образуя кристаллический возгон  $Sb_2O_3$ . На гипсовой пластинке со смесью  $KJ + S$  дает оранжево-красный налет  $SbJ_3$ .

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл.  $630,5^\circ$ . Экспериментальное изучение системы  $Sb - Bi$  показало, что в твердом состоянии  $Sb$  и  $Bi$  способны образовывать непрерывный ряд изоморфных смесей, устойчивых и при низких температурах (о системе  $Sb - As$  см. на стр. 81).

**Находж.** Сравнительно редкий низкотемпературный гидротермальный минерал, генезис которого изучен недостаточно<sup>3</sup>. Встречается в сурьмяных, золоторудных, мышьяковых, серебряных, урановых, свинцово-цинковых и других месторождениях преимущественно в составе первичных руд, реже в рудах зоны окисления. Спутники: антимонит, бертьерит, смальтин, аллемонит, самородный висмут, сфалерит, галенит, пирит, арсеносприт, минералы серебра, гипергенные сурьмяные минералы и др. Установлена в месторождениях Кулуджун (Кав. ССР), Ценское (Груз. ССР), Припбрам и Яхимов (Чехословакия), Андреасберг (ФРГ), Аллемон (Франция), Сала (Швеция), Сараван (о-в Борнео), Брокен-Хилл (Австралия) и др.

**Изм.** При выветривании переходит в окислы, в частности в валентинит.

**Пескуств.** Может быть получена восстановлением водородом из  $SbCl_3$  и другими путями.

**Отл.** По внешнему виду сходна с дискразитом, от которого отличается отрицательной реакцией на  $Ag$ .

В полир. пл. в отраж. св. дискразит отличается от сурьмы отсутствием спайности и буроватым оттенком окраски. В отличие от мышьяка сурьма имеет более высокую, а в отличие от висмута и серебра — более низкую отраж. спос.; оба эти минерала обнаруживают более сильную анизотропию. Окраска теллура имеет голубоватый оттенок.

#### Межплоскостные расстояния самородной сурьмы (По Михеэну)

Fe-антикатод,  $D = 68$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 0	1	3,753	3,401	17	20 $\bar{2}$ 6 $\beta$ ; 10 $\bar{1}$ 8 $\beta$	1	(1,443)	1,308
2	10 $\bar{1}$ 1	1	3,588	3,253	18	21 $\bar{3}$ 2	10	1,366	1,238
3		6	3,439	3,117	19	20 $\bar{2}$ 6; 10 $\bar{1}$ 8	3	1,316	1,193
4	10 $\bar{1}$ 4 $\beta$	2	(2,47)	2,240	20	30 $\bar{3}$ 0	3	1,242	1,126
5	11 $\bar{2}$ 0 $\beta$	2	(2,370)	2,148	21	30 $\bar{3}$ 2; 20 $\bar{2}$ 7	2	1,217	1,103
6	10 $\bar{1}$ 4; 0005	10	2,249	2,039	22	21 $\bar{3}$ 5	2	1,195	1,083
7	11 $\bar{2}$ 0	10	2,151	1,950	23	20 $\bar{2}$ 8; 30 $\bar{3}$ 3	1	1,180	1,070
8	20 $\bar{2}$ 0 $\beta$	1	(2,050)	1,858	24	22 $\bar{4}$ 2 $\beta$	1	(1,166)	1,057
9	20 $\bar{2}$ 2 $\beta$	1	(1,951)	1,768	25		1	1,159	1,050
10		2	1,921	1,741	26		1	1,141	1,034
11	0 $\bar{2}$ 0; 0,0006	4	1,869	1,694	27	31 $\bar{4}$ 2 $\beta$	2	(1,122)	1,017
12	20 $\bar{2}$ 2	8	1,765	1,600	28		1	1,102	0,998
13	11 $\bar{2}$ 5 $\beta$ ; 20 $\bar{2}$ 4 $\beta$	1	(1,710)	1,550	29		4	1,076	0,975
14	20 $\bar{2}$ 4; 11 $\bar{2}$ 5	8	1,552	1,407	30	22 $\bar{4}$ 2	3	1,059	0,959
15	21 $\bar{3}$ 2	2	(1,504)	1,364	31	31 $\bar{4}$ 2	4	1,017	0,921
16	10 $\bar{1}$ 7	2	1,477	1,339					

#### Л и т е р а т у р а

1. Фигуровский Н. А. Сб. «Материалы по истории отечественной химии». Изд. АН СССР, 1950, 251.
2. Persson E., Westgren A. Zs. phys., Chem., 1928, 136, 208; Jette E. R., Foote F. J. Chem. Phys., 1935, 3, 605 (дает для материала, нагреваемого в течение 18 час. при  $475^\circ$ :  $a_{rh} 4,49762$ ;  $\alpha = 57^\circ 06' 27''$ ).
3. Чухров Ф. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 205.

## Висмут Bismuth

Bi<sub>1</sub>

Происхождение названия спорное. Может быть, от арабского «би смид» — «обладатель свойств сурьмы» (Вернадский).

Силаовит (Фернандес и Навиа, 1873)—смесь самородного висмута и гуавахвита.

**Характ. выдел.** В виде отдельных зерен, иногда в крупных выделениях (листоватых, зернистых), перистых дендритах. В кристаллах крайне редок.

В некоторых месторождениях вес сплошных выделений самородного висмута достигает 22 кг.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ . У искусств.  $a_{rh} = 4,746 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 57^\circ 16'$ ;  $Z = 2$ ;  $a_h = 4,559$ ;  $c_h = 11,874 \text{ \AA}$ ;  $Z = 6$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 2,6043$  (Хасель, Марк)<sup>1</sup>; у самородного висмута из Альтенберга (Саксония)  $a_h = 4,517$ ;  $c_h = 11,92$  (Харкорт).

Структура типа мышьяка, расстояния Bi — Bi 3,10 и 3,47 Å.

Дитриг.-скаленоэдр .к.л.;  $a : c = 1 : 1,3036$  (искусств., Розе).

Формы:

	Ф	Р		Ф	Р
<i>c</i> 0001	—	0°00'	<i>p</i> 10 $\bar{1}1$	60°00'	56°24'
<i>m</i> 10 $\bar{1}0$	60°00'	90 00	<i>r</i> 20 $\bar{2}1$	60 00	71 37
<i>e</i> 10 $\bar{1}2$	60 00	36 58	<i>P</i> 01 $\bar{1}1$	0 00	56 24
<i>g</i> 40 $\bar{4}5$	60 00	50 17			

$$ee (10\bar{1}2) : (\bar{1}102) = 62^\circ 46'$$

$$pp (10\bar{1}1) : (\bar{1}011) = 92^\circ 20'$$

$$PP (01\bar{1}1) : (\bar{1}101) = 92^\circ 20'$$

$$gg (40\bar{4}5) : (\bar{4}405) = 83 33$$

$$rr (20\bar{2}1) : (\bar{2}021) = 110 33$$

$$pP (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 49 23$$

Соотношение рентгеновской и морфологической установок см. на стр. 81.

Кристаллы очень редки; ромбоэдрические, псевдокубические. Дв. по (10 $\bar{1}2$ ), часто полисинтетические; могут возникать при воздействии давления<sup>2</sup>.

**Физ.** Сп. по (0001) совершенная, по (20 $\bar{2}1$ ) хорошая; отдельность по (10 $\bar{1}2$ ). Хрупок, но при осторожной обработке молотком иногда расщепляется. На плоскостях (0001) дает фигуры удара с расположением лучей под углом 60°. Тв. 2—2 $\frac{1}{2}$ ; легко режется. Уд. в. 9,78—9,83 (вычисл. 9,85). Цв. в свежем изломе серебристо-белый с желтоватым оттенком, с течением времени появляется красноватая побежалость. Черта оловянно-белая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Диамагнитен.

**Микр.** По Кундту, пок. прел. для красного света 2,61. для белого — 2,26, для голубого — 2,13.

В поляр. пл. в отраж. св. розовато-кремовый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 67,5, для оранжевых — 62, для красных — 65; по Фоллинсби, измеренная при помощи фотоэлемента, — 71,3. Двуотражение очень слабое. Сильно анизотропен. Наблюдается совершенная спайность по (0001), иногда скелетные формы кристаллов. Характерны пластинчатые двойники по (10 $\bar{1}2$ ). Известны мирмекитовые сростания с висмутинном, галенитом, пирротинном, золотом и др.

**Хим.** Часто содержит небольшие количества или следы Fe, S, As, Sb и др.

## Анализы:

	S	Sb	Bi	V	Fe	Ni	Pb	Te	Проч.	Сумма
1.	0,01	—	99,95	—	0,008	—	0,010	—	0,018*	99,996
2.	0,80	—	95,90	—	0,02	0,87	—	2,31	—	99,90
3.	—	0,2	98,0	0,2	0,1	—	1,0	—	1,3**	100,8

\* Cu — 0,005; Ag — 0,010; Sn — 0,003.

\*\* SiO<sub>2</sub> — 0,3; Mn+Zn — 0,2; CaO — 0,8

1 — месторождение не известно<sup>5</sup>; 2 — Изумрудные копи (Свердловская обл.)<sup>4</sup>; повышенное содержание Te может быть отчасти объяснено механической примесью самородного Te; 3 — Ишакава (Япония)<sup>3</sup>.

**Диагн. исп.** Легко растворяется в HNO<sub>3</sub>, после разбавления выпадает белый осадок; в HCl растворяется труднее.

Травится HNO<sub>3</sub> (медленно вскипает и буреет), HCl (медленно буреет), FeCl<sub>3</sub> (буреет, призирует, выявляется структура), HgCl<sub>2</sub> (буреет).

П. п. тр. на угле плавится (плавк. 1) и улетучивается, давая белый налет Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, переходящий при остывании в лимонно-желтый. При прокаливании с KJ и S образует желтый налет с ярко-красной каймой BiI<sub>3</sub> (реакция на Bi).

**Повед. при нагр.** Плавится при 271,3°.

**Наход.** Относительно редкий минерал. Обычно наблюдается в небольших количествах. Отлагается из гидротермальных растворов; встречается в пегматитах, скарновых месторождениях, гидротермальных жилах, иногда в россыпях.

В пегматитах очень редко образует крупные скопления, ассоциируется с кварцем, полевыми шпатами, турмалином, бериллом, флюоритом, топазом, мусковитом, лещадолитом и другими минералами пегматитовых жил (Изумрудные копи в Свердловской обл., северная часть Карельской АССР, Шерлова гора и Адун-Чплон в Читинской обл.<sup>6</sup>; Южн. Африка; Мадагаскар; Квинсленд в Австралии и др.).

Наблюдается в вольфрамовых, молибденовых, олово-мышьяковых и свинцово-цинковых рудах, приуроченных к скарнам (Иягарское шеелито-молибденовое месторождение в Узб. ССР и месторождения Зеравшано-Гиссарской горной области в Таджикской ССР)<sup>7,8</sup>.

В высокотемпературных оловорудных, вольфрамовых и молибденовых жильных месторождениях самородный висмут наблюдается вместе с касситеритом, вольфрамитом, молибденитом, висмутином, халькопиритом и другими минералами<sup>9, 10, 11</sup> (Акчатау, Кара-Оба и Акмая в Каз. ССР; Шерлова гора, Белуха, Харанор, Сохондо, Онон в Читинской обл.; вольфрам-молибденовые месторождения Хингано-Буреинского р-на Амурской обл.; оловорудные месторождения Калбинского хребта в Каз. ССР; Корнуэлл в Англии; Альтенберг в ГДР и др.).

В среднетемпературных месторождениях самородный висмут наблюдается вместе с мышьяково-кобальтовыми и никелевыми, а также с серебреными и урановыми минералами (Яхимов в Чехословакии; Шнееберг, Аннаберг, Иоганнсгеоргенштадт в ГДР; Большое Медвежье озеро и Кобальт в Канаде; Акбулак в Каз. ССР; ряд месторождений в США, Боливии и других странах).

Иногда самородный висмут обнаруживается в зоне окисления сульфидных месторождений, возможно, как новообразование<sup>12</sup>.

В некоторых россыпях встречаются гальки самородного висмута, нередко с корками гипергенных продуктов его изменения (в СССР — в Западной Сибири, Забайкалье, а также в Боливии, Тасмании и др.). Наиболее крупные самородки (до 22 кг) обнаружены в россыпях Тасмании.

**Изм.** Продукты окисления — бисмит и бисмутит, реже — бисмоклит.

**Искусств.** Получается путем электролиза из растворов (обычно несовершенные кристаллы) и из расплавов (наилучшие кристаллы).

**Практ. знач.** Промышленные скопления образует очень редко, обычно добывается попутно с другими висмутовыми минералами.

**Отл.** Узнается по слабому желтовато-красноватому оттенку побежалости, сильному металлическому блеску, совершенной спайности, низкой твердости и относительно высокому уд. весу.

В полпр. шп. в отраж. св. похож на самородное серебро, сурьму, медь, золото, дискразит, альгодонит, мелонит. От указанных минералов отличается меньшей твердостью. Медь, в отличие от самородного висмута, обладает характерным ярким розовым цветом. Решающими признаками, отличающими самородный висмут от серебра, золота и др., являются: принадлежность к 1-й группе по относительно рельефу в шлифе, отчетливая анизотропность, спайность, двойниковое строение, быстрое потемнение на воздухе (отсутствие пестрой побежалости, характерной для серебра).

**Междооскожные расстояния самородного висмута из Адытёнберга  
(По Харкорту)**

Си-анткатод, Ni-фильтр

	<i>hkl</i> *	<i>l</i>	<i>l'</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$		<i>hkl</i> *	<i>l</i>	<i>l'</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	10 $\bar{1}2$	10	3,0	3,21	19	21 $\bar{3}7$	7	1,0	1,112
2	10 $\bar{1}4$	7	1,0	2,34	20	31 $\bar{4}0$	9	2,0	1,088
3	11 $\bar{2}0$	9	2,0	2,245	21	31 $\bar{4}2$	9	2,0	1,069
4	10 $\bar{1}5$	4	0,5	2,015	22		4	0,5	1,047
5	20 $\bar{2}0$	4	0,5	1,955	23		4	0,5	1,036
6	20 $\bar{2}2$	7	1,0	1,850	24		7	1,0	1,021
7	02 $\bar{2}4$	7	1,0	1,625	25		4	0,5	0,982
8	10 $\bar{1}7$	4	0,5	1,545	26		4	0,5	0,968
9	20 $\bar{2}5$	9	2,0	1,480	27		4	0,5	0,943
10	21 $\bar{3}0$	10	3,0	1,435	28		4	0,5	0,927
11	12 $\bar{3}2$	4	0,5	1,378	29		4	0,5	0,915
12	0009	9	2,0	1,325	30		7	1,0	0,891
13	30 $\bar{3}0$	7	1,0	1,304	31		3	0,3	0,878
14	02 $\bar{2}7$	4	0,5	1,278	32		7	1,0	0,872
15	12 $\bar{3}5$	4	0,5	1,254	33		7	1,0	0,862
16	30 $\bar{3}3$	3	0,3	1,240	34		7	1,0	0,858
17	20 $\bar{2}8$	4	0,5	1,180	35		7	1,0	0,827
18	22 $\bar{4}0$	9	2,0	1,132	36		4	0,5	0,819

\* Индифференцировано Михеевым.

*Л и т е р а т у р а*

1. Hassel O., Mark H. Zs. Phys., 1924, 23, 269.
2. Mügge O. N. Jb. Min., 1886, 1, 183.
3. Jette E. R., Foote F. J. Chem. Phys., 1935, 3, 605.
4. Казакова М. Е. ДАН СССР, 1946, 54, № 7, 627.
5. Hata S. Bull. Inst. Phys. Chem. Research (Tokyo), 1936, 15, 1291.
6. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 207.
7. Абдуллаев Х. М. Изв. АН СССР, сер. геол., 1944, № 4—5, 83.
8. Магакьян И. Г. Изв. АН СССР, сер. геол., 1941, № 2, 74.
9. Чухров Ф. В. Зап. Мин. о-ва, 1947, 76, № 3, 211.
10. Поваренных А. С. Зап. Всес. мин. о-ва, 1952, 81, № 3, 212.
11. Стрелкин М. Ф. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1941, вып. 51, 12.
12. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1950, 246.



СТРУКТУРА ТИПА  $\alpha$ -СЕРЫ

## ГРУППА СЕРЫ

Сера в природе известна в нескольких полиморфных кристаллических модификациях, в коллоидных выделениях, в жидком и газообразном состояниях.

В природных условиях устойчивой модификацией является ромбическая сера ( $\alpha$ -сера). При атмосферном давлении при температуре выше  $95,6^\circ$   $\alpha$ -сера переходит в моноклинную  $\beta$ -серу, при охлаждении снова становится ромбической.  $\gamma$ -сера, также кристаллизующаяся в моноклинной сингонии, при атмосферном давлении неустойчива и переходит в  $\alpha$ -серу.

Искусственно получены еще  $\delta$ -сера (монокл.),  $\varepsilon$ -сера (тригон.)  $\zeta$ -сера (тригон.), которые в природе не наблюдались.

Структура  $\gamma$ -серы не изучена; в данную структурную группу она отнесена условно.

	Сингония	$a$ ,	$b$ ,	$c$ ,	$\beta$	Уд. в.
$\alpha$ -сера	Ромб.	10,44	12,84	24,37	—	2,05
$\beta$ -сера	Монокл.	10,92	10,98	11,04	$96^\circ 44'$	1,95
[ $\gamma$ -сера]	Монокл.	—	—	—	—	$< 2,07$

 $\alpha$ -Сера  $\alpha$ -Sulphur

## S

Название  $\alpha$ -сера введено Дана (1892).

Синон. Ромбическая сера. Обычно просто называется серой. Пейтон-сера (Сузуки, 1915) — псевдоморфоза  $\alpha$ -серы по  $\beta$ -сере.

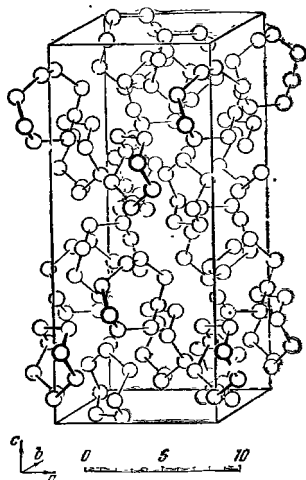
Характ. выдел. Сплошные массы, шаровые и почковидные выделения, сталактиты и сталагмиты, порошковатые налеты и кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{34} - Fddd$ ;

$a_0 = 10,437$ ;  $b_0 = 12,845$ ;  $c_0 = 24,369$ , Å;  $a_0 : b_0 :$

$c_0 = 0,812 : 1 : 1 : 1,897$ ;  $z = 128$  (Эбрэхэмс)<sup>1</sup>.

Структура серы молекулярная: 8 атомов в решетке входят в одну молекулу. Молекула серы образует восьмерные кольца, в которых атомы чередуются на двух уровнях (вдоль оси кольца). 4 атома S одного уровня образуют квадрат, повернутый относительно другого квадрата на  $45^\circ$ . Плоскости квадратов параллельны оси  $c$  (фиг. 77). Центры колец располагаются в ромбической ячейке по «алмазному» закону: в вершинах и центрах граней гранецентрированной ячейки и в центрах четырех октантов из восьми, на которые делится элементарная ячейка. В структуре серы выдержан принцип Юма-Розери, требующий для элементов менделеевской группы VI $\bar{6}$  координации 2 ( $= 8 - 6$ ). В структуре теллура — селена, а также в моноклинной сере это достигается спиральным расположением атомов, в структуре ромбической серы (а также синтетических



Фиг. 77.  
Структура  $\alpha$ -серы

$\beta$ -селене и  $\beta$ -теллуре) — их кольцевым расположением. Расстояние S — S в кольце равно 2,10 Å, что в точности совпадает с расстоянием S — S в радикале S<sub>2</sub> пирита (и ковеллина) и немного больше расстояния S—S между атомами S из разных колец (3,3 Å).

Некоторые авторы считали, что сера кристаллизуется в ромбо-тетраэдр. кл., так как иногда она имеет вид сфеноидов, но эта форма, по Руафе<sup>2</sup>, объясняется влиянием асимметрической среды (активных углеводородов) на рост кристаллов.

Дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,8131 : 1 : 1,9034$  (Жокшаров, 1874).

Наиболее распространенные формы:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
<i>c</i> 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
<i>a</i> 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
<i>m</i> 110	50 53	90 00	0 00	39 07	90 00	50 53
<i>v</i> 013	0 00	32 23	57 37	90 00	0 00	57 37
<i>n</i> 011	0 00	62 17	27 43	90 00	0 00	27 43
<i>u</i> 103	90 00	37 58	90 00	52 02	37 58	90 00
<i>e</i> 101	90 00	66 52	90 00	23 08	66 52	90 00
$\psi$ 119	50 53	18 32	78 03	75 43	14 35	78 26
$\omega$ 117	50 53	23 19	74 47	72 07	18 29	75 32
<i>t</i> 115	50 53	31 06	69 09	66 22	25 05	70 59
<i>o</i> 114	50 53	37 02	64 33	62 09	30 21	67 40
<i>s</i> 113	50 53	45 10	57 36	56 37	37 58	63 25
<i>y</i> 112	50 53	56 28	46 25	49 42	49 30	58 16
<i>p</i> 111	50 53	71 40	27 43	42 34	66 52	53 13
$\delta$ 221	50 53	80 35	14 43	40 03	77 57	51 30
$\gamma$ 331	50 53	83 42	9 56	39 33	81 54	51 10
<i>z</i> 135	22 17	50 59	41 13	72 52	25 05	44 02
<i>x</i> 133	22 17	64 05	27 43	70 03	37 58	33 41
<i>q</i> 131	22 17	80 48	9 56	68 01	66 53	24 02
$\beta$ 315	74 50	55 30	69 10	37 18	54 33	77 33
$\alpha$ 313	74 50	67 35	57 36	26 50	66 52	76 00
<i>r</i> 311	74 50	82 10	27 43	17 02	81 54	74 59

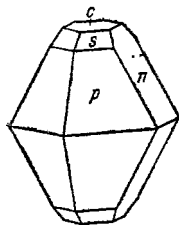
<i>nm</i> (110) : ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 78°14'	<i>pp</i> (111) : ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) = 94°52'	<i>np</i> (011) : (111) = 47°26'
<i>mp</i> (110) : (111) = 18 20	<i>pp</i> (111) : ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) = 73 34	<i>py</i> (111) : (112) = 15 12
<i>nb</i> (011) : (010) = 27 43	<i>pp</i> (111) : (111) = 36 40	<i>ps</i> (111) : (113) = 26 30
<i>nn</i> (011) : (011) = 55 26		<i>s\delta</i> (113) : (221) = 35 25

Менее распространенные формы:

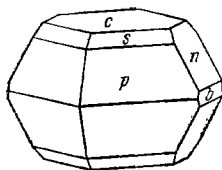
<i>h</i> 130	<i>d</i> 045	$\pi$ 102	$\tau$ 116	$\eta$ 553	$\kappa$ 122	$\mu$ 319
<i>k</i> 120	$\xi$ 043	<i>K</i> 305	<i>v</i> 227	<i>E</i> 551	<i>l</i> 344	<i>Q</i> 4.11.4
$\lambda$ 210	<i>W</i> 053	<i>i</i> 201	<i>L</i> 5.5.13	<i>D</i> 177	<i>R</i> 215	<i>M</i> 511
<i>p</i> 310	<i>j</i> 021	<i>B</i> 1.1.25	<i>g</i> 337	$\Lambda$ 155	$\zeta$ 211	
<i>w</i> 023	$\theta$ 031	<i>C</i> 1.1.10	<i>f</i> 335	<i>F</i> 151	<i>S</i> 3.1.21	

Сомнительные формы: (107), (203), (3.3.13), (337), (449), (155) (433), (11.7.45), (213), (13.1.1.).

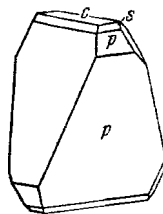
Облик кристаллов различный (фиг. 78—83) — дипирамидальный, реже толстотаблитчатый по *c* (001), дисфеноидальный и др. На гранях (111) наблюдаются фигуры естественного травления, отсутствующие на гранях (113)<sup>3</sup>. Редки дв. по (101), (011), (110) или (111), отмечаются также дв. по (211)<sup>3а</sup>.



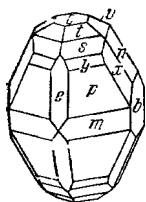
Фиг. 78.  
Кристалл  $\alpha$ -серы  
(Сиена, Италия)  
По Манассе



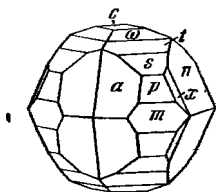
Фиг. 79.  
Кристалл  $\alpha$ -серы  
(Сиена, Италия)  
По Манассе



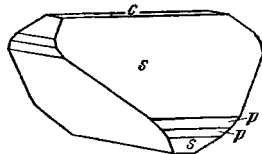
Фиг. 80.  
Кристалл  $\alpha$ -серы  
(Чанчана,  
Италия)  
По Пефаровичу



Фиг. 81.  
Кристалл  $\alpha$ -серы  
(Сольфатара, Италия)  
По Сивакки



Фиг. 82.  
Кристалл  $\alpha$ -серы  
(Фениксвилл, США)  
По Бутшу



Фиг. 83.  
Кристаллы  $\alpha$ -серы  
(Ракальмуто, Италия)  
По Рату

Физ. Сп. по (001), (110), (111) несовершенная. Отдельность по (111). Изл. раковистый до неровного. Хрупка. Тв. 1—2. Уд. в. 2,05—2,08 (вычпсл. 2,05). Цв. серно-желтый, соломенно- и медово-желтый, желто-бурый, от примесей красноватый, зеленоватый, серый; иногда от примесей битумов цв. коричневый или почти черный. Черта бесцветная. Бл. смолистый до жирного. Прозрачна до просвечивающей.

Электропроводность при обычной температуре почти равна нулю. При трении сера электризуется отрицательно. Диэлектрические постоянные:  $\parallel a$  3,60,  $\parallel b$  3,90,  $\parallel c$  4,60<sup>4</sup>.

Диамагнитна.

Микр. Двуосна (+). Пл. опт. ос. (010);  $N_g = c$ ,  $N_m = b$ ,  $N_p = a$ . Пок. прел. по Шрауфу<sup>5</sup> (при 16°):

Линии	$n_g$	$n_m$	$n_p$	$n_g - n_p$	$2V$
B	2,2215	2,0210	1,9365	0,2850	72°20'
D	2,2405	2,0383	1,9505	0,2900	
E	2,2588	2,0544	1,9643	0,2945	
H	2,3297	2,1172	2,0170	0,3127	

В ультрафиолетовых лучах пластинка толщиной 2 мм непрозрачна.

Хим. Нередко самородная сера является практически чистой. Сера вулканического происхождения часто содержит небольшие количества As, Se, Te и следы Tl. Сера многих месторождений загрязнена битумами, глиной, разными сульфатами и карбонатами. В ней наблюдаются включения газов и жидкости, содержащей маточный раствор с NaCl, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и др. Содержит иногда до 5,18% Se (селенистая сера)

Диагн. исп. Растворяется в сероуглероде, скипидаре, керосине.

П. н. тр. легко плавится. Сгорает с синеватым пламенем, выделяя  $\text{SO}_2$ . В закр. тр. дает желтый кристаллический возгон или красновато-коричневые капельки, по охлаждению светло-желтые.

Повед. при нагр. При атмосферном давлении т-ра плавл.  $112,8^\circ$ ; т-ра кипения  $+444,5^\circ$ . Теплота плавления при  $115^\circ$  300 кал/г-атом. Теплота испарения при  $316^\circ$  11600 кал/г-атом.

Коефф. лин. расп.	В пределах от $+20$ до $-175^\circ$ (Гольдшмидт)	При $+18^\circ$ (Шрауф)	При $+30^\circ$
<i>c</i>	0,0000110	0,0000198	0,0000257
<i>a</i>	0,0000454	0,0000670	0,0000831
<i>b</i>	0,0000565	0,0000780	0,0001073

При атмосферном давлении при  $95,6^\circ$   $\alpha$ -сера переходит в  $\beta$ -серу с увеличением объема.

Нахожд. \*. Самородная сера встречается только в самой верхней части земной коры. Образуется при разнообразных процессах.

Большую роль в образовании месторождений серы играют животные и растительные организмы, с одной стороны, как аккумуляторы S, а с другой, как способствующие распаду  $\text{H}_2\text{S}$  и других сернистых соединений. С деятельностью бактерий связывают образование серы в водах, плах, почвах, болотах и в нефтях; в последних она частью содержится в виде коллоидных частиц.

Сера может выделяться из вод, содержащих  $\text{H}_2\text{S}$ , под влиянием кислорода воздуха. В приморских районах местами сера выпадает при смешении пресной воды с соленой (из  $\text{H}_2\text{S}$  морской воды, под действием кислорода, растворенного в пресных водах). Из некоторых природных вод сера выделяется в виде белой мути (р. Молочная в Куйбышевской обл. и др.).

Из вод серных источников и из болотных вод, содержащих  $\text{H}_2\text{S}$  и S, сера выпадает в северных районах СССР в зимний период в процессе вымораживания. Главным источником образования серы во многих месторождениях так или иначе является  $\text{H}_2\text{S}$ , какого бы происхождения он ни был.

Значительные скопления серы наблюдаются в вулканических областях, в зоне окисления некоторых месторождений и среди осадочных толщ; месторождения последней группы служат основными источниками самородной серы, добываемой для практических целей.

В вулканических областях сера выделяется как при извержениях вулканов, так и из фумарол, сольфатар, горячих источников и газовых струй. Иногда из кратера вулкана выливается расплавленная масса серы в виде потока (в Японии), причем сначала образуются  $\beta$ - или  $\gamma$ -сера, превращающиеся позднее в  $\alpha$ -серу с характерной зернистой структурой.

При вулканических извержениях сера главным образом возникает при воздействии выделяющегося  $\text{H}_2\text{S}$  на сернистый ангидрид или при окислении сероводорода кислородом воздуха; она может также возгоняться с парами воды. Пары S могут захватываться газами фумарол, струями углекислоты<sup>1</sup>. Наблюдаемое в первые стадии вулканических извержений голубое пламя представляет облака горячей серы (Вулкано, на Липарских о-вах, Италия).

Сероводородная стадия фумарол и сольфатар, сопровождающаяся образованием самородной серы, следует после стадии выделения фтористых и хлористых соединений и предшествует стадии углекислых выделений. Из сольфатар сера выделяется в виде рыхлых туфообразных продуктов,

которые ветром и атмосферными осадками легко переносятся, образуя вторичные месторождения (Ков-Крик, шт. Юта в США)<sup>6</sup>. Месторождения серы вулканического происхождения обычно невелики; они имеются на Камчатке (фумаролы), на горе Алагез в Армянской ССР, в Италии (сульфатары Сьез Поццуоли), в Исландии, Мексике, Японии, США, на Яве, на Липарских о-вах и т. д.

Выделение серы в горячих источниках сопровождается отложением опала,  $\text{CaCO}_3$ , сульфатов и др. Местами сера замещает известняки около горячих источников, иногда выделяется в виде тончайшей мути. Горячие источники, отлагающие серу, наблюдаются в вулканических областях и в районах молодых тектонических нарушений, например, в СССР — на Кавказе, в Средней Азии, на Дальнем Востоке, на Курильских о-вах;<sup>6а</sup> в США — в Пеллоустонском национальном парке, в Калифорнии; в Италии, Испании, Японии и др.

Нередко самородная сера образуется в процессе гипергенных изменений при разложении сульфидных минералов (шрита, марказита, мельниковита, галенита, антимонита и др.). Довольно большие скопления найдены в зоне окисления колчеданных залежей, например, в Сталинском м-нии Свердловской обл. и в Блявинском месторождении Оренбургской обл.; в последнем сера имеет вид плотной, но хрупкой массы слоистой текстуры, различной окраски. В месторождении Майкаин в Павлодарской области (Каз. ССР) крупные скопления самородной серы наблюдались между зоной ярозитов и зоной колчеданных руд.

В небольших количествах самородная сера встречается в зоне окисления очень многих месторождений. Известно образование серы в связи с каменноугольными пожарами при самовозгорании шрита или марказита (порошковая сера в ряде месторождений Урала)<sup>7</sup>, при пожарах в месторождениях нефтеносных сланцев (например, в Калифорнии)<sup>6</sup>.

В черном морском иле сера образуется при его посереблении на воздухе за счет изменения находящегося в нем односернистого железа.

Наиболее крупные промышленные месторождения серы находятся среди осадочных пород, главным образом третичного или пермского возраста. Их образование связано с восстановлением серы сульфатов, преимущественно гипса, реже — ангидрита. Вопрос о происхождении серы в осадочных образованиях является спорным. Гипс под влиянием органических соединений, бактерий, свободного водорода и др. восстанавливается сначала, возможно, до  $\text{CaS}$  или  $\text{Ca}(\text{HS})_2$ , которые под действием углекислоты и воды переходят в кальцит с выделением сероводорода; последний при взаимодействии с кислородом дает серу. Скопления серы в осадочных толщах иногда имеют пластовый характер. Часто они приурочены к соляным куполам. В этих месторождениях сера сопровождается асфальтом, нефтью, озокеритом, газообразными углеводородами, сероводородом, целестрином, галитом, кальцитом, арагонитом, баритом, пиритом и другими минералами. Известны псевдоморфозы серы по волокнистому гипсу (селениту). В СССР такого типа месторождения имеются в районе Средней Волги (Сюкеевское Татарской АССР, Алексеевское, Водинское Куйбышевской обл. и др.), в Туркм. ССР (Гаурдак, Каракумы), в Урало-Эмбенском р-не Каз. ССР, где ряд месторождений приурочен к соляным куполам, в Дагестанской АССР (Аварская и Махачкалинская группы) и в других районах<sup>8</sup>.

Вне СССР крупные месторождения серы, приуроченные к осадочным толщам, имеются в Италии (Сицилия, Романья), в США (шт. Луизиана и Техас), Испании (около Кадиса) и в других странах.

**Изм.** В земной коре самородная сера легко окисляется с образованием серной кислоты и различных сульфатов; под влиянием бактерий может также давать сероводород.

**Искусств.** Получается путем возгона или кристаллизацией из раствора.

**Практ. знач.** Применяется в целом ряде производств в сернокислотном, бумажно-целлюлозном, резиновом, красочном, стекольном, цементном, спичечном, кожевенном и др. Большое значение сера имеет в сельском хозяйстве как инсектофунгисид для борьбы с вредителями на плантациях винограда, чая, табака, хлопка, свеклы и пр. В виде сернистого ангидрида находит применение в холодильном деле, служит для белиения тканей, для протравы в красильном деле и как дезинфицирующее средство.

**Отл.** Легко плавится и сгорает.

Межплоскостные расстояния  $\alpha$ -серы<sup>9</sup>

№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_\sigma}{n}$
1	3	5,8	14	6	1,90
2	10	3,85	15	4	1,83
3	5	3,45	16	6	1,78
4	7	3,21	17	5	1,73
5	6	3,10	18	3	1,66
6	6	2,85	19	6	1,61
7	4	2,63	20	1	1,54
8	4	2,50	21	1	1,480
9	4	2,43	22	4	1,440
10	3	2,38	23	5	1,425
11	3	2,30	24	6	1,360
12	6	2,12	25	2	1,310
13	1	2,00	26	2	1,235

### Л и т е р а т у р а

1. Abrahams S. C. Acta Cryst. 1955, 8, 661; Warren B. E., Burwell J. T. J. Chem. Phys., 1935, 3, 6.
2. Royer J. Livre Jubil. 50-naire de la Soc. fr. min., 1930, 367.
3. Лазаренко Е. К. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1947, № 1, 34.
- 3a. Laszkiewicz A. Archiv Min, 1957, 20, nr 1—2, 95.
4. Rao K. Proc. Ind. Acad. Sci., 1949, 30, A, 82; см. также Takubo J. Memoirs Coll. Sci., Kyoto Univ., 1941, Ser. 13, 16, No 2, 116.
5. Schrauf A. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 1860, 41, 805; Zs. Krist., 1887, 12, 321; там же, 1897, 18, 144, 157.
6. Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии (1908). Избр. соч., 1955, 2, 300 (детальное описание условий образования серы и указания на м-ния России). Он же. История минералов земной коры, 1927, 1, вып. 2, 316.
- 6a. Набоко С. И. Бюлл. Вулканол. станции, 1958, № 27, 43.
7. Вертушков Г. Н. Советская геология, 1940, № 8, 53.
8. Шубникова О. М. Минералы СССР, 1940, 1, 250 (обзор м-ний СССР).
9. Napavalt J. D., Rinn H. W., Frevel L. K. Ind. Eng. Chem., 1938, 10, No 9, 457. Рентгенограмма серы из Сицилии, содержащая больше линий, приведена: Köster H. M. Beitr. Min., Petr., 1959, 6, 199.

### $\beta$ -Сера $\beta$ -Sulphur

S

Впервые изучена Митчерлихом (1823)<sup>1</sup>. Название  $\beta$ -сера предложено Дана (1892). Сион. Сульфурит (Хайдингер, 1845—по Фребелю); гарибальдит (Гагарин и Куомо, 1949).

**Характ. выдел.** Кристаллы и скелетные формы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^5$ — $P2_1/a$ ;  $a_0 = 10,92$ ;  $b_0 = 10,98$ ;  $c_0 = 11,04$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,9945 : 1 : 1,006$ ;  $\beta = 96^\circ 44'$ ;  $Z = 48$  (для искусственного кристалла, Бёруэл)<sup>2</sup>.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 0,9958 : 1 : 0,9998$ ;  $\beta = 95^\circ 46'$  (Митчерлих, 1823)<sup>1</sup>.

Обычные формы (по Гольдшмидту):

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	90°00'	5°46'	<i>q</i> 011	5°46'	45°08'
<i>b</i> 010	0 00	90 00	<i>x</i> 021	2 53	63 27
<i>a</i> 100	90 00	90 00	<i>e</i> 101	90 00	47 59
<i>m</i> 110	45 16	90 00	<i>p</i> 111	47 59	56 12
<i>n</i> 210	63 39	90 00	$\omega$ $\bar{1}11$	-42 15	53 29
<i>w</i> 012	11 25	27 01			

<i>mm</i> (110) : ( $\bar{1}10$ ) = 89°28'	<i>pp</i> (111) : ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) = 67°35'	$\omega\omega$ ( $\bar{1}11$ ) : ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) = 73°01'
<i>mc</i> (110) : (001) = 85 54	<i>pm</i> (111) : (110) = 33 53	$\omega a$ ( $\bar{1}11$ ) : ( $\bar{1}00$ ) = 57 17
<i>qq</i> (011) : ( $\bar{0}\bar{1}1$ ) = 89 42	<i>pa</i> (111) : (100) = 51 52	$\omega m$ ( $\bar{1}11$ ) : ( $\bar{1}10$ ) = 36 57
<i>qm</i> (011) : (110) = 56 50		

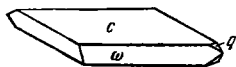
Более редкие формы:

<i>k</i> 130	<i>d</i> 102	<i>G</i> $\bar{1}03$	<i>E</i> $\bar{1}01$	<i>s</i> $\bar{2}21$	<i>S</i> $\bar{2}21$	<i>u</i> 311	<i>Q</i> $\bar{2}12$
<i>l</i> 120	<i>f</i> 201	<i>D</i> $\bar{1}02$	<i>r</i> 112	<i>R</i> $\bar{1}12$	<i>t</i> 211	<i>Q</i> $\bar{1}21$	<i>U</i> 311

Очень редкие и сомнительные формы:

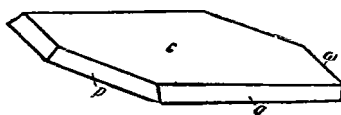
$\cdot 310$ ), (013), (031), (103), (302), (301), ( $\bar{3}02$ ), ( $\bar{2}01$ ), ( $\bar{3}01$ ), (122), (121), (321), (212), (421), (312), (412), (411), ( $\bar{1}22$ ), ( $\bar{3}21$ ), ( $\bar{2}11$ ), ( $\bar{3}12$ ), ( $\bar{4}12$ ), ( $\bar{4}11$ ).

Кристаллы таблитчатые по (001) (фиг. 84 и 85), иногда псевдокубические, вытянутые в направлении [100], также скелетные формы. Двойники по (011), (012), (100). Пластинки образуют параллельные сростания по (001).



Фиг. 84.  
Кристалл  $\beta$ -серы  
(Голубиный мыс)

По Попову



Фиг. 85. Кристалл  $\beta$ -серы  
(Речка)

По Токоди

Физ. Сп. по (001) и (110). Тв. 1<sup>1/2</sup>. Очень хрупка. Уд. в. 1,982; 1,958, — (вычисл. 1,95). Светло-желтая до бесцветной; часто буроватая от органических примесей.

Микр. Двуосна (—). Пл. опт. ос. (010).  $Nm = b$ ,  $cNp$  на (110) = 44° (Гобер)<sup>3</sup>. На (001) выход опт. оси (Токоди)<sup>4</sup>.  $n = 1,96$ . Двупреломление слабое.  $2V = 58^\circ$ ,  $r > v^4$ .

Хим. Данные о примесях отсутствуют.

Диагн. исп. Легко растворяется в ксилоле и бензоле, медленно растворяется в канадском бальзаме; легко сгорает; в закр. тр. возгоняется.

Повед. при нагр. Плавится при  $t$ -ре 119°.

Находк. Очень редка. Часть образуется при кристаллизации расплавленной серы. Наблюдалась в fumarолах Везувия, на Липарских о-вах (Италия), на Яве<sup>5</sup>. В отложениях сольфатар встречается около Речка в горах Матра в Венгрии совместно с галотрихитом<sup>4</sup>. Параморфозы  $\alpha$ -серы и  $\beta$ -сере найдены в трещинах и пустотах асфальтовых известняков Голубиного мыса на берегу Керченского пролива (Крым)<sup>6</sup>, где, может быть,  $\beta$ -сера выделялась из нефти.

**Изм.** При обычной температуре неустойчива, переходит в  $\alpha$ -серу.  
**Искусств.** Кристаллизуется из расплавленной S при быстром падении температуры<sup>1</sup>, из насыщенного раствора S в бензоле или толуоле при внесении затравки (кристалликов  $\beta$ -серы) и др.

**Отл.** От  $\alpha$ -серы отличается кристаллографически.

*Л и т е р а т у р а*

1. Mitscherlich A. Ann. chim. phys., 1823, 24, 264; Abh. Akad. Berlin, VI, 1823. Данные измерения искусственных кристаллов Митчерлиха опубликовал Милер (1856) без указания автора, поэтому Гольдшмидт приписал эти данные Милеру.
2. Burwell J. T. Zs. Krist., 1937, 97, A, 123.
3. Gaubert P. Bull. Soc. fr. Min., 1905, 28, 163.
4. Tokody L. Földt. Közl., 1954, 84, F. 3, 221; Ann. Hist.-Nat. Musei Nartion Hungar., 1954, 5, 15.
5. Rath G. Ann. Phys., 1874, 6, 359.
6. Попов С. П. Минералогия Крыма. Изд. АН СССР, 1938, 274.

$\gamma$ -Сера  $\gamma$ -Sulphur

S

Название  $\gamma$ -серы введено Дана (1892).

**Синон.** Перламутровая сера (soufre nacré. Гернец, 1883)<sup>1</sup>; розицкит (Секанина, 1934)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** В кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с. Призмат. кл.

$a : b : c = 1,0609 : 1 : 0,7094$ ;  $\beta = 91^{\circ}47'$  (Мутман)<sup>3</sup>.

**Формы** (по Гольдшмидту и Секанина)<sup>2</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$b\ 010$	$0^{\circ}00'$	$90^{\circ}00'$	$s\ 011$	$2^{\circ}31'$	$35^{\circ}22'$
$a\ 100$	$90\ 00$	$90\ 00$	$p\ 101$	$90\ 00$	$35\ 00$
$m\ 110$	$43\ 19$	$90\ 00$	$\pi\ \bar{1}01$	$-90\ 00$	$32\ 31$
$n\ 210$	$62\ 04$	$90\ 00$	$o\ 111$	$47\ 37$	$44\ 54$
$g\ 012$	$5\ 01$	$19\ 36$	$\omega\ \bar{1}11$	$-41\ 57$	$43\ 39$
$mm\ (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 93^{\circ}22'$		$qn\ (012) : (210) = 79^{\circ}29'$	$cq\ (111) : (012) = 31^{\circ}50'$		
$nn\ (210) : (2\bar{1}0) = 55\ 52$		$oo\ (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 60\ 19$	$\omega q\ (\bar{1}11) : (012) = 32\ 54$		
$qq\ (012) : (0\bar{1}2) = 39\ 03$		$on\ (111) : (210) = 47\ 40$	$\omega\omega\ (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 61\ 46$		

Менее обычные формы:  $c(001)$ ,  $l(230)$ ,  $y(121)$ ; недостоверная форма  $(321)$ .

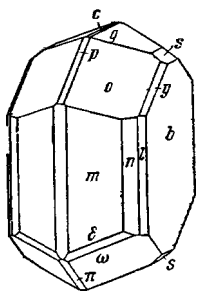
Кристаллы мелкие изометрические, таблитчатые (по 010), диглимеральные, короткопризматические (фиг. 86), редко игольчатые по оси  $c$ . Двойники по  $(101)$ .

**Физ.** Сп. нет. Мягкая. Уд. в.  $< 2,075$ . Цв. бледно-желтый. Бл. перламутровый. Прозрачна.

**Микр.** Двуосна (—). Пл. опт. ос.  $(010)$ .  $cNp = 1^{\circ}15'$ . Светопреломление и дупреломление очень высокие.

**Хим.** Данные о примесях отсутствуют.

**Наход.** Встречается очень редко. В fumarолах Вулкано на Липарских о-вах (Италия) — с  $\alpha$ - и  $\beta$ -серой; в Гавирна, около Летовице (Чехословакия) — как продукт изменения пирита в конкрециях с лимонитом в виде хорошо образованных кристаллов; также в бурогольных слоях Вакерсдорфа в Баварском Пфальце (ФРГ).



Фиг. 86. Кристалл  $\gamma$ -серы (Летовице)  
По Секанина



Изм. Неустойчива при нормальном давлении. Переходит в  $\alpha$ -серу.

Искусств. Получена в результате медленного остывания горячего насыщенного серой спиртового раствора, при самопроизвольном распаде спиртовых растворов многосернистого аммония при комнатной температуре, из расплава<sup>1</sup>, из тиосульфата  $\text{Na}^2$  и другими способами.

Отл. От других модификаций серы отличается кристаллографическими данными.

#### Л и т е р а т у р а

1. Gernez D. C. R., Paris, 1883, 97, 1477.
2. Sekanina J. Zs. Krist., 1931, 80, 174.
3. Muthmann W. Zs. Krist., 1890, 17, 337.

Кроме  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -серы, в природе наблюдаются малопзученные разновидности, выделенные по различию в степени окристаллизованности или по наличию примесей.

«Аморфная»  $\mu$ -сера (сульфурит Ринне<sup>1</sup>) как особая фаза не существует; она представляет собой частью аморфную, частью кристаллическую серу, слагающую плотные выделения. Уд. в. 1,0—1,2. Цв. желтый. Аморфная сера постоянно образуется в земной коре, но быстро изменяется. Аморфная — пластичная сера (rubber sulphur) наблюдалась в Японии в серном р-ке Кобуи<sup>2</sup>. Коллоидная сера образует гели, эмульсии, оолиты, конкреции, в дальнейшем переходит в  $\alpha$ -серу. Выделяется она в сероводородных источниках, в реках, плах, почвах, грязях, организмах, нефтях и др. Иногда образует псевдоморфозы по органическим остаткам. Аморфная сера искусственно получается при быстром охлаждении расплавленной S, при разложении полисульфидов, действием  $\gamma$ . ф. лучей на раствор S в сероуглероде и т. д.

В вулкане Папандаян (Ява) наблюдалась As-содержащая сера — арсенсульфурит (Ринне) в виде красно-бурых изотропных корочек (анализ 1)<sup>1</sup>. Тв. 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Мыльняковистая сера такого же типа установлена в сольфатарях близ Неаполя (анализ 2; анал. Фипсон)<sup>1</sup>.

#### Анализы:

	S	As	Se	Сумма
1	70,81	29,22	—	100,03
2	87,6	11,2	0,3	99,1

Может быть, это смеси. Окристаллизованная синевато-серая масса серы в смеси с реальгаром из сольфатар Поццуоли была названа арсенсера (Монако)<sup>3</sup>, синон. — поццуолит (Гагарин и Куомо, 1949).

В окристаллизованном состоянии известна оранжево-красная и красно-бурая селенсера (селенистая сера) с о-ва Вулкано (Липарские о-ва), содержащая от 0,19 до 5,18% Se (Штромайер, 1824), синон. — волканиит (Хайдингер, 1846.), золид (Бомбикки, 1875).

Оранжевая вулканическая сера из Японии, содержащая S — 99,76, Те — 0,17, Se — 0,06, As — 0,01, описана Дайверсом в 1883г.. названа Льюпсом (по Дана, 1892) теллуристой серой.

Под названием серного стекла описана переохлажденная сера из вулкана Сиретоко (Япония).

#### Л и т е р а т у р а

1. Rinne. F. Cbl. Min., 1902, 499.
2. Wada T. Beitr. Min. Japan, 1916, 21.
3. Monaco E. Zs. Krist., 1904, 40, 297.

## ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

<i>Структура типа мошелландсбергита</i>		
<i>группа мошелландсбергита</i>	мошелландсбергит	$\text{Ag}_2\text{Hg}_3$
	[амальгама золота]	$\text{Au}_2\text{Hg}_3$
<i>Структура типа меди</i>		
<i>группа амальгамы серебра</i>	амальгама серебра	$\text{Ag}, \text{Hg}$
	[потарит]	$\text{PdHg}$
<i>Структура типа домейкита</i>		
<i>группа домейкита</i>	домейкит	$\text{Cu}_3\text{As}$
<i>Структура типа дискразита</i>		
<i>группа дискразита</i>	альгодонит	$\text{Cu}_{6-7}\text{As}$
	дискразит	$\text{Ag}_3\text{Sb}$
<i>Структура типа мальдонита</i>		
<i>группа мальдонита</i>	мальдонит	$\text{Au}_2\text{Bi}$
<i>Структура типа никелина</i>		
<i>группа ниггмита</i>	ниггмит	$\text{Pt}_2\text{Sn}_3?$
<i>Структура не выяснена</i>		
<i>группа станнопалладинита</i>	станнопалладинит	$\text{Pd}_3\text{Sn}_2?$
	станноплатинит	$\text{Pt}_3\text{Sn}_2?$
<i>группа коутекита</i>	коутекит	$\text{Cu}_2\text{As}$
	орселит	$\text{Ni}_2\text{As}$
<i>группа маухерита</i>	маухерит	$\text{Ni}_{11}\text{As}_8$
<i>группа динерита</i>	динерит	$\text{Ni}_3\text{As}$
	арсенопалладинит	$\text{Pd}_3\text{As}$
	стибиопалладинит	$\text{Pd}_3\text{Sb}$
<i>группа горсфордита</i>	горсфордит	$\text{Cu}_5\text{Sb}?$

## СТРУКТУРА ТИПА МОШЕЛЛАНДСБЕРГИТА

## ГРУППА МОШЕЛЛАНДСБЕРГИТА

		Сингония	$a_0$	Уд. в.
Мошелландсбергит	$Ag_2Hg_3$	Куб.	10,12	13,5
[Амальгама золота]	$Au_2Hg_3$	Куб.		15,47

Природные соединения металлов с ртутью включают 4 минерала: мошелландсбергит, амальгамы золота и серебра и потарит. По химическому составу они отвечают определенным фазам, полученным в искусственных системах.

Мошелландсбергит *Moschellandsbergite*

Назван по м-нию Мошелландсберг в Баварии (Берман, Харкорт, 1938)<sup>1</sup>.

Синон. Ландсбергит (Хэдсон, 1943), аргенталь (Хэдсон, 1943)<sup>2</sup>, частично амальгама.

**Характ. выдел.** Плотные выделения, зернистые агрегаты, иногда в хорошо образованных кристаллах.

**Структ. в моф. крист.** Куб. с.;  $O_h^9 - Im\bar{3}m$ ;  $a_0 = 10,12 \text{ \AA}$ ;  $Z = 10$  (Берман, Харкорт)<sup>1</sup>.

Кристаллическая ячейка — объемно-центрированный куб.

Гексоктаэдр. кл. Формы:  $a$  (100),  $d$  (110),  $o$  (111),  $e$  (210),  $f$  (310),  $n$  (211),  $p$  (221),  $s$  (321).

Кристаллы додекаэдрического облика (фиг. 87), обычно с формами  $d$ ,  $a$ ,  $n$ .

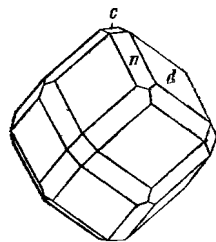
**Физ.** Сп. 10 (110) и (100) ясная. Изл. раковистый. Хрупок. Тв.  $3\frac{1}{2}$ . Уд. в. 13,48—13,71 (вычисл. 13,49 для 50-атомной ячейки; 13,71 — для 52-атомной ячейки). Цв. серебристо-белый. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

**Хим.** Теор. состав: Hg — 73,61; Ag — 26,39. Иногда содержит примесь свободной ртути.

**Анализы:**

	Ag	Hg	Сумма	Уд. в.
1.	27,04	72,94	99,98	13,48
2.	26,48	73,44	99,92	13,71

1 — Мошелландсберг; анал. Гоннер<sup>1</sup>;  
2 — Сала; анал. Маузеллус<sup>3</sup>.



Фиг. 87.  
Кристалл  
мошелландсбергита<sup>1</sup>  
(Мошелландсберг)  
По Аюя

**Диагн. исп.** Растворяется в  $HNO_3$ . П. н. тр. ведет себя подобно собственно амальгаме.

**Нахожд.** Редок. Известен в трех месторождениях: в Мошелландсберге (Бавария, ФРГ) в мелких кристаллах; в Сала (Швеция); в р-ке Шаланш (Франция). Встречается с ртутьсодержащим серебром<sup>1,3</sup>.

**Искусств.**<sup>1</sup> Искусственно получены серебряная амальгама, содержащая 70—71% Hg и соответствующая мошелландсбергиту, а также амальгамы, содержащие 45% Hg и 60% Hg.

○

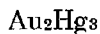
Межплоскостные расстояния мошелландсбергита (по Харкорту)  
Fe-антикатод

№	hkl	I	I'	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_a}{n}$
1	222	2	0,3	2,91	19	642	6	1,0	1,332
2	—	3	0,5	2,85	20	732; 651	8	2,0	1,268
3	321	5	1,0	2,65	21	811; 741;	9	3,0	1,229
4	330 $\beta$	7	2,0	(2,57)		554			
5	330	10	6,0	2,34	22	653	3	0,5	1,192
6	420	5	1,0	2,22	23	822; 660	5	1,0	1,175
7	332	5	1,0	2,115	24	831; 750;	8	2,0	1,158
8	510; 431	7	2,0	1,95		643			
9	530; 433	5	1,0	1,710	25	662	6	1,0	1,142
10	600; 442	7	2,0	1,660	26	900; 841;	3	0,3	1,110
11	611; 532	2	0,3	1,620		744; 663			
12	621; 540	1	0,2	1,555	27	910; 833	4	0,5	1,100
13	541	1	0,2	1,538	28	842	4	0,5	1,088
14	321 $\beta$ ; 633 $\beta$	3	0,5	(1,497)	29	921; 761;	5	1,0	1,076
15	631	6	1,0	1,470		655			
16	444	8	2,0	1,437	30	930; 851;	5	1,0	1,054
17	710; 550	8	2,0	1,410		754			
18	321; 633;	10	4,0	1,360	31	932; 763	6	2,0	1,030
	552								

## Литература

1. Верман Н., Harcourt G. A. Am. Min., 1938, 23, No 11, 761.
2. Шубникова О. М. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1953, вып. 144, 7.
3. Sjögren H. Geol. För. Förh., 1900, 22, 187.

## Амальгама золота Gold amalgam



Синон. Аурамальгама; колумбианит (Гагарин и Куомо, 1949)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Легко расплющивающиеся зерна и шарики; в виде жидкой массы, а также в кристаллах.

Структ. и морф. крист. Искусственное соединение состава  $\text{Au}_{2,5}\text{Hg}_{4,0}$  характеризуется гексагональной плотнейшей упаковкой. Кристаллы игольчатые, с квадратным поперечным сечением.

Физ. Уд. в. 15,47. Цв. белый, желтоватый.

Хим. Теор. состав: Hg — 60,37; Au — 39,63. По составу является золотым аналогом мошелландсбергита. Отвечает одной из фаз системы Au — Hg<sup>2</sup>.

Анализы:

	Au	Hg	Ag	Сумма
1.	38,39	57,40	5,00	100,79
2.	39,02	[60,98]	—	100,00
3.	41,63	[58,37]	—	100,00

1 — Колумбия; анал. Шнайдер<sup>3</sup>;

2 и 3 — Калифорния; анал. Зоненшайн<sup>4</sup>.

**Наход.** В Колумбии встречена вместе с платиной в виде белых шариков величиной с горошину (анал. 1)<sup>3</sup>; в золоторудных месторождениях в р-не Маришоса шт. Калифорния (США) — в текучем состоянии, в расплющивающихся шариках (Австралия) в Таранговере — в кварцевых золотоносных жилах в мелких чешуйках и в виде налетов.

#### Л и т е р а т у р а

1. G a g a r i n G., C u o m o J. R. *Comun. Inst. Nacion. Invest. Cienc. Natural., Mus. Argentino Cienc. Nat. «Bernardino-Rivadavia», Cienc. Geol., 1949, 1, n° 5, 7.*
2. H a n s e n M. *Der Aufbau der Zweistofflegierungen*, Berlin, 1936, 226.
3. M a r c h a n d R. *J. prakt. Chem., 1848, 43, 307.*
4. S o n n e n s c h e i n. *Zs. deutsch. geol. Ges., 1854, 6, 243.*

### СТРУКТУРА ТИПА МЕДИ

#### ГРУППА АМАЛЬГАМЫ СЕРЕБРА

Амальгама серебра	Ag,Hg	СИНГОНИИ	Уд. в.
[Потарит]	PdHg	Куб.	13,7—14,1
		Куб.	13,48—16,11

#### Амальгама серебра (собственно амальгама)

#### Silver amalgam

#### Ag, Hg

См. также ртутьсодержащее серебро: аркверит, бордозит и конгсбергит. Купроаркверит — медьсодержащая амальгама серебра из Чили (Кёхлин, 1928)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** В зернах и сплошных выделениях, налетах, дендрито-видных образованиях, кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с. Кристаллическая ячейка — гранепентрированный куб. Отвечает  $\gamma$ -фазе на диаграмме состояния Ag — Hg<sup>2,3</sup>.

**Формы:** *a* (100), *d* (110), *o* (111), *e* (210), *f* (310), *n* (211), *p* (221), *s* (321).

**Облик кристаллов** додекаэдрический, реже тетрагон-триоктаэдрический, октаэдрический и кубический.

**Физ.** Сп. очень несовершенная по *d* (110). Изл. раковистый до неровного. Довольно хрупка — до ковкой. Тв. 3 или немного больше. Уд. в. 13,7—14,1. Цв. и черта серебряно-белые до темных. Бл. металлический. Непрозрачна.

**Хим.** Содержание Hg колеблется в широких пределах. Состав серебряной амальгамы из Сала (Швеция)<sup>4</sup>: Ag — 46,30; Hg — 51,12; жильные минералы — 2,03; сумма 99,45.

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

**П. п. тр.** на угле дает королек Ag; Hg улетучивается. В закр. тр. растрескивается, плавится и вскипает, образуя возгон Hg и остаток Ag.

**Наход.** Редка. Встречается в ртутных и серебряных месторождениях вместе с баритом, галенитом, аргентитом, цеолитами; также в кварцевых и баритовых жилах с пиритом и киноварью в виде включений в кальците, в жилах с галенитом и сфалеритом<sup>5</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. K o e s c h l i n R. *Mineralogisches Taschenbuch*, Wien, 1928, 19.
2. M u r p h y M. J. *J. Inst. Metals. Proc.*, 1931, 46, 507.
3. B e r m a n H., H a r c o u r t G. A. *Am. Min.*, 1938, 23, No 11, 762.
4. N o r d s t r ö m. *Th. Geol. För. Förh.*, 1881, 5, 715.
5. С а у к о в А. А. *Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 1, 199.*

## Потарит Potarite



Впервые найден и предварительно описан под названием амальгамы палладия Харисоном в 1925 году<sup>1</sup>; назван по месту находки у р. Потаро (Спенсер)<sup>1</sup>.

Синон. Аллопалладий Спенсера (1924) (не аллопалладий Дана).

**Характ. выдел.** Небольшие выделения с неясностолбчатой или волокнистой структурой.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с. Вероятно,  $T^4 - P2_13$ ;  $a_0 = 5,22 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Пижок)<sup>2</sup>.

Неясные октаэдры на поверхности агрегата.

**Физ. Тв.**  $3^{1/2}$ . Уд. в. 13,48 до 16,11, среднее из 11 определений 14,8<sup>1</sup> (вычисл. 14,33). Цв. серебрино-белый. Черта серебрино-белая. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. чисто белый с очень высокой отраж. способностью. Изотропен<sup>3</sup>.

**Хим. Теор. состав:** Hg — 65,3, Pd — 34,7. По спектральным анализам содержит следы Au, Pt.

Анализы:

	Hg	Pd	Сумма	Уд. в.
1.	64,1	35,9	100,00	15,82
2.	65,2	34,8	100,00	15,00

1 — 2 — из долины р. Потаро; анал. Харисон<sup>1</sup>.

По некоторым анализам Харисона, содержит около 55,5% Hg и около 44,5% Pd, что ближе к формуле  $Hg_2Pd_3$ ; возможно, что имелась смесь потарита и другого соединения, аналогично тому, что наблюдал Цисарц<sup>3</sup> (в основной массе изотропного потарита включения ближе не определенного, анизотропного, несколько более мягкого и светло-серого в отраж. св. минерала, который, возможно, тоже является соединением Pd и Hg).

**Диагн. исн.** В  $HNO_3$  растворяется с образованием бурого раствора.  $HCl$  заметного действия не оказывает.

От  $HNO_3$  слегка буреет или синеет, от  $FeCl_3$  буреет;  $HCl$ ,  $KCN$ ,  $KOH$  и  $HgCl_2$  не действуют<sup>2</sup>.

**Повед. при нагр.** При длительном прокаливании при  $1400^\circ$  теряет до 65% веса, что связано с удалением Hg, при этом становится порпстым. Прокаленный остаток при погружении в Hg вновь образует амальгаму.

**Нахожд.** Наблюдался в виде самородков и мелких зерен в алмазных россыпях по р. Потаро (Британская Гвиана).

**Искусств.** Синтез не осуществлен.

## Межплоскостные расстояния потарита из р-на р. Потаро (по XRDC\*)

Си-антикатод, Al-фильтр

№	hkl*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl**	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	2	2,99	8	410; 322	10	1,265
2	200	5	2,55	9	420	5	1,166
3	210	10	2,31	10	421	5	1,137
4	211	7	2,11	11	422	5ш	1,069
5	220	5	1,83	12	510; 431	2	1,028
6	222	6	1,502	13	511; 333	2	1,008
7	321	7	1,391				

\* 1944, II-2525.

\*\* Индицировано Михеевым. Межплоскостные расстояния, по-видимому, не очень точны, особенно в области малых  $\theta$ .

## Л и т е р а т у р а

1. Spencer L. Min. Mag., 1928, 21, 397 (история открытия и изучения; первое детальное описание).
2. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1944, No 49, 71 (всестороннее изучение одного самородка).
3. Cissarz A. Zs. Krist., 1930, 74, H. 5—6, 501.

## СТРУКТУРА ТИПА ДОМЕЙКИТА

## ГРУППА ДОМЕЙКИТА

		Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.
$\alpha$ -домейкит	$Cu_3As$	Куб.	9,61	—	7,9
$\beta$ -домейкит	$Cu_3As$	Триг.	7,10	7,25	8,3

## Домейкит Domeykite



Назван по имени чилийского минералога Домейко (Хайдинггер, 1845).

Синон. Мышьковистая медь (Цинкен, 1837); белая медь (Домейко, 1843), стибродомейкит (Кёниг, 1900).

Оризинит (Вальди, 1870) — нечистый домейкит. Минералы, описанные (Кёниг, Кевт, 1902) под названиями полувитнеит, семивитнеит, моговк-витнеит, моговк-альгодонит, моговкит, кьюшнанит, а также ледуксит (Ричардс, 1901), являются смесями. Кондурит (Филлипс, 1827) — смесь домейкита с купритом или теноритом (Эмбри, 1958.)

Характ. выдел. Плотный, почковидный, гроздевидный, в виде отдельных зерен.

Структ. и морф. крист. Известен в двух полиморфных модификациях<sup>1,2</sup>:  $\alpha$ -домейкит куб. с.  $T_d^6 - I\bar{4}3d$ ;  $a_0 = 9,61 \text{ \AA}$ ;  $Z = 16$ ;  $\beta$ -домейкит триг. с.;  $a_0 = 7,10$ ;  $c_0 = 7,25 \text{ \AA}$ ;  $Z = 6$ <sup>3</sup>.

В  $\alpha$ -домейките атомы As окружены четырьмя разными треугольниками Cu, что делает координацию As равной 12.

Физ. Изл. неровный. Тв. 3—3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Уд. в. природного достоверно не определен: 7,95 по Кёнигу<sup>4</sup>, 7,5—7,7 у минерала из Беловеца<sup>2</sup>, 7,4 и 7,9 у домейкита из Джезказгана<sup>5</sup> (вычисл. уд. в. для  $\alpha$ -домейкита 7,9, для  $\beta$ -домейкита — 8,3 при  $Z = 6$ ). Хрупок, частично ковков. Цв. серебристо-белый до стально-серого;  $\beta$ -домейкит из Мескани серебристо-серый. Наблюдается желтоватая до томпаково-бурой и радужной побежалость. Черта черная. Бл. металлический, на воздухе становится тусклым. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. спос. 55.7 (по Мозесу у Рамдора).  $\alpha$ -модификация, по-видимому, светлее  $\beta$ -модификации;  $\alpha$ -домейкит изотропен;  $\beta$ -домейкит слабо анизотропен. Обычны тесные срастания  $\alpha$ -домейкита с более темным альгодонитом или прорастания двух модификаций  $Cu_3As$ .

Хим. Состав колеблется вследствие неоднородности материала. Теор. состав: Cu — 71,79, As — 28,21.

Анализы  $\alpha$ -домейкита:

	1	2	3	4	5
Cu	72,64	73,47	70,56	70,68	71,45
As	27,36	26,53	29,50	29,25	27,98
Н.о.	—	—	—	—	0,28
Сумма	100,00	100,00	100,06	99,93	99,71
Уд. в.	7,4	7,9	—	7,56	—

1 и 2 — Джезказган, пересчет данных микрохимического анализа; анал. Поток<sup>5</sup>; 3 — Моухок<sup>6</sup>; 4 — шт. Мичиган<sup>7</sup>; 5 — Лонгбан<sup>8</sup>.

$\beta$ -Домейкит анализировался лишь в смеси с другими минералами.  
**Диагн. исп.** Растворяется в конц.  $\text{HNO}_3$ .

Данные о травлении разноречивы и требуют уточнения.

**П. п. тр.** легко плавится (плавк. 2). На угле дает налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ .

**Повед. при нагр.** При нагревании до  $225^\circ$   $\alpha$ -домейкит переходит в  $\beta$ -домейкит или в альгодонит.

**Нахожд.**  $\alpha$ -Домейкит редок. Происхождение неясно. Частично гидротермальный. Спутники: самородные медь и серебро, сульфиды  $\text{Cu}$ , арсениды  $\text{Ni}$  и  $\text{Co}$ , брейтгауптит и др. Обнаружен в Джезказганском месторождении Каз. ССР в тесном сростании с альгодонитом и медью в составе гипогенных халькозино-борнитовых и галенитовых руд<sup>5</sup>. В Чили близ Сан-Антонио в Копьяно встречается вместе с серебром, медью, полибазитом и кальцитом в почковидных и гроздевидных плотных массах с включениями халькопирита и самородного серебра; в Мексике в Серро-де-Параката ассоциируется с самородной медью. В шт. Мичиган (США) около оз. Портидж и в р-ке Моухок; в Канаде у Верхнего озера, в Англии — в р-ке Кондуру в Корнуэлле (кондурит); в ГДР — близ Цвикау (Саксония), в Швеции — в Люнгбане.

$\beta$ -Домейкит найден в Иране в месторождении Мескани<sup>2</sup>; обнаружен также в коллекции из неизвестного месторождения.

**Изм.** На воздухе с течением времени покрывается бурым налетом.

**Искусств.** Получен только  $\beta$ -домейкит действием паров  $\text{As}$  на электролитическую медь<sup>3</sup>.  $\beta$ -Домейкит образуется также при нагревании  $\alpha$ -домейкита до  $225^\circ$ , но обычно вместе с альгодонитом.

**Отл.** От самородных серебра, висмута, серебристого золота и др., на которые похож по цвету, отличается повышенной хрупкостью, побежалостью. В полпр. шл. несколько темнее альгодонита.

Межплоскостные расстояния  $\alpha$ -домейкита<sup>1</sup>  
 Сп-антикатод

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	211	2	3,918	13	620	4	1,517
2	220	4	3,393	14	541	2	1,481
3	310	8	3,035	15	631	2	1,415
4	321	6	2,565	16	710; 543; 550	4	1,357
5	400	2	2,399	17	640	2	1,331
6	420	8	2,150	18	721; 633; 552	6	1,306
7	332	10	2,046	19	642	2	1,282
8	—	2	2,009	20	730	2	1,260
9	422	8	1,959	21	732; 651	10	1,219
10	510; 431	8	1,882	22	811; 741; 554	8	1,181
11	530; 433	2	1,619	23	820; 644	8	1,164
12	611; 532	4	1,557				

Межплоскостные расстояния  $\beta$ -домейкита<sup>1</sup>  
 Сп-антикатод

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	0002	6	3,638	7	21 $\bar{3}$ 1	8	2,214
2	11 $\bar{2}$ 0	4	3,551	8	30 $\bar{3}$ 0	10	2,050
3	11 $\bar{2}$ 1	4	3,192	9	11 $\bar{2}$ 3	10	2,002
4	10 $\bar{1}$ 2	4	3,131	10	21 $\bar{3}$ 2	6	1,959
5	11 $\bar{2}$ 2	2	2,541	11	30 $\bar{3}$ 2	2	1,786
6	20 $\bar{2}$ 2	8	2,345	12	10 $\bar{1}$ 4	4	1,744



№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$
13	22 $\bar{4}$ 1	2	1,725	22	22 $\bar{4}$ 4	2	1,2705
14	31 $\bar{4}$ 1	2	1,660	23	31 $\bar{4}$ 4	6	1,2441
15	11 $\bar{2}$ 4	2	1,619	24	21 $\bar{3}$ 5	4	1,2335
16	20 $\bar{2}$ 4	2	1,565	25	50 $\bar{5}$ 0	2	1,2300
17	21 $\bar{3}$ 4; 2243	6	1,432	26	32 $\bar{5}$ 3	2	1,2195
18	40 $\bar{4}$ 2	2	1,416	27	0006; 50 $\bar{5}$ 1	4	1,2125
19	32 $\bar{5}$ 1	4	1,385	28	33 $\bar{6}$ 0	8	1,1836
20	41 $\bar{5}$ 1	2	1,320	29	40 $\bar{4}$ 4; 41 $\bar{5}$ 3	10	1,1742
21	32 $\bar{5}$ 2; 20 $\bar{2}$ 5	4	1,315				

## Литература

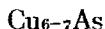
1. Михеев В. П. Зап. Всес. мин. о-ва, 1949, 78, № 2, 3.
2. Padéra K. Bull. internat. Acad. Tchèque Sci., 52 An., 1951 (1953), 1, 53.
3. Machatschki F. Cbl. Min., 1930, 19.
4. Koenig G. A. Am. J. Sci., 1902, 14, 404.
5. Сатпаева Т. А., Голоднова Н. Б. Изв. АН Каз. ССР, сер. геол., 1957, вып. 2, 108.
6. Stephanović S. Zs. Krist., 1903, 37, 245; 1905, 40, 321; Wright F. E. Zs. Krist., 1904, 38, 544.
7. Genth F. A. Am. J. Sci., 1892, 33, 193.
8. Aminoff G. Handl. Akad. Stockholm, 1931, 9, No 5, 49.

## СТРУКТУРА ТИПА ДИСКРАЗИТА

## ГРУППА ДИСКРАЗИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.	
Альгодонит	$Cu_{6-7}As$	Ромб.	2,59	4,56	4,23	8,1—8,6
Дискразит	$Ag_3Sb$	Ромб.	2,99	5,24	4,83	9,75

## Альгодонит Algodonite



Назван по м-нию в Чили (Филд. 1857)<sup>1</sup>.

Синон.  $\gamma$ -домейкит (Михеев)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкие кристаллические корочки, плотные и мелкозернистые выделения, иногда почковидные и гроздевидные.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с., псевдогексагональный. Близок по структуре к дискразиту;  $a_0 = 2,594$ ;  $b_0 = 4,561$ ;  $c_0 = 4,229$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,5687 : 1 : 0,9272$  (р-к Кальюмет по Падера)<sup>3</sup>.

Близкие данные получил Стефанович<sup>4</sup> при измерении кристаллов домейкита, синтезированного Кёнигом.

**Физ.** Сп. неясная. Стефанович указал для искусственного образца сп. в одном направлении. Изл. полураковистый. Тв. 4. Уд. в. 8,05—8,6. Цв. серебристо-белый, желтоватая и синеватая побежалость. Бл. металлический, на воздухе тускнеет. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. спос. 66,5% (измерена при помощи фотоэлемента). Анизотропен. Двухотражение слабое.

Наблюдается в тесном соприкосновении с  $\alpha$ - и  $\beta$ -домейкитом.

**Хим.** Формула дается различно: Падера<sup>3</sup> —  $Cu_7As$ , Рамсдел<sup>5</sup> —  $Cu_6As$ , Махачки<sup>6</sup> —  $Cu_{4-5}As$ , Стеенберг<sup>7</sup> и Михеев<sup>2</sup> —  $Cu_3As$ . Теор. состав из формулы  $Cu_3As$ : Cu — 71,80; As — 28,20; из формулы  $Cu_6As$ : Cu — 83,58; As — 16,42; из формулы  $Cu_7As$ : Cu — 85,59; As — 14,41.

## Анализы:

	Cu	Ag	As	Сумма
1.	83,53	—	16,55	100,08
2.	84,01	Сл.	15,85	99,86
3.	74,92	9,00	15,96	99,88

1 — р-к Чемпион; анал. Кёниг<sup>8</sup>; 2 — р-к Кальюмет; анал. Падера<sup>3</sup>; 3 — Джезказган (в полир. шл. видны небольшие включения домейкита)<sup>9</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>; в HCl не растворяется.

В полир. шл. травится HCl. Иногда альгодонит пронизан более темными прожилками, на которые HCl не действует.

**П. п. тр.** ведет себя подобно домейкиту.

**Повед. при нагр.** При плавлении распадается на Cu<sub>2</sub>As и мышьяковистую медь.

**Нахожд.** Редок. Найден в Чили в серебряном р-ке Альгодонес с купритом и в Серро-де-лас-Йегуас. В шт. Мичиган (США) — в рудниках Чемпион, Кальюмет и Пьюабик. В северо-западной Чехословакии — в Беловце — обнаружен в прожилках медных руд, секущих гранит-порфир.

В СССР изредка встречается в Джезказганском медном месторождении (Каз. ССР); отлагался путем замещения цемента песчаника, местами образует обогащенные участки<sup>9</sup>.

**Искусств.** Получен в смеси с β-домейкитом нагреванием α-домейкита до 225°.

**Отл.** В шлифах несколько светлее домейкита. Надежно отличим от домейкита лишь по порошкограмме.

## Межплоскостные расстояния альгодонита\*

№	hkl**	I	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl**	I	$\frac{d_a}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 0	3	2,25	6	11 $\bar{2}$ 0	5	1,30
2	0002	8	2,13	7	10 $\bar{1}$ 3	5	1,20
3	10 $\bar{1}$ 1	10	2,00	8	11 $\bar{2}$ 2	5	1,105
4	10 $\bar{1}$ 2	5	1,54	9	0004	2	1,080
5	0003	1	1,45				

\* Данные, приведенные Харкорттом для образца «домейкита»; хорошо совпадают, однако, с данными Вальдо<sup>10</sup> для альгодонита.

\*\* Индексировано Михеевым для псевдогексаг. ячейки.

## Литература

1. Field F. J. Chem. Soc., 1857, 10, 289; Am. J. Sci., 1858, 25, 402.
2. Михеев В. И. Зап. Всес. мин. о-ва, 1949, 78, 3.
3. Paděra K. Bull. intern. Acad. Tchèque Sci., 52 An., 1951 (1953), 1, 53.
4. Stephanovič S. Zs. Krist., 1903, 37, 245; Koenig G. A. Zs. Krist., 1904, 14, 73.
5. Ramsdell L. S. Am. Min., 1929, 14, No 5, 188.
6. Machatschki F. N. Jb. Min., 1929, B.-B. 59, 137.
7. Steenberg B. Arkiv Kemi, Min., 1938, 12A, N:o 26, 1.
8. Koenig G. A. Am. J. Sci., 1902, 14, 410.
9. Сатпаева Т. А. Рудообразующие минералы Джезказганского месторождения. Изд. АН Каз. ССР, Алма-Ата, 1949, 31.
10. Waldo A. W. Am. Min., 1935, 20, No 8, 575.

## Дискразит Dyscrasite



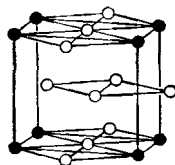
Назван. от греч. *δυσκράσις* (дискразис) — плохой сплав (Дана, 1868).

Синон. Дискраз (Бедан, 1832); штеклолит (1837), сурьмянистое серебро (частично); стибииргриаргентит и стибиигексагргентит (Петерсен, 1869).

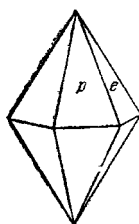
Характ. выдел. Мелкие зерна, зернистые и листоватые выделения; кристаллы редки.

Структ. и морф. крист. Ромб. с., псевдогексагональный.  $C_{2v}^2 - Pmm$  2;  $a_0 = 2,996$ ;  $b_0 = 5,236$ ;  $c_0 = 4,830$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,5722 : 1 : 0,9225$ ;  $Z = 1$  (Пикок)<sup>1</sup>.

Структура: гексагональная плотнейшая упаковка, в которой атомы Sb окружены десятью атомами Ag и двумя Sb (фиг. 88); по сравнению с серебром расстояния Ag—Ag увеличены, по сравнению с сурьмой Sb—Sb сближены<sup>1</sup>.



Фиг. 88.  
Структура дискразита  
(белые круги — Ag, чер-  
ные — Sb) По Пикоку



Фиг. 89.  
Двойник дискразита  
(Андреасберг)  
По Хайдинггеру-Пикоку

Ромбо-пирамид. кл.;  $a : b : c = 0,5722 : 1 : 0,9225$  (по рентгеновским данным).

Формы<sup>1</sup>:

	Ф	Р		Ф	Р
$e$ 021	0°00'	61°32'	$p$ 111	60°13'	61°42'
$pp$ (111) : ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) = 51° 52'			$pe$ (111) : (021) = 52° 23'		

Кристаллы псевдогексагональные.

Старые измерения Наумана, возможно, и Деклуазо, были выполнены не на дискразите. К дискразиту, по-видимому, относятся измерения Хайдинггера.

Дв. по (110) повторные в виде псевдогексагональных дипирамид (фиг. 89).

Физ. Сп. по (011) и по (001) отчетливая. Изл. неровный. Тв.  $3\frac{1}{2}$ . Уд. в. 9,63—9,82 (вычисл. 9,75). Цв. в свежем изломе серебрино-белый; наблюдается оловянно-белая или свинцово-серая побежалость. Черта серебрино-белая. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 66, для оранжевых — 62,5, для красных — 61. Слабо анизотропен. Иногда двойниковое сложение. Образует тесные сростания с серебром (п алларгентумом), скелетные кристаллы в самородном серебре, иногда прорастания с самородным мышьяком.

Хим. Теор. состав: Ag — 72,66, Sb — 27,34. Состав широко колеблется; чистый дискразит редок, обычно представляет смесь  $Ag_3Sb$  с твердым раствором Sb в Ag или с твердым раствором Ag в Sb<sup>2</sup>. Частично, особенно в старых работах, описывается как сурьмянистое серебро. Средние данные семи анализов дискразита из Андреасберга на Гарце (ФГ)<sup>3</sup>: Ag — 75,41; Sb — 24,37; сумма — 99,78.

Диагн. исп. Растворяется в  $HNO_3$  с выделением  $Sb_2O_3$ .

В полир. шл. от  $HNO_3$  медленно сереет, от  $FeCl_3$  и от  $HgCl_2$  постепенно покрывается радужной пленкой.  $HCl$ ,  $KCN$ ,  $KOH$  не действуют.

П. п. тр. на угле легко плавится и дает белый налет  $Sb_2O_3$  и корочку серебра, содержащий Sb.

**Наход.** Редок, встречается в некоторых гидротермальных месторождениях, богатых серебром. Условия образования не всегда ясны. Образуется, по-видимому, как из гидротермальных растворов, так и в зоне вторичного сульфидного обогащения. Обычно сопровождается самородным серебром, с которым образует прорастания типа структур распада твердых растворов; встречается в карбонатных и баритовых рудных жилах в ассоциации с пираргиритом, штрмейеритом и другими минералами Ag, а также тесно ассоциируется с галенитом, в котором нередко образует включения. Отмечено замещение дискразитом ряда минералов (маухерита, никелина и др.). Обычно содержится в жилах в небольшом количестве, но в Вольфахе (Баден, ФРГ) является главным серебросодержащим минералом; в значительном количестве в тесной ассоциации с галенитом встречается в р-ке Консольс в Брокен-Хилле (Австралия). В месторождении Акол (Красноярский край) наблюдался в анкеритовой жиле в сростании с халькопиритом; образовался одновременно с карбонатом, несколько позднее герсдорфита<sup>4</sup>. В месторождении Кобальт (Канада) дискразит и самородное серебро ассоциируются с никелевыми и кобальтовыми минералами<sup>5</sup>.

**Изм.** Имеются указания на образование пиростильпинита при изменении дискразита. При выветривании покрывается корочкой самородного серебра и «сурьмяных охр».

**Искусств.** Образуется при  $560^\circ$  в системе  $Sb-Ag^{2,6}$ ; получается сплавом Ag и Sb, взятых в стехиометрических соотношениях.

**Практ. знач.** Составная часть некоторых серебряных руд.

**Отл.** В полир. пл. сходен с самородным серебром, висмутом и сурьмой. В отличие от серебра, анизотропен, имеет желтоватый оттенок и несколько меньшую отраж. способ.; висмут более мягкий и отличается пластинчатым двойниковым строением; в отличие от сурьмы, для дискразита характерно появление побежалости (через несколько дней).

Межплоскостные расстояния  $Ag_3Sb$  (по XRDC) \*

№	<i>hkl</i> **	<i>hkil</i> **	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>hkil</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	020; 110	10 $\bar{1}$ 0	6	2,585	10	222; 042	20 $\bar{2}$ 2	1	1,144
2	002	0002	6	2,40	11	024; 114;	10 $\bar{1}$ 4;	4	1,090
3	021; 111	10 $\bar{1}$ 1	10	2,28		203; 133	1 $\bar{1}$ 23		
4	022; 112	10 $\bar{1}$ 2	6	1,765	12	043; 223	20 $\bar{2}$ 3	4	1,010
5	200; 130	11 $\bar{2}$ 0	6	1,500	13	151; 311 221	12 $\bar{3}$ 1	4	0,963
6	023; 113	10 $\bar{1}$ 3	6	1,364	14	204; 134	11 $\bar{2}$ 4	4	0,939
7	202; 132	11 $\bar{2}$ 2	4	1,274	15	035; 242;	10 $\bar{1}$ 5	4	
8	041; 221	20 $\bar{2}$ 1	4	1,253		1 $\bar{2}$ 2; 312	12 $\bar{3}$ 2		0,903
9	004	0002	1	1,205	16	234; 330	30 $\bar{3}$ 0	4	0,840

\* 1944, II-2546.\*

\*\* Результаты индифференцирования, произведенного Михеевым для ромбической и для псевдогексагональной ячеек.

#### Л и т е р а т у р а

1. Р е а с о с к М. А. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 31.
2. S c h w a r t z G. Am. Min., 1928, 13, No 10, 495; W h i t e h e a d W. L. Econ. Geol., 1919, 14, 1.
3. L i e b i s c h T. Ber. Berliner Akad., 1910, 20, 365 (по Пякоку).
4. Б а р с а н о в Г. П., П о г о н я Ю. Ф. Изв. АН СССР, сер. геол., 1947, № 2, 103.
5. T h o m p s o n R. M. Am. Min., 1954, 39, No 5—6, 528.
6. R a s t a l l R. H. Geology of Metalliferous Deposits. Cambridge, 1925, 225.

Не проверены новыми исследованиями следующие мышьяксодержащие минералы серебра: гунтилит — huntillite (Бюртл, 1879) — предполагаемый арсенид серебра  $\text{Ag}_3\text{As}$ ; чанарцилит — chanarcillite (Домейко, 1868) приблизительного состава  $\text{Ag}_4(\text{Sb}, \text{As})_3$ ; арсенаргентит — arsenargentite (Хэнэй, 1877) —  $\text{Ag}_3\text{As}$ , встречающийся в тесной ассоциации с самородным мышьяком (Дана, 1892). Мышььяковистое серебро (Клапрот, 1795) и пиритоламирт (Адам, 1869) — очевидно, смеси арсенопирита, мышьяковистого железа и дискразита (Дана, 1892).

### СТРУКТУРА ТИПА МАЛЬДОНИТА

#### ГРУППА МАЛЬДОНИТА

Мальдонит  $\text{Au}_2\text{Bi}$  Куб. с.  $a_0$  7,958 Уд. в. 15,7

#### Мальдонит Maldonite



Назван по местности Мальдон в Австралии (Ульрих, 1870)<sup>1</sup>. В природных образованиях преимущественно представлен микроскопической смесью золота и висмута — продуктов распада  $\text{Au}_2\text{Bi}$ .

Синон. Черное золото, висмут-золото, часть бисмутаурита (ср. висмутистое золото).

**Характ. выдел.** Мелкозернистый до крупнозернистого.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^7 - Fd3m$ ;  $a_0 = 7,958 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (для искусств., Юрпаансе)<sup>2</sup>. Для кристаллической структуры характерно расположение атомов Bi по алмазному закону.

Соответственный структурный тип до сих пор был известен лишь для искусственных сплавов и прежде всего для  $\text{Cu}_2\text{Mg}$ . Он осуществляется, если один из металлических компонентов (Mg, Bi) имеет радиус, намного больший, чем у второго компонента (Cu, Au). Крупный атом (Bi) окружен 12 более мелкими в виде усеченного тетраэдра («лавесовский полнэдр»).

Гексоктаэдр. кл. Искусственные кристаллы октаэдрические.

**Физ.** Сп. ясная по (100) (Ульрих) и по (110) (Рат). Ковок. Тв.  $1^1_2 - 2$ . Уд. в. 8,2—9,7<sup>1</sup> (у искусств. 15,46<sup>2</sup>, вычисл. 15,70). Цв. серебриано-белый с розоватым оттенком в свежем изломе, на несвежей поверхности медно-красная побежалость; иногда темно-бурый до черного («черное золото»). Бл. металлический, на воздухе тускнеет.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. желтовато-белый. Отраж. спос. высокая, но ниже, чем у золота и висмута. Характерны мirmekитовые прорастания золота и висмута с реллктовыми участками собственно мальдонита как результат распада  $\text{Au}_2\text{Bi}$ , однородного при высоких температурах<sup>3</sup>.

**Хим.** Теор. состав: Au — 65,36; Bi — 34,64.

Анализы:

	1	2
Au	64,5	65,12
Bi	35,5	34,88
Сумма	100,00	100,00

1 — 2 Нагетт-Рифф; 1 — анал. Ньюбери<sup>1</sup>, 2 — анал. Мак-Айвор<sup>4</sup>.

**Диагн. исп.** Растворим только в царской водке.

П. п. тр. на угле легко плавится, давая белый возгон висмута и корольек Au.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл.  $373^{\circ}$  (искусств.). Соединение  $Au_2Bi$  однородно при высоких температурах; при охлаждении распадается на составляющие компоненты, образуя грубые срастания мирмекитового типа, состоящие из самородного золота и самородного висмута<sup>4</sup>.

**Нахожд.** Очень редок. В р-ке Нагети-Риф в Мальдоне (пров. Виктория, Австралия) встречен в высокотемпературных золотоносных кварцевых жилах среди гранитов в виде мелких (величиной с горошину) неправильных выделений. Особенно обилен вместе с золотом в виде вкрапленности в грейзеноподобных зонах. В р-ке Игл-Хоук (Австралия) сопровождается кварцем, шеелитом, апатитом и ближе не определенным висмутовым минералом<sup>5</sup>. В Беица Бихорулуй (б. Рецбанья, Румыния) обнаружен в гранатсодержащем скарне.

**Искусств.** Получен в системе  $Au - Bi^2$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. Ulrich R. Contrib. Min. Victoria. Melbourne, 1870, 4.
2. Jurriaanse T. Zs. Krist., 1935, 90, 322.
3. Ramdohr P. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1940, 52, 271.
4. McIvor E. Chem. News, 1887, 55 191.
5. Ulrich G. H. F. N. Jb. Min., 1875, 287.

### СТРУКТУРА ТИПА НИГГЛИНА

#### ГРУППА НИГГЛИТА

Нигглиит  $Pt_2Sn_3^2$  Гексаг. с.  $a_0$  4,11  $c_0$  5,45 Уд. в. 4

#### Нигглиит Niggliite



Назван по имени проф. П. Ниггли из Цюриха (Шольц, 1937)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкие зерна.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с.  $a_0 = 4,111$ ;  $c_0 = 5,446 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,325$  (Грёневелд-Мейджер<sup>2</sup>, по данным порошкограммы Шольца).

Решетка нигглиита сходна с решетками  $PdTe$ ,  $IrTe$ ,  $PtSn$ .

**Физ. Сп.** нет. Изл. раковистый. Хрупок. Тв.  $\sim 3$ . Уд. в.  $\sim 4$  (больше, чем у халькопирита). Цв. серебряно-белый до светло-желтоватого. Немагнитен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый с кремовым оттенком. Отраж. спос. очень высокая. Двуотражение сильное от бледно-голубого до ярко-кремового. Сильно анизотропен.

**Хим.** Состав твердо не установлен. Микрхимически обнаружены  $Te$  и  $Pt$ ; при навеске в 1 мг химически определено 34,8 %  $Pt$ , что не может считаться достоверным. Шольц предположил, что состав нигглиита отвечает формуле  $PtTe_3$  (теор. состав:  $Pt - 33,8$ ;  $Te - 66,2$ ); Грёневелд-Мейджер, учитывая, что соединения типа  $AX_3$  для  $Pt$  и  $Pd$  не известны, а свойства нигглиита отвечают таковым  $PdTe$ , предложил для нигглиита формулу  $PtTe$  (теор. состав:  $Pt - 60,5$ ;  $Te - 39,5$ ); Рамдор<sup>3</sup> на основе письма Шольца указывает формулу  $Pt_2Sn_3$  ( $Pt - 52,3$ ;  $Sn - 47,7$ ); Штруни приводит формулу  $PtSn$ .

**Диагн. исп.** Растворяется в царской водке при нагревании. В полир. пл. реактивами не травится.

**Наход.** Найден в концентратах, полученных из окисленных медно-никелевых сульфидных руд месторождения Инсизва в Вост. Грикваланде (Южно-Африканск. Союз).

Межплоскостные расстояния нигеллита  
(по данным Шольца)<sup>1</sup>

№	$I^*$	$\frac{d_a}{n}$	№	$I^*$	$\frac{d_a}{n}$
1	5	3,54	15	3**	1,438
2	3**	3,31	16	3**	1,412
3	3**	3,03	17	5	1,358
4	5	2,96	18	5	1,343
5	5	2,83	19	3**	1,326
6	3**	2,33	20	7	1,304
7	3**	2,27	21	7	1,268
8	10	2,15	22	10	1,205
9	10	2,05	23	7	1,186
10	5	1,773	24	5	1,134
11	5	1,685	25	1	1,089
12	3	1,638	26	5	1,081
13	3	1,609	27	3	1,041
14	10	1,486	28	7	1,028

\* Интенсивность, данная автором в пятибалльной системе, переведена на десятибалльную:  $st - 10$ ;  $m - 7$ ,  $mw - 5$ ,  $w - 3$ ,  $ww - 1$ .

\*\* Линии, которые, по-видимому, обязаны примесям.

#### Л и т е р а т у р а

1. Scholtz D. L. Geol. Soc. South. Africa. Trans., 1937, 39, 81.
2. Groeneveld-Meijer W. O. I. Am. Min., 1955, 40, No 7-8, 693.
3. Ramdohr P. Cbl. Min., 1937, A, Nr 7, 193; Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, 1956, 280.

### СТРУКТУРА НЕ ВЫЯСНЕНА

#### ГРУППА СТАННОПАЛЛАДИНИТА

Станнопалладинит	$Pd_3Sn_2$ ?	Куб. с?
Станноплатинит	$Pt_3Sn_2$ ?	[Куб. с.

Недостаточно охарактеризованные минералы.

**Станнопалладинит**<sup>1</sup> — stannopalladinite. Предположительно  $Pd_3Sn_2$  с примесью Cu и Pt. Куб. с. Немогнитен. Включен в ферроплатину, по-видимому, является продуктом распада первоначально однородного минерала. В полир. шл. от конц.  $HNO_3$  — буроватый налет, от царской водки — нестирающийся бурый налет.

**Станноплатинит**<sup>1</sup>. — stannoplatinite. Предположительно  $Pt_3Sn_2$ . Наблюдается в сростаниях с ферроплатиной и станнопалладинитом. В полир. шл. имеет вид кубических кристаллов. Немогнитен. Цв. в шл. несколько темнее, чем у ферроплатины; тв. меньшая. Кислоты на минерал не действуют.

#### Л и т е р а т у р а

1. Масленецкий И. Н., Фалеев П. В., Искюль Е. В. ДАН СССР, 1947, 58, № 6, 1137.

## ГРУППА КОУТЕКИТА

Коутекит	$\text{Cu}_2\text{As}$	Гексаг. с.?
Орселит	$\text{Ni}_2\text{As}$	?

**Коутекит** — koutekite.  $\text{Cu}_2\text{As}^1$ . Гексаг. с.? Наблюдается лишь в шлифах. В отраж. св. голубовато-серый. Сильно анизотропен. Внутренних рефлексов нет. Строение чешуйчатое. Химически не изучен. Состав установлен на основе идентичности порошкограммы с порошкограммой искусств.  $\text{Cu}_2\text{As}$ . В полир. пл. травится  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$  (1:1),  $\text{FeCl}_3$ ; от царской водки розовеет.

Наблюдается в тесном срастании с ближе не определенным арсенидом меди совместно с самородным мышьяком и серебром, со смальтином, дёлиннитом, халькозином и др. в шлифах из карбонатной жилы месторождения Черный Дул в Чехословакии.

Межплоскостные расстояния: 3,32, 2,446, 2,078, 2,024, 1,994, 1,374, 1,324, 1,197, 1,178, 1,147.

## Литература

1. Johan Z. Nature. 1958, 181. No 4622. 1553.

**Орселит** — orselite.  $\text{Ni}_2\text{As}^1$ . Цв. розовато-бронзовый (несколько более бурый, чем у никелина). Уд. в. анализированного материала 6,15, в пересчете на чистый минерал 6,5. Слабое двуотражение. Отраж. спос. в %: для зеленых лучей  $R_g'$  — 48, для желтых — 54, для красных — 58,  $R_p'$  соответственно 44, 52 и 56.

Теор. состав: Ni — 61,05; As — 38,95. Анализ минерала с примесью антигорита (анал. Патюро): Ni — 57; As — 31,50; S — 1; MgO — 3,80;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 0,85;  $\text{SiO}_2$  — 4;  $\text{H}_2\text{O}$  — 1,50; сумма — 99,65. На кривой нагревания дает экзотерм. шик при 600°.

Встречен совместно с пентландитом в массиве Тиебаги (Новая Галедония, Австралия) в жиле, секущей серпентинизированный перидотит.

Межплоскостные расстояния ( $\text{CuK}\alpha$ -излучение): 1,977, 1,918(10); 2,109, 1,810, 1,737, 1,383(4); 1,650, 1,630, 1,296(3); 2,899, 2,831(2); 4,074, 3,205, 3,044, 2,716, 2,487, 2,220, 1,252, 1,231, 1,157, 1,124, 1,109, 1,087 и 1,073 (1).

## Литература

1. Caillière S., Avias J., Falgueirettes J. C. R., Paris, 1959, 249, N° 18, 1771.

## ГРУППА МАУХЕРИТА

Маухерит	$\text{Ni}_{11}\text{As}_8$	Тетраг. с.	$a_0$ 6,86	$c_0$ 21,87	Уд. в. 8,0
----------	-----------------------------	------------	------------	-------------	------------

## Маухерит Maucherite



Назван по имени В. Маухера, горного инженера во Фрейберге (Грюблинг, 1913)<sup>1</sup>. Синон. Плакодин (Брайтхаупт, 1841); темискамит (Уокер, 1914).

**Характ. выдел.** Неправильные зерна, таблитчатые и иногда пирамидальные кристаллы; реже образует зернистые, радиально-лучистые и волькнистые агрегаты, а также метаколюидные образования с концентрическим зональным строением<sup>2</sup>.

**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с.  $D_4^1 - P4_1212$  или  $D_2^8 - P4_3212$  (Ягодзинский, Лавес)<sup>3</sup>;  $a_0 = 6,858$ ;  $c_0 = 21,874\text{Å}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 3,190$ ;  $Z = 4$  (Шюк, для оригинала хим. анализа 1)<sup>4</sup>.



Тетраг.-трапецоэдр. кл.;  $a : c = 1 : 3,190$  (Пикок).

Формы <sup>5,6</sup>	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	$0^{\circ}00'$	$h$ 302	$90^{\circ}00'$	$78^{\circ}12'$
$v$ 203	$90^{\circ}00'$	64 49	$k$ 201	90 00	81 05
$g$ 504	90 00	75 55	$q$ 301	90 00	84 02

Недостовверные формы:  $t$  (103),  $l$  (101).

Кристаллы из Орфорда, измеренные Пэлэчем и Уудом<sup>6</sup> (1904 г.) и описанные как раммельсбергит, оказались маухеритом<sup>4</sup>. На них обнаружены формы (110), (108) (104) и (304). На искусственных кристаллах дополнительно установлены следующие формы: (205), (102), (508), (506).

Дв. по (203), реже по (106) (в установке Пиккока).

Обычно кристаллы таблитчатые по (001), а также пирамидальные, реже — шпильчатые. На гранях пирамид иногда наблюдается штриховка.

Физ. Сп. нет. Изл. неровный. Хрупок. Уд. в. 7,8—8,0 (вычисл. для  $Ni_{11}As_8$ —8,04). Цв. в свежем изломе серебристо-белый или свинцово-серый с красноватым оттенком, быстро появляется красноватая побежалость. Черта черновато-серая. Непрозрачен.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый с розоватым оттенком, который отчетливо обнаруживается в сростках с белыми арсенидами. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 60, оранжевых — 55,5, красных — 51. Двухотраженне отсутствует. Анизотропия очень слабая, едва заметная на границах зерен (с иммерсией).

Часто наблюдаются сростания с никелином, герсдорфитом, саффоритом, смальтином, хлоантитом и др. Отмечаются тонкие графические прорастания маухерита и никелина, а также мельчайшие включения никелина в маухерите.

Хим. Формула точно не установлена; теор. состав для  $Ni_{11}As_8$ : Ni — 51,85; As — 48,15. По Дана, Пэлэчу, Берману, Фронделу возможна формула  $Ni_{12-x}As_8$ , где  $x \sim 1$ ; при  $x = 0$  формула приобретает вид  $Ni_{12}As_8$  (теор. состав: Ni — 54,02; As — 45,98). В небольших количествах маухерит содержит Co (до 1,7%), Fe (до 0,8%), Cu (до 0,7%) и S (до 1%). Co и частично Fe замещают Ni, а S — As. Содержание Cu и части Fe, возможно, связано с механическими примесями.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	0,69	—	0,13	—
Fe	0,84	—	Сл.	0,40
Co	0,20	1,73	0,84	2,15
Ni	49,96	49,07	50,03	52,71
Pb	—	—	—	0,20
Bi	—	0,55	—	—
S	0,97	1,03	0,18	0,17
As	45,88	46,34	45,90	43,67
H <sub>2</sub> O	0,32	—	—	—
Жильные минералы	0,36	—	1,66	0,40
Сумма	99,22	98,72	98,74	99,70
Уд. в.	8,00	7,95	7,83	7,83

1 — Садберн<sup>4</sup>; 2 — «темискамит»; р-к Муз-Хорн; анал. Уокер<sup>7</sup>; 3—4—Мансфельд; 3 — анал. Пальмер<sup>8</sup>, 4 — анал. Праунтль<sup>4</sup>.

**Диагн. исп.** В  $\text{HNO}_3$  полностью растворяется с выделением коричневых паров; медленно разлагается  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HCl}$ .

В полпр. пл. от  $\text{HNO}_3$  вскипает и чернеет, от  $\text{FeCl}_3$  появляется коричневый налет. По данным Барсанова и Погони<sup>2</sup>, травится также царской водкой и  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Остальные реактивы не действуют.

При травлении  $\text{HNO}_3$  (1 : 1),  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ <sup>9</sup> обнаруживаются метаколотцные ангедрально-зернистые структуры, а также лучистые агрегаты. Для диагностики минерала с использованием микрохимического метода, а также метода отпечатков весьма удобна реакция на  $\text{Ni}$  с диметилглиоксимом (малиново-розовое окрашивание)<sup>10</sup>.

П. п. тр. легко сплавляется в блестящий королек. При прокаливании на угле дает налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ , при этом обнаруживается чесночный запах. В закр. тр. слегка растрескивается, несколько изменяет цвет и дает слабый возгон  $\text{As}_2\text{O}_3$ .

**Нахожд.** Известны находки маухерита в ассоциации с никелином в ультраосновных породах, в которых он образуется позже силикатов и хромитов (никеле-хромитовое месторождение Лас-Аралес в Малаге, Испания). В заметном количестве встречается в медно-никелевом месторождении Садбери (Онтарио, Канада) в габбро и норитах, в ассоциации с пирротином, халькопиритом, пентландитом, никелином и другими минералами.

Однако в большинстве случаев маухерит встречается в гидротермальных месторождениях как второстепенный сопутствующий минерал.

В месторождениях никеле-кобальтовой формации маухерит наблюдается в карбонатных жилах в тесной ассоциации со смальтином (хлоантитом), никелином, самородным висмутом, халькопиритом, саффоритом, раммельсбергитом, баритом и др. (Мансфельд в Тюрингии — ГДР, Шладминг в Штирии — Австрия).

В месторождениях серебряно-никеле-кобальтовой формации нередко устанавливается ассоциация маухерита с никелином, самородным висмутом и серебром, с дискразитом, аргентитом, пираргиритом и др. (Муз-Хорн и Кобальт в Канаде). В СССР к этому типу относится Аюльское месторождение (Красноярский край), где маухерит в тесной ассоциации с никелином, герсдорфитом и самородным серебром встречается в карбонатных жилах<sup>2</sup>.

Для маухерита гидротермальных месторождений характерны мелкие округлые концентрически-зональные образования или радиально-волокнистые агрегаты. Часто устанавливается замещение маухеритом никелина.

Отдельные находки маухерита в ассоциации с пирротином, пиритом, арсенопиритом, никелином, сфалеритом и халькопиритом отмечены в рудах Темир-Тауского железорудного месторождения (Кемеровская обл.), а также в пирротиновой руде Артемовского рудника (Красноярский край) и в Михайловском месторождении (Читинская обл.)<sup>9</sup>.

**Изм.** В зоне окисления за счет маухерита возникает зеленый аннабергит.

**Искусств.** Соединение типа  $\text{Ni}_3\text{As}_2$  наблюдалось в системе  $\text{Ni} - \text{As}^{11}$ , известно как искусственный продукт «плакодин», получающийся в плазменных печах.

Образуется<sup>12</sup> в результате диссоциации  $\text{NiAs}$  при нагревании выше  $850^\circ$ ; при этом возникают прорастания, близкие к структуре распада твердого раствора: мелкие одинаково ориентированные чешуйчатые выделения  $\text{Ni}_3\text{As}_2$  внутри зерна  $\text{NiAs}$ . Аналогичная структура наблюдалась в рудах Садбери.

Отл. В отраж. св. по розоватому цвету и отраж. спос. маухерит очень сходен с никелином и брейтгаунтитом, от которых отличается бледностью розовой окраски (в сростках с этими минералами может быть ошибочно принят за бесцветный) и предельно слабой анизотропностью (может быть принят за изотропный). От раммельсбергита и саффорита отличается розоватой окраской, меньшей твердостью и изотропностью. В отличие от амальтина, в маухерите после травления  $\text{HNO}_3$  наблюдается не зональное, с пластинчатое строение.

Межплоскостные расстояния маухерита из Садбери <sup>4</sup>Cu - антикатод, без фильтра,  $D = 28,63$  мм

N.	hkl	I	$\frac{d'_\alpha}{n}$	$\frac{d'_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1*	008 $\beta$	4		2,72	18	448	6	1,104
2*	008	10	2,70		19	2.2.18	6	1,081
3	222	4	2,36		20	0.4.16	4	1,065
4	226 $\beta$	2		2,02	21	266	4	1,042
5	226	10	2,02		22	0.6.11	2	0,988
6	029	2	1,979		23	2.6.10	4	0,970
7	040 $\beta$	6		1,711	24	0.6.13	4	0,942
8	0.0.12	4	1,819		25	465	2	0,927
9	040	10	1,717		26	0.2.23	2	0,914
10	2.2.10	4	1,621		27	4.4.16	4	0,904
11	0.2.13	4	1,508		28	2.6.14	4	0,889
12	048	9	1,447		29	080	4	0,858
13	0.0.16	2	1,362		30	2.6.16	2	0,847
14	249	2	1,297		31	281	4	0,827
15	0.4.12	2	1,243		32	088	4	0,817
16	2.4.11;	6	1,211		33	0.6.19	4	0,807
	440				34	0.4.24	4	0,802
17	2.4.13	6	1,131					

\* Харкорт приводит также ленту 202 с  $d/n = 3,18$  и  $I = 4$ .

## Л и т е р а т у р а

1. Grünling F. Zbl. Min., 1913, 225.
2. Барсанов Г. П., Погоня Ю. Ф. Изв. АН СССР, сер. геол., 1947, № 2, 103.
3. Jagodzinski H., Laves F. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1948, 28, 456.
4. Реасок М. А. Min. Mag., 1940, 25, 557 (общая характеристика, обзор прежних исследований).
5. Rosati A. Zs. Krist., 1914, 53, 389 (кристаллографическое изучение).
6. Palache C., Wood H. O. Am. J. Sci., 1904, 18, 343.
7. Walker T. L. Am. J. Sci., 1914, 37, 170.
8. Palmer C. Econ. Geol., 1914, 9, 669.
9. Шадлуи Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 584.
10. Юшко С. А. Методы изучения руд под микроскопом в отраженном свете. Госгеолгиздат, 1949.
11. Friedrich K. Metallurgie, 1908, 5, 150.
12. Hawley J. E., Hewitt D. F. Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 273.

## ГРУППА ДИНЕРИТА

		СИНГОНИЯ	$a_c$	$c_a$	Уд. в.
Динерит	$\text{Ni}_3\text{As}$	Куб.	—	—	—
Арсенопалладинит	$\text{Pd}_3\text{As}$	Гексаг.	6,80	3,48	10,2
Стибиопалладинит	$\text{Pd}_3\text{Sb}$	Куб. ?	—	—	9,5

## Динерит Dienerite



Назван по имени проф. К. Динера из Вены, открывшего минерал (Хакль, 1921) <sup>1</sup>.

Найден в виде единственного кристалла в Радштадте в Зальцбурге (Австрия).

Куб. с. Кристалл имеет форму куба с ребром 0,5 см. Цв. белый с сероватым оттенком. Бл. сильный металлический.

Теор. состав: Ni — 70,13; As — 29,87. Анализ: Cu — 0,99; Ag — 0,017; Fe — 0,64; Co — 1,29; Ni — 67,11; As — 30,64; сумма 100,66. Благодаря недостатку вещества анализ неточный; отношение Ni : As = 2,80. Искусственно получен в плавильных печах вместе с другими арсенидами никеля <sup>2</sup>.

## Л и т е р а т у р а

1. H a c k l O. Verh. Geol. Reichsanst., Wien, 1921, 107.
2. F r i e d r i c h K. Metallurgie, 1907, 4, 200.

## Арсенопалладинит Arsenopalladinite



Назван по составу (Кларингбулл и Хей, 1957) <sup>1</sup>.

Найден в виде мелких кристаллов при промывке золотосодержащего концентрата в Итабире (Бразилия). Гексаг. с.  $D_{6h}^1$  — P6/mmm;  $a_0 = 6,80$ ;  $c_0 = 3,48$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 0,512$ ;  $Z = 2$ . Уд. в. 10,2. Теор. состав: Pd — 80,99; As — 19,01. Состав минерала: Pd — 79,8; As — 19,2.

## Л и т е р а т у р а

1. C l a r i n g b u l l G. F., H e y M. H. (автореф.). Min. Abstr., 1957, 13, No 5, 237.

## Стибиопалладинит Stibiopalladinite



Назван по составу (Эдэм, 1927) <sup>1</sup>.

Округлые зерна с поперечником до 0,1 мм.

Куб. с.?

Сп. нет. Тв. 4½. Уд. в. 9,5. Цв. серебристо-белый до стальносерого <sup>1</sup>, а также белый с желтоватым или бронзово-розовым оттенком <sup>2</sup>. Бл. металлический. Не прозрачен.

В полир. пл. в отраж. св. белый со слегка желтовато-розовым оттенком (в иммерсии несколько светлее пентландита). Отраж. спос. (н %): для зеленых лучей 51,5, для оранжевых — 54, для красных — 57 (возможно, занижена). Очень слабо анизотропен, при больших увеличениях часто кажется изотропным.

Теор. состав: Pd — 72,44; Sb — 27,56. Состав стибиопалладинита из Трансвааля <sup>2</sup>: Pd — 70,4; Sb — 26,0; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,9; н. о. — 1,4; сумма — 98,7. По спектр. анализам, кроме того, содержит следы Rh, Ir, Pt, Ag, Au при отсутствии Co, Ni, Ru, Os <sup>3</sup>.

HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> не действуют. Растворяется в горячей царской водке.

В полир. пл. травится лишь царской водкой и смесью конц. HCl и KCl.

В Трансваале <sup>3</sup> (Южная Африка) наблюдается в платиновых месторождениях в ассоциации с пирротином, халькопиритом, пентландитом, самородной платиной, куперитом, сперрилитом, брэггитом и другими минералами (р-н Потгитерсрюста), в гранитных пегматитах (Твифон-

тейн) и в платиноносных кварцевых жилах (Ристфонтейн). В Чоко (Колумбия) обнаружен в платиновых самородках.

Образуется в системе Pd — Sb.

*Л и т е р а т у р а*

1. Adam H. R. J. Chem. Met. Min. Soc. South Africa, 1927, 27, 249.
2. Schneiderhöhn H. Sbl. Min., 1929 A, 193; Chem. d. Erde, 1929, 4, 268.
3. Вагнер П. А. Месторождения платины и рудники Южной Африки. Перевод. Цветметиздат, 1932, 18.

**ГРУППА ГОРСФОРДИТА**

Горсфордит  $Cu_5Sb?$  Уд. в. 8,8

**Горсфордит Horsfordite**

$Cu_5Sb?$

Назван по имени американского химика Э. Горсфорда (Лэйст, Нортон, 1888)<sup>1</sup>.

Массивный. Изл. неровный. Хрупок. Тв. 4—5. Уд. в. 8,812. Цв. серебряно-белый, характерна побежалость. Бл. металлический. Непрозрачен.

Формула точно не установлена; возможные формулы:  $Cu_5Sb$  (теор. состав Cu — 72,58; Sb 27,42) или  $Cu_6Sb$  (Cu — 75,80; Sb — 24,20). Состав минерала из Митилини: Cu — 73,37; Sb — 26,86; сумма — 100,23.

П. п. тр. легко плавится.

Наблюдался в виде крупных сплошных выделений около Митилини в Греции. Современными методами не изучен.

Сходное вещество с уд. в. 8,829 получено сплавлением Cu (73%) и Sb (27%). В системе Cu — Sb известна<sup>2</sup> неустойчивая высокотемпературная фаза состава  $Cu_{11}Sb_2$  (теор. состав: Cu — 74,43; Sb — 25,57).

*Л и т е р а т у р а*

1. Laist A., Norton T. H. Am. Chem. J., 1888, 10, 60.
2. Хансен М. Структуры бинарных сплавов. Перевод. Металлургиздат. 1941, 1, 586.

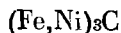
## КАРБИДЫ, НИТРИДЫ, ФОСФИДЫ

<i>Структура типа</i>	$Fe_3C$	
когенит		$(Fe, Ni)_3C$
<i>Структура типа</i>	$NaCl$	
осборнит		TiN
<i>Структура типа</i>	$SiC$	
муассанит		SiC
<i>Структура не выяснена</i>		
чалипит		$Fe_2C$
сидеразит		$Fe_5N_2$
шрейберзит		$(Fe, Ni)_3P$

### СТРУКТУРА ТИПА $Fe_3C$

Когенит     $(Fe, Ni)_3C$     Ромб. с.     $a_0$  4,527     $b_0$  5,079     $c_0$  6,750    Уд. в. 7,6

### Когенит Cohenite



Назван по имени минералога Е. Когена (Вайншпенк, 1889).

Синон. Цементит (искусств.); частью ламприт (Райхенбах, 1861).

**Характ. выдел.** Удлиненные кристаллические выделения, зерна, пластинчатые агрегаты и плотные массы.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^9 - Pbam$ ;  $a_0 = 4,527$ ;  $b_0 = 5,079$ ;  $c_0 = 6,750 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,891 : 1 : 1,329$ ;  $Z = 4$  (Хендрикс)<sup>1</sup>.

Для структуры характерно окружение каждого С шестью атомами Fe, расположенными по вершинам тригональной призмы. Расстояния Fe — С = 1,85—2,15 Å.

Ромбо-дипирамид. кл.

Кристаллы очень редки, столбчатые и удлиненно-пластинчатые с округлыми гранями, затрудняющими измерения; похожи на кристаллы шрейберзита.

**Физ. Сп.** по (100), (010), (001). Очень хрупок. Тв. 5½—6. Уд. в. 7,20—7,65 (вычисл. для  $Fe_3C$ —7,68). Цв. оловянно-белый со светло-бронзовым до золотисто-желтого оттенком. Иногда напоминает шпроттин (теллурический когенит из Гренландии).

Сильно магнитен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. очень высокая, В иммерсии заметное двуотражение. Ясно анизотропен.

**Хим.** Теор. состав для  $Fe_3C$ : Fe — 93,31; С — 6,69.

## Анализы:

	Fe	Co	Ni	C	Сумма
1.	91,69	—	2,21	6,10	100,00
2.	82,70	2,21	9,99	5,10	100,00
3.	92,01	0,37	1,13	6,49	100,00

1 — из метеорита Каньон Дьябло (штат Аризона, США), пересчет на 100 % после вычитания 3,64 % шрейберзита; анал. Флоренс<sup>2</sup>; 2 — из метеорита Вичита (штат Техас, США)<sup>3</sup>; 3 — теллурический из Овифака (Гренландия); анал. Шестрем<sup>4</sup>.

**Диагн. исп.** Не растворяется в разбавленной HCl, в концентрированной HCl растворяется медленно, появляется «керосиновый» запах. Растворяется в растворе  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$  с выделением C, чем легко отличается от шрейберзита (последний не растворяется).

**Находж.** Встречается в железных метеоритах, преимущественно в грубозернистых октаэдриках, иногда в сростаниях с шрейберзитом. Часто заключен в камасите. Найден в теллурическом железе в Овифаке и Ниакорнаке (Гренландия), а также в Бюле (ФРГ) в виде зерен неправильной формы и пластинчатых выделений. Наблюдается по периферии зерен железа в габбро-долеритах р. Курейки в Красноярском крае<sup>5</sup>.

**Искусств.** Синтетический продукт известен под названием цементит, наблюдается в стали, получен в системе Fe — C.

**Отл.** В отличие от шрейберзита когенит, как и никелистое железо, под действием слабоподкисленного 10 %-ного раствора  $\text{CuSO}_4$  покрывается металлической медью. От железа отличается слабой анизотропией, несколько большей твердостью, устойчивостью к травлению спиртовым раствором пикриновой кислоты<sup>6</sup>.

## Л и т е р а т у р а

1. Hendricks S. B. Zs. Krist., 1930, 74, 534.
2. Derby O. A. Am. J. Sci., 1895, 49, 106.
3. Cohen E., Weinschenk E. Ann. Mus. Wien, 1891, 6, 153.
4. Cohen E. Ann. Mus. Wien, 1897, 12, 60.
5. Баженов И. К., Индукаев Ю. В., Яхно А. В. Зап. Всес. мин. о-ва, 1959, 88, вып. 2, 182.
6. Perry S. H. U. S. Nation. Mus. Bull., 1944, No 184, 21.

## СТРУКТУРА ТИПА NaCl

Осборнит    TiN    Куб. с.     $a_0$  4,244    Уд. в. 5,37

## Осборнит Osbornite

TiN

Назван по имени Г. Осборна, привезшего из Индии метеорит Бэсти<sup>2</sup> (Стори-Маскелайн, 1870)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Микроскопически мелкие кристаллики (0,02 мм).

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.;  $a_0 = 4,244 \text{ \AA}$ . Кубическая гранепентрированная решетка типа NaCl (Бэнистер)<sup>2</sup>. Кристаллы октаэдрические.

**Физ.** Хрупок. Уд. в. вычисл. 5,37. Цв. золотисто-желтый. Бл. металлический.

**Хим.** Теор. состав: Ti — 77,38; N — 22,62. Качественно установлено отсутствие Ca и S. Нерастворим в самых сильных кислотах.

**Повед. при нагр.** При нагревании до 850° становится двупреломляющим и дает рентгенограмму типа рутила.

**Находж.** Известна единственная находка в массе метеорита Бэсти (Индия)<sup>3</sup> в виде мельчайших октаэдрических кристалликов в ольдгамите и шроксене.

## Литература

1. Story-Maskelyne N. Proc. Roy. Soc. London, 1870, 18, 146.
2. Bannister F. A. Min. Mag., 1941, 26, No 173, 36.
3. Чпрвинский П. Н. Метеоритика, 1949, вып. 6, 66.

## СТРУКТУРА ТИПА SiC

Муассанит SiC Гексаг. с.  $a_0$  3,08  $c_0$  15,11 Уд. в. 3,2

## Муассанит Moissanite

SiC

Назван по имени А. Муассапа, открывшего минерал в составе метеорита (Куин, 1905).

**Структ. и морф. крист.** Для SiC в лабораторных условиях установлено до десяти различных кристаллических модификаций<sup>1</sup>. Все они представляют собой несколько усложненные структуры вюртцита, т. е. различные плотнейшие упаковки из атомов кремния, в тетраэдрических пустотах которых расположено равное количество атомов углерода. Все структурные формы гексагональны с постоянным  $a_0$  3,073 Å; размер  $c$  зависит от периода повторяемости соответственной плотнейшей упаковки. Некоторые структуры ромбоэдрические, но  $a_h$  у них одно и то же. Расстояние Si—C одинаково (~1,90 Å).

Гексаг. с.  $C_{6v}^4$ — $C63mc$ ;  $a_0 = 3,079$ ;  $c_0 = 15,109$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 4,899$ ;  $Z = 6$  (Тибо)<sup>2</sup>.

Дигексаг.-пирамид. кл.;  $a : c = 1 : 4,9060$  (Пикок, Шрёдер<sup>3</sup> для искусств. SiC).

Формы<sup>3</sup>:

	φ	ρ		φ	ρ
$c$ 0001	—	0°00'	$o$ 10 $\bar{1}3$	60°00'	62°06'
$m$ 10 $\bar{1}0$	60°00'	90 00	$p$ 10 $\bar{1}2$	60 00	70 33
$l$ 10 $\bar{1}5$	60 00	48 34	$r$ 10 $\bar{1}1$	60 00	79 59
$n$ 10 $\bar{1}4$	60 00	54 46			

Соответственные нижние формы  $\bar{c}$  (000 $\bar{1}$ ),  $\bar{e}$  (10 $\bar{1}5$ ),  $\bar{n}$  (10 $\bar{1}4$ ),  $\bar{o}$  (10 $\bar{1}3$ ),  $\bar{p}$  (10 $\bar{1}2$ ),  $\bar{r}$  (10 $\bar{1}1$ ). Редкие дв. по (10 $\bar{1}4$ ). Кристаллы мелкие, таблитчатые по (0001).

Муассанит по облику и цвету очень похож на искусств. карборунд II Баумхауера<sup>4</sup> (SiC II). Якутский муассанит внутри зерен часто содержит непрозрачные включения (магнетита?)<sup>5</sup>.

**Физ.** Сп. плохая по (0001). Изл. раковистый. Тв. 9 $\frac{1}{2}$ . Уд. в. 3,1 (вычисл. 3,217). Бл. алмазный до металлического. Цв. зеленый до черного, иногда синеватый; якутский<sup>5</sup> — бесцветный или серый, часто также зеленый, синевато-зеленый и темно-синий.

**Микр. Плеохроизм:** по  $Ne$  зеленовато-синий или темный индигово-синий; по  $No$  — оливково-зеленый или светло-синий;  $No > Ne$ , иногда  $No < Ne$ .

Одноосный (+) с очень высоким светопреломлением, сильным дву-преломлением и очень высокой дисперсией<sup>2</sup>.

λ	656(C)	589(D)	486(F)	$n_F - n_C$
$n_e$	2,6696	2,6889—2,6930	2,7405—2,7416	0,0815
$n_o$	2,6284—2,6308	2,6467—2,6487	2,6919—2,6943	0,0635
$n_e - n_o$	0,0412—0,0389	0,0422—0,0443	0,0486—0,0473	0,018



$n_o$  2,655,  $n_e'$  2,697 у муассанита из Якутской АССР<sup>5</sup>.

Хим. Теор. состав: Si—70,03; C—29,07.

Диаг. исп. Кислоты, в том числе и концентрированные, не действуют. Медленно разлагается при сплавлении с КОН, образуя силикат калия; разлагается при сплавлении с PbCrO<sub>4</sub>, выделяя СО<sub>2</sub>.

Повед. при нагр. Не сгорает в кислороде при 1000°.

Наход. Установлен Муассаном<sup>6</sup> в железном метеорите Каньон Дьябло (шт. Аризона, США) в виде мелких зеленых гексагональных пластинок вместе с мельчайшими алмазами. В СССР обнаружен в Якутской АССР в составе кимберлитовой брекчии в ксенолите перидотита.

Искусств. Получается в электрических печах в виде технического SiC — карборунда.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramsdell L. S. Am. Min., 1947, 32, No 1—2, 64.
2. Thibault N. Am. Min., 1944, 29, No 9—10, 327; 1946, 31, No 10, 512; Ott H. Zs. Krist., 1925, 61, 515; 62, 201; 63, 1; Bormann G., Seyfarth H. Zs. Krist., 1933, 86, 472.
3. Peacock M., Schroeder R. Cbl. Min., 1934, 113; см. также Negri G. V. Rivista Min. Crist., 1903, 29, 33.
4. Baumhauser H. Zs. Krist., 1915, 50, 33.
5. Бобриневич А. П., Калюжный В. А., Смирнов Г. И. ДАН СССР, 1957, 115, № 6, 1189; сб. «Алмазные м-ния Якутии». Госгеолиздат, 1959, 321.
6. Moissan H. C. R., Paris, 1904, 133, 778.

#### СТРУКТУРА НЕ ВЫЯСНЕНА

		Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.
Чалипит	Fe <sub>2</sub> C	?	—	—	?
Сидеразот	Fe <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	?	—	—	3,15
Шрейберзит	(Fe,Ni) <sub>8</sub> P	Тетраг.	9,03	4,43	7,4

Под названием чалипита (халипита) — chalyrite (Шепард, 1867)<sup>1</sup> известен малоизученный карбид состава Fe<sub>2</sub>C (7—11% C) из железного метеорита. Карбид железа состава Fe<sub>2</sub>C, содержащий 9,67% C, с уд. в. 7,172, был обнаружен также Форххаммером (1854) в гренландском теллурическом железе м-ния Ниагорнак.

#### Л и т е р а т у р а

1. Cohen E. Meteoritenkunde, 1894, 118.

#### Сидеразот Siderazot



Назван по составу (Сильвестри, 1876)<sup>1</sup>.

Синон. Сильвестрин (Дакиарди, 1883).↓

При извержении Этны (1874) выделялся в виде очень тонкой корки на лаве; наблюдался также на Везувии<sup>2</sup>.

Цв. светло-серый. Бл. металлический. Уд. в. 3,147. Слабо разлагается кислотами. Состав по одному анализу<sup>1</sup>: N — 9,14; Fe — 90,86; сумма — 100,00. (теор. состав: N — 9,12; Fe — 90,88). При прокаливании разрушается с выделением азота.

#### Л и т е р а т у р а

1. Silvestri A. Ann. Phys., 1876, 157, 165.
2. Zambonini F. Mineralogia Vesuviana. Napoli, 1935, 34.

### Шрейберзит Schreibersite (Fe,Ni)<sub>3</sub>P

Назван по имени А. Шрайберса из Вены (Хайдингер, 1847).

Синон. Дислитит (Шепард, 1846); шепардит (Хайдингер, 1847); паршиит (Шепард, 1853); частью ламприт—блестящее железо (Райхенбах, 1861); феррорабдит (Лакруа, 1909); фосфид шквиферрита (Чирвинский, 1940) <sup>1</sup>.

Разнов. Рабдит.

**Характ. выдел.** Зерна, таблички\* или пластинки, округлые каплеобразные кристаллы; шестоватые или мелкопгольчатые кристаллы. Обычно окружен когенитом.

**Структ и морф. крист.** Тетраг. с.  $S_4^2 - I\bar{4}$ ?  $a_0 = 9,031$ ;  $c_0 = 4,433\text{Å}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 0,4909$ ;  $Z = 8$  (Хайде и др.) <sup>2</sup>.

$a : c = 1 : 0,4909$  (Дана, 1944)

Формы<sup>3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ (001)	—	0° 00'	$m$ (110)	45° 00'	90° 00'
$a$ (100)	90° 00'	90 00	$d$ (101)	90 00	26 09

Пластинки шрейберзита уплощены по (001).

Рентгеновая установка, принятая Дана, отличается от морфологической Уэри поворотом на  $45^\circ$  вокруг оси  $c$ ;  $c$  (111) Уэри<sup>3</sup> отвечает  $d$  (101) и  $\bar{c}$  (011) установки Хайде-Дана.

**Физ. Сп.** по (001) хорошая, по (010) и (110) несовершенная. Хрупок. Тв.  $6\frac{1}{2}$ —7. Уд. в. 6,9—7,3 (7,44 вычисл. при Ni 28,68%). Цв. серебрино-белый до оловянно-белого, латунно-желтая или коричневая побежалость. Бл. металлический. Непрозрачен. Сильно магнитен.

**Микр.** В отраж. св. белый, в иммерсии слабый буровато-розовый оттенок. Отраж. спос. очень высокая. Двухотражение заметное (особенно в иммерсии) от розовато-бурого до желтоватого. Анизотропен.

**Хим.** В большинстве случаев имеет состав, близкий к  $\text{Fe}_2\text{NiP}$  (теор. состав: Fe — 55,45; Ni — 29,14; P — 15,41). При почти постоянном содержании P (15,5—16,1) содержание Ni колеблется от 10,72 до 28,35%, в рабдите — от 27,36 до 33,15<sup>4</sup>. Часто содержит небольшую примесь Co, следы Cu, а также Cr (до 0,012%) и Mg (до 0,0011%) <sup>5</sup>.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Fe	69,81	65,13	60,08	58,54	55,0	51,60	49,45	41,54
Co	0,16	—	—	0,05	Не обн.	0,70	0,52	0,80
Ni	14,75	24,23	31,58	26,08	29,8	30,89	33,17	42,61
P	15,34	12,40	8,26	15,37	15,2	14,63	14,88	15,05
Cr	—	—	—	—	—	0,78	—	—
Н. о.	—	—	—	—	—	0,96	—	—
Сумма	100,06	101,76	99,92	100,04	100,00	99,56	98,02	100,00

1—4 шрейберзит: 1—Сихотэ-Алинский метеорит (Приморский край); среднее из 3-х анализов; анал. Дьяконова <sup>6</sup>; 2—метеорит из Павлодара (Каз. ССР); анал. Антипова <sup>7</sup>; 3—метеорит Бестюбе (Каз. ССР); анал. Кислаковский <sup>8</sup>; 4—метеорит Каньон Дьябло (Аризона); анал. Тасин; содержит следы Cu <sup>6</sup>; 5—6 рабдит: 5—Сихотэ-Алинский метеорит; анал. Дьяконова <sup>6</sup>; 6—метеорит Коагула (Мексика) <sup>10</sup>; 7—метеорит Техас (США) <sup>11</sup>; 8—метеорит Биконсфилд, Виктория (Австралия); анал. Шэстрём <sup>12</sup>.

**Диагн. исп.** Нерастворим или очень слабо растворим в холодной разбавленной HCl, легко растворяется в теплой конц. HCl и в царской водке.

В полир. пл. легко травится разбавленной HNO<sub>3</sub>; 50%-ная HCl и раствор  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$  не оказывают действия; при воздействии раствора  $\text{CuSO}_4$  быстро покрывается налетом Cu.

П. п. тр. легко сплавляется в сильномагнитный королек.

Находят. Почти постоянный аксессуарный минерал метеоритов; обычен в камасите октаэдритов, реже — в тэните. Среднее содержание шрейберзита в метеоритах ~ 1,2%. Наблюдается: а) в виде пластинок, зажатых между балкамп камасита; б) в виде пероглифических включений в камасите, величин до нескольких сантиметров; в) в виде игольчатых мелких кристалликов, поперечные сечения которых имеют вид ромбиков или параллелограммов; г) также составляет ориентированные включения в камасите, троилите и графите. Нередко образует сростанья с троилитом.

Установлен и в теллурическом железе из Овифака (Гренландия)<sup>13</sup>. Наблюдался как новообразование при горении угля (Франция).

Искусств. Получен путем сплавления порошков Fe, Ni и красного P в отношении, отвечающем формуле Fe<sub>2</sub>NiP<sup>14</sup>. Установлен в виде кристаллов в пустотах железного шлака при изучении системы Fe — Ni — P<sup>15</sup>.

Отл. В полир. пл. от тэнита и когенита отличается отношением к растворам солей Cu; характерны анизотропия, несколько большая, чем у железа, твердость, светло-буроватый оттенок. В отличие от когенита, шрейберзит при кипячении в нейтральном растворе шкратата Na чернеет и обнаруживает признаки разъедания<sup>16</sup>.

Разнов. Рабдит — rhabdite (Rose, 1865) (от греч. ῥαβδος — рабдос — пест) — мелкоигольчатый с большим содержанием Ni.

Межплоскостные расстояния рабдита из метеорита Хуерто-Токотипилла (Чили)<sup>2</sup>  
Fe-излучение, D = 57,3 мм

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	301	2	2,49	9	312	9*	1,755	17	433	4	1,146
2	321β	3	(2,40)	10	431	5	1,666	18	651	7	1,117
3	112β	2	(2,32)	11	620	1	1,428	19	552, 523, 604	7	1,106
4	321	10*	2,18	12	323β	2*	(1,406)	20	811	7	1,091
5	112	8	2,10	13	323	9*	1,268	21	732, 613, 224	3*	1,046
6	420	8	2,01	14	640	1	1,252	22	831	5	1,021
7	411	10	1,959	15	413	5	1,227				
8	222	6*	1,823	16	721	9	1,194				

\* Двойные линии.

#### Л и т е р а т у р а

1. Чирвинский П. Н. Метеоритика, 1949, вып. 5, 45.
2. Heide F., Herschko witsch E., Preuss E. Chem. d. Erde, 1932, 7, 483.
3. W herg y E. Am. Min., 1917, 2, 80.
4. Vogel R. N. Jb. Min., Abhandl., 1952, 84, H. 3, 327.
5. Явнель А. А. Метеоритика, 1956, вып. 14, 87.
6. Дьяконова М. И. Метеоритика, 1958, вып. 16, 46.
7. Антипов И. А. Изв. Петерб. Ак. наук, 1898, 9, 91.
8. Кисляковский Е. Бюл. Моск. об-ва испыт. прир. 1890, 193.
9. Merrill G. U. S. Nat. Mus. Proc., 1912, 43, 595.
10. Cohen E. Annal. Mus. Wien, 1894, 9, 102.
11. Henderson E. S., M oning O. E. Meteoritics, 1956, 1, No 4, 469.
12. Cohen E. Sitzber. Akad. Berlin, 1897, 46, 6.
13. Löfquist, Benediks C. Svensk Vetens. Akad. Handl., 1941, III, 19 (по Рамдору).
14. Buddhue I. D. Popular Astronomy, 1950, 58, 405 (по реферату Min. Abstr., 1951, 11, No 5, 264).
15. Vogel R. Ges. Wiss. Göttingen, Abh., 1932, 6.
16. Perry S. H. U. S. Nat. Mus., Bull. 1944, No 184, 20.

## АРСЕНИДЫ, АНТИМОНИДЫ, ВИСМУТИДЫ

<i>Структура типа никелина</i>		
группа никелина		
[моддерит]		CoAs
никелин		NiAs
брейтгауптит		NiSb
<i>Структура типа пирита</i>		
группа сперрилита		
[арсеноферрит]		FeAs <sub>2</sub>
сперрилит		PtAs <sub>2</sub>
группа ауристибита		
ауристибит		AuSb <sub>2</sub>
группа майченерита		
майченерит		PdBi <sub>2</sub>
[фрудит]		PdBi <sub>2</sub>
<i>Структура типа марказита</i>		
группа лёллингита		
лёллингит		FeAs <sub>2</sub>
саффорит		(Co, Fe)As <sub>2</sub>
раммельсбергит		NiAs <sub>2</sub>
[парараммельсбергит]		NiAs <sub>2</sub>
<i>Структура типа скуттерудита</i>		
группа скуттерудита-хлоантита		
скуттерудит		CoAs <sub>3</sub>
смальтин		(Co, Ni) As <sub>3-x</sub>
хлоантит		(Ni, Co) As <sub>3-x</sub>
<i>Структура не выяснена</i>		
повакит		(Cu, Ag) <sub>4</sub> As <sub>3</sub>
канеит		MnAs <sup>?</sup>

### СТРУКТУРА ТИПА НИКЕЛИНА

		ГРУППА НИКЕЛИНА				
		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в. вычисл.
[Моддерит]	CoAs	Ромб.?	3,52	5,97	5,16	—
Никелин	NiAs	Гексаг.	3,61	—	5,02	7,8
Брейтгауптит	NiSb	Гексаг.	3,95	—	5,15	8,6

Никелин и брейтгауптит являются крайними членами изоморфного ряда. В природе обычно встречаются никелин с весьма незначительным содержанием Sb и брейтгауптит с незначительным количеством As. Очень редок минерал промежуточного состава — а р и т. — разновидность никелина, содержащая до 6% Sb.

Моддерит отнесен к группе никелина условно, как минерал близкого состава. Изучен недостаточно.

**Моддерит**—*modderite* (Купер, 1923)<sup>1</sup>.  $CoAs$ . Установлен в концентратах р-ка Моддерфонтейн (Трансвааль, Южн. Африка). Искусств.  $CoAs$  ромб. с.  $D_{2h}^{16}-Pnma$ ;  $a_0 = 3,52$ ;  $b_0 = 5,97$ ;  $c_0 = 5,16$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,589 : 1 : 0,864$ ;  $Z = 4^2$ . Синевато-белый. Сопровождается никелином, галенитом и минералами платиновой группы. Анализировался, по-видимому, только концентрат.

*Л и т е р а т у р а*

1. Cooper R. A. J. Chem. Met. Min. Soc. South Africa, 1923, 24, 90 (по реферату Am. Min., 1926, 11, No 3, 77 и др.).
2. Fyking K. E. Ark. Kem., Min., 1934, 11, N. 48, 6.

**Никелин Niccolite**



Назван по составу (Бедан, 1832).

Синон. Купферникель (Хизриле, 1694); красный никелевый колчедан (Глокер, 1839); никколин, никколит (Дана, 1868, 1892).

Разнов. Арпт.

**Характ. выдел.** Обычно сплошные зернистые агрегаты и почковидные образования со столбчатой и радиально-лучистой структурой; иногда сетчатые и дендритовидные выделения; редко мелкие хорошо образованные кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с.  $D_{6h}^4-C6_2'mmc$ ;  $a_0 = 3,609$ ;  $c_0 = 5,019$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,3905$ ;  $Z = 2$  (Фабер)<sup>1</sup>.

Структура никелина (Аминов)<sup>1</sup> представляет плотнейшую гексагональную упаковку, в которой все октаэдрические пустоты заняты атомами Ni. Каждый атом Ni окружен шестью атомами As по октаэдру, а каждый атом As — шестью атомами Ni по тригональной призме (фиг. 90).

Дигексаг.-диширампд. кл.;  $a : c = 1 : 1,397$  (Фабер)<sup>1</sup>.

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 0001	—	0°00'	$w$ 30 $\bar{3}2$	60°00'	67°33'
$a$ 11 $\bar{2}0$	30°00	90 00	$t$ 20 $\bar{2}1$	60 00	72 47
$m$ 10 $\bar{1}0$	60 00	90 00	$\gamma$ 50 $\bar{5}2$	60 00	76 04
$e$ 10 $\bar{1}3$	60 00	28 16	$y$ 30 $\bar{3}1$	60 00	78 19
$x$ 10 $\bar{1}2$	60 00	38 53	$s$ 11 $\bar{2}3$	30 00	42 58
$r$ 10 $\bar{1}1$	60 00	58 13	$p$ 11 $\bar{2}2$	30 00	54 24

$rr$  (10 $\bar{1}1$ ): (01 $\bar{1}1$ ) = 50°18'     $ee$  (10 $\bar{1}3$ ): (01 $\bar{1}3$ ) = 27°31'     $yy$  (30 $\bar{3}1$ ): (03 $\bar{3}1$ ) = 58°40'

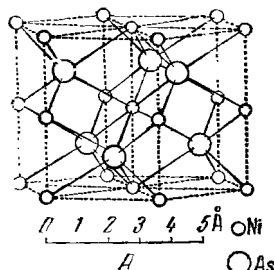
Кристаллы редки, призматические (фиг. 91) или таблитчатые по  $c$  (0001) (фиг. 92). Грани кристаллов часто искажены и горизонтально исптрихованы. Встречаются двойники по (10 $\bar{1}1$ ), изредка четверники<sup>2</sup>.

**Физ.** Сп. несовершенная по (10 $\bar{1}0$ ). Изл. неровный. Хрупок. Гв. 5—5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Уд. в. 7,6—7,8 (вычисл. 7,834). Цв. бледно-медно-красный. Черта буровато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

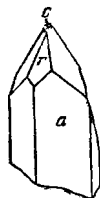
Хороший проводник электричества.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. розовый со слабым кремовым оттенком. Отраж. спос. высокая (в %):  $Ro$  для зеленых лучей 48,9, для оранжевых — 57,1, для красных — 59,5;  $Re$  (соответственно) 42,8, 55,2 и 58,5; по Фолинсбп, измеренная при помощи фотоэлемента — 52,6. Двухотражение значительное:  $Ro$  — светло-желтовато-розовый,  $Re$  — светлый коричневатый-розовый. Сильно анизотропен с ясным цветным эффектом — от розовато-желтого до зеленоватого. При скрещенных николях

обнаруживается прямое погасание, в диагональных положениях минерал имеет серовато-оранжевую окраску. Характерны зернистые агрегаты, иногда с субмикроскопическими тонкими игольчатыми и радиально-лучистыми индивидуумами; наблюдается структура ледяного узора (без травления), нередко прорастания никелина брейтгауптитом, маухеритом, саффоритом.



Фиг. 90.  
Структура: никелина  
—  $\text{Ni}$   $\text{As}$



Фиг. 91.  
Кристаллы никелина  
(Рихельсдорф)  
По Гольдшмидту и Шрёдеру



Фиг. 92.  
Кристаллы никелина  
(Мансфельд)  
По Гольдшмидту и Шрёдеру

Хим. Теор. состав: Ni — 43,92; As — 56,08. В качестве изоморфной примеси обычно содержит Sb; роль S, отмечаемой анализами, не выяснена; в небольших количествах содержит Fe, реже — Co, Bi, Cu. Анализы в основном старые, они не сопровождались оптическим и рентгеновским изучением.

#### Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Cu	—	0,11	—	—	—	0,02	—
Fe	0,45	0,21	0,54	0,67	0,17	0,05	Сл.
Co	0,32	—	—	—	—	0,49	2,04
Ni	43,50	44,98	43,21	43,86	42,65	43,25	40,64
Bi	—	—	—	0,54	0,10	—	—
S	2,18	0,14	1,35	1,18	2,30	0,15	1,47
As	54,05	54,35	54,89	53,49	53,33	55,10	50,78
Sb	0,05	—	—	Сл.	2,03	0,15	4,95
Проч.	0,20*	—	—	—	—	0,63**	—
Сумма	100,75	99,79	99,99	99,74	100,58	99,84	99,88
Уд. в.	7,39	7,663	—	7,526	7,513	7,784	7,66

\* Жильные минералы

\*\*  $\text{CaCO}_3$  — 0,35;  $\text{SiO}_2$  — 0,23; н. о. 0,05.

1 — Анцивирсталь (Швейцария); анал. Эбельмен<sup>3</sup>; 2 — Крагерё (Норвегия); анал. Шерер<sup>4</sup>; 3 — Зангерхаузен (ГДР); анал. Грюнов<sup>5</sup>; 4 — Витихен (Шварцвальд); анал. Петерсен<sup>6</sup>; 5 — Добшина (Чехословакия); анал. Сипёч<sup>7</sup>; 6 — Мансфельд (ГДР); анал. Фабер<sup>1</sup>; 7 — с значительной примесью брейтгауптита и кобальтина, р-к Гудзон-Бэй (Кобальт Канада); анал. Элсуорт<sup>8</sup>.

Диагн. исп. Легко растворяется в  $\text{HNO}_3$  и царской водке.

В полир. пл. травится  $\text{HNO}_3$  (со вскипанием),  $\text{FeCl}_3$  и иногда  $\text{HgCl}_2$ ; остальные реактивы не действуют. Характерны микрохимические реакции на Ni; при испытании по методу отпечатков с диметилглиоксимом — малиновое или розовое окрашивание, с рубеоновой кислотой — ярко-фиолетовое.

П. п. тр. на угле плавится, дает белый, хрупкий металлический кортек, палет  $As_2O_3$  и издает сильный чесночный запах. В закр. тр. при сильном накаливании на холодных стенках образуется зеркало мышьяка.

Понед. при нагр. Т-ра плавл.  $968^\circ$ . При нагревании выше  $850^\circ$  диссоциирует по схеме:  $NiAs \rightarrow Ni_3As_2 + As^0$ . При наличии избытка паров As при  $400-450^\circ$  переходит в диарсенид:  $NiAs + As \rightarrow NiAs_2$ , однако реакция быстро приостанавливается, так как на поверхности зерен образуются плотные корочки диарсенида. При высоких температурах образует твердые растворы с брейтгауцитом, распадающиеся при понижении температуры.

Нахожд. Никелин изредка встречается в магматических месторождениях, связанных с основными и ультраосновными породами. В частности, в ассоциации с маухеритом и хромитом он обнаружен в хромитовом месторождении Лас-Аралес (Малага, Испания), а в парагенезисе с пирротитом, пентландитом, халькопиритом, брейтгауцитом и маухеритом — в медно-никелевом месторождении Садбери (Онтарио, Канада). В обоих месторождениях никелин образовался из гидротермальных растворов.

Наиболее часто никелин встречается в гидротермальных месторождениях никеле-кобальтовой и серебряно-никеле-кобальтовой формаций. Для месторождений никеле-кобальтовой формации характерна ассоциация никелина, как второстепенного минерала, со смальтином, хлоантитом, саффоритом, раммельсбергитом, иногда с самородным висмутом, халькопиритом, герсдорфитом, арсенипиритом обычно в карбонатных жилах, содержащих барит, кварц и др. Таковы Беркульское золоторудное месторождение в Кемеровской обл.<sup>10</sup>, Лабинское месторождение в Краснодарском крае<sup>11</sup>, Хону-Аксы в Тувинской авт. обл., Кальтенберг в Вальлисе (Швейцария)<sup>12</sup>, Натсюме (Япония) и др.

В месторождениях серебряно-никеле-кобальтовой формации никелин встречается в тесной ассоциации со смальтином, хлоантитом, раммельсбергитом, парараммельсбергитом, саффоритом, самородным висмутом, герсдорфитом, самородным серебром, аргентитом, пираргиритом, дискразитом и др. К этому типу относятся Аюльское месторождение (Красноярский край)<sup>13</sup>, где никелин встречается в карбонатных жилах в ассоциации с маухеритом, герсдорфитом, самородным серебром и др., Аннаберг и Шнееберг в Саксонии, Мансфельд и Зангерхаузен в Тюрингии (ГДР), Андреасберг на Гарце и Рихельсдорф в Гессен-Нассау (ФРГ), Шладминг в Штирии (Австрия), Припбрам<sup>14</sup>, Добшина<sup>15</sup> (Чехословакия), р-к Ар в Нижних Пиренеях (Франция), известное месторождение серебряных и кобальтовых руд Кобальт и месторождение Муз-Хорн в Онтарио, Эльдорадо<sup>16</sup> у Большого Медвежьего озера (Канада). В небольших количествах никелин отмечен во Франклине, шт. Нью-Джерси в Силвер-Клиф, шт. Колорадо (США).

Отдельные минералогические находки никелина отмечаются в магматогенных месторождениях других типов — в железорудных (Тельбесское в Кемеровской обл.)<sup>17</sup>, в золоторудных (Козьмодемьянское в Челябинской обл.)<sup>18</sup>, в колчеданных (Карабашское, Челябинской обл.)<sup>18</sup>, в свинцово-цинковых (Кармазар, Таджикская ССР)<sup>17</sup>.

Для никелина ряда месторождений характерны колломорфные почковидные образования.

Изм. В зоне окисления за счет никелина нередко образуются арсенилит, аннабергит и др.

Искусств. Искусственно был получен действием  $H_2S$  и паров мышьяковой кислоты на  $NiCl_2$  при красном калении, также нагреванием порошков металлического Ni и As в закрытых кварцевых трубках; выяснено, что  $NiAs$  образует непрерывный ряд твердых растворов с  $NiSb^9$ .

**Практ. знач.** Никелинсодержащие руды при достаточных запасах могут добываться для получения никеля.

**Отл.** По внешнему виду в некоторых случаях может быть принят за пирротин или борнит, от которых отличается более высокой твердостью и качественными реакциями. Под микроскопом, в отличие от пирротина, имеет более высокую отражательную способность, в отличие от борнита сильно анизотропен. Под микр. в отраж. св. от сходного с ним маухерита никелин отличается сильной анизотропией, двуотражением и более густой красной окраской. Макроскопически и микроскопически трудно отличим от брейтгаунгита — в шлифах никелин менее розовый; надежны только микрохимические реакции.

**Разнов.** Ар и т — arite — никелин, содержащий до 6% Sb. Известен в Лабинском м-нии Краснодарского края<sup>17</sup> и в р-ке Ар в Нижних Пиренеях (Франция).

Межплоскостные расстояния никелина из Мансфельда<sup>1</sup>

Fe-анткатод,  $D = 57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1		1	4,40						
2	10 $\bar{1}$ 0	2	2,993	2,713	19	10 $\bar{1}$ 4	1	1,162	(1,053)
3	10 $\bar{1}$ 1 $\beta$	3	(2,883)	2,613	20	21 $\bar{3}$ 1	5	1,149	(1,041)
4	10 $\bar{1}$ 1	10	2,627	(2,381)	21	20 $\bar{2}$ 3;	1	(1,142)	1,035
5	0002	1	2,49			30 $\bar{3}$ 0 $\beta$			
6	10 $\bar{1}$ 2 $\beta$	1	(2,130)	1,931	22	11 $\bar{2}$ 43	1	(1,135)	1,029
7	11 $\bar{2}$ 0 $\beta$	1	(1,967)	1,783	23	21 $\bar{3}$ 2	6	1,070	(0,9699)
8	10 $\bar{1}$ 2	9	1,937	(1,756)	24	30 $\bar{3}$ 2 $\beta$	1	(1,055)	0,9565
9	11 $\bar{2}$ 0	8	1,788	(1,620)	25	30 $\bar{3}$ 0	6	1,043	(0,9453)
10	20 $\bar{2}$ 1 $\beta$	1	(1,633)	1,481	26	11 $\bar{2}$ 4	7	1,032	(0,9355)
11	10 $\bar{1}$ 3 $\beta$	1	(1,618)	1,467	27		1	0,964	
12	20 $\bar{2}$ 1	5	1,481	(1,383)	28		1	0,956	
13	10 $\bar{1}$ 3	1	1,465	(1,328)	29		2	0,904	
14	20 $\bar{2}$ 2 $\beta$	1	(1,455)	1,319	30		3	0,856	
15	20 $\bar{2}$ 2	7	1,320	(1,197)	31		1	0,847	
16	20 $\bar{2}$ 3 $\beta$	1	(1,261)	1,143	32		3	0,820	
17	0004	3	1,250	(1,133)	33		2	0,810	
18	21 $\bar{3}$ 2 $\beta$	2	(1,177)	1,067	34		4	0,802	

\* Оригиналы хим. анализа № 6.

Л и т е р а т у р а

1. Faber W. Zs. Krist., 1933, 84, 408; Aminoff G. Zs. Krist. 1923, 58, 203.
2. Goldschmidt V., Schröder R. Beitr. Krist. Min., 1923, 2, Nr 2, 35.
3. Ebelmen J. Ann. Mines, 1847, 11, 55.
4. Scheerer H. Ann. Phys., 1845, 65, 292.
5. Grunow G. Zs. deutsch. geol. Ges., 1857, 9, 40.
6. Petersen Th. Ann. Phys., 1869, 137, 397.
7. Sjöberg L. Zs. Krist., 1886, 11, 215.
8. Ellsworth H. V. Ontario Bur. Mines Rep., 1916, 25, 1 (по Дана, 1944).
9. Hawley J. E., Hewitt D. W. Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 273; Hewitt D. W. Econ. Geol., 1948, 43, No 5, 408.
10. Монич В. К. Тр. треста Золоторазведка и НИГРИзолото, 1937, вып. 7, 51.
11. Кобилев А. Г. Геология на фронте индустриализации, 1936, № 9, 11.
12. Gilliéron F. Beitr. Geol. Schweiz, 1946, Geotechn. Ser., Nr 25, 1.
13. Барсанов Г. П., Погоня Ю. Ф. Изв. АН СССР, 1947, сер. геол., № 2, 103.



14. Sekanina J. N. Jb. Min., 1938, 1, 603.  
 15. Goll J. N. Jb. Min., 1938, 1, 363.  
 16. Thomson E. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1932, No 32, 33.  
 17. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 591.  
 18. Игумнов А. Н. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 321.

## Брейтгауптит Breithauptite



Назван по имени саксонского минералога А. Брайтхаупта (Хайдингер, 1845).

Синон. Сурьмянистый никель (Штромайер, Хаусман, 1833), сурьмянистый пирротин (Брайтхаупт, 1835), гартманит (Чепмен, 1843).

Характ. выдел. Дендритовидные, вкрапленные и сплошные выделения, редко в кристаллах.

Структ. и морф. крист. Гексаг. с.  $D_{6h}^4 - C_{6v} mmc$ ;  $a_0 = 3,946 \text{ \AA}$ ;  $c_0 = 5,148 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,305$ ;  $Z = 2$  (де Понг)<sup>1</sup>.

Структура никелина.

Дигексаг.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1:1,2924$  (Бун)<sup>2</sup>.

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 0001	—	0°00'	$r$ 10 $\bar{1}1$	60°00'	56°12'
$m$ 10 $\bar{1}0$	60°00'	90 00	$v$ 40 $\bar{1}3$	60 00	63 21
$i$ 10 $\bar{1}3$	60 00	26 28	$s$ 14.0. $\bar{1}4$ .3	60 00	81 50

$$ii (10\bar{1}3) : (01\bar{1}3) = 25^\circ 46'$$

$$rr (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 49^\circ 06'$$

Искусств. кристаллы тонкопластинчатые по (0001) или вытянуты по оси  $c$ . Дв. по (10 $\bar{1}1$ ).

Физ. Сп. по (0001) несовершенная. Изл. неровный до полураковистого. Хрупок. Тв. 5<sup>1/2</sup>. Уд. в. 8,23<sup>3</sup> (вычисл. 8,6). Цв. в свежем изломе светло-медно-красный, приближающийся к фиолетовому. Черта красновато-коричневая. Бл. сильный, металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светло-розовый. Отраж. спос. (в %): для  $R_o$  для зеленых лучей 45, для оранжевых — 49, для красных — 51, для  $R_e$  соответственно 35, 42 и 42,5. Двухотражение отчетливое: от почти белого с желтовато-красным оттенком ( $No$ ), до красновато-фиолетового ( $Ne$ ).

Хим. Теор. состав: Ni — 32,52; Sb — 67,48. Является крайним членом изоморфного ряда брейтгауптит — никелин. Состав брейтгауптита из р-ка Гудзон-Бэй, Кобальт (апал. Элсуорт<sup>3</sup>): Fe — 0,04; Co — 0,59; Ni — 32,09; S — нет; As — 0,58; Sb — 66,62; сумма 99,92.

Диагн. исп. Растворяется в  $HNO_3$  (дает белый осадок) и в царской водке.

В полир. пл. травится  $HNO_3$  (со вскипанием),  $FeCl_3$ ,  $HBr$ ,  $KMnO_4 + H_2SO_4$ .

П. п. тр. на угле плавится с трудом. С бурой дает перл Ni, с диметилглиоксимом — розовый осадок.

Наход. Редкий гидротермальный минерал. Наиболее высокотемпературными являются его выделения в никелево-пирротиновых рудах Влакфонтейна (Трансвааль, Южная Африка), Скуттеруда (Норвегия) и Тунаберга (Швеция). С другими никелевыми минералами, пираргиритом, галенитом, сфалеритом, мышьяком и др. обнаружен в составе руд Андрасберга на Гарце (ФРГ), в кальцитовых жилах с ульманитом в горах Нарбо (Сардиния, Италия). В рудном поле Кобальт в Онтарио (Канада) брейтгауптит встречается наряду с никелином, кобальтином и самородным серебром; по-видимому, образование брейтгауптита

здесь предшествовало выделению никелина<sup>3</sup>. В рудах Эмса (ФРГ) брейтгауцит образует включения в галените.

Изм. Иногда замещается самородным серебром и другими минералами серебра, а также ульманнитом(?).

Отл. В полир. пл. отличается розовым цветом от всех сходных минералов за исключением никелина и фребольдита (CoSe); по сравнению с никелином обладает более интенсивной окраской.

Межплоскостные расстояния брейтгауцита<sup>1</sup>  
Cu-анткатод

№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	—	0,5	3,12*	14	2	0,2	1,206
2	10	5,0	2,840	15	2	0,3	1,149
3	—	0,2	2,56*	16	2	0,2	1,138
4	—	0,3	2,26*	17	3	0,3	1,076
5	—	0,3	2,17*	18	2	0,3	1,028
6	9	2,0	2,052	19	3	0,2	0,982
7	9	2,0	1,959	20	1	0,2	0,927
8	4	1,0	1,616	21	1	—	0,886
9	2	0,3	1,561	22	3	—	0,850
10	4	1,0	1,533	23	2	—	0,826
11	3	1,0	1,415	24	2	—	0,803
12	1	0,2	1,286	25	2	—	0,780
13	3	0,5	1,248				

\* По Харворту.

#### Л и т е р а т у р а

1. de Jong W. Physica, 1925, 5, 241; Hewitt D. F. Econ. Geol., 1948, 43, 403.
2. Busz K. N. Jb. Min., 1895, 1, 119.
3. Ellsworth H. V. Ontario Bur. Mines Rep., 1916, 25. 1.

### СТРУКТУРА ТИПА ПИРИТА

#### ГРУППА СПЕРРИЛИТА

		Сингония	$a_0$	Уд. в.
[Арсеноферрит]	FeAs <sub>2</sub>	Куб. ?	—	?
Сперрилит	PtAs <sub>2</sub>	Куб.	6,01	10,6

**Арсеноферрит** — arsenoferrite (железистый скуттерудит). FeAs<sub>2</sub>. Предположительно диморфная модификация лёллингита. Первоначально был описан Гротом<sup>1</sup> как псевдоморфоза по пириту, Баумхауером<sup>2</sup> установлен в виде кристаллов (кубо-октаэдров), на которых установлены формы: (100), (110), (111) и (310) (для пирита последняя форма не характерна). Тв. 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Цв. темно-бурый. Состав минерала из Биннентале (анал. Швейдер)<sup>2</sup>: Fe — 28,30; As — 71,70 (теор. состав: Fe — 27,16; As — 72,84). Наблюдался в Биннентале (Швейцария) на контакте гнейса с доломитом совместно с гематитом, адуляром и кварцем. Современными методами не проверен. Арсеноферрит из Яхимова (Чехословакия)<sup>3</sup> оказался лёллингитом<sup>4</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. Baumhauser H. Zs. Krist., 1912—1913, 51, 143.
2. Groth P. Zs. Krist., 1880, 5, 253.
3. Foshag W. F., Short M. N. Am. Min., 1930, 15, No 9, 428.
4. Buergel M. J. Am. Min., 1936, 21, No 1, 70.

## Сперрилит Sperrylite



Назван по имени химика Ф. Л. Сперри, впервые обнаружившего этот минерал (Уэлс, 1889).

**Характ. выдел.** Обычно наблюдается в виде хорошо образованных кристалликов с поперечником до 1—2 мм, изредка до 2 см.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_h^6$  — Pa3;  $a_0 = 6,01 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$ . (Аминов, Парсонс)<sup>1</sup>. Структура типа пирита.

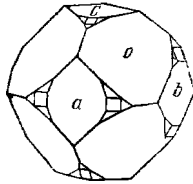
Дидодекадр. кл.

Наиболее обычные формы<sup>2,3</sup> (фиг. 93, 94):

$a$ 100	$o$ 111	$e$ 210	$f$ 301	$p$ 221	$x$ 5.10.2
$d$ 110	$g$ 302	$f$ 310	$n$ 211	$t$ 421	

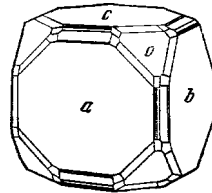
Более редкие формы:

$l$ 530	$k$ 502	$o$ 533	$\mu$ 411	$q$ 331	$D$ 632
710	$\beta$ 322	$m$ 311	776	$v$ 531	$s'$ 312



Фиг. 93.  
Кристалл сперрилита  
(Зейский район).

По Падуровой



Фиг. 94.  
Кристалл сперрилита  
(Тимптонский район).

По Падуровой

**Физ. Сп.** по (001) несовершенная. Хрупок. Тв. 6—7. Уд. в. 10,58 (вычисл. 10,59). Цв. оловянно-белый. Черта темно-серая. Бл. металлический.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 56,5, для оранжевых — 55, для красных — 52,5.

**Хим.** Теор. состав: Pt — 56,58; As — 43,42. Примеси: Sb, Rh, Cu, Fe, иногда Sn.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Cu	—	0,7	—	—	—
Fe	0,67	0,4	0,56	0,07	—
Rh	—	—	—	0,72	1,66
Pd	—	—	—	Сл.	Нет
Pt	54,25	56,2	56,40	52,57	54,83
As	41,85	40,6	40,90	40,98	39,89
Sb	—	—	—	0,50	—
Н.о.	3,50	1,3	1,62	4,62	2,90
Сумма	(100,27)?	99,2	99,48	99,46	99,28

1 — р. Хуглер (Зейский р-н Амурской области); анал. Карпов<sup>4</sup> (у автора сумма 99,27%); 2 — Николаевский прииск (Тимптонский р-н Якутской АССР); анал. Пилипенко<sup>5</sup>; 3 — Александров-Невский прииск по р. М. Джалта, притоку р. Пликан (Амурская обл.); анал. Попова<sup>6</sup>; 4 — р-н Вермильон, Садбери (Канада); среднее из двух анализов (н. о. — SnO<sub>2</sub>)<sup>7</sup>; 5 — Твифонтейн, Потгитерсрюст (Трансвааль, Южная Африка); анал. Купер<sup>8</sup>.

**Диагн. исп.** В кислотах почти не растворяется. На раскаленной докрасна платиновой пластинке мелкие зерна сперрилита моментально плавятся с образованием губчатой платины.

**П. п. тр.** на угле быстро плавится с выделением металлической платины и паров  $As_2O_3$ .

**Находж.** Встречается в месторождениях медно-никелевых сульфидных руд, генетически связанных с основными изверженными породами (габбро-норитами и габбро-диабазами). Наблюдается в ассоциации с пирротинном, халькопиритом, пентландитом, куперитом, брэггитом, стибнопалладинитом и др.

Крупные кристаллы (до 1,85 см) были найдены в пегматитовых образованиях основных пород в Бушвелдском комплексе (Южн. Африка).

При химическом выветривании руд вследствие высокой химической устойчивости сохраняется и переходит в россыпи. Встречен в золотоносных россыпях Зейского района Амурской обл. и Тимитонского района Якутской АССР<sup>5, 6</sup>.

**Искусств.** Получен в результате пропускания паров мышьяка над докрасна раскаленной платиной<sup>3</sup>.

**Практ. знач.** Вместе с другими платиновыми минералами служит источником получения платины.

Межплоскостные расстояния сперрилита из Садберн (по Харкорту)  
Cu-анткатод, Ni-фильтр

№	hkl	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	111	6	1,0	3,38	18	440	9	3,0	1,050
2	200	8	2,0	2,94	19	531	7	2,5	1,005
3	210	6	1,0	2,64	20	600; 442	3	0,3	0,990
4	211	6	1,0	2,41	21	611; 532	6	1,0	0,966
5	220	8	2,0	2,40	22	620	9	3,0	0,941
6	311	10	4,0	1,788	23	533	9	3,5	0,908
7	222	4	0,5	1,720	24	622	9	3,0	0,898
8	320	4	0,5	1,65	25	630; 542	3	0,3	0,888
9	321	6	1,0	1,59	26	631	3	0,3	0,880
10	331	6	1,0	1,37	27	711; 551	10	4,0	0,835
11	420	8	2,0	1,33	28	640	10	4,0	0,827
12	421	4	0,5	1,30	29	720; 641	6	1,0	0,819
13	332	3	0,3	1,272	30	721; 633;	6	1,0	0,812
14	422	9	3,0	1,220		552			
15	511; 333	10	4,0	1,144	31	642	10	4,0	0,797
16	520; 432	6	1,0	1,105	32	731; 553;	10	9,0	0,777
17	521	6	1,0	1,088	33	?		6,0	0,775

#### Л и т е р а т у р а

1. Aminoff G., Parsons A. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1928, 26, 1; Bannister F. A., Hey M. H. Min. Mag., 1932, 23, 188.
2. Падурова О. Г. Зап. Мин. о-ва, 1930, № 2, 181.
3. Walker T. L., Zs. Krist., 1896, 25, 561; Nicol W., Goldschmidt V. Там же, 1904, 38, 58; Spencer L. Min. Mag., 1926, 21, No 114, 94.
4. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 711; он же. Платина и другие минералы платиновой группы. Изд. АН СССР, 1935.
5. Пилипенко П. П. Изв. Петерб. Акад. наук, 1915, 6 сер., 9, № 12, 1229.
6. Попов С. Д., Попова А. М. Тр. Ломон. ин-та АН СССР, сер. мин., 1936, вып. 7, 269.
7. Wells H. L. Am. J. Sci., 1889, 37, 69.
8. Вагнер П. А. Месторождения платины и рудники Южной Африки. Перевод. Цветметиздат, 1932, 19.

## ГРУППА АУРОСТИБИТА

Ауростибит  $AuSb_2$  Куб. с.  $a_0$  6,659. Уд. в. 9,9Ауростибит *Aurostibite*  
 $A_4Sb_2$ Назван по составу (Грэхэм и Кэймен, 1952)<sup>1</sup>.**Характ. выдел.** В виде мелких округлых зерен.**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_h^6 - Pa\bar{3}$ ;  $a_0 = 6,659 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Грэхэм, Кэймен)<sup>1</sup>. Структура типа пирита.  $Au - Sb = 2,78$ ;  $Sb - Sb = 2,63 \text{ \AA}$ .**Физ.** Сп. не наблюдалась. Довольно хрупок. Тв. 3—4<sup>2</sup> (несколько больше, чем у золота). Уд. вес для искусств. соединения 9,98 (вычисл. 9,91). Цв. серый, серебриано-белый, иногда с пестрой побежалостью<sup>2</sup>. Непрозрачен.**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый со слабым розоватым оттенком (в свежих шлифах).**Хим.** Теор. состав:  $Au - 44,74$ ;  $Sb - 55,26$ , Ауростибит из Чехословакии содержит избыточное против теоретического количество  $Au$  и примесь  $Ag$ ; в ауростибите из США  $Au$  и  $Sb$  установлены лишь микрохимическими реакциями.Анализы ауростибита из Чехословакии (анал. Соботка)<sup>2</sup>:

	$Au+Ag$	$Sb$	Н.ч.	Сумма
1.	50,92	48,14	0,76	99,82
2.	48,54	50,46	0,91	99,91

**Диагн. исп.** В полир. пл. от  $HNO_3$  (1:1) и  $FeCl_3$  (20%) травится с образованием радужного налета; от  $HCl$  (1:1) — темно-бурые пятна;  $KOH$  (40%) дает светло-бурый налет.  $HgCl_2$  и  $KCN$  не действуют.Межплоскостные расстояния ауростибита<sup>1</sup>

Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	1	3,82	21	116, 235	1	1,078
2	002	5	3,32	22	026	1	1,048
3	021	4	2,97	23	335	2	1,011
4	112	3	2,71	24	226	1	1,001
5	022	4	2,34	25	063, 245	1	0,989
6	113	10	1,999	26	136	1	0,979
7	222	1	1,914	27	117, 155	1	0,932
8	023	1	1,836	28	046	1	0,921
9	123	2	1,773	29	027, 146	1	0,912
10	133	1	1,521	30	127, 255, 336	1	0,904
11	024	1	1,482	31	246	2	0,888
12	124	1	1,445	32	137, 355	5	0,865
13	233	1	1,414	33	065, 346	1	0,851
14	224	1	1,353	34	237, 156	1	0,844
15	115, 333	3	1,277	35	008	2	0,831
16	025, 234	1	1,231	36	028, 446	2	0,806
17	125	1	1,211	37	128, 247	2	0,830
18	044	2	1,175	38	356	1	0,794
19	135	1	1,124	39	228, 066	4	0,783
20	006, 244	1	1,107				

**Наход.** Редкий гидротермальный минерал. Возможно, имеет большее распространение, но пропускается из-за сходства с галенитом и очень малых размеров зерен. Найден в р-ке Джайант Йеллоунайф (Северо-западная территория, Канада) в доломитовых и кварцевых жилах в сопровождении золота, антимонита, фрейбергита, джемсонита, халькопирита, бурнонита, арсенопирита, пирита, халькопирита и сфалерита. В Честервиле (Онтарио, Канада) аурустибит встречается в ассоциации с галенитом, теннантитом, герсдорфитом и др.<sup>1</sup> В кварцевых золотоносных жилах Красной горы и Милешова (Чехословакия)<sup>2</sup> аурустибит сопровождается антимонитом, самородной сурьмой, арсенопиритом, халькопиритом и др.; выделен одновременно с золотом или несколько позднее.

**Искусств.** Получен рядом исследователей при изучении системы Au — Sb<sup>3,4</sup>. В AuSb<sub>2</sub> всегда в виде твердого раствора содержится немного Au или Sb.

**Отл.** В шлифах трудно отличим от других белых минералов, особенно от фрейбергита и галенита; рядом с фрейбергитом в отраж. св. он светлее, рядом с галенитом имеет розоватый оттенок.

#### Л и т е р а т у р а

1. Graham. A. R., Kaiman S. Am. Min., 1952, 37, No 5—6, 461.
2. Sobotka J. Rozpr. Ceskosl. akad. ved., 1954, 64, S. 7, 43.
3. Hansen M. Der Aufbau der Zweistofflegierungen. Berlin, 1936 (сводка данных).
4. Bottema J. A., Jaeger F. M. Proc. Kon. Akad. Wetens. Amsterd., 1932, 35. 916.

#### ГРУППА МАЙЧЕНЕРИТА

		Сингония	a <sub>0</sub>	b <sub>0</sub>	c <sub>0</sub>	β	Уд. в.
Майченерит	PdBi <sub>2</sub>	Куб.	6,68	—	—	—	9,5?
{Фрудит}	PdBi <sub>2</sub> ?	Монокл.	5,71	4,29	6,37	100°27'	12,6

#### Майченерит Michenerite PdBi<sub>2</sub>

Назван (Хоули и Бери, 1958)<sup>1</sup> по имени К. Майченера, открывшего и впервые описавшего минерал в 1940 г. в неопубликованной работе.

Куб. с. Структура типа пирита. a<sub>0</sub> = 6,68 Å. Сп. не обнаружена. Хрупок. Тв. около 2½. Цв. серо-белый. Черта черная. Уд. в. около 9,5 (вычисл. 11,6). В отраж. св. светло-серый. Изотропен. По данным хим. анализов Майченера отношение Pd:Bi близко к 2:3, но рентгенограмма аналогична рентгенограммам PtBi<sub>2</sub> и аурустибита (AuSb<sub>2</sub>). Теор. состав: Pd — 20,29; Bi — 79,71.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> слегка вскипает, FeCl<sub>3</sub> иногда вызывает почернение; травится царской водкой. Остальные реактивы не действуют.

Установлен в концентратах мышьяково-свинцово-медных руд р-ка Фруд в Садбери (Канада) вместе с фрудитом.

Межплоскостные расстояния: 2,99 (100), 2,73 (80), 2,01 (90), 1,79 (75), 0,870 (40).

#### Л и т е р а т у р а

1. Hawley J. E., Berry L. G. Canadian Mineralogist, 1958, 6, 200.

#### Фрудит Frootite PdBi<sub>2</sub>?

Назван по месту находки (Хоули и Бери, 1958)<sup>1</sup>. Впервые описан Майченером в 1940 г.

Рентгенограмма отвечает таковой искусств.  $\alpha$ -PdBi<sub>2</sub>. Монокл. с.  $a_0 = 5,71$ ,  $b_0 = 4,29$ ,  $c_0 = 6,37$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,331 : 1 : 1,485$ ;  $\beta$  102°27';  $Z = 2$ . Сп. по (001) весьма совершенная, по (100) менее совершенная. Хрупок. Изл. неровный. Тв. 2½, Цвет серый. Черта черная. Бл. в свежем изломе металлический, быстро тускнеет. Уд. в. 12,5—12,6 (вычисл. 11,41).

В отраж. св. в полир. пл. серо-белый. Сильно анизотропен.

По данным хим. анализов Майченера отношение Pd : Bi близко к 1 : 3; возможно содержит некоторый избыток Bi против формулы PdBi<sub>2</sub>.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> (1:1) слегка вскипает и бурет, от FeCl<sub>3</sub> быстро чернеет, KCN вызывает медленное потемнение. HCl (1:1). KOH и HgCl<sub>2</sub> не действуют.

Установлен в небольшом количестве наряду с майченеритом в концентратах мышьяково-свинцово-медных руд р-ка Фруд в Садбери (Канада).

Межплоскостные расстояния: 2,97 (70), 2,77 (100), 2,48 (70), 2,21 (70), 1,637 (60), 1,556 (80), 1,419 (60).

Получен<sup>2</sup> при изучении системы Pd — Bi путем сплавления в вакууме Bi и Pd.

#### Литература

1. Hawley J. E., Berry L. G. Canadian Mineralogist, 1958, 6, 200.
2. Burr S. V., Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1942, No 47, 19.

### СТРУКТУРА ТИПА МАРКАЗИТА

#### ГРУППА ЛЁЛЛИНГИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Лёллингит	FeAs <sub>2</sub> Ромб.	5,26	5,93	2,86	7,2
Саффорит	(Co,Fe)As <sub>2</sub> Ромб.	5,26	5,98	2,94	7,7
Раммельсбергит	NiAs <sub>2</sub> Ромб.	4,79	5,79	3,54	7,0
[Парараммельсбергит]	NiAs <sub>2</sub> Ромб.	5,76	5,82	11,428	7,2

Минералы группы лёллингита имеют структуру типа марказита. Исследованиями Р. Холмса, В. И. Михеева и др. установлен ограниченный изоморфизм между NiAs<sub>2</sub>, CoAs<sub>2</sub> и FeAs<sub>2</sub>; предельное содержание Co в изоморфных смесях составляет 15% (атомн.). Чистый диарсенид кобальта в природе не известен.

Минералы лёллингит и саффорит относятся к одному изоморфному ряду. Раммельсбергит и близкий к нему парараммельсбергит занимают в группе особое место. причем параметры кристаллической решетки раммельсбергита ближе к параметрам решетки марказита ( $a_0 = 4,44$ ;  $b_0 = 5,41$ ;  $c_0 = 3,81$ ), чем к параметрам решеток лёллингита и саффорита.

В пределах изоморфного ряда лёллингит, его разновидности (кобальтистый лёллингит, глаукопирит) и саффорит дают сходные, но различимые между собой порошкограммы (Михеев).

Холмс относит к лёллингиту минералы с содержанием свыше 85% Fe, а среди минералов этого же изоморфного ряда, содержащих < 85% Fe, различает кобальтистый лёллингит с  $Co > Ni$ , никелистый лёллингит с  $Ni > Co$  и саффорит с приблизительно равным содержанием Co и Ni.

Лёллингит *Löllingite*

Назван по г. Лёллинг (Каринтия), вблизи которого минерал был найден (Хайдинггер, 1845).

**Синон.** Мышьяковистый колчедан; мышьяковистое железо, призматический мышьяковый пирит (Моос, Джемсон, 1820), лейкопирит (Шенард, 1835), арсеносидерит (Глокер, 1839), мосин (Чепмен, 1843), сетеребергит (Кенгот, 1853), гютенбергит (Брайтхаупт, 1853), пацит (Брайтхаупт, 1866), фармакопирит (Вайсбах, 1875). Лёллингитом или арсенопиритом является гофманнит (Фрйбсль, 1849).

**Разнов.** Гейерит, кобальтистый лёллингит, глаукопирит.

**Характ. выдел.** В кристаллах или зернистых агрегатах.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{12} - Pnm$ ;  $a_0 = 5,26$ ;  $b_0 = 5,93$ ;  $c_0 = 2,86$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8868 : 1 : 0,4814$ ;  $Z = 2$  (Бёргер, 1937<sup>3</sup> для оригинала анализ 1). Величина  $c_0$ , по Михееву<sup>2</sup>, закономерно увеличивается с повышением отношения  $\frac{Co + Ni}{Fe}$ ,  $b_0$  остается более или менее постоянным,  $a_0$  изменяется пезакономерно.

**Структура типа марказита.**

	Лёллингит	Кобальтистый лёллингит		Глаукопирит		Саффраорит
$\frac{Co + Ni}{Fe}$	0,029	0,047	0,139	0,306	0,296	0,506
$\frac{S}{As}$	0,097	0,032	0,070	0,084	0,031	0,020
$a_0$	5,237	5,284	5,271	5,213	5,240	5,182
$b_0$	5,971	5,962	5,964	5,938	5,960	5,972
$c_0$	2,899	2,909	2,916	2,949	2,956	2,986
Уд. в. (измер.)	—	—	6,94	7,00	7,03	7,0
(вычисл.)	7,20	7,06	7,23	7,14	7,25	7,32

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,8848 : 1 : 0,4812$  (в установке Бёргера на основе измерений Бауера и Бермана)<sup>4</sup>.

**Формы:**

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
$b$ 010	0°00'	90°00'	0°00'	90°00'	—	0°00'
$a$ 100	90 00	90 00	—	0 00	90°00'	90 00
$u$ 140	15 46	90 00	0 00	74 13	90 00	15 46
$q$ 130	20 38	90 00	0 00	69 22	90 00	20 38
$s$ 120	29 28	90 00	0 00	60 32	90 00	29 28
$m$ 110	48 30	90 00	0 00	41 30	90 00	48 30
$l$ 011	0 00	25 43	64 17	90 00	0 00	64 17
$e$ 101	90 00	28 33	90 00	61 27	28 33	90 00
$r$ 111	48 30	36 00	64 17	63 53	28 33	67 05
$\alpha$ 121	29 28	47 52	46 06	68 36	28 33	49 47

$ra$ (111) : (100) = 63°53'	$aa$ (121) : (100) = 68°36'	$ee$ (101) : ( $\bar{1}01$ ) = 57°06'
$rb$ (111) : (010) = 67 05	$ab$ (121) : (010) = 49 47	$ll$ (011) : ( $0\bar{1}1$ ) = 51 25-
$rr$ (111) : ( $\bar{1}11$ ) = 45 51	$aa$ (121) : ( $\bar{1}21$ ) = 80 26	

Принятая здесь рентгеновская установка Бёргера (1937) отличается перестановкой осей от морфологической установки Бауера и Бермана ( $a : b : c = 0,5438 : 1 : 1,130$ ). Формула перехода от морфологической установки (M) к рентгеновской (P) 010,001/100. Соотношение индексов главных форм.

M	$a$ 100	$c$ 001	$b$ 010	$m$ 110	$l$ 011	$e$ 101	$r$ 111
P	$c$ 001	$b$ 010	$a$ 100	$e$ 101	$m$ 110	$l$ 011	$r$ 111

Отношение осей для лёллингита из Норвегии, по Брётгеру<sup>5</sup>, приведенное в ряде справочников значительно отличается от указанного выше, что объясняется измерением плохо образованных кристаллов.



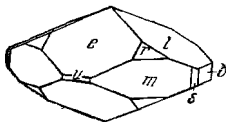
Редкие формы (203), (023).

Кристаллы большей частью призматические по оси *c* или по другим осям (фиг. 59), также пирамидальные, двуконечные (Франклин) с развитыми формами *e*, *l*, *m*, *r*, *b* (фиг. 96). На гранях вертикальных призматрипховка  $\parallel$  оси *c*. Двойники по (011), тройники и полисинтетические двойники.



Фиг. 95.  
Кристалл лёллингита  
(Стоке, Норвегия)

По Дана, 1944



Фиг. 96.  
Кристалл лёллингита  
(Франклин)

По Бёргеру

Физ. Сп. по (010) и (101) довольно ясная. Изл. неровный. Тв. 5—5½. Уд. в. 7,0—7,4 (вычисл. уд. в. см. на стр. 138). Цв. от серебряно-белого до стально-серого. Черта серовато-черная. Бл. металлический.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %) для зеленых лучей 57, для оранжевых — 52,5, для красных — 48. Двухотражение среднее,  $\parallel$  с белый (с синеватым оттенком), в других направлениях желтовато-белый. Анизотропия сильная, в воздухе заметнее, чем в иммерсии. Наблюдается слабый цветной эффект. Характерны полисинтетические двойники, но они встречаются реже, чем у арсенопирита. Зональность проявлена значительно слабее, чем у саффорита.

Хим. Теор. состав: Fe — 27,18; As — 72,82. Обычно отмечается избыточное содержание Fe. По Перману<sup>6</sup>, новые анализы отвечают формуле FeAs<sub>2</sub>; отклонение данных старых анализов от этой формулы, возможно, связано с аналитическими ошибками. Частично Fe замещается Co и в меньшем количестве — Ni, а As — S и Sb.

Анализы (сводки анализов даны Холмсом и Михеевым):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fe	27,22	27,36	29,40	27,89	28,70	27,31	27,50	22,96	20,770
Co	—	—	—	—	0,87	1,29	1,32	4,37	5,970
Ni	Не обн.	—	—	—	—	Сл.	0,02	0,21	0,670
S	3,04	1,56	0,21	0,96	2,72	2,77	0,97	0,56	2,430
As	66,69	70,02	69,80	70,94	65,71	67,60	69,60	71,18	67,560
Sb	—	—	—	—	—	Нет	—	—	Нет
Te	—	—	—	—	0,016	—	0,03	—	0,130
Bi	0,56	0,14	—	—	Сл.	Сл.	0,005	0,08	0,700
Cu	—	—	—	—	0,24	—	Нет	0,39	Нет
Au	—	—	—	—	0,0011	—	0,0072	—	0,221
Н. о.	1,20	0,18	—	—	—	—	0,20	—	—
Сумма	98,71	99,26	99,41	99,79	98,257	98,97	99,652	99,75	98,451
Уд. в.	—	—	7,40	7,48	—	7,18	—	7,40	7,000

1 — Сохондинское м-ние; анал. Хованский<sup>7</sup>; 2 — Агуюрминское м-ние; анал. Квинович<sup>6</sup>; 3 — Франклин (шт. Нью-Джерси, США); анал. Бауер<sup>4</sup> (навеска 0,4 г); 4 — Сент-бер-Страфор; анал. Гоньер<sup>8</sup>; 5 — Хову-Аксы (оригинал порошкограммы)<sup>2</sup>; 6 — Куртан (Финляндия); анал. Кристенсен<sup>6</sup>; 7 — кобальтистый лёллингит, Хову-Аксы (оригинал порошкограммы)<sup>2</sup>; 8 — Колорадо<sup>10</sup>; 9 — глаукопирит, Хову-Аксы (оригинал порошкограммы)<sup>2</sup>.

**Диаг. исп.** Растворяется в  $\text{HNO}_3$  с выделением мышьяковистой кислоты.

В подир. шл. с трудом травится  $\text{HNO}_3$  и царской водкой; 50%-ный раствор  $\text{FeCl}_3$  через 1—3 мин. выявляет структуру.  $\text{KCN}$ , конц.  $\text{HCl}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HgCl}_2$  не действуют.

**П. п. тр.** на угле с трудом сплавляется в шарик и дает палет  $\text{As}_2\text{O}_3$ . В откp. тр. — белый возгон  $\text{As}_2\text{O}_3$ , в закр. тр. — «зеркало»  $\text{As}$ .

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл.  $980\text{--}1040^\circ$ . При нагревании выше  $450^\circ$  и до  $800^\circ$  разлагается с выделением  $\text{As}$  и образованием  $\text{FeAs}$ .

**Нахожд.** Значительно менее распространен, чем арсенопирит. Встречается в небольших количествах, преимущественно в гидротермальных месторождениях. Сопровождается арсенопиритом, сульфидами  $\text{Fe}$  и  $\text{Cu}$ , арсенидами  $\text{Co}$  и др., иногда самородным золотом и висмутом.

В СССР<sup>7</sup> в значительном количестве наблюдается в Агуюрминском арсенопиритовом месторождении (Тадж. ССР)<sup>8</sup> и в оловянно-мышьяковых месторождениях Пяндж-Хок и Казнок в Зеравшано-Гиссарской горной области (Тадж. ССР)<sup>12</sup>; отмечался в Турьинских медных рудниках (Свердловская обл.)<sup>11</sup>, в м-нии Хову-Аксы (Тувинская авт. обл.), в золотоносных кварцевых жилах Кочкарского месторождения (Челябинская обл.); в виде сплошных скоплений и прожилков мощностью до 3 см наблюдался в Сохощинском оловорудном месторождении (Читинская; обл.) в закономерных сростаниях с арсенопиритом. Встречается в Лёллинге около Хютенберга в Каринтии (Австрия), в месторождении Кобальт (Канада); обнаружен в ряде месторождений Боливии, Чили, в Норвегии, Японии и др. В Оберне (шт. Мэн, США) и в Сентер-Страфорд (шт. Нью-Гемпшир, США) наблюдался в пегматитах.

**Изм.** Известно замещение лёллингита арсенопиритом. В зоне окисления переходит в скородит, фармакосидерит, симплезит и другие минералы.

**Искусств.** Получается лишь в условиях сухого плавления: сплавлением  $\text{As}$  и  $\text{Fe}$  в запаянной трубке при  $450\text{--}800^\circ$ .

**Практ. знач.** При наличии значительных скоплений является рудой на мышьяк.

**Отл.** По внешнему виду и по ряду оптических свойств весьма сходен как с другими минералами данной группы, так и с арсенопиритом и глаукодом. Отличается сравнительно сильным двуотражением, более белым цветом с голубоватым оттенком, несколько большей твердостью. Не дает такого интенсивного контактного отпечатка на  $\text{S}$ , как глаукодом и арсенопирит.

В отличие от этих минералов при травлении лёллингита концентрированной  $\text{HNO}_3$  образуются октаэдры арсенолита. Поверхность травленных шлифов не призмует. Покрывается коричневым налетом от концентрированного раствора  $\text{FeCl}_3$ .

Порошкограммы минералов группы лёллингита, несмотря на общее сходство, по данным Михеева, легко различаются для лёллингита характерны 3 дублета: (120) и (101); (210) и (111); (421) и (430), (312); у кобальтистого лёллингита эти дублетные линии сближены; у глаукодота первый дублет сливается в одну линию, сохраняется дублет (210) и (111) и появляется тесный дублет линий (220) и (121); для саффорита характерно полное слияние этих дублетных пар линий. Межплоскостное расстояние для линии № 21 (002) может в некоторой степени служить показателем содержания  $\text{Co}$  в минералах этой группы. Нойман и др.<sup>13</sup> предполагают, что различия в значениях  $d$  могут быть связаны с варьирующими содержаниями  $\text{S}$ .

Разнов. Гейерит<sup>2</sup> — geyerite (Брайтхаупт, 1866)<sup>14</sup>, содержит 6,79% S при 31,20% Fe, 61,40% As уд. в. 6,58. Найден в м-нии Гайер (Гейер) близ Эренфридерсдорфа (Саксония, ГДР).

Кобальтистый лёллингит и глаукопирит (Зандбергер, 1870)<sup>15</sup> (анализы 6—9) содержат Co.

Межплоскостные расстояния лёллингита, кобальтистого лёллингита и глаукопирита  
(по Михееву)

Fe-антикатод, без фильтра,  $D = 46,00$  мм

№	hkl	Лёллингит (оригинал анал. 5)			Кобальтистый лёл- лингит (оригинал анал. 7)			Глаукопирит (оригинал анал. 9)		
		I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$
1	020	1	2,975	(2,697)	0,5	2,988	(2,708)	1	2,968	(2,690)
2	120 $\beta$	3	(2,859)	2,592	3	(2,859)	2,592			
3	101 $\beta$	2	(2,803)	2,540	2	(2,803)	2,540	3	(2,848)	2,581
4	120	10	2,589	(2,347)	10	2,593	(2,350)	10	2,580	(2,338)
5	101	9	2,535	(2,299)	8	2,534	(2,297)			
6	210	6	2,398	(2,173)	6	2,403	(2,178)	3	2,395	(2,171)
7	111	9	2,332	(2,114)	9	2,345	(2,126)	8	2,354	(2,134)
8	?	0,5	2,218	(2,010)						
9	021	0,5	2,083	(1,888)						
10	211 $\beta$ :130 $\beta$	3	(2,035)	1,845	4	(2,045)	1,854	5	(2,049)	1,857
11	220	4	1,962	(1,778)	3	1,971	(1,786)	4	1,962	(1,778)
12	121	3	1,924	(1,744)	3	1,922	(1,743)	3	1,946	(1,764)
13	211; 130	10	1,846	(1,673)	10	1,851	(1,678)	10	1,855	(1,682)
14	221 $\beta$	3	(1,797)	1,629	5	(1,800)	1,631	3	(1,811)	1,641
15	300	1	1,738	(1,569)				1	1,726	(1,565)
16	310	5	1,673	(1,516)	7	1,681	(1,524)	6	1,671	(1,515)
17	221	10	1,628	(1,476)	10	1,633	(1,480)	10	1,637	(1,484)
18	230	1	1,587	(1,439)	2	1,585	(1,437)			
19	131	4	1,559	(1,413)	5	1,562	(1,416)	4	1,572	(1,425)
20	301	4	1,494	(1,354)	5	1,501	(1,360)	3	1,498	(1,356)
21	002; 311	4	1,448	(1,313)	6	1,449	(1,313)	2	1,473	(1,335)
22	122 $\beta$	3	(1,393)	1,263	3	(1,393)	1,262	1	(1,409)	1,277
23	321	4	1,334	(1,209)	5	1,339	(1,213)	3	1,341	(1,215)
24	330	3	1,310	(1,187)						
25	240	5	1,290	(1,169)	6	1,292	(1,171)	6	1,2908	(1,1700)
26	141; 410	—	—	—	2	1,280	(1,161)	—	—	—
27	122	7	1,263	(1,145)	8	1,265	1,146	7	1,2775	(1,1579)
28	212	5	1,242	(1,126)	3	1,2414	(1,1252)	4	1,2529	(1,1356)
29	420	—	—	—	1	1,209	(1,096)	3	(1,2213)	1,1070
30	222	3	1,169	(1,059)	3	1,174	(1,064)	2	(1,1696)	1,0601
31	150; 341 $\beta$	3	1,163	1,054	6	(1,165)	(1,056)	—	—	—
32	132	4	1,142	(1,035)	6	1,144	(1,037)	2	1,1510	(1,0433)
33	421	9	1,109	(1,005)	8	1,114	(1,010)	—	—	—
34	430; 312	10	1,097	(0,994)	8	1,1001	(0,9972)	10	1,1065	(1,0029)
35	151	6	1,077	(0,977)	7	1,0791	(0,9781)	8	1,0800	(0,9790)
36	341	10	1,056	(0,957)	10	1,0567	(0,9579)	10	1,0564	(0,9576)
37	042	3	1,0397	(0,9423)	3	1,0388	(0,9416)	1	1,0450	0,9472
38	142	2	1,0195	(0,9241)	—	—	—	—	—	—

## Л и т е р а т у р а

1. Holmes R. J. Bull. Geol. Soc. Amer., 1947, 58, No 4, 299 (синтез, рентгеновское изучение, сводка хим. анализов).
2. Михеев В. И. Сб. «Кристаллография». Углетехиздат. 1952, вып. 2, 75. Рентгенометрическое исследование группы лёллингита-саффорита, сводка хим. анализов (ошибочно гейерит обозначен гейтеритом).
3. В u e r g e r M. J. Zs. Krist., 1932, 82, 167; Am. Min., 1937, 22, No 1, 48; de J o n g W. F. Physica, 1926, 6, 329.
4. Вауер Л. Н., Верман Н. Am. Min., 1927, 12, No 1—5, 39.
5. Brögger W. Zs. Krist., 1890, 16, 8.
6. Рейтман G. Acta Acad. Aboens. Math. et Phys., 1950, 17, 2 (по Нойману и др.)<sup>13</sup>.
7. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 698.
8. Турищев П. Е. Матер. ЦНИГРИ, общ. сер., 1938, № 3, 17.
9. Switzer G. Am. Min., 1938, 23, No 11, 811.
10. Hillebrand W. T. U. S. Geol. Surv. Bull., 1910, No 419, 244.
11. Игумнов А. Н. Минералогия Урала, 1941, 2, 396.
12. Магакьян П. Г. Изв. АН СССР, сер. геол., 1941, № 2, 74.
13. Neumann H., Heier K., Hartley J. Norsk geol. Tidsskr., 1955, 34, Nr 2—4, 157.
14. Breithaupt A. Berg. u. Hütten Ztg., 1866, 25, 167.
15. Sandberger F. J. prakt. Chem., 1870, 1, 230.

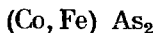
**Чатамит**—chathamite (Шепард, 1844) из Чатама (шт. Коннектикут, США), из Андреасберга (ФРГ) и Шладминга (Австрия) по порошкограмме сходен с минералами группы лёллингита<sup>1</sup>. По анализам Шепарда (1844) и Гента (1855) чатамит из Чатама содержит Fe 13—17, Ni 9—12, Co — до 3,8, As ~ 70, S ~ 5%.

Холмс склонен рассматривать чатамит как богатый никелем лёллингит. Однако принадлежность его к лёллингиту недостаточно твердо установлена, тем более, что отношение  $\frac{As + S}{Co + Ni + Fe}$  заметно выше 2. Скорее всего анализы, приводимые в литературе для чатамита, соответствуют не однородным образцам, а образцам, состоящим из нескольких минералов.

## Л и т е р а т у р а

1. Holmes R. J. Bull. Geol. Soc. Am., 1947, 58, No 4, 299.

## Саффорит Safflorite



Название, вероятно, от нем. Safflor—продукт обжига кобальтовых руд (Брайтхаупт, 1835).

**Синон.** Серый шейскокобальт (Хофман, 1832); железо-кобальтовый колчедан (Кобель, 1838), мышьяковистый кобальт, или арсенкобальт (Розе, 1852), шпатокопирит (Заидбергер, 1868), шлаковый кобальт горячков Шнееберга. Баденит (Пони, 1900), по-видимому, является смесью саффорита с висмутом, тетраэдритом, халькоширитом и др. (N. Jb. Min., 1937, 1, 186).

Саффорит, так же как и лёллингит, имеет структуру типа марказита.

Увеличение отношения  $\frac{Co + Ni}{Fe}$  в лёллингит-саффоритовом ряду приводит к «тетрагонализации» структуры саффорита в направлениях [100] и [103], а также к «гексагонализации» вдоль оси  $b^A$ .

**Характ. выдел.** Зернистые и радиально-лучистые агрегаты, иногда концентрически-зональные образования, реже — кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{11}$  —  $Pbcm$  (де Йонг)<sup>1</sup>;  $a_0 = 2,936$ ;  $b_0 = 5,261$ ;  $c_0 = 5,982 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,5581 : 1 : 1 : 1,137$  (Пикок)<sup>2</sup> или в установке, принятой Бергером для лёллингита<sup>3</sup>:  $a_0 = 5,26$ ;  $b_0 = 5,98$ ;  $c_0 = 2,94 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8794 : 1 : 0,4908$ ;  $Z = 2$ .

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,8794 : 1 : 0,4908$  (Флинк-Бёргер).  
 Формы <sup>2,5,6</sup>

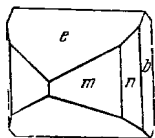
	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	0 00'	$f$ 011	0°00'	16°09'
$b$ 010	0°00'	90 00	$e$ 101	90 00	29 10
$n$ 120	29 37	90 00	$o$ 111	48 40	36 37
$m$ 110	48 40	90 00			

$$\begin{aligned}
 mm (110) : (\bar{1}10) &= 97^\circ 20' & ff (011) : (0\bar{1}1) &= 52^\circ 18' & oo (111) : (\bar{1}\bar{1}1) &= 53^\circ 13' \\
 ee (101) : (\bar{1}01) &= 58 \pm 0 & oo (111) : (\bar{1}\bar{1}1) &= 46 \pm 24 & oe (111) : (101) &= 23 \pm 22
 \end{aligned}$$

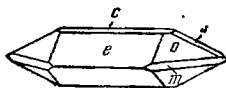
Соотношение установок Флинк-Бёргера и Пикока:

Флинк-Бёргер	$a$ 100	$c$ 001	$m$ 110	$q$ 011	$e$ 101	$n$ 012
Пикок	$c$ 001	$b$ 010	$e$ 101	$m$ 110	$f$ 011	$n$ 120

Кристаллы очень похожи на кристаллы арсенопирита. Наиболее развиты грани  $c$  (001),  $e$  (101) и  $m$  (110) (рис. 97 и 98). Иногда кристаллы имеют призматический облик по оси  $b$ .



Фиг. 97.  
Кристалл саффорита  
(Тунаберг)  
По Флинку  
(в установке Бёргера)



Фиг. 98.  
Кристалл саффорита  
(Нордмаркен)  
По Шёгрену  
(в установке Бёргера)

Дв. характерны. Для дв. по (011) типичны пятерники. Часты дв. по (101), как у марказита и арсенопирита (крестообразные двойники прорастания с углами около  $120^\circ$ ).

Физ. Сп. по (110) заметная. Изл. неровный. Хрупок. Тв.  $4\frac{1}{2}$ —5. Уд. в. 7—7,3 (вычисл. 7,70). Цв. оловянно-белый до свинцово-серого. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый с едва заметным голубоватым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 58, для оранжевых — 52, для красных — 51,5. Двуотражение слабое, усиливается с иммерсией (от бледно-голубого до бледно-желтого). Сильно анизотропен, со слабым цветным эффектом. Характерно зональное строение отдельных зерен, обычно заметное при скрещенных николях или выявляемое при травлении  $HNO_3$  (1 : 1). Нередко наблюдается концентрически-зональная коллоидная структура.

Часты двойники по (101) в виде шестилучевых звезд и тройников — так называемые саффоритовые звездочки и лучистые срастания.

Хим. Теор. состав для  $CoAs_2$ : Co — 28,23; As — 71,77; содержит до 18% Fe. В качестве изоморфных примесей в минерале устанавливаются также небольшие количества Ni и S. Иногда отмечаются Bi и Cu, вероятно, содержащиеся в виде механических примесей висмутовых или медных минералов.

## Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Cu	—	1,78	0,62	—	—	0,33	Сл.
Fe	4,94	4,63	9,51	9,60	13,85	15,28	18,40
Co	23,44	22,11	18,58	17,64	13,75	12,99	6,70
Ni	—	1,58	—	0,08	—	0,20	3,40
S	0,90	0,32	0,90	—	0,76	0,68	0,60
As	69,46	69,53	70,36	71,20	71,12	71,13	68,50
Sb	—	—	—	0,30	—	—	—
Te	—	—	—	—	—	—	0,20
Bi	—	0,33	Сл.	0,02	—	—	0,80
Прочие	—	—	—	1,29*	—	—	—
Н. о.	—	—	—	—	—	—	0,90
Сумма	98,74	100,28	99,97	100,13	99,48	100,61	99,20
Уд. в.	7,131	6,915	7,167	—	7,08	7,41	7,0

\* CaO — 0,86; SiO<sub>2</sub> — 0,28; MgO — 0,15.

1 — Тунаберг, массивный; анал. Варентроп<sup>7</sup>; 2 — Вюртемберг; анал. Петерсен<sup>8</sup>; 3 — Шнееберг; сплошной саффлорит; анал. Мак-Кей<sup>9</sup>; 4 — Хову-Аксы, по данным Маркиной, анализ лаборатории ВИМС; 5 — Нью-Гэмпшир, массивный саффлорит; анал. Палмер<sup>10</sup>; 6 — Нордмаркен, кристаллы; анал. Маузелиус<sup>6</sup>; 7 — оригинал порошкограммы.

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>, раствор имеет розовый цвет.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> вскипает и чернеет, от FeCl<sub>3</sub> образуется очень слабая коричневатая побежалость. Остальные реактивы не действуют.

Характерна капельная реакция на Co с двойной роданистой солью K и Hg. Определяется также по методу отпечатков с рубеановой кислотой.

П. п. тр. на угле сплавляется в магнитный шарик. После обжига дает с бурой реакцией на Co. При сильном нагревании в закр. тр. образует налет As.

**Нахожд.** Саффлорит в заметных количествах обычно встречается в тесной ассоциации со смальтином, хлоантитом, раммельсбергитом, скуттерудитом, никелином и другими арсенидами Co и Ni, а также в парагенезисе с самородным серебром, аргентитом, самородным висмутом и лёллингитом в гидротермальных месторождениях никеле-кобальтовой и серебряно-никеле-кобальтовой формаций.

В СССР в значительных количествах саффлорит встречается в рудах месторождения Хову-Аксы (Тувинская авт. обл.); отмечены отдельные находки его в рудах Тейско-Тузуксинского железорудного р-на Кемеровской обл.<sup>11</sup> Встречается в ряде других месторождений Шнееберг (Саксония, ГДР), Бибер (Гессен, ФРГ), Виттихен (Баден, ФРГ), Тунаберг и Нордмаркен (Швеция), Саррабус и Гонносфанадига (Сардиния, Италия), Южный Лоррен и Говганда (Онтарио, Канада)<sup>12</sup> и др. В ассоциации с урановой смолкой, самородным серебром, раммельсбергитом и смальтином саффлорит встречен в р-ке Эльдорадо у Большого Медвежьего озера (Канада).

**Изм.** Замещается кальцитом и минералами серебра. При выветривании саффлорита образуются вторичные минералы кобальта и мышьяка.

**Искусств.** Синтетический CoAs<sub>2</sub> был получен Дюсселье<sup>13</sup> путем воздействия паров As на порошок металлического Co в атмосфере азота при t-ре ниже 400°. Позднее Бойтелем, а также Бойтелем и Лоренцом<sup>14</sup> CoAs<sub>2</sub> получен при действии паров As на Co в запаянной трубке при 385—405°. В обоих случаях природа синтезированного материала рентгенометрически

не была расшифрована; по мнению Холмса, он представлял смесь  $\text{CoAs}_3$  с другими арсенидами Co.

**Практ. знач.** В случае достаточной концентрации в рудах саффлорит представляет промышленный интерес для получения Co.

**Отл.** От сходных арсенопирита и лёллингита и полир. пл. отличается по более низкому рельефу, слабому голубоватому отцвету и более яркому цветному эффекту анизотропии. Для него очень характерны мелкие шестилучевые звездочки (тройники). Наличие последних позволяет также отличать саффлорит от раммельсбергита. Для надежной диагностики саффлорита и других диварсенидов Co весьма важны микрохимические реакции, а также испытание методом отпечатков.

#### Межплоскостные расстояния саффлорита <sup>4</sup>

Fe-антикватор, без фильтра,  $D = 46,01$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	120 $\beta$ ; 101 $\beta$	3	(2,843)	2,577	13	002	6	1,484	(1,364)
2	120; 101; 100	10	2,578	(2,337)	14	102	3	1,431	(1,297)
3	210; 111	9	2,373	(2,151)	15	321	3	1,338	(1,213)
4	211 $\beta$ ; 130 $\beta$	4	(2,049)	1,857	16	330	1	1,305	(1,183)
5	220; 121	5	1,952	(1,769)	17	240; 400	9	1,291	(1,171)
6	241; 130	10	1,859	(1,685)	18	122	3	1,273	(1,154)
7	221 $\beta$	3	(1,811)	1,641	19	212	3	1,268	(1,150)
8	300	1	1,732	(1,569)	20	312 $\beta$	3	(1,223)	1,109
9	310	7	1,667	(1,512)	21	341 $\beta$	4	(1,1652)	1,0562
10	221	10	1,639	(1,486)	22	132	4	1,1617	(1,0529)
11	131	6	1,572	(1,425)	23	312	10	1,1094	(1,0056)
12	301	5	1,499	(1,358)	24	151; 430	8	1,0816	(0,9804)
					25	341	10	1,0564	(0,9576)

#### Л и т е р а т у р а

1. de Jong W. *Physica*, 1926, 6, 325.
2. Peacock M. A. *Trans., Royal Soc. Canada*, 1944, 38, 155.
3. Buerger M. J. *Am. Min.*, 1937, 22, No 1, 48.
4. Михеев В. И. Сб. «Кристаллография», Углетехиздат, 1952, вып. 2, 75.
5. Sjögren H. *Bull. Geol. Inst. Upsala*, 1894, 2, 68.
6. Flink G. *Ark. Kemi, Min., Geol.*, 1908, 3, 73.
7. Varrentrapp F. *Ann. Phys.*, 1839, 48, 505.
8. Sandberger F. N. *Jb., Min.*, 1868, 410.
9. McCay L. *Am. J. Sci.*, 1885, 29, 369.
10. Palmer C., Bastin E. *Econ. Geol.*, 1917, 12, 207.
11. Бетехтв А. Г. *Минералы СССР*. Изд. АН СССР, 1940, 2, 707.
12. Montgomery A. *Univ. Toronto Stud., Geol. Ser.*, 1938, No 52.
13. Dusselliez F. C. R., Paris, 1908, 147, 424.
14. Beutell A. *Chl. Min.*, 1916, 40.
15. Holmes R. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1947, 48, No 4, 263.

### Раммельсбергит *Rammelsbergite*



Назван по имени химика и минералога К. Ф. Раммельсберга (Дана, 1854).

Синон. Белый никельвый колчедан (Брейтхаупт, 1845).

**Характ. выдел.** Зернистые и радиально-волокнистые агрегаты, иногда колломорфные. Кристаллы исключительно редки.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с  $D_{2h}^{12} - Pmn$ ;  $a_0 = 3,54$ ,  $b_0 = 4,79$ ,  $c_0 = 5,79$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,738 : 1 : 2,209$ ;  $Z = 2$  (Пикок, Дэдсон, 1940) <sup>1</sup>.

Соответственно установке, принятой для лёллингита:  $a_0 = 4,79$ ;  $b_0 = 5,79$ ;  $c_0 = 3,54\text{Å}$ ,  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,827 : 1 : 0,611$ . Размеры элементарной ячейки раммельсбергита более близки к размерам ячейки марказита, чем к таковым лёллингита.

Раммельсбергит имеет структуру типа марказита. Расстояние между атомами As в паре As—As = 2,55 Å значительно больше, чем в лёллингите (2,47 Å); расстояние между атомами As—Ni равно 2,36 Å<sup>2</sup>.

Кристаллы раммельсбергита, весьма несовершенные, были, по-видимому, измерены только Дюрфельдом<sup>3</sup>; данные измерений других авторов не относятся к раммельсбергиту<sup>2</sup>.

Ромбо-дипирамид. кл.:  $a : b : c = 0,828 : 1 : 0,612$  (по рентгеновским данным).

Формы <sup>3</sup> :	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
$b$ 010	0°00'	90°00'	$j$ 011	0°00' 31°24'
$m$ 110	50 24	90 00	$e$ 101	90 00 36 28

Кристаллы призматические. По внешнему виду они похожи на кристаллы арсениорита и сафлорита. Характерны двойники по (110).

Физ. Сп. по (110) заметная. Изл. неровный. Тв. 5—6. Слабо ковкий. Уд. в. 6,9—7,2 (вычисл. 7,05). Цв. оловянно-белый. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

Микр. В полиз. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %); для зеленых лучей 58, для оранжевых — 52, для красных — 54,5. Двукратное отражение очень слабое. Сильно анизотропен. При неполном скрещении николей обнаруживается цветной эффект от бледно-желтого до различных оттенков синего. Рельеф заметно выше, чем у сафлорита.

П. микр. при скрещенных николях отчетливо обнаруживается сложная пластинчатая (полисинтетическая) двойниковая структура. Отмечаются тесные прорастания раммельсбергита и никелина, а также раммельсбергита и сафлорита. Иногда раммельсбергит встречается в ядрах почковидных образований смальтина-хлоантита.

Хим. Гор. состав: Ni — 28,15; As — 71,85. Состав непостоянен; иногда в заметных количествах присутствуют Co, Fe, S; нередко обнаруживаются Sb и Bi. Co и Fe изоморфно замещают Ni, а S и частично Sb — As. Содержание Bi, возможно, обусловлено механической примесью.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Cu	—	—	—	0,56	0,29	—	—
Fe	2,12	Сл.	0,66	0,03	2,83	0,69	0,31
Co	—	1,80	2,61	2,86	3,62	4,20	7,21
Ni	27,38	27,84	26,47	24,58	21,18	24,95	20,62
S	—	2,03	2,45	0,35	0,58	1,06	0,66
As	70,17	67,32	66,12	70,13	71,47	68,40	66,16
Sb	—	0,83	0,60	0,48	—	—	—
Bi	—	—	—	Сл.	—	0,21	—
Н. о.	—	—	0,25	1,45	—	—	5,29

Сумма	99,67	99,82	99,16	100,44	99,97	99,51	100,25
Уд. в.	—	—	—	6,97	—	—	—

1 — Виттихен; анал. Хильгер<sup>4</sup>; 2 — р-к Университи, Кобальт; анал. Элсуорт<sup>5</sup>; 3 — р-к Силвер-Бар, Кобальт; анал. Год<sup>6</sup>; 4 — Мансфельд<sup>1</sup>; 5 — Яхимов; анал. Мариан<sup>7</sup>; 6 — Шнееберг; анал. Мак-Кей<sup>4</sup>; 7 — Кржижаны<sup>8</sup>.



**Диагн. исп.** Растворяется в  $\text{HNO}_3$ , раствор окрашивается в зеленый цвет. Характерны микрохимические реакции, а также испытания по методу отпечатков (Ni легко обнаруживается при помощи диметилглиоксима).

В полир. шл. от  $\text{HNO}_3$  вскипает и чернеет;  $\text{FeCl}_3$  быстро дает темно-коричневый налет, выявляет структуру. Остальные реактивы не действуют.

П. п. тр. на угле сплавляется в магнитный шарик. В закр. тр. дает налет As.

**Повед. при нагр.** При т-ре 400—800° разлагается с выделением As и образованием NiAs.

**Нахожд.** Раммельбергит в парагенезисе со смальтин-хлоантитом, саффоритом, парараммельбергитом, никелином, минералами серебра и самородным висмутом встречается в жильных гидротермальных месторождениях никеле-кобальтовой и серебряно-никеле-кобальтовой формаций.

В СССР раммельбергит в заметном количестве обнаружен в рудах месторождения Хову-Аксы (Тувинская авт. обл.), а также в рудах Магистральной жилы Бериккульского золоторудного месторождения (Кемеровская обл.)<sup>9</sup>; характерен для месторождений Шнееберг и Мансфельд (ГДР), Андреасберг, Виттихен и Рихельсдорф (ФРГ), Кобальт (Канада), Уссеглио в Пьемонте и Саррабус на Сардинии (Италия). Вместе с саффоритом, самородным серебром, самородным висмутом, урановой смолкой и другими минералами раммельбергит известен в месторождениях Яхимов (Чехословакия) и Эльдorado у Большого Медвежьего озера (Канада). В ассоциации с анкеритом, баритом и флюоритом он установлен в р-ке Кржижаны (Чехословакия)<sup>8</sup>.

**Изм.** Отмечено замещение раммельбергита хлоантитом и никелином; в зоне окисления переходит в сажистое вещество, представляющее тонкодисперсный агрегат раммельбергита с примесью арсенолита и аннабергита<sup>10</sup>. Раммельбергит легко выветривается с образованием аннабергита.

**Искусств.** Вигуру<sup>11</sup> и Бойтель<sup>12</sup> получили арсенид Ni состава NiAs<sub>2</sub> действием паров As на порошок металлического Ni, первый — при 300—400° в атмосфере азота, второй — при 400—450° в запаянной трубке. Однако принадлежность полученного арсенида к раммельбергиту не подтверждена микроскопическим и рентгенометрическим изучением.

Холмс<sup>7</sup> синтезировал раммельбергит в специальной закрытой кварцевой трубке действием паров As на порошок металлического Ni при т-рах от 400 до 1050°. В открытой трубке в атмосфере водорода раммельбергит получен при т-ре от 400 до 575°. Ниже 400° синтетический раммельбергит переходит в твердую фазу, которая, по рентгенометрическим данным, соответствует парараммельбергиту из Кобальта (Онтарио).

**Отл.** Трудно отличим от других минералов данной группы и ферроселита. От сходного парараммельбергита отличается наличием двойников и по характеру порошкограммы: в отличие от порошкограммы парараммельбергита, для порошкограммы раммельбергита характерно расщепление некоторых интенсивных линий (Пикок, Дэдсон)<sup>1</sup>. От саффорита отличается по продуктам выветривания (аннабергит). Саффорит обычно обладает резко выраженной зональностью, дает звездчатые двойники и лучистые сростки, а раммельбергит — сложные пластинчатые двойники. Кроме того, от саффорита раммельбергит легко отличается по микрохимическим реакциям. От ферроселита отличим лишь на основе химического анализа.

Межплоскостные расстояния раммельсбергита из Шнееберга<sup>2</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	011	1,0	3,68	13	122	1,0	1,635
2	101	0,5	3,01	14	113; 211	2,0	1,593
3	110	8,0	2,83	15	031	1,0	1,535
4	111	10,0	2,56	16	202	0,5	1,506
5	012	8,0	2,48	17	212	2,0	1,439
6	020	0,5	2,39	18	131	0,5	1,411
7	021	1,0	2,21	19	221	0,5	1,375
8	112	1,0	2,03	20	132	0,5	1,295
9	121	7,0	1,872	21	222	0,5	1,276
10	013	0,5	1,799	22	213	0,5	1,254
11	200	2,0	1,760	23	024	1,0	1,239
12	103	3,0	1,693				

## Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A., Dadson A. S. Am. Min., 1940, 25, No 9, 561.
2. Kaiman S. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 51, 49.
3. Dürfeld V. Zs. Krist., 1911, 49, 199.
4. McCay L. Zs. Krist., 1883, 8, 606.
5. Ellsworth H. V. Ontario Bur. Mines. Rep., 1916, 25, 1.
6. Walker T. L., Parsons A. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1921, No 12, 30.
7. Holmes R. J. Bull. Geol. Soc. Am., 1947, 58, No 4, 299 (сводка хим. анализов).
8. Trdlička Z., Kurka F. Časop. min. geol., 1956, 1, Č. 3, 217.
9. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 708.
10. Яхонтова Л. К., Раудонис П. А. Вестн. Моск. Гос. ун-та, 1957, № 1, 209.
11. Vigouroux E. M. Proc. Verb. Soc. Sci. Phys. Nat., Bordeaux, 1907/1908, 48.
12. Beutell A. Cbl. Min., 1916, 49.

## Щарараммельсбергит Pararammelsbergite



Назван от греч. *пара* (пара) — близко к раммельсбергит — вследствие близости к раммельсбергиту (Пикок, 1940)<sup>1</sup>. Первоначально был описан как раммельсбергит (Пикок и Майчнер, 1939)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** Сплошные выделения, реже таблитчатые кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Ромбич. с. (возможно, является псевдоромбическим).  $D_{2h}^{11} - Pbma$  или  $C_{2v}^5 - Pb2_1a$ ;  $a_0=5,76$ ;  $b_0=5,82$ ;  $c_0=11,428$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,988 : 1 : 1,963$ ;  $Z = 8$  (Пикок).

Переход от ячейки раммельсбергита к близкой к тетрагональной ячейке щарараммельсбергита совершается при допущении небольшой деформации решетки первого<sup>4</sup>.

$a : b : c = 0,988 : 1 : 1,963$  (Пикок)<sup>2</sup>.

Формы:

	Ф	Р		Ф	Р
c	(001)	—	0°00'	p	(113) 45°21' 42°57'
d	(104)	90°00'	26 25	q	(112) 45 21 54 23
e	(304)	90 00	56 05		

Кристаллы таблитчатые по (001) (фиг. 99). Двойники не наблюдались.

**Физ.** Сп. по (001) совершенная. Изл. неровный. Тв. 5—6. Уд. в. 7,12 (вычисл. 7,24). Цв. оловянно-белый. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. высокая (> 60%). Двухотражение слабое, в иммерсии заметное на границах зерен: параллельно удлинению — желтовато-белый, перпендикулярно удлинению — голубовато-белый. Анизотропия сильная, но заметно слабее, чем у раммельсбергита, с бурым, светлобурым и розовато-бурым цветным эффектом. Двойниковая структура не наблюдается. Известны мirmekитоподобные структуры замещения хлоантита и никелина парараммельсбергитом<sup>5</sup>.

Часть срастания с раммельсбергитом, смальтин-хлоантитом и никелином.

**Хим.** Теор. состав: Ni — 28,15; As — 71,85. Обычно содержит изоморфную примесь Co, иногда Fe, S и Sb.

Анализы:

	Cu	Fe	Ni	Co	S	As	SiO <sub>2</sub>	Сумма	Уд. в
1.	—	—	28,1	0,4	2,6	68,5	—	99,6	7,12
2.	0,16	0,56	27,08	1,94	3,05	65,78	0,91	99,48	7,02
3.	—	0,73	17,46	11,24	3,30	66,61	0,84	100,18	6,73

1 — р-к Муз-Хорн; анал. Роджерс<sup>2</sup>; 2 — р-к Гудзон-Бэй; анал. Тод<sup>6</sup>; 3 — р-к Кили; анал. Рикаби<sup>7</sup> (анализ 3 сомнителен; видимо, повышенное содержание Co обусловлено примесью кобальтового арсенида).

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> вскипает и чернеет; FeCl<sub>3</sub> выявляет структуру; HgCl<sub>2</sub> при длительном действии дает слабый, легко стирающийся налет. Другие реактивы не действуют. Ni легко устанавливается микрохимически, а также при испытании методом отпечатков.

Данные о поведении парараммельсбергита п. п. тр. отсутствуют, однако можно предполагать, что в этом отношении он аналогичен раммельсбергиту.

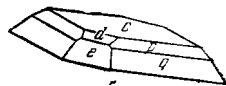
**Наход.** Парараммельсбергит встречен в гидротермальных месторождениях серебрено-никеле-кобальтовой формации в тесной ассоциации со смальтин-хлоантитом, раммельсбергитом, никелином, герсдорфитом, самородным серебром и лёллингитом. Он известен в р-ках Муз-Хорн, Гудзон-Бэй, Кили, Силвер-Бар в Онтарио (Канада); в месторождении Шладминг (Австрия); в месторождении Эльсниц (ГДР) — в жилах оловянных руд с никелином; в Шнееберге (ГДР); и в месторождении Добшина (Чехословакия)<sup>8</sup>.

Парараммельсбергит возникает при более низкой температуре и является более устойчивой модификацией, чем раммельсбергит<sup>8</sup>. Нередко он образуется путем замещения хлоантита и никелина. При наличии серы образуется герсдорфит с парараммельсбергитом или без него<sup>5</sup>.

**Изм.** В зоне окисления за счет парараммельсбергита возникает аннабергит.

**Искусств.** Парараммельсбергит получен Холмсом<sup>9</sup> путем нагревания порошка раммельсбергита в атмосфере As в запаянной трубке при 350—375°. После обработки таким путем порошка пробы в течение 4 мес. не сохранилось никаких следов раммельсбергита.

**Отл.** От раммельсбергита отличается отсутствием двойникования, слабыми цветными эффектами анизотропии и по характеру порошкограммы: на порошкограмме парараммельсбергита не наблюдается расщепления линий.



Фиг. 99.  
Кристалл  
парараммельсбергита  
(Муз-Хорн)

По Пикону и Майченеру

Межплоскостные расстояния парараммельсбергита из р-ка Муз-Хорн  
(по Харкорту)  
Cu — антикатод

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	200	8	3,0	2,86	10	2	0,3	1,481
2	210; 201; 014; 104	10	8,0	2,55	11	2	0,3	1,440
3	022; 005	7	2,0	2,37	12	2	0,3	1,382
4	204	7	2,0	2,005	13	3	0,5	1,320
5	310; 016; 106	7	2,0	1,82	14	1	0,2	1,258
6	311	7	2,0	1,735	15	3	0,5	1,227
7		2	0,3	1,660	16	2	0,3	1,135
8		3	0,5	1,595	17	2	0,3	1,103
9	321; 314; 215; 125	5	1,0	1,537	18	3	0,5	1,060
					19	2	0,3	1,047
					20	5	1,0	1,017

## Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A. Am. Min., 1940, 25, No 3, 241.
2. Peacock M. A., Michener C. E. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1939, No 42, 95.
3. Peacock M. A., Dadsen A. S. Am. Min., 1940, 25, No 9, 561.
4. Михеев В. И. Сб. «Кристаллография». Углетехиздат, 1952, вып. 2, 75.
5. Ramdohr P. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1948, No 52, 9.
6. Walker T. L., Parsons A. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1921, No 12, 27.
7. Walker T. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1925, No 20, 49.
8. Padëra K. Sborn. Ustredn. Ustav. Geol., 1954, 21, 1.
9. Holmes R. J. Bull. Geol. Soc. Am., 1947, 58, 299.

## СТРУКТУРА ТИПА СКУТТЕРУДИТА

## ГРУППА СКУТТЕРУДИТА — ХЛОАНТИТА

	Сингония	$a_0$	Уд.в.
Скуттерудит $\text{CoAs}_3$	Куб.	8,21	6,8
Смальтин $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}$	Куб.	8,28	6,4—6,8
Хлоантит $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{3-x}$	Куб.		

Минералы этой группы, характеризующиеся близостью состава и свойств, изучены недостаточно. Химические анализы большей частью старые; для многих анализированных образцов отсутствуют уд. веса и данные микроскопического изучения. Рентгеновское изучение также не всегда сопровождалось химическими анализами и другими определениями. Пикок и Дэдсон (1940)<sup>1</sup> для смальтина и хлоантита принимают формулу  $\text{RAs}_{2,5-1,5}$ , где R = Co, Ni и Fe. По Дана (1944), скуттерудит имеет состав  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}$ , при x от 0 до 0,5, в то время как состав смальтина и хлоантита соответственно отвечает формуле  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}$  и  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{3-x}$  при x от 0,5 до 1; все эти минералы в справочнике Дана описываются совместно, как представители одной серии. По Холмсу<sup>2</sup>, кубические арсениды Co, Ni и Fe представлены только триарсенидами со скуттерудитовой структурой, а существование кубических диарсенидов — смальтина, хлоантита, чатамита и др. считается недоказанным. Холмс предлагает все кубические арсениды называть скуттерудитами, выделяя среди них

собственно скуттерудит (с преобладанием Co), никелевый скуттерудит (с преобладанием Ni) и железистый скуттерудит (с преобладанием Fe). Эти предложения Холмса, однако, недостаточно обоснованы.

Некоторые различия смальтина и скуттерудита как по химическому составу, так и по размерам элементарной ячейки и по ряду свойств (уд. весу, рельефу в полир. шлифах под микр. и т. д.) позволяют рассматривать смальтин-хлоантит наряду со скуттерудитом как самостоятельные минералы.

## Скуттерудит Skutterudite

### CoAs<sub>3</sub>

Назван по месту находки в Скуттеруде в Норвегии (Хайдингер, 1845).

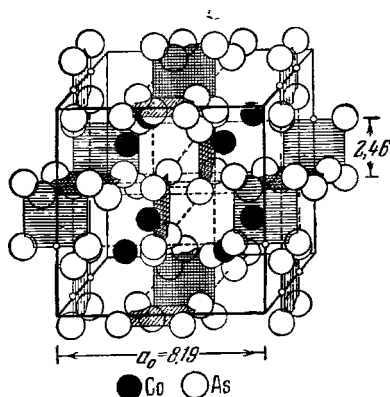
Синон. Твердый кобальтовый колчедан (Брайтхаупт, 1827), мышьяково-кобальтовый колчедан (Шерер, 1837), твердая кобальтовая руда (Хаусман, 1847), модумит (Николь, 1849), кубический колчедан (Брайтхаупт, 1827).

Разнов. Никель-скуттерудит, бисмутосмальтин, бисмут-скуттерудит.

**Характ. выдел.** Плотные и зернистые агрегаты. Нередко кристаллы.

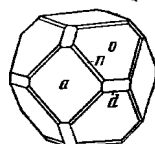
**Структ. и морф. крист.** Куб. с.;  $T_h^5 - Im\bar{3}?$ ;  $a_0 = 8,21 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (Эфтедаль)<sup>3</sup>.

В решетке скуттерудита (фиг. 100) атомы As образуют расположенные по вершинам квадрата четверные группы As<sub>4</sub>. Эти плоские группы располагаются по серединам ребер и «граней» куба ячейки и ориентированы



Фиг. 100.

Структура скуттерудита.  
По Пинку и Дэдсону



Фиг. 101.

Кристалл скуттерудита  
(Ак-Джилга)  
По Бонштедт-Куплетской

параллельно его «граням». Каждый атом Co окружен шестью атомами As и расположен в центрах малых кубов. По Белову<sup>4</sup>, структура скуттерудита представляет несколько искаженный мотив  $A\bar{X}_3$ , получающийся в результате небольшой деформации плотнейшей кубической упаковки.

Дидокаэдр. кл. Главные формы (Гольдшмидт, Уокер)<sup>5</sup>:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $n(211)$ ,  $'s(321)$ .

Редкие и второстепенные формы:  $(210)$ ,  $(221)$ ,  $(332)$ ,  $(643)$ .

Кристаллы кубические, кубо-октаэдрические (фиг. 101)<sup>6</sup>, октаэдрические, реже пентагон-додекаэдрические. Грани  $(001)$ , часто искривлены и вышуклы. На гранях октаэдра нередко наблюдается тонкая штриховка, параллельная ребрам  $(111):(211)$ . Дв. по  $(011)$ ? редки.

**Физ.** Сп. едва заметная по (100). Изл. неровный, часто раковинистый. Хрупок. Тв.  $5\frac{1}{2}$ —6. Уд. в. 6,50—6,79 (вычисл. 6,84), у никель-скуттерудита 6,3—6,6. Цв. оловянно-белый, иногда серая или радужная побежалость. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый; по сравнению со смальтином (в иммерсии) едва заметен слабый желтоватый оттенок. Отраж. спос. вы-сокая (~60%). Изотропен. По сравнению со смальтином и хлоантитом имеет несколько повышенный относительный рельеф.

**Хим.** Теор. состав: Co — 20,77; As — 79,23. Постоянно содержатся изоморфные примеси Ni, Fe, S; в никель-скуттерудите Ni преобладает над Co, содержание Fe нередко достигает нескольких процентов. В некоторых скуттерудитах обнаружены небольшие количества Cu, Bi, Sb, Te, возможно, в той или иной степени входящих в состав механических примесей других минералов.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fe	1,84	2,29	3,56	4,35	5,82	3,30	1,04	5,07	0,47
Co	20,18	18,59	17,66	16,85	10,98	10,76	7,78	3,69	2,30
Ni	0,11	Сл.	0,66	Нет	5,14	8,58	12,94	12,01	19,89
S	1,50	0,82	0,66	1,58	—	0,80	1,67	0,51	0,61
As	76,38	77,64	75,70	73,53	75,30	77,00	76,78	77,94	75,78
Sb	—	—	—	Нет	—	0,07	—	—	—
Te	—	—	—	0,62	—	—	—	—	—
Bi	—	—	0,06	2,05	—	0,01	—	—	0,16
H. о.	—	—	1,64	0,50	1,44	0,44	0,44	—	0,14*
Сумма	100,01	99,34	99,94	99,48	98,68	100,96	100,65	99,22	99,35
Уд. в.	6,79	6,696	6,582	—	—	—	6,551	6,32	—

\* 0,13. SiO<sub>2</sub>; 0,01Pb.

1—6 — скуттерудиты: 1 — Садбери, зональный кристалл<sup>7</sup>; 2 — Бу-Аззер, изометричные зональные кристаллы; анал. Журавский<sup>8</sup>; 3 — Южн. Лоррен; анал. Тод<sup>9</sup>; 4 — Хову-Аксы; анал. Книпович; оригинал порошкограмма; 5 — р-к Хорас-Портер, незональный, под микр. однородный; анал. Фэрчайлд<sup>10</sup>; 6 — Хову-Аксы; анал. Алексеева (из материала Онтоева); 7—9 — никель-скуттерудиты: 7 — Оравца, (Румыния), изометричный зональный кристалл; анал. Грэхэм<sup>11</sup>; 8 — Севт-Мари-о-Мин; однородный; анал. Фолхардт<sup>12</sup>; 9 — Шнееберг, изометричный кристалл, анализирован после обработки материала HCl и KClO<sub>3</sub>; анал. Фолхардт<sup>12</sup>.

**Диagn. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub> с образованием красного (Co) или зеленого (Ni) раствора при нагревании.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> мутнеет; FeCl<sub>3</sub> почти не оказывает действия. Характерны микрохимические реакции на Co (реакция на Co методом отпечатков); для никель-скуттерудита микрохимические реакции на Ni: при реакции методом отпечатков с рубеновой кислотой отпечаток приобретает фиолетовую окраску.

П. п. тр. ведет себя как смальтин (соответственно хлоантит).

**Находж.** Скуттерудит в ассоциации с другими арсенидами Co и Ni встречается в гидротермальных месторождениях никеле-кобальтовой и серебряно-никеле-кобальтовой формаций. Никель-скуттерудит наблюдается в природе в той же ассоциации, но значительно реже, чем скуттерудит и смальтин-хлоантит.

Сопровождается глаукодом, кобальтином, арсенипиритом, шпроттином и др. Наблюдался в месторождении Ак-Джилга в Алайском хребте (Киргизская ССР) в виде кристаллов<sup>6</sup>, в Магаданской обл., в тесной ассо-

ниции со смальтином-хлоантитом в рудах месторождения Хову-Аксы (Тувинская авт. обл.); в парагенезисе с кобальтином и сфеном был впервые установлен в оруденелых сланцах месторождения Скуттеруд (Норвегия)<sup>13</sup>; наблюдается в кварцевых жилах м-ния Бу-Аззер (Марокко). Установлен в Кочарском железорудном контактово-метасоматическом месторождении Акмолинской обл. в тесной ассоциации со смальтином и кальцитом<sup>14</sup>.

Для месторождений серебряно-никеле-кобальтовой формации наиболее характерна ассоциация скуттерудита со смальтином-хлоантитом, раммельсбергитом, саффоритом, никелином, герсдорфитом, самородным серебром, аргентитом, самородным висмутом и др.: Шнееберг, Аннаберг и Фрейберг (Саксония, ГДР), Рихельсдорф (Гессен, ФРГ); в Канаде — р-н Кобальт, Южный Лоррен, Говганда, и Садберн в Онтарио, а также р-н Большого Медвежьего озера; в США — р-н Хорас-Портер (шт. Колорадо) Кристаллы скуттерудита обнаружены в Туртмантале (Швейцария).

Пзм. При выветривании скуттерудита образуется эритрин, нередко в виде налетов и примазок; в результате выветривания никель-скуттерудита образуются налеты и корочки аннабергита.

Кусеств. Скуттерудит получен Бойтелем<sup>15</sup> и Холмсом<sup>2</sup>. Последним он синтезирован воздействием паров As на металлический порошок Co в атмосфере водорода при т-ре от 500 до 1050°.

Практ. знач. Скуттерудит вместе с другими арсенидами и сульфидарсенидами Co и Ni представляет промышленный интерес как руда для получения Co и Ni.

#### Межплоскостные расстояния скуттерудита из м-ния Хову-Аксы \*

Fe-антикатод, без флюора,  $D = 46,00$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	110	2	5,79	(5,25)	24	600; 442;	2	1,367	1,239
2	200	1	4,07	(3,69)		622 $\bar{3}$			
3	211	3	3,346	(3,033)	25	631 $\bar{3}$ ; 611	3	1,331	1,206
4	220 $\bar{3}$	0,5	(3,195)	2,896		532			
5		1	3,032	(2,722)	26	620	3	1,207	(1,177)
6	220; 310 $\bar{3}$	5	2,871	2,602	27	710 $\bar{3}$ ; 550 $\bar{3}$	0,5	1,286	1,165
7	310	10	2,585	(2,343)		543			
8	?	1	2,520	2,284	28	640 $\bar{3}$	0,5	(1,253)	1,134
9	321 $\bar{3}$	2	(2,407)	2,182	29	622	4	1,237	(1,122)
10	321	8	2,184	(1,979)	30	631	9	1,210	(1,097)
11	?	1	2,140	(1,940)	31	444; 730 $\bar{3}$	8	1,185	(1,074)
12	420 $\bar{3}$	3	(2,016)	1,827	32	710; 550;	7	1,162	(1,053)
13	411; 330	4	1,926	(1,746)		543			
14	420	9	1,828	(1,657)	33	640	7	1,139	(1,032)
15	510 $\bar{3}$ ; 431 $\bar{3}$	3	(1,769)	1,604	34	721; 633;	8	1,117	(1,012)
16	332	4	1,741	(1,578)		552			
17	422	9	1,668	(1,512)	35	642	1	1,097	(0,994)
18	510; 431	10	1,607	(1,456)	36	730	10	1,078	(0,977)
19	333; 511	0,5	1,585	1,437	37	731; 533;	3	1,066	0,966
20	530 $\bar{3}$ ; 433 $\bar{3}$	1	(1,547)	1,402		822 $\bar{3}$ ; 660 $\bar{3}$			
21	600 $\bar{3}$ ; 442 $\bar{3}$	0,5	(1,500)	1,360	38	650; 643;	4	1,051	0,952
22	522; 441	0,5	1,429	(1,295)		831 $\bar{3}$ ; 750 $\bar{3}$ ;			
23	530; 433	9	1,404	(1,273)	39	732; 651	10	1,041	(0,944)
					40	800	5	1,025	(0,929)

\* Оригинал анализа 4.  $a_0 = 8,189$  — по данным Михеева. Значения, приведенные Харвортом для скуттерудита из Скуттеруда, более чем на 1% уклоняются от значений Михеева. Данные порошкограммы см. также у Пинкока и Берн \*.

Отл. Скуттерудит без специального изучения трудно отличить от смальтина (см. смальтин).

**Разнов. 1) Ni-содержащий:** никель-скуттерудит (Уоллер и Мозес, 1892) с преобладающим Ni над Co (анализы 7—9 на стр. 152). Наблюдается в месторождениях Шнееберг (Саксония, ГДР), Рихельсдорф (Гессен, ФРГ), Оравица (Румыния), Сент-Мари-о-Мин (б. Маркирх, Эльзас), в Буллардс-Пик близ Силвер-Сити (шт. Нью-Мексико, США)<sup>16</sup>, в месторождении Кобальт (Онтарио, Канада) и др.

2) **Bi-содержащие**, не проверенные современными методами: Бисмутосмальтин (Френцель, 1888)<sup>17</sup> из Шорлау (Саксония, ГДР). Почковидные выделения, гнезда и мелкие кристаллы с формами  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $d(110)$ . Цв. оловянно-белый. Черта черная. Уд. в. 6,92. Состав (анализ 1) отвечает формуле  $Co(As, Bi)_3$ . Бисмут-скуттерудит (Рамзай, 1876)<sup>18</sup>, мелкие кристаллы из кварца неизвестного месторождения, уд. в. 7,55 (анализ 2), возможно, является смесью минералов.

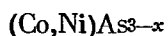
Анализы:

	Cu	Fe	Co	Ni	As	Sb	Bi	S	Сумма
1.	0,69	3,71	13,70	—	61,59	0,16	20,17	0,05	100,07
2.	—	0,55	10,18	5,66	46,10	—	37,64	—	100,13

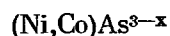
#### Л и т е р а т у р а

1. Реасок М. А., Дадсон А. С. Am. Min., 1940, 25, No 9, 561.
2. Holmes R. J. Bull. Geol. Soc. Am., 1947, 58, 299.
3. Oftedal I. Zs. Krist., 1928, 66, 517; Реасок М. А., {Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 47.
4. Белов Н. В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз. Изд. АН СССР, 1947, 197.
5. Walker T. L. Am. Min., 1921, 6, No 3, 54.
6. Бонштедт-Куплетская Э. М. Зап. Всес. мин. о-ва, 1948, 77, № 1, 105.
7. Thomson E. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1921, No 37, 19.
8. Orsel J., Jouravsky G. Congrès Inst. Mines, Mex., Geol. Appl., 1935, 7.
9. Walker T. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1925, No 49, 1.
10. Schort M. H. Econ. Geol., 1930, 25, 764.
11. Thomson E. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1930, No 81.
12. Vollhardt G. Zs. Krist., 1886, 14, 407.
13. Samdahl. Norsk. Geol. Tidsskr., 1926, 8, 68 (хим. анализ).
14. Дымкин А. М. Уч. зап. Казанск ун-та, 1957, 117, № 2, 269.
15. Veutel A., Lorenz F. Cbl. Min., 1916, 364.
16. Rieger P. Am. Min., 1935, 20, No 10, 715.
17. Frenzel A. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1888, 16, 524.
18. Ramsay W. J. Chem. Soc., 1876, 29, 153.

### Смальтин Smaltite



### Хлоантит Chloanntite



Название смальтин происходит от слова смальта или шмальта, что означает синяя кобальтовая краска (Бедан, 1852), хлоантит — от греч.  $\chi\lambda\omicron\alpha\nu\theta\acute{\iota}\varsigma$  (хлоантес) — «зеленящий», «зеленеющий», так как при выветривании покрывается зеленым налетом (Брайтхаупт, 1845).

**Синон.** смальтина — шмальтин, смальтит, шмальтит, шпейсовый кобальт, белый кобальт (Вернер, 1817), серый кобальт (Честер, 1896); хлоантита — мышьяково-никелевый колчедан.

Висмута-кобальтовый колчедан (Керстен, 1826), висмута-кобальтовая руда (Хайдингер, 1845), хелеутит и керстенит (Брайтхаупт, 1845 и 1849), описанные как висмут-содержащие разновидности смальтина, оказались смесями смальтина и самородного висмута (Грот, 1878).

**Разнов.** Видимо, существуют разновидности, переходные от смальтина как хлоантиту, так и к скуттерудиту (непрерывный ряд твердых растворов).

**Характ. выдел.** Зерна, зернистые и плотные массы, редко кристаллы.



**Структ. и морф. крист.** Куб. с.;  $T_h^5$  —  $Im\bar{3}$ ?;  $a_0$  смальтина 8,28 Å;  $Z = 8$  (Эфтедаль)<sup>1</sup>;  $a_0$  хлоантита — оригинала анализа 4 и порошкограммы — 8,26 Å (Бадалов и Приходько)<sup>2</sup>.

Кристаллическая структура аналогична структуре скуттерудита.

Дидодекаэдр. кл. Главные формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $e(210)$ .

Второстепенные формы:  $A(310)$ ,  $P(410)$ ,  $c(510)$ ,  $\varepsilon(10.1.0)$ ,  $i(211)$ ; менее достоверные формы:  $(430)$ ,  $(540)$ ,  $(10.3.0)$ ,  $S(321)$ ,  $X(831)$ .

Облик кристаллов кубический, кубо-октаэдрический, реже — додекаэдрический. Наиболее развитые грани  $a(100)$  часто выпуклы или искривлены. Двойники по  $(111)$ , реже — по  $(321)$ . В редких случаях наблюдаются пластинчатые сростания по  $(111)$  (Аннаберг и Шнееберг).

**Физ. Сп.** несовершенная по  $(100)$  и по  $(111)$ . Изл. неровный. Хрупки. Тв.  $5\frac{1}{2}$ —6. Уд. в. 6,4—6,8. Цв. оловянно-белый до стально-серого в изломе. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачны.

Хорошие проводники электричества.

**Микр.** В поляр. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для желтых лучей 56, для зеленых — 58,5, для красных — 50. Изотропны. Оптически смальтин и хлоантит не отличимы один от другого. Обычно зональное строение кристаллов. Иногда в зональных образованиях обнаруживается аномальная оптическая анизотропность. Не всегда однородны по относительному рельефу вследствие неоднородности состава.

Чрезвычайно характерны концентрически-зональные, часто колломорфные агрегаты хлоантита и смальтина, в которых наблюдается чередование зон, несколько отличающихся друг от друга по составу и твердости. Смальтин и хлоантит часто наблюдаются в тесном сростании с другими арсенидами никеля и кобальта — скуттерудитом, сафлоритом, раммельсбергитом, никелином и др.

**Хим.** Химический состав сильно колеблется. Анализированные образцы представляют различные члены непрерывного ряда твердых растворов. Почти всегда обнаруживается Fe, изоморфно замещающее Co и Ni, а также некоторое количество Cu, S и др. Во всех анализированных минералах этого ряда отмечается избыточное количество As.

Теор. состав для  $CoAs_2$ : Co — 28,23; As — 71,77; для  $NiAs_2$ : Ni — 28,13; As — 71,87. Содержание Co в минералах этого ряда колеблется от 24% до следов, Ni — от следов до 28%, As — от 67 до 74%, Fe — от десятых долей до 16%, Cu — от следов до 0,5%; изредка устанавливаются Ag (до 3—4%) и Pb, содержание которых в значительной степени обусловлено механическими примесями.

Анализы (сводка анализов дана Холмсом<sup>3</sup>):

	1	2	3	4
Cu	—	0,96	—	—
Fe	4,73	1,21	3,69	4,78
Co	17,35	13,81	15,83	5,21
Ni	4,92	11,35	15,07	14,96
Bi	—	—	0,86	—
As	72,25	71,61	63,42	70,49
Sb	—	—	—	0,78
S	—	0,75	—	3,56
H. o.	—	—	0,32	—
Сумма	99,25	99,69	99,19	99,78

1—Хову-Аксы; анал. Бақланова; по новым данным Онтоева; 2—Кобальт; анал. Элсуорт<sup>4</sup>; зональный кристалл; 3—Шнееберг; анал. Фей<sup>3</sup>; 4—Кургашикан; оригинал порошкограммы; содержит небольшую примесь герсдорфита<sup>2</sup>.

Диагн. исп. В  $\text{HNO}_3$  легко растворяются с выделением  $\text{As}_2\text{O}_3$ , от  $\text{Co}$  раствор приобретает красный цвет, от  $\text{Ni}$  — зеленый.

В полир. шл. от  $\text{HNO}_3$  мутнеют.  $\text{FeCl}_3$  действует слабо. На разновидности, обогащенные  $\text{Ni}$ , действует  $\text{HgCl}_2$ . Конц.  $\text{HNO}_3$  выявляет структуру.

П. п. тр. плавятся с образованием магнитного шарика. Сплавленный шарик минерала с бурой дает реакции на  $\text{Fe}$ ,  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$ . При прокаливании на угле белый налет  $\text{As}_2\text{O}_3$  и чесночный запах, в зап. тр. при сильном нагревании возгон  $\text{As}$ .

Повед. при нагрев. Т-ра плавл. смальтина  $420\text{--}540^\circ$ , хлоантита  $430^\circ$ ; т-ра разложения первого  $230\text{--}320^\circ$ , второго  $135\text{--}220^\circ$ . Диссоциация дидарсенида кобальта по схеме  $8\text{CoAs}_2 \rightarrow 4\text{Co}_2\text{As}_3 + \text{As}_4$  (газ) происходит при  $798^\circ$ , по схеме  $2\text{CoAs}_2 \rightarrow 2\text{Co} + \text{As}_4$  (газ.) — при  $542^\circ$ .

Нахожд. Смальтин и хлоантит в парагенезисе с другими арсенидами кобальта, никеля и железа встречаются преимущественно в гидротермальных жильных месторождениях никеле-кобальтовой и серебряно-никеле-кобальтовой формаций. Известны минералогические находки смальтина и хлоантита в некоторых контактово-метасоматических и в других месторождениях.

Для месторождений никеле-кобальтовой формации характерен парагенезис смальтина-хлоантита со скуттерудитом, раммельсберgitом, саффоритом, никелином, а также с глаукоцитом, кобальтином, герсдорфитом, арсенопиритом и другими минералами в карбонатных, кварцево-карбонатных и реже в кварцевых жилах. К этому типу месторождений относятся: Хову-Аксы (Тувинская авт. обл.), Ак-Джилга (Киргизская ССР), некоторые месторождения Магаданской обл., Бериккульское золоторудное месторождение Кемеровской обл., Лабинское месторождение Краснодарского края (хлоантит), Виттихен, Вилбер и Рихельсдорф (ФРГ), Мансфельд (ГДР), месторождения Бу-Азвер (Марокко), Усеглио и Вальде-Алла в Пьемонте, Риу-Плапу на Сардинии (Италия), Кальтенберг и Туртманталь в Валлисе (Швейцария), некоторые месторождения Чили (Пунта-Брава, Копьяно, месторождения р-на Атакама) и др.

Наиболее крупные скопления минералов ряда смальтин — хлоантит известны в месторождениях серебряно-никеле-кобальтовой формации в ассоциации с другими арсенидами  $\text{Ni}$  и  $\text{Co}$  и серебряными минералами: Шнееберг, Аннаберг, Фрейберг и Шорлау близ Шнееберга (Саксония, ГДР), Шладдинг в Штирии (Австрия), Добшина (Чехословакия), Говганд в Южн. Лоррене и Кобальт в Онтарио (Канада).

Смальтин и хлоантит встречаются также в месторождениях урапа ( $\text{Ag-Co-Ni-Bi-U}$ -формации) в ассоциации с другими арсенидами, мышьяк-содержащими сложными сульфидами, самородным серебром и самородным висмутом: Яхимов (Чехословакия), Эльдорадо в р-не Большого Медвежьего озера (Канада) и др.

Находки смальтина-хлоантита минералогического характера отмечены в ряде пунктов СССР: Дашкесанское месторождение (Азерб. ССР), месторождение Беркут (Киргизская ССР), Турьянские р-ки (Свердловская обл.), дер. Ишкиново (Оренбургская обл.), Петропавловское, Благодатское и Чалбучинское месторождения (Читинская обл.), Змеиногорское месторождение (Алтайский край)<sup>7</sup>, Кургашикан (Узб. ССР). Метаколлоидные выделения смальтина в ассоциации с кальцитом, скуттерудитом установлены в Кочарском железорудном контактово-метасоматическом месторождении Тургайской провинции<sup>8</sup>.

Изм. Замещаются минералами серебра, висмутином, самородным висмутом, халькопиритом и др.

Смальтин и хлоантит легко окисляются с образованием различных арсенатов  $\text{Co}$ ,  $\text{Fe}$  и  $\text{Ni}$ ; наиболее характерно образование розового эритрина по смальтину и зеленого аннабергита по хлоантиту; при выветривании

минералов ряда смалътин-хлоантит возникают также черные минералы из группы окислов (гетерогенит, асболан и др.).

**Искусств.** Смалътин получен в виде мелких кубических кристаллов Дюрюше<sup>9</sup> действием водорода на смесь хлоридов мышьяка и кобальта при высоких температурах. Дюсселье<sup>10</sup> получил  $\text{CoAs}_2$  при температурах ниже  $400^\circ$  действием паров As на металлический Co в атмосфере водорода. Бойтель<sup>11</sup> и Бойтель и Лоренц<sup>12</sup> действием паров As на порошок металлического Co в зап. тр. в атмосфере водорода при т-ре от  $385$  до  $405^\circ$  синтезировали  $\text{CoAs}_2$ , а также соединения типа  $\text{Co}_2\text{As}_3$ ,  $\text{Co}_2\text{As}_5$  и  $\text{CoAs}_3$ , однако рентгенометрически эти соединения изучены не были. Холмс<sup>3</sup> из арсенидов Co получил только  $\text{CoAs}_3$ , соответствующий по структуре скуттерудиту. На этом основании он предполагает, что в природе не существуют кубические диярсениды Co и что продукты, полученные Дюсселье, Бойтелем, Бойтелем и Лоренцем, представляют смеси скуттерудита и арсенидов, содержащих меньше As. В системе Co — As установлено существование четырех соединений:  $\text{CoAs}$ ,  $\text{Co}_3\text{As}_2$ ,  $\text{Co}_3\text{As}$ ,  $\text{Co}_5\text{As}_2$ <sup>13</sup>. Кочевым<sup>14</sup> выяснено, что указанные низшие арсениды Co образуют твердые растворы ограниченной растворимости. Для системы Ni — As<sup>13</sup> доказано существование трех соединений:  $\text{NiAs}$ ,  $\text{Ni}_3\text{As}_2$  и  $\text{Ni}_5\text{As}_2$ .

**Практ. знач.** Хлоантит и смалътин — важнейшие минералы некоторых никелевых и кобальтовых руд.

**Отл.** По морфологическим, физическим и оптическим свойствам смалътин и хлоантит практически не отличимы один от другого, различие между ними может быть установлено на основании химического анализа. От скуттерудита отличаются несколько меньшим уд. весом, несколько большим значением параметра решетки, в полупр. пл. — наличием зональности, более низким рельефом и реакцией с  $\text{HNO}_3$ . От ромбических арсенидов (саффлорита и раммельсбергита) минералы ряда смалътин—хлоантит отличаются изометричностью зерен или кристаллов (ромбические арсениды образуют призматические удлиненные кристаллы и лучистые агрегаты), а также изотропностью, зональным строением и др.

#### Межплоскостные расстояния хлоантита из Кургапинкана<sup>2</sup>

Fe-антикатод,  $D = 57,3$  мм \*

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	211	2	3,31	(2,99)	17	600; 442	4	(1,382)	1,253
2	220 $\beta$	2	(3,15)	2,86		622 $\beta$			
3	310 $\beta$ ; 220	3	(2,86)	2,60	18	631 $\beta$ ; 611	2	(1,338)	1,209
4	310	10	2,61	(2,35)	19	620	2	1,308	(1,185)
5	321 $\beta$	2	(2,405)	2,18	20	622	3	1,246	(1,129)
6	321	5	2,182	(1,97)	21	631	5	1,236	(1,120)
i	420 $\beta$	2	(2,026)	1,837	22	444 730 $\beta$	3	(1,194)	(1,082)
·	411; 330	2	1,940	(1,750)	23	710; 550	2	1,165	(1,056)
·	420	10	1,845	(1,677)		543			
10	510 $\beta$ ; 431 $\beta$	2	(1,787)	1,620	24	732 $\beta$ ; 651 $\beta$	1	(1,151)	1,044
11	332	1	1,754	(1,588)	25	640	2	1,141	(1,034)
12	422	7	1,688	(1,530)	26	712; 633; 552	2	1,127	(1,020)
13	510; 431	9	1,616	(1,464)					
14	530 $\beta$ ; 433 $\beta$	1	(1,565)	1,418	27	730	6	1,087	(0,986)
15	600 $\beta$ ; 442 $\beta$	1	(1,518)	1,377	28	732; 651; 552	5	1,048	(0,949)
16	530; 433	7	1,425	(1,290)					

\* Оригинал анализа 4

## Л и т е р а т у р а

1. Ö f t e d a l I. Zs. Krist., 1928, 66, 517.
2. Бадалов С. Т., Приходько П. Л. Зап. Всес. мин. о-ва, 1956, 85, № 4, 571.
3. H o l m e s R. J. Bull. Geol. Soc. Am., 1947, 58, No 4, 299. (рентгеновское изучение, синтез, сводка хим. анализов, номенклатура).
4. E l l s w o r t h H. V. Ontario Bur. Mines. Rep., 1916, 25, 1.
5. S h o r t M. N. U. S. Geol. Surv. Bull., 1931, No 825, 1.
6. Кочнев М. И. ДАН СССР, 1950, 70, № 3, 433.
7. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 700.
8. Дымкин А. М. Уч. Зап. Казанск. ун-та, 1957, 117, № 2, 269.
9. D u r o c h e r J. C. R., Paris, 1851, 32, 823.
10. D u c e l l i e u x F. C. R., Paris, 1908, 147, 424.
11. B e u t e l l A. Cbl. Min., 1916, 46.
12. B e u t e l l A., L o r e n z F. Cbl. Min., 1916, 10.
13. F r i e d r i c h K. Metallurgie, 1908, 5, 150.
14. Кочнев М. И. ДАН СССР, 1950, 73 № 6, 1197.

## СТРУКТУРА НЕ ВЪЯСНЕНА

Новакит — novakite (Иохан и Хак, 1959).  $(\text{Cu,Ag})_4\text{As}_3$ .

Тетраг. с.  $a_0=8,206$ ,  $c_0=11,88$  А;  $a_0:c_0=1:1,448$ . Сп. не обнаружена. Тв. 3—3½. Уд. в. 6,7? (материал не чистый). Цв. на свежем изломе стально-серый; на воздухе появляется побежалость, минерал темнеет и становится почти черным. В пл. в отраж. св. белый, по сравнению с самородным мышьяком имеет желтоватый оттенок и немного более высокую отраж. способность. Двустражение и внутренние рефлексы не установлены. Анизотропен с темно-сине-серыми и буроватыми цветными эффектами. Состав за вычетом примеси кальцита, лёллингита и халькозина: Cu—50,91, Ag—3,27; As—45,82; сумма 100,00. В полир.пл. травится  $\text{HNO}_3$  (1:1),  $\text{HCl}$  (1:1),  $\text{FeCl}_3$  (20%). При нагревании распадается до плавления. Наблюдается в тесной ассоциации с лёллингитом и халькозином в виде вкрапленников в карбонатной породе в медно-кобальто-мышьяковом месторождении Черный Дул в Чехословакии.

Очень легко выветривается и замещается вторичными минералами меди и мышьяка.

Интенсивные линии порошкограммы отвечают межплоскостным расстояниям: 1,998(9), 1,957(9), 1,910(7), 1,870(10), 1,787(5), 1,352(6), 1,225(6), 1,182(10).

## Л и т е р а т у р а

1. J o h a n Z., H a k J. Chem. d. Erde, 1959, 20, 1, 49 (предварительное сообщение).

Канейт—1): kaneite (Кейн, 1829; Хайдингер, 1845)<sup>1,2</sup>.  $\text{MnAs}_2$ ?

Гроздевидные сероватые сильно блестящие зернистые или скорлуповатые выделения на листоватом галените, пронизанном железистым кварцем. Хрупок. Изл. веровный. Уд. в. 5,55. Теор. состав: Mn — 42,30; As — 57,70. Данные анализа: Mn — 45,5; Fe — сл., As — 51,8; сумма — 97,3. Нацело растворяется в царской водке.

П. п. тр. распадается в порошок и окрашивает пламя в синий цвет; при сильном нагревании выделяются пары  $\text{As}_2\text{O}_3$ .

Месторождение точно не известно, предположительно найден в Саксонии (ГДР).

Минерал недостаточно изучен. Искусственный Mn As имеет структуру типа никелина.

## Л и т е р а т у р а

1. K a n e. Quarterly J. Sci., 1829, 29, 381; Ann. Phys., 1830, 19, 145.
2. H a i d i n g e r. Handb. d. Bestimmenden Mineralogie. Wien, 1845, 559.

## СУЛЬФИДЫ

### ПРОСТЫЕ СУЛЬФИДЫ

<i>Структура типа флюорита</i> группа дигенит дигенит	$Cu_{2-x}S$
<i>Структура типа куприта</i> группа аргентита аргентит	$Ag_2S$
<i>Структура типа халькозина</i> группа халькозина халькозин	$Cu_2S$
<i>Структура типа акантита</i> группа акантита акантит	$Ag_2S$
<i>Структура типа хизлеудита</i> группа хизлеудита хизлеудит	$Ni_3S_2$
<i>Структура типа пентландита</i> группа пентландита пентландит	$(Fe, Ni)_9S_8$
<i>Структура типа галита</i> группа ольдгамит ольдгамит галенит алабандин	$CaS$ $PbS$ $MnS$
<i>Структура типа сфалерита</i> группа сфалерита сфалерит хоулит метациннабарит	$ZnS$ $CdS$ $HgS$
<i>Структура типа вольцита</i> вольцит	$Zn_5S_4O^?$ $Zn_6As_2S_6^?$
<i>Структура типа вюртцита</i> группа вюртцита вюрцит гринокит $\beta$ -алабандин	$ZnS$ $CdS$ $MnS$
<i>Структура типа никелина</i> группа троилита троилит [гидротроилит]	$FeS$ $FeS \cdot nH_2O$

	пирротин	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}$
	смайтит	$\text{Fe}_3\text{S}_4$
	[джайпурит]	$\text{CoS}$
<i>Структура типа ковеллина</i>	группа ковеллина	
	ковеллин	$\text{CuS}$
<i>Структура типа киновари</i>	группа киновари	
	киноварь	$\text{HgS}$
<i>Структура типа миллерита</i>	группа миллерита	
	миллерит	$\text{NiS}$
<i>Структура типа куперита</i>	группа куперита	
	куперит	$\text{PtS}$
	брэггит	$(\text{Pt}, \text{Pd}, \text{Ni})\text{S}$
<i>Искаженная структура типа галита</i>	группа герценбергита	
	герценбергит	$\text{SnS}$
<i>Структура типа реальгара</i>	группа реальгара	
	реальгар	$\text{As}_4\text{S}_4$
<i>Структура типа шпинели</i>	группа линнеита	
	линнеит	$\text{Co}_3\text{S}_4$
	зигснит	$(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$
	полндимит	$\text{Ni}_3\text{S}_4$
<i>Структура типа антимонита</i>	группа антимонита	
	антимонит	$\text{Sb}_2\text{S}_2$
	хоробетсуит	$(\text{Bi}, \text{Sb})_2\text{S}_3$
	вьсмутин	$\text{Bi}_2\text{S}_3$
	[устарасит]	$\text{PbBi}_6\text{S}_{10}$
<i>Структура типа аурипигмента</i>	группа аурипигмента	
	аурипигмент	$\text{As}_2\text{S}_3$
	[джеромит]	$\text{As}(\text{S}, \text{Se})_2$
<i>Структура типа пирита</i>	группа пирита	
	гауерит	$\text{MnS}_2$
	пирит	$\text{FeS}_2$
	[мельниковит]	$\text{FeS}_2$
	бравоит	$(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})\text{S}_2$
	ваэсит	$\text{NiS}_2$
	катьерит	$\text{CoS}_2$
	вилламаннит	$(\text{Cu}, \text{Ni}, \text{Co}, \text{Fe})(\text{S}, \text{Se})_2^?$
	группа лаурита	
	лаурит	$\text{RuS}_2$
<i>Структура типа молибденита</i>	группа молибденита	
	молибденит	$\text{MoS}_2$
	[нордизит]	$\text{MoS}_2$
	тунгстенит	$\text{WS}_2$
<i>Структура типа марказита</i>	группа марказита	
	марказит	$\text{FeS}_2$

*Структура не выяснена*

патронит	$VS_4$
диморфит	$As_4S_3$
минерал S	?

## СЛОЖНЫЕ СУЛЬФИДЫ

*Структура типа штромейерита*

группа штромейерита	
штромейерит	$Ag_{1-x}CuS$

*Структура типа кобальтина*

группа кобальтина	
кобальтин	$CoAsS$
герсдорфит	$NiAsS$
коринит	$Ni(As,Sb)S$
виллиамит	$(Co,Ni)SbS$
ульманнит	$NiSbS$
[вольфахит]	$Ni(As,Sb)S$
каллилит	$Ni(Sb,Bi)S$

*Структура типа арсенопирита*

группа арсенопирита	
арсенопирит	$FeAsS$
глаукоцит	$(Co,Fe)AsS$
гудмундит	$FeSbS$

*Структура типа акантита*

группа аргиродита	
аргиродит	$Ag_8GeS_6$
кавфильдит	$Ag_8SnS_6$

*Структура типа пираргирита*

группа пираргирита	
прустит	$Ag_3AsS_3$
пираргирит	$Ag_3SbS_3$
[ксантоконит]	$Ag_3AsS_3$
[широстильнит]	$Ag_3SbS_3$

*Структура типа лорандита*

группа лорандита	
лорандит	$TlAsS_2$

*Структура типа блеклых руд*

группа лаутита	
лаутит	$CuAsS$
группа блеклых руд	
теннантит	$Cu_{12}As_4S_{13}$
тетраэдрит	$Cu_{12}Sb_4S_{13}$
группа колусита	
[колусит]	$Cu_3(As,Sn,Fe)S_4?$
[германит]	$Cu_3(Fe,Ge)S_4$
[реньерит]	$(Cu,Fe)_3(Fe,Ge)S_4$

*Структура типа сульванита*

группа сульванита	
сульванит	$Cu_3VS_4$

<i>Структура типа халькопирита</i>	
группа халькопирита	
халькопирит	$\text{CuFeS}_2$
[халькопирротин]	$\text{CuFeS}_2 + n\text{FeS}$
галлит	$\text{CuGaS}_2$
станнин	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$
группа фаматинита	
люционит	$\text{Cu}_3\text{AsS}_4$
фаматинит	$\text{Cu}_3\text{SbS}_4$
<i>Структура типа кубанита</i>	
группа кубанита	
кубанит	$\text{CuFe}_2\text{S}_3$
<i>Искаженная структура типа галита</i>	
группа тиллита	
тиллит	$\text{PbSnS}_2$
[монтезит]	$\text{PbSn}_4\text{S}_5?$
группа миаргирита	
миаргирит	$\text{AgSbS}_2$
арамайоит	$\text{Ag}(\text{Sb}, \text{Bi})\text{S}_2$
[матильдит]	$\text{AgBiS}_2$
[павонит]	$\text{AgBi}_3\text{S}_5$
группа грейтонита	
[иорданит]	$\text{Pb}_5\text{As}_2\text{S}_8$
[геокронит]	$\text{Pb}_5(\text{Sb}, \text{As})_2\text{S}_8$
грейтонит	$\text{Pb}_9\text{As}_4\text{S}_{15}$
группа козалита	
[кобеллит]	$\text{Pb}_6\text{FeBi}_4\text{Sb}_2\text{S}_{16}$
козалит	$\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$
группа фрейеслебениита	
рамдорит	$\text{Ag}_2\text{Pb}_3\text{Sb}_5\text{S}_9$
фрейеслебениит	$\text{AgPbSbS}_3$
диафорит	$\text{Ag}_3\text{Pb}_2\text{Sb}_3\text{S}_8$
андорит	$\text{AgPbSb}_3\text{S}_6$
физелеит	$\text{Ag}_2\text{Pb}_5\text{Sb}_3\text{S}_{18}$
группа менегенита	
менегенит	$\text{CuPb}_{13}\text{Sb}_7\text{S}_{24}$
<i>Структура типа энаргита</i>	
группа энаргита	
энаргит	$\text{Cu}_3\text{AsS}_4$
группа штернбергита	
штернбергит	$\text{AgFe}_2\text{S}_3$
[аргентоширит]	$\text{AgFe}_2\text{S}_3$
[аргироширит]	$\text{Ag}_3\text{Fe}_7\text{S}_{11}?$
[фризент]	$\text{Ag}_2\text{Fe}_5\text{S}_3?$
группа халькостибита	
халькостибит	$\text{CuSbS}_2$
эмплектит	$\text{CuBiS}_2$
[купробисмутит]	$\text{CuBiS}_2?$
<i>Структура типа антимонита</i>	
группа бурнонита	
зелигманнит	$\text{PbCuAsS}_3$
бурнонит	$\text{PbCuSbS}_3$
айкиннит	$\text{PbCuBiS}_3$



группа <i>реџбаниита</i>	
хаммарит	$Pb_2Cu_2Bi_4S_9$
реџбаниит	$Pb_3Cu_2Bi_{10}S_{19}$
ливдстрёмит	$PbCuBi_3S_6$
гладит	$PbCuBi_5S_9$
<i>Структура типа бертьерита</i>	
группа <i>бертьерита</i>	
[ливингстонит]	$HgSb_4S_7$
бертьерит	$FeSb_2S_4$
<i>Структура типа джемсонита</i>	
группа <i>джемсонита</i>	
джемсонит	$Pb_4FeSb_6S_{14}$
[параджемсонит]	$Pb_4FeSb_6S_{14}$
<i>Структура типа галенобисмутита</i>	
группа <i>галенобисмутита</i>	
галенобисмутит	$PbBi_2S_4$
[бончевит]	$PbBi_4S_7$
<i>Структура типа шпинели</i>	
группа <i>шандита</i>	
шандит	$Ni_3Pb_2S_2$
[паркерит]	$Ni_3Bi_2S_2$
группа <i>борнита</i>	
борнит	$Cu_5FeS_4$
группа <i>добреселита</i>	
добреселит	$Cr_2FeS_4$
карролит	$Co_2CuS_4$
виоларит	$Ni_2FeS_4$
<i>Структура типа бетехтинита</i>	
группа <i>бетехтинита</i>	
бетехтинит	$(Cu, Fe)_2(Pb, Ag)_2S_7$
<i>Структура не выяснена</i>	
группа <i>соединений типа <math>A_mB_nX_p</math></i>	
кермезит	$Sb_2S_2O$
ялшаит	$Ag_3CuS_2$
пирсеит	$(Ag, Cu)_{16}As_2S_{11}$
полизбит	$(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$
полларгирит	$Ag_{24}Sb_2S_{15}?$
стефанит	$Ag_5SbS_4$
гаухекорнит	$Ni_9(Bi, Sb)_2S_8?$
виттихенит	$Cu_3BiS_3$
идаит	$Cu_5FeS_6$
смитит	$AgAsS_2$
трехманнит	$AgAsS_2?$
валлернит	$Cu_2Fe_4S_7?$
лылланит	$Pb_3Bi_2S_6$
буланжерит	$Pb_5Sb_4S_{11}$
семсейит	$Pb_5Sb_8S_{21}$
дюфренуазит	$Pb_2As_2S_5$
ратит	$Pb_3As_4S_9$
гетероморфит	$Pb_7Sb_8S_{19}$
баумгауерит	$Pb_4As_6S_{13}$
ливейнгит	$Pb_5As_8S_{17}$
плагнонит	$Pb_5Sb_4S_{17}$
сарторит	$PbAs_2S_4$
цинкенит	$PbSb_2S_4?$

робинсонит	$Pb_7Sb_{12}S_{25}?$
фюлёппит	$Pb_3Sb_8S_{15}$
группа соединений типа $A_mB_nC_pX_q$	
эпигенит	$Cu_8Fe_3As_2S_{10}?$
самсонит	$Ag_4MnSb_2S_6$
ширмерит	$Ag_4PbBi_4S_9$
ленгенбахит	$(Ag, Cu)_2Pb_6As_4S_{13}$
франкеит	$Pb_5Sn_3Sb_2S_{14}$
цилиндрит	$Pb_3Sn_3Sb_2S_{14}?$
врбант	$TlAs_2SbS_5$
овихит	$Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$
гутчинсонит	$Ag_2(Pb, Tl)As_{10}S_{17}?$
герстлиит	$(Na, Li)_4As_2Sb_8S_{17} \cdot 6H_2O$
<i>Недостаточно изученные и сомнительные сульфиды сложного состава</i>	
аллхарит	?
беегерит	$Pb_6Bi_2S_9?$
бенжаминит	?
бертозит	$Cu_7Pb_2Sb_5S_{13}$
боливиан	$Ag_2Sb_{12}S_{19}$
бурсант	$Pb_5Bi_4S_{11}$
висмутовый джемсонит	?
дервиллит	?
догначкаит	$Cu_2Bi_4S_7?$
дюрфельдит	$Pb(Ag, Cu, Fe)MnSb_2S_6?$
канницарит	$Pb_3Bi_5S_{11}?$
кокинерит	$Cu_4AgS$
маррит	?
минерал Q	?
минерал типа рещваниита	$Pb_4(Bi, Sb)_{10}S_{19}?$
питанкит	$2(Ag, Pb, Cu)S \cdot Bi_2S_3?$
плюмбоманганит	?
реворедит	?
сангвинит	?
соллиит	$Pb_3As_4S_9$
сульфоантимонид серебра и свинца	$Ag_2Pb_7Sb_8S_{20}$
тиннит	$(Pb, Ag, Zn)_{20}Bi_2S_{23}$
эйхбергит	$(Cu, Fe)Sb_3Bi_3S_5$

## ПРОСТЫЕ СУЛЬФИДЫ

### СТРУКТУРА ТИПА ФЛЮОРИТА

#### ГРУППА ДИГЕНИТА

Дигенит  $Cu_{2-x}S$  Куб. с.  $a_0$  5,57 Уд. в.  $\sim 5,6$

#### Дигенит Digenite

$Cu_{2-x}S$

Название от греч.  $\delta\iota\gamma\epsilon\nu\iota\varsigma$  (дигенес) — двух родов в связи с предполагавшимся наличием одно- и двухвалентной меди (Брайтхаупт, 1844).

Синон. Кубический халькозин<sup>1</sup>, синий халькозин,  $\alpha$ -халькозин, неодигенит (Рамдор)<sup>2</sup>. Рамдор установил, что оригинальный образец дигенита Брайтхаупта представляет смесь халькозина и ковеллина, и предложил для изотропного халькозина название неодигенит. Бёргер<sup>3</sup> применил название дигенит к минералу с формулой  $Cu_2S_{5-x}Cu_{1-x}S$ .

**Характ. выдел.** Микроскопически мелкие зерна и их агрегаты, иногда кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с. ?  $a_0 = 5,57 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Курц,<sup>4</sup> для минерала с Аляски). Параметр решетки искусственного соединения меняется от 5,565 до 5,555  $\text{ \AA}$  в соответствии с увеличением содержания S от 35 до 37 атомн. %<sup>5</sup>.

Структура дефектная, близкая к структуре флюорита<sup>6</sup>. Дефицит Cu покрывается замещением  $\text{Cu}^{1+}$  на  $\text{Cu}^{2+}$ . Каждый атом Cu окружен тетраэдром из атомов S. Расстояние Cu — S = 2,41  $\text{ \AA}$ .

Кристаллы октаэдрического облика с формами  $o(111)$  и  $d(110)$ . Дв. по (111).

По новым данным Донэй, Донэй и Кузнеруд<sup>6а</sup>, дигенит псевдокубический, триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ . Псевдокубическая ячейка имеет  $a_0 = 27,71 \text{ \AA}$  ( $= 5,54 \times 5$ ); ромбоэдрическая:  $a_{rh} = 16,16 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 13^\circ 56'$ ;  $Z = 1$  ( $\text{Cu}_5\text{S}_5$ ) или 5 ( $\text{Cu}_1,8\text{S}$ ). Кристаллы (октаэдры) являются сложными двойниками из четырех ромбоэдрических кристаллов.

**Физ. Сп. у искусств. дигенита по (111) несовершенная.** Изл. раковистый. Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2} - 3$ . Уд. в. меняется в зависимости от степени дефицитности решетки: у искусственного от 5,706 при  $x = 0,16$  (Позняк и др.)<sup>7</sup> до 5,501 при  $x = 0,33$  (Григорьев)<sup>8</sup>. Цв. свинцово-серый с голубоватым оттенком, синий до черного. Черта темно-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В поляр. пл. в отраж. св. отчетливо голубой. Отраж. спос. умеренная. Изотропен. В некоторых случаях обнаруживает аномальную анизотропию (при не вполне скрещенных николях с иммерсионными объективами).

**Хим.** Сульфид меди не вполне определенного состава, который выражается формулой  $\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ;  $x$  — от 0,10 до 0,22. Состав природного дигенита большей частью отвечает формуле  $\text{Cu}_{1,8}\text{S}$ ; теор. состав дигенита с такой формулой: Cu — 78,11; S — 21,89. Анализы обычно указывают на наличие небольшого количества Fe, видимо, входящего в состав примесей (борнит, пирит и др.). В дигените из Блявы (анализ 2) спектроскопически установлено небольшое количество Ag.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	78,11	77,40	76,59	75,30
Fe	Нет	0,21	0,20	0,16
S	21,85	22,65	23,21	24,54
H <sub>2</sub> O	—	0,037	—	—
<hr/>				
Сумма	99,96	100,297	100,00	100,00
Уд. в.	5,610	—	—	—

1 — Джером (кристаллы); анал. Гонпер (по Дана, 1944); 2 — Блява; анал. Покровская<sup>9</sup>; 3 — Кхан; анал. Курц<sup>4</sup>; 4 — Тсумеб; анал. Курц<sup>4</sup>.

**Диagn. исп.** Растворим в  $\text{HNO}_3$ . П. п. тр. плавится со вскипанием.

**Нахожд.** В гидротермальных месторождениях изредка наблюдается в небольшом количестве в составе относительно бедных серой медных руд. Отмечался в СССР в колчеданных рудах Среднего Урала<sup>10</sup>, в США — Кенекот (Аляска), Джером (шт. Аризона), Бьют (шт. Монтана); наблюдается в Тсумебе и Кхане (Юго-Западная Африка) и др. Характерна ассоциация с халькозином и ковеллином. Замещает халькопирит, борнит, пирит и другие сульфиды.

Гипергенный дигенит еще более редок; совместно с ковеллином и халь-

козином он обнаружен в месторождении Блява (Оренбургская обл.),<sup>9</sup> где образовался по халькозину.

**Изм.** Продуктами гипергенного изменения дигенита являются ковеллин, самородная медь, малахит, азурит и др. Отмечено частичное или полное замещение дигенита халькозином<sup>8</sup>.

**Искусств.** Получается путем нагревания сульфида меди в вакуумной печи до точки плавления<sup>7</sup>, а также действием  $H_2S$  на медный купорос или углекислую медь при т-ре  $600-650^\circ$ <sup>8</sup> или спрессовыванием меди и порошка ковеллина (например, при давлении 10 000 атм и  $150^\circ$ )<sup>11</sup>, при пропускании  $H_2S$  под давлением над кристаллической  $CuCl$ <sup>12</sup>, спрессовыванием порошка S со свежесоставленной  $Cu$ <sup>12</sup>. Не образуется в результате нагревания халькозина, как это считали раньше<sup>13</sup>. Поле устойчивости в системе  $Cu_2S-CuS$ , несмотря на ряд исследований<sup>3,8</sup>, не выяснено. По Бёргеру, кристаллизуется в чистом виде ( $Cu_2S_5$  или  $Cu_{1,5}S$ ) в пределах  $20-78^\circ$ , выше  $78^\circ$  растворяет в себе  $Cu_2S$  или  $CuS$ .

**Отл.** Макроскопически при отсутствии кристаллов неотличим от халькозина. Под микр. характерны синий цвет, изотропность.

Межплоскостные расстояния дигенита из м-ния Кенекот<sup>4</sup>  
Сп-антикатод,  $D = 57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_y}{n}$
1	111	3	3,210	6	420	1	1,244
2	200	4	2,780	7	422	2	1,135
3	220	10	1,966	8	511; 333	1	1,070
4	311	2	1,677	9	440	1	0,983
5	400	1	1,390	10	531	1	0,940

#### Л и т е р а т у р а

1. Бетехгин А. Г. Зап. Всес. мин. о-ва, 1949, 78, № 4, 284; Григорьев Д. П. Там же, 287.
2. Ramdohr P. Zs. prakt. Geol., 1943, 51, 1.
3. Buerger N. W. Econ. Geol., 1941, 36, 19.
4. Kurz W. Zs. Krist., 1935, 92, Nr 5-6, 408.
5. Wada T. Bull. Chem. Soc. Japan, 1956, 29, No 6, 714.
6. Белов Н. В., Бутузов В. А. ДАН СССР, 1946, 54, № 8, 721.
- 6а. Donnay G., Donnay J. D. H., Kullerud G. Am. Min., 1958, 43, No 3-4, 228.
7. Rosnjak E., Allen V., Merwin H. Econ. Geol., 1915, 10, 491.
8. Григорьев Д. П. Тр. Горно-геол. ин-та УФАИ, 1948, вып. 14, 9.
9. Шадлун Т. Н. Изв. АН СССР, сер. геол., 1949, № 6, 199.
10. Григорьев Д. П. Зап. Всес. мин. о-ва, 1948, 77, № 1, 32.
11. Molé R. C. R., Paris, 1952, 234, 1987.
12. Molé R. Ann. chimie, 1954, 9, 145.
13. Buerger N. W. Am. Min., 1942, 27, No 10, 712.

### СТРУКТУРА ТИПА КУПИТА

#### ГРУППА АРГЕНТИТА

Аргентит  $Ag_2S$  Куб. с.  $a_0$  4,89 Уд. в. 7,04

Соединение  $Ag_2S$  известно в двух полиморфных модификациях: высокотемпературная кубическая  $\alpha$ -модификация — аргентит, устойчивая при температуре выше  $179^\circ$ , и низкотемпературная  $\beta$ -модификация — акантит<sup>1,2</sup>, образующаяся ниже  $179^\circ$ .

Весь наблюдаемый в природе «аргентит» на самом деле представляет или параморфозы акантита по аргентиту или собственно акантит. Указываемые для «аргентита» физические и химические свойства относятся к низкотемпературной модификации — акантиту.

## Аргентит Argentite



Впервые установлен в 1529 г. Агриколой. Название от латин. *argentum* — серебро дано Хайдингером в 1845 г.

Синон. Стекловатая серебряная руда, блестящая серебряная руда, блестящая руда, серебряный блеск, серебряная чернь (Гофман, 1816), аргироз (Бедан, 1832), аргирит (Глокер, 1847), генкелит (по Честеру, 1896),  $\alpha$ -аргентит (Шнайдерхён, 1927), паразильбергляц (Штрунц, 1941).

**Характ. выдел.** Плотный, массивный, в виде вкрашенности, прожилков, примазок, в сетчатых, дендритовых и волосовидных выделениях. Кристаллы редки.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^3 - Im\bar{3}m$ ;  $a_0 = 4,89\text{Å}$ ;  $Z = 2$  (Барт)<sup>3</sup>. Структура кубической модификации  $Ag_2S$  идентична структуре куприта<sup>4</sup>. Гексоктаэдр. кл.

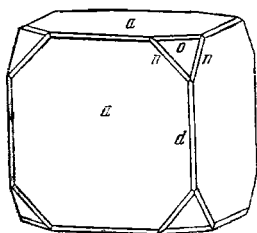
Наиболее обычные формы:

$a$ 100	$o$ 111	$e$ 210	$\chi$ 433	$\sigma$ 533	$m$ 311
$d$ 110	$g$ 320	$f$ 310	$\beta$ 322	$n$ 211	$p$ 221

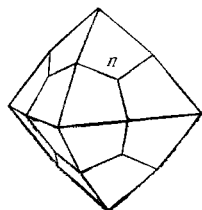
Редкие и недостоверные формы:

610	655	441	851	743	731
510	332	961	532	631	11-5-2

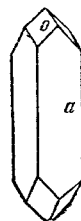
Кристаллы кубического, кубо-октаэдрического, октаэдрического реже ромбо-додекаэдрического и тетрагон-триоктаэдрического облика (фиг. 102—105); часто деформированы. Наблюдаются двойники по (111).



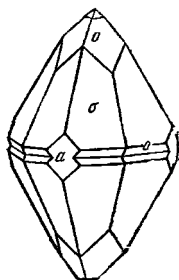
Фиг. 102.  
Кристалл аргентита  
(Конгсберг)  
По Шрауфу



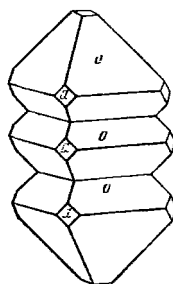
Фиг. 103.  
Кристалл аргентита  
(Фрейберг)  
По Вайсбаху



Фиг. 104.  
Кристалл аргентита  
(Фрейберг)  
По Вайсбаху



Фиг. 105.  
Кристалл аргентита  
(Яхимов)  
По Шрауфу



Фиг. 106.  
Параллельный сросток  
кристаллов аргентита  
(Фрейберг)  
По Шрауфу

Известны сростания кристаллов в параллельном положении (фиг. 106), сетчатые, дендритовые, проволочные и волосовидные формы, а также неправильные выделения.

**Физ.** Сп. по (100) и (011) несовершенная. Изл. раковистый. Гибок и ковок. Тв. 2—2½ (легко режется). Уд. в. 7,2—7,4 (вычисл. 7,04). Цв. свинцово-серый до железно-черного. Черта серая, полублестящая. Бл. на свежем изломе металлический, на несвежем изломе матовый.

Электр. сопр. сильно зависит от температуры при 180° (у аргентита) сопротивление в 1000 раз меньше, чем при 80° (у акантита).

**Микр.** См. акантит (стр. 175).

**Хим.** Теор. состав: Ag — 87,06; S — 12,94. Нередко присутствуют примеси Pb, Fe, Cu, часть которых, вероятно, обусловлена загрязнением аргентита другими сульфидами; Cu нередко входит в состав минерала в виде изоморфной примеси.

Анализы (параморфоз акантита по аргентиту):

	Cu	Ag	Fe	Pb	S	Сумма
1.	—	86,71	—	—	13,13	99,84
2.	1,53	77,58	2,02	3,68	14,46	99,27

1 — Монтезума (Колорадо); анал. Шарп<sup>6</sup>; 2 — Яхимов (Чехословакия); анал. Линдакер<sup>6</sup>.

**Диагн. исп.** См. акантит.

**Нахожд.** Крупные скопления аргентита очень редки. Наиболее обычен он в гидротермальных, низко-среднетемпературных месторождениях серебряных руд вместе с другими минералами серебра. Менее обычен аргентит в составе кобальто-никелевых и свинцово-цинковых руд.

В кварцевых и кварцево-кальцитовых жилах аргентит, плотный и ясно кристаллический, иногда является одним из главных рудных минералов. Сопровождается сложными сульфидами серебра, самородным серебром, кераргиритом, самородным золотом, сульфидами свинца и цинка, адуляром и аметистом (Пачука и Гуанахуато в Мексике; Комстокское месторождение в шт. Невада, США, и др.)

В кобальто-никелевых рудах карбонатных, баритовых и полевошпатовых жил аргентит иногда встречается в значительных количествах и в виде крупных выделений. Он образует кристаллы (иногда на кальците) и сплошные ясно кристаллические выделения, проволочные и волосовидные образования, псевдоморфозы по самородному серебру; сопровождается железным блеском, арсенопиритом, анкеритом, акантитом, пирротитом, самородным серебром, висмутином (Яхимов в Чехословакии), пруститом, пираргиритом, самородным висмутом (месторождения Рудных гор в ГДР — Фрейберг, Аннаберг); в крупных сфеллериях наблюдается в кальците, барите и флюорите с самородным серебром (Конгсберг в Норвегии).

В свинцово-цинковых месторождениях аргентит обычно встречается в незначительных количествах. Большею частью он приурочен к выделениям галенита (вростки, ориентированные по (100) галенита, и субграфические сростания с галенитом). Кроме того, аргентит образует включения и прожилки в жильных минералах (роговиковый кварц, барит). Сопровождается самородным серебром, халькопиритом, сульфидами цинка и свинца (в СССР — свинцово-цинковые месторождения Алтая<sup>7</sup>, Нагольного кряжа<sup>8</sup>, Кавказа и Закавказья<sup>9, 10, 11</sup>).

**Изм.** Известны псевдоморфозы по аргентиту сложных сульфидов серебра, самородного серебра, кераргирита.

**Искусств.** Легко получается при взаимодействии S, SO<sub>2</sub> или H<sub>2</sub>S с соединениями Ag (хлористым и др.) и с Ag. Аргентит (акантит?) получен в виде трубчатых псевдоморфоз по самородному проволочному серебру в

результате воздействия на последнее при 140—300° тиосульфата или гидросульфида  $\text{Na}^{12}$ ; из концентрированных щелочных сульфидных растворов, содержащих Ag и As, при 350° и около 500° и давлениях ниже 90 атм, — в виде кристаллов и скелетных образований<sup>13</sup>. Синтезировался длительным спрессовыванием смесей Ag с борнитом и Ag с халькопиритом при давлении 7000 атм. и 250°<sup>14</sup>.

**Практ. знач.** Один из главнейших минералов для получения серебра. Отл. см. акантит (стр. 177).

#### Л и т е р а т у р а

1. Schneiderhöhn H. Am. Min., 1927, 13, No 5, 210.
2. Emmons R. C., Stockwell C. H., Jones R. H. Am. Min., 1926, 11, No 12, 326.
3. Barth T. Cbl. Min., 1926, 284.
4. Белов Н. В. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1951, № 5, 18.
5. Van Horn F. R. Geol. Soc. Am. Bull., 1908, 19, 93.
6. Vogl J. F. Mineralogie Joachimthals, 1857, 78.
7. Пилипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1945, 62, 350.
8. Глазкин П. А. и др. Полиметаллические месторождения центрального участка Нагольного кряжа. Киев. Изд. Укр. АН, 1935, 37, 61.
9. Грушевой В. Г. Вестн. Голккома, 1925, № 5, 51.
10. Чирвинский П. Н. Тр. Сев.-Кавк. ассоц. н.-н. ин-тсв, 1929, № 56, 240.
11. Боршанская С. С., Доломанова Е. И. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 99.
12. Рафальский Р. П., Дымков Ю. М. ДАН СССР, 1957, 112, № 4, 746.
13. Véland R. Ecol. Geol., 1948, 43, No 2, 119.
14. Prouvost J. C. R., Paris, 1954, 239, 715.

### СТРУКТУРА ТИПА ХАЛЬКОЗИНА

#### ГРУППА ХАЛЬКОЗИНА

Халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$  Ромб. с.  $a_0$  41,92,  $b_0$  27,33,  $c_0$  13,44 Уд. в. 5,78

Среди сульфидов меди, кроме ковеллина ( $\text{CuS}$ ), в природе известно несколько самостоятельных минералов, соотношения между которыми окончательно не выяснены. Наблюдаются собственно халькозин, представляющий низкотемпературную модификацию, параморфозы его по высокотемпературной гексагональной модификации («гексагональный халькозин» по Рамдору<sup>1</sup>, предположительно образующийся при  $t$ -ре ниже 300°), кубический халькозин — дигенит ( $\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ), который большей частью образуется при  $t$ -ре ниже 78°; различают также параморфозы ромбического халькозина по кубическому («параморфный или пластинчатый халькозин» — по Рамдору или «паракупфергляц» — по Штрунду). Свойства этих разновидностей близки, в отраж. свете они различаются главным образом по цвету.

#### Халькозин Chalcocite

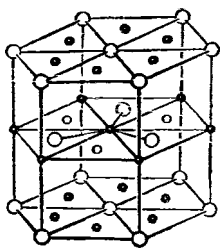
##### $\text{Cu}_2\text{S}$

Назван от греч. *χαλκός* (хальксс) — медь (Бедан, 1832).

Синон. Медный блеск, ромбический халькозин, белый халькозин,  $\beta$ -халькозин; стекловатая медная руда, стекловатая медь, пирит (cuprite, Глэкер, 1847), геррутит (Николь, 1849); гарризит (harrisite, Шенард, 1855), купреин (Брайтхауэ, 1863), карменит (carmenite, Хан, 1865), копсет (Демейко, 1879). По-видимому, смесь халькозина с пиритом является дуксевит (Шенард, 1859).

**Характ. выдел.** Сплошные тонкозернистые массы или вкрапления, псевдоморфозы по борниту, халькопириту, иногда по сфалериту, галениту и ковеллину.

**Структ. и морф. крист.** Низкотемпературная модификация ромб. с.



Фиг. 107. Структура высокотемпературного  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Черные кружочки —  $\text{Cu}_I$ , светлые мелкие кружочки —  $\text{Cu}_{II}$ , светлые большие кружочки — S.

(псевдогексагональная).  $C_{2v}^{15} - Abm2$ ;  $a_0 = 11,92$ ;  $b_0 = 27,33$ ;  $c_0 = 13,44$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,435 : 1 : 0,492$ ;  $Z = 96$  (Бёргер)<sup>1,2</sup>.

Высокотемпературная модификация гексаг. с.  $D_{6h}^4 - P6_3/mmc$ ;  $a_0 = 3,90$ ;  $c_0 = 6,69$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,715$ ;  $Z = 2$  (Бёргер)<sup>2</sup>. Атомы S образуют плотнейшую гексаг. упаковку, атомы Cu в координации 3 располагаются в горизонтальных слоях (фиг. 107).<sup>3</sup>

Ромбо-пирамд. кл.;  $a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,9701$  (Миллер, 1852).

Кристаллы короткопризматические, незначительно вытянутые по оси  $a$  (фиг. 108), псевдогексагонального облика, толстотабличчатые по (001) (фиг. 109), реже — двипирамидальные (фиг. 110 и 111) и короткопризматические по оси  $c$  (фиг. 112). На (001) обычна штриховка || оси  $a$ .

### Формы:

	$\varphi$	$\rho$	$\rho_1$	$\rho_1$	$\rho_2$	$\rho_2$
$c$ 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00	90°00'
$b$ 010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
$a$ 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
$l$ 130	29 47	90 00	0 00	60 13	90 00	29 47
$n$ 230	48 52	90 00	0 00	41 08	90 00	48 52
$m$ 110	59 47	90 00	0 00	30 13	90 00	59 47
$f$ 012	0 00	25 52	64 08	90 00	0 00	64 08
$e$ 023	0 00	32 53	57 07	90 00	0 00	57 07
$g$ 011	0 00	44 08	45 52	90 00	0 00	45 52
$k$ 053	0 00	58 16	31 44	90 00	0 00	31 44
$d$ 021	0 00	62 44	27 16	90 00	0 00	27 16
$h$ 052	0 00	67 35	22 25	90 00	0 00	22 25
$X$ 114	59 47	25 44	76 22	67 58	22 37	77 23
$z$ 113	59 47	32 43	72 05	62 09	29 02	74 13
$v$ 112	59 47	43 57	64 07	53 09	39 48	69 33
$p$ 111	59 47	62 35	45 52	39 54	59 01	63 28
$x$ 441	59 47	82 36	14 28	31 01	81 27	60 04

$mm$ (110) : (110) = 60°26'	$ee$ (023) : (023) = 65°47'	$zz$ (113) : (113) = 31°34'
$mm$ (110) : (110) = 119 34	$gg$ (041) : (041) = 88 16	$vv$ (112) : (112) = 40 52
$ll$ (130) : (130) = 59 34	$dd$ (021) : (021) = 54 32	$pp$ (111) : (111) = 53 04

Наиболее обычны  $b$ ,  $m$ ,  $e$ ,  $d$ ,  $g$ ,  $v$ ,  $p$ .

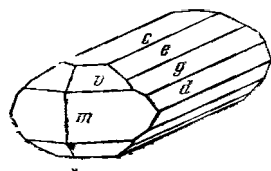
В рентгеновской установке по сравнению с гониметрической перемещены оси  $a$  и  $b$ ; с морфологическими величинами лучше согласуются размеры  $c_0$ , полученные Альсеном<sup>4</sup>, ( $a_0 = 11,8$ ;  $b_0 = 27,2$ ;  $c_0 = 22,7$ ), чем величины Бёргера.

Дв. очень распространены; обычны дв. по (110) (фиг. 113), также дв. расстания и прорастания по (032) и по (112) (фиг. 114 и 115).

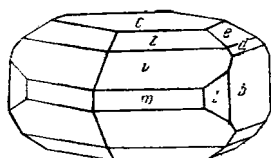
Физ. Сп. по (110) несовершенная. Изл. раковистый. Очень хрупок. Тв. 2½—3. Уд. в. 5,5—5,8 (вычисл. 5,78). Цв. свинцово-серый. Черта темно-серая. Бл. металлический. Непрозрачен. Царапина от ножа дает блестящий след (отличие от блеклой руды).

Хороший проводник электричества.

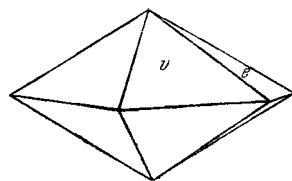




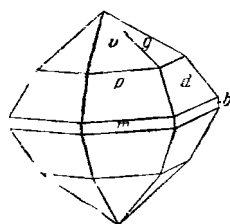
Фиг. 108.  
Кристалл халькозина  
(Турьинские рудники)  
По Еремееву



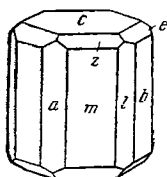
Фиг. 109.  
Кристалл халькозина  
(Турьинские рудники)  
По Еремееву



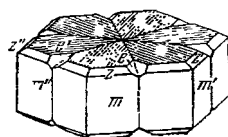
Фиг. 110.  
Кристалл халькозина  
(Турьинские рудники)  
По Еремееву



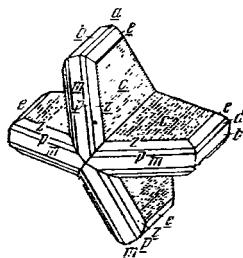
Фиг. 111.  
Кристалл халькозина  
(Турьинские рудники)  
По Еремееву



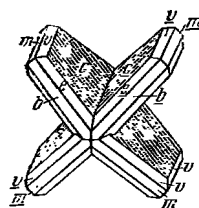
Фиг. 112.  
Кристалл халькозина  
(Корнуэлл)  
По Дюфрену



Фиг. 113.  
Тройник халькозина  
по (110)  
(Корнуэлл)  
По Грегу и Летсому



Фиг. 114.  
Двойник халькозина  
по (032)  
По Дана, 1944



Фиг. 115.  
Двойник халькозина  
по (112)  
По Дана, 1944

**Микр.** В полпр. пл. в отраж. св. белый, голубой. Отраж. спос. умеренная, несколько отлична у отдельных разновидностей. По Шнайдерхёну и Рамдору (1931) (в %): для зеленых лучей 22,5, для оранжевых — 16, для красных — 15. Двукотражение слабое, едва заметное при наблюдении с иммерсией. Слабо анизотропен. Характерны тонкие решетчатые, пластинчатые или графические структуры прорастания с борнитом — результат распада твердого раствора.

**Хим.** Теср. состав: Cu — 79,86; S — 20,14. Обычно имеются примеси Ag, иногда Fe, Co, Ni, As и Au. Некоторые из этих элементов входят в состав механических включений.

Анализ<sup>5</sup>:ы

	Cu	Pb	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	Сумма	Уд. в.
1.	79,67	—	0,14	20,16	0,09	100,06	5,791
2.	79,65	0,20	—	20,02	0,06	99,93	5,797

1 — Бьютт (Монтана)<sup>6</sup>; 2 — Бристоль (Коннектикут)<sup>6</sup>.

**Диагн. испыт.** В кислотах растворяется, лучше всего в  $\text{HNO}_3$  (выделяется сера)

В полир. пл. от действия  $\text{HNO}_3$  бурно вскипает, капля окрашивается в зеленый цвет, остается синее пятно; от  $\text{KCN}$  быстро чернеет;  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{HgCl}_2$  действуют слабо.

**П. п. тр.** плавится, окрашивая пламя в голубой цвет. На угле сплавляется в шарик, затем вскипает и разбрызгивается, с содой или порошком угля дает королек  $\text{Cu}$ . В откр. тр. выделяет  $\text{SO}_2$ .

**Повед. при нагр.** Чистый  $\text{Cu}_2\text{S}$  плавится в пределах  $1107\text{--}1127^\circ$ , при добавлении  $\text{S}$  т-ра плавления повышается<sup>7</sup>. Теплота плавления  $\text{Cu}_2\text{S}$   $2300 \pm 200$  кал/мол<sup>8</sup>.

Для дифференциальной кривой нагревания (в атмосфере углекислоты или азота) характерны острый эндотерм. пик при  $90\text{--}110^\circ$  (обратимое полиморфное превращение) и пологий эндотерм. прогиб при  $300\text{--}350^\circ$ .

При высоких температурах ( $500^\circ$  и выше)  $\text{Cu}_2\text{S}$  — халькозин и  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  — борнит образуют неограниченные твердые растворы, при более низких температурах смешимость ограничена<sup>10</sup>; при охлаждении твердые растворы распадаются. В системе  $\text{Cu}_2\text{S}$  (халькозин) —  $\text{CuS}$  (ковеллин) ромбическая модификация содержит при низкой температуре до 10 мол. %  $\text{CuS}$ , при нагревании растворимость  $\text{CuS}$  в  $\text{Cu}_2\text{S}$  уменьшается. При  $105^\circ$  ромбическая модификация  $\text{Cu}_2\text{S}$  переходит в гексагональную<sup>2</sup>.

**Наход.** Халькозин образуется как при гипогенных, так и при гипергенных процессах при т-ре ниже  $105^\circ$ . Как гипогенный минерал он встречается в некоторых богатых медью и бедных серой сульфидных рудах в ассоциации с гипогенным борнитом (Джезказганское месторождение в Каз.ССР<sup>11</sup>, Редрут в Корнуэлле в Англии и др.).

В главной массе халькозин является гипергенным минералом; он наблюдается в зонах вторичного сульфидного обогащения почти всех медных сульфидных месторождений<sup>12</sup>. Часто замещает вторичный борнит, иногда первичный халькопирит, галенит, сфалерит, пирит и другие сульфиды первичных руд.

В виде кристаллов халькозин обнаружен в Васильевском месторождении Турьинской группы (Свердловская обл.)<sup>13</sup>, в Джезказгане (Каз.ССР), Корнуэлле (Англия), в различных местах ГДР и ФРГ, в Яхимове (Чехословакия) и в других местах.

Известны случаи образования халькозина в осадочных породах, содержащих растительные остатки, в виде псевдоморфоз по древесине со всеми деталями ее строения (медистые песчаники Припуралья).

**Изм.** При гипергенных процессах за счет халькозина образуются куприт, малахит, азурит и другие минералы, при неполном окислении нередко возникает самородная медь.

**Искусств.** Может быть получен различными путями; близкими к природным являются реакции взаимодействия сульфидов (борнита, халькопирита и др.) с сульфатом меди —  $\text{CuSO}_4$ .

**Практ. знач.** Халькозин — наиболее богатый медью сульфидный минерал, поэтому халькозиновые руды являются наиболее ценными. Значительная часть мировой добычи меди в настоящее время падает на халькозинсодержащие руды (крупнейшие по запасам месторождения бедных вкрапленных руд и др.).

**Отл.** Для халькозина характерны свинцово-серый цвет, низкая твердость, ковкость, ассоциация с другими медными минералами. Под микр. от блеклой руды отличается анизотропностью, пониженным рельефом, голубоватой окраской; от сложных сульфидов серебра отличается отсутствием внутренних рефлексов.

Отличительной особенностью параморфоз ромбического халькозина по кубическому дигниту в полир. шл. является пластинчатая форма его индивидов, располагающихся по направлениям октаэдрической спайности в виде сложной сети с треугольным, прямоугольным или ромбовидным мотивом, в зависимости от сечения зерен (по Вольтскому). Параморфозы по гексагональной модификации, по данным Рамдора, в полир. шл. при не полностью скрещенных николях также имеют пластинчатое строение.

Порошкограммы халькозина из разных месторождений существенно различаются.

Межплоскостные расстояния халькозина из Корнуэлла  
(по XRDC \*)

№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	2	3,74	12	7	2,40	22	2	1,593
2	2	3,58	13	4	2,33	23	2	1,545
3	4	3,29	14	4	2,23	24	2	1,484
4	4	3,17	15	2ш	2,11	25	2	1,414
5	4	3,07	16	10	1,99	26	2	1,371
6	4	2,95	17	10	1,89	27	2	1,338
7	4	2,84	18	2	1,85	28	4ш	1,293
8	5	2,73	19	2	1,81	29	2ш	1,184
9	2дв.	2,64	20	2	1,76	30	2ш	1,133
10	4	2,55	21	5	1,72	31	4	1,091
11	4	2,48						

\* 1944, II, 2980.

Межплоскостные расстояния халькозина из Бристоля (по Вальдо)

№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	8	3,14	5	10	1,963	9	2	1,553
2	4	2,73	6	10	1,868	10	2	1,509
3	6	2,51	7	6	1,690	11	2	1,273
4	8	2,38	8	8	1,643	12	2	1,070

Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P. Die Erzminerale u. ihre Verwachsungen, 1955, 338.
2. Buerger N. W. Econ. Geol., 1941, 36, 12; Am. Min., 1942, 27, No 10, 712; 1944, 29, No 1 — 2, 55.
3. Белов Н. В., Бутузов В. А. ДАН СССР, 1946, 54, № 8, 721.
4. Aisen N. Geol. Fögr. Fögrh., 1931, 53, 111.
5. Вейц Б. П., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 117 (анализы халькозина, содержащего небольшую примесь других минералов, из различных м-ний Алтая).
6. Posnjak E., Allen V., Merwin H. Econ. Geol., 1915, 10, 491.
7. Jensen E. Avhandl. Norske Vid. Akad. Oslo, 1947, No 6, 3.
8. Richardson F. D., Antill J. E. Trans. Faraday Soc., 1955, 51, No 1, 22.
9. Цветков А. И., Вальяшихина Е. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1958, вып. 30,3.
10. Schwartz G. Econ. Geol., 1928, 23, 381.
11. Чухров Ф. В. Рудные месторождения Джезказгано-Улутавского района в Казахстане. Изд. АН СССР, 1940, 14; Сатпаева Т. А. Минералогические особенности месторождений типа медистых песчаников. Изд. АН Каз. ССР, 1958, 18.
12. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 86.
13. Еремеев П. В. Зап. Мин. о-ва, 1889, 25, 318.

## СТРУКТУРА ТИПА АКАНТИТА

## ГРУППА АКАНТИТА

Акантит  $\text{Ag}_2\text{S}$  Монокл. с.  $a_0$  9,49  $b_0$  6,93  $c_0$  8,30  $\beta$  124° Уд. в. 7,18

## Акантит Acanthite



Название от греч.  $\acute{\alpha}\kappa\alpha\upsilon\theta\alpha$  (аканта) — «шип» (по форме кристаллов) (Кенгот, 1855).

Синон. Серебряное стекло, стеклонатое серебро (Валернус, 1750); мягкая руда (Хофман, 1816), далеминцит (Брайтхаупт, 1862),  $\beta$ -аргентит (Шнайдерхен, 1927).

Характ. выдел. Сплошные массы, редко в кристаллах, а также в виде параморфоз по аргентиту и в землистых выделениях («серебряная чернь»).

Структ. и морф. крист. Является низкотемпературной модификацией  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Монокл. с. Вероятная простр. гр.  $C_{2h}^5 - P2_1/c$ ;  $a_0 = 9,49$ ;  $b_0 = 6,93$ ;  $c_0 = 8,30$  Å;  $\beta = 124^\circ$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,369 : 1 : 1,197$ ;  $Z = 8$  (Рамсдел)<sup>1</sup>;  $a_0 = 4,23$ ;  $b_0 = 6,91$ ;  $c_0 = 7,87$ ;  $\beta = 99^\circ 35'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,612 : 1 : 1,139$ ;  $Z = 4$  (Фрю)<sup>1</sup>.

Элсм. ячейка псевдоромбическая и псевдокубическая<sup>2,3</sup>. Атомы S расположены в центре и в вершинах несколько искаженного куба с ребрами, в среднем, равными 4,86 Å. Одна из осей второго порядка куба отвечает оси  $b$  моноклинной ячейки. Атомы S лежат в плоскостях, перпендикулярных оси  $b$ . Атомы  $\text{Ag}_I$  и  $\text{Ag}_{II}$  занимают разные положения (Фрю)<sup>1</sup>.

На основе морфологического изучения кристаллы акантита отнесены были Даубером<sup>4</sup> к ромбической сингонии. (Эта установка была принята Гольдшмидтом, Гротом и Дана, 1892). Кренер<sup>5</sup> считал акантит кубическим. Расхождения в толковании сингонии объясняются псевдоромбическим (псевдокубическим) характером ячейки акантита, сбывшимися параморфозами его по аргентиту и очень распространенным полисинтетическим двойникованием.

Ниже сохранена ромбическая установка Даубера. Формула перехода от ромбической установки к моноклинной установке Рамсдела:  $200/010/101$ , к моноклинной установке Фрю:  $1/2 0^1/2 / 010^3/2 0^1/2$ ; от установки Рамсдела к установке Фрю:  $1/2 0^1/2 / 010^1/2 0^1/2$ .

$a : b : c = 0,6886 : 1 : 0,9944$  (Даубер).

Обычные формы (в ромб. установке):

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	0°00'	$u$ 201	90°00'	70°54'
$b$ 010	0°00'	90 00	$e$ 301	90 00	77 00
$a$ 100	90 00	90 00	$s$ 131	25 50	73 12
$\alpha$ 120	35 59	90 00	$\mu$ 122	35 59	50 52
$m$ 110	55 27	90 00	$k$ 121	35 59	67 52
$\tau$ 210	71 00	90 00	$x$ 113	55 27	30 18
$d$ 011	0 00	44 50	$p$ 111	55 27	60 18
$v$ 103	90 00	25 42	$n$ 211	71 00	71 52
$o$ 101	90 00	55 18			

$dc$  (011) : (001) = 44°50'

$nc$  (211) : (001) = 71 52

$pc$  (111) : (001) = 60 18

$ma$  (110) : (100) = 34 33

$mn$  (110) : (110) = 69 06

$oo$  (101) : ( $\bar{1}01$ ) = 110°36'

$ss$  (131) : ( $\bar{1}31$ ) = 49 18

$kk$  (121) : ( $\bar{1}21$ ) = 65 57

$pp$  (111) : ( $\bar{1}11$ ) = 91 21

$nn$  (211) : ( $\bar{2}11$ ) = 127 57

$ss$  (131) : ( $\bar{1}\bar{3}1$ ) = 119°01'

$kk$  (121) : ( $\bar{1}\bar{2}1$ ) = 97 06

$pp$  (111) : ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) = 59 02

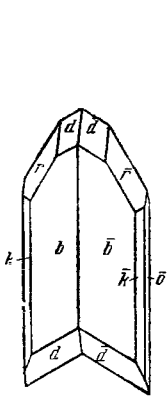
$nn$  (211) : ( $\bar{2}\bar{1}1$ ) = 36 03

Менее обычные формы (в ромб. установке):

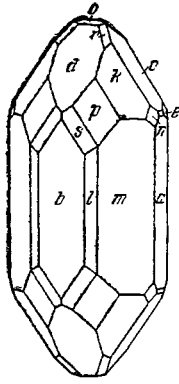
$v$ 504	$\epsilon$ 183	$\pi$ 161	$\lambda$ 143	$h$ 125	$\delta$ 241	$\chi$ 214
$z$ 554	$\varphi$ 163	$\beta$ 152	$\omega$ 141	$r$ 123	$l$ 534	

Недостовверные формы <sup>4</sup>: Ф(503), *t*(203), *i*(506),  $\psi$ (801), *y*(518),  $\varepsilon$ (14.15.13), *g*(8.20.4).

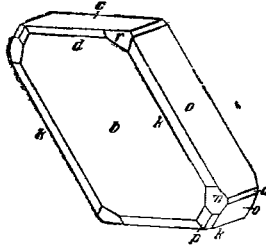
Дв. обычны по (100), нередко полисинтетические, также дв. по (001) (фиг. 116). Облик кристаллов разнообразен: столбчатый (фиг. 117), таблитчатый (фиг. 118), изометрический (фиг. 119), игльчатый (фиг. 120).]



Фиг. 116.  
Двойник акантита  
по (100)  
(Химельсфюрст)  
По Шрауфу



Фиг. 117.  
Кристалл акантита  
(Химельсфюрст)  
По Дауберу]



Фиг. 118.  
Кристалл акантита  
(Химельсфюрст)  
По Шрауфу]



Фиг. 119.  
Кристалл акантита  
(Яхимов)]  
По Кенготу

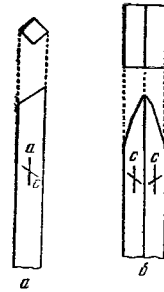
Физ. Сп. отсутствует. Изл. неровный. Тв. 2—2½, режется ножом. Уд. в. 7,19—7,24 (вычисл. 7,18). Цв. железно-черный. Бл. металлический, тускнеет на свету. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый. По сравнению с галенитом и серебром имеет очень слабый голубовато-зеленый оттенок. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 37, для оранжевых — 33, для красных — 30.

Двуотражение очень слабое, наблюдается только в иммерсии на границах зерен. Анизотропия слабая; хорошо распознается в участках, лишенных царапин. Внутренние рефлексы отсутствуют. Полируется плохо; вследствие низкой твердости поверхность шлифа обычно тонко иштрихована, с многочисленными царапинами.

Характерно тонкое пластинчатое двойникование, нередко полисинтетическое, большей частью свидетельствующее о параморфном превращении и указывающее на образование выше 179°. Спайность, по-видимому, присущая акантиту, замещившему аргентит, обнаруживается очень редко, так как трещины заполировываются вследствие высокой пластичности вещества. Характерна ковкость; слабо прочерчивается стальной иглой (борозда с заусеницами). Полированная поверхность при интенсивном действии света тускнеет в течение нескольких секунд.

Хим. Теор. состав: Ag — 87,06; S — 12,94. Изучение системы Ag<sub>2</sub>S — Cu<sub>2</sub>S показало, что изоморфное замещение Cu — Ag в этих сульфидах проявляется незначительно <sup>6</sup>.



Фиг. 120. Игльчатый кристалл акантита с удлинением а) по *a* (Боллвия) и б) по *c* (Фрейберг)  
По Рамслегу

## Анализы:

	1	2	3	4
Cu	—	—	0,23	0,36
Ag	86,71	86,79	86,37	86,14
Fe	—	—	0,25	0,21
Zn	—	—	0,40	0,31
S	12,70	13,20	12,72	12,39
Sh	—	—	—	0,57
Сумма	99,41	99,99	99,97	99,98
Уд. в.	7,192	—	7,24	—7,00—7,21
	7,199			

1 — Фрейберг; анал. Весельский<sup>7</sup>; 2 — Гуанахуато; анал. Гент<sup>8</sup>; 3 — 4 — Хайленд-Бел; анал. Стэплз<sup>9</sup>.

Диагн. исп. В  $\text{HNO}_3$  растворяется с выделением S. От прибавления  $\text{HCl}$  выпадает осадок  $\text{AgCl}$ , растворимый в аммиаке.

В полпр. пл. испытания травлением для диагностики не эффективны. Все стандартные реактивы, кроме  $\text{KOH}$ , действуют.

П. п. тр. на угле плавится со вспучиванием, выделяет  $\text{SO}_2$  и дает королек Ag. В откp. тр. также выделяет  $\text{SO}_2$ .

Повед. при нагр. Уд. теплоемкость при  $0^\circ$   $0,32 \text{ дж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$ , при  $200^\circ$   $-0,37$  (Берч и др.). Чистый  $\text{Ag}_2\text{S}$  плавится при  $\sim 840^\circ$ <sup>10, 11</sup>; моноклинная модификация переходит в кубическую при  $179^\circ$ , при  $\sim 580^\circ$  переходит в еще более высокотемпературную модификацию, теплота превращения в которую очень мала<sup>10, 12</sup>.

Наход. Встречается как гидротермальный и гипергенный минерал, часто в виде параморфоз по аргентиту. Крупных скоплений обычно не образует. Типы месторождений те же, что и для аргентита. В Яхимове (Чехословакия) наблюдался в виде пластинчатых зерен на кристаллах аргентита и на кварце в ассоциации с пиритом и кальцитом; в Химельсфюрсте и других рудниках р-на Фрейберга (ГДР) — в виде призматических кристаллов длиной до 22 мм; в Гуанахуато (Мексика) — в виде удлиненных выделений на кальците; в месторождении Хайленд-Бел (Брит. Колумбия, Канада) в виде тонкопризматических кристаллов, тонких выделений на полибазите, бесформенных масс в пустотах и др.

В рудах свинцово-цинковых месторождений (в СССР — на Алтае и др.) акантит встречается в виде тонких пластинок, крючковидных образований, в псевдоморфозах по самородному серебру, пруститу, пираргириту, миаргириту, стефаниту; наблюдаются графические структуры замещения акантитом галенита, реже — халькопирита и тетраэдрита. Характерна тесная ассоциация акантита с ковеллином и халькозином. Наиболее обычен акантит в алтайских месторождениях в зоне сажистых руд, реже он встречается в зоне колчеданистых руд и еще реже — в зоне охристых руд<sup>13</sup>.

Землистая разновидность акантита — «серебряная чернь» — наблюдается в виде скоплений и примазок, состоящих из отдельных микроскопически мелких кристалликов. Ее образование можно объяснить взаимодействием сероводорода и сульфата серебра.

Возможно, иногда серебряная чернь представляет продукт изменения самородного серебра и является причиной его бурой или черной окраски и матового блеска<sup>14</sup>. Встречается во всех серебряных месторождениях совместно с плотными выделениями аргентита, нередко среди других сульфидов и в трещинах вмещающих пород. Ассоциируется с пиритом, блеклыми рудами, азури-

том. малахитом, охрами и др. (р-к Благодатный Свердловской обл., Зыряновское, Змеиногорское и другие месторождения Рудного Алтая).

**Прим.** По-видимому, те же, что и для аргента.

**Искусств.** Получен действием  $H_2S$  на хлористые и другие соли Ag при невысоких температурах; в виде трубчатых псевдоморфоз по самородному проволочному серебру в результате воздействия на последнее при 140—300° тиосульфата или гидросульфида  $Na^{15}$ .

**Отл.** Характерные диагностические признаки: низкая твердость (режется ножом), ковкость, плохая способность к полировке. В древесидных и волосовидных агрегатах может быть принят за самородное серебро (последнее отличается серебристо-белым цветом, большим уд. весом и лучшей ковкостью), в сплошных выделениях — за халькозин (отличается от аргента-акантита меньшим уд. весом, меньшей ковкостью и в выветрелых рудах наличием кофочек гипергенных медных минералов).

В полир. шл. характеризуется низкой твердостью и наличием царапин на полированной поверхности. От полибазита отличается отсутствием внутренних рефлексов; в отличие от ялпанта, имеющего серовато-розовый оттенок, акантит голубовато-зеленоватый.

Порошкограмма природного «аргента» отвечает порошкограмме акантита; то же вещество, нагретое до 180°, даст порошкограмму собственно аргента<sup>5</sup>.

#### Межплоскостные расстояния акантита<sup>1</sup>

Су-анкитатод

№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	4	3,91	15	4	1,905	29	1	1,30
2	7	3,40	16	4	1,865	30	1	1,265
3	8	3,07	17	7	1,72	31	3***	1,23
4	8	2,81	18**		1,68	32	1	1,18
5*	6	2,66	19**		1,60	33	1	1,155
6*	10	2,58	20	5	1,58	34	1	1,13
7	10	2,44	21	4	1,54	35	1	1,09
8	9	2,37	22	4	1,51	36**		1,08
9**		2,315	23	3	1,475	37	1	1,04
10	7	2,205	24	5	1,46	38	1	1,01
11	8	2,08	25	4	1,44	39	1	0,965
12	4	2,05	26	1	1,41	40	1	0,94
13	4	1,99	27	1	1,38			
14	5	1,96	28	2***	1,353			

\* Харкорт, а также Паласос и Сальва эти две линии принимают за одну сильную.

\*\* Паласос и Сальва отмечают эти линии как слабые, но другими авторами они не наблюдались.

\*\*\* Широкая линия.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramsdell L. S. Am. Min., 1943, 28, No 7—8, 401. (в оригинале ошибочно приведено отношение 1,368 : 1 : 1,96 вместо 1,368 : 1 : 1,196); Frueh A. J. Zs. Krist., 1958, 110 136.
2. Palacios J., Salvia R. Ann. Soc. espan. fis. quim., 1931, 29, 269.
3. Barth T. Cbl. Min., 1926, 284.
4. Dauber A. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 1857, 39, 685.
5. Krenner J. Zs. Krist., 1888, 14, 388.

6. Suhr N. Econ. Geol., 1955, 50, 347.
7. Weselsky. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 1860, 39, 841.
8. Genth F. A. Am. J. Sci., 1892, 44, 383.
9. Staples L. W. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 32.
10. Jensen E. Avhandl. Norske Vid. Akad. Oslo, I Mat.-Nat. Kl., 1947, No 2, 3.
11. Jaeger F. M., Klooster H. S. Zs. anorg. Chem., 1912, 78, 245.
12. Уразов Г. Г. Изв. Петерб. политехн. ин-та, 1915, 23, 601.
13. Пилипенко П. П. Минералогия Зап. Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 349.
14. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений, Изд. АН СССР, 1951, 221.
15. Рафальский Р. П., Дымков Ю. М. ДАН СССР, 1957, 112, № 4, 746.

### СТРУКТУРА ТИПА ХИЗЛЕВУДИТА

#### ГРУППА ХИЗЛЕВУДИТА

Хизлевудит  $Ni_3S_2$  Триг. с.  $a_{rh}$  4,08  $\alpha$  89°25' Уд. в. 5,87

#### Хизлевудит Heazlewoodite



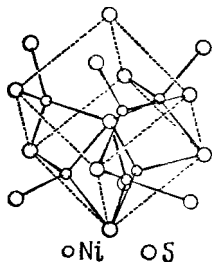
Назван по р. Хизлевуд в Тасмании (Петерд, 1896)<sup>1</sup>.

Хизлевудит был исключен из списка минералов как идентичный пентландиту, но Пикок<sup>2</sup> показал, что он представляет самостоятельный минеральный вид.

**Характ. выдел.** В виде зернистых агрегатов.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с., псевдокубический.  $D_3^2 - R32$ ;  $a_{rh} = 4,080 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 89^\circ 25'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 5,742$ ;  $c_h = 7,139 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 1,243$ ;  $Z = 3$  (Пикок)<sup>2</sup>.

Каждый атом Ni окружен четырьмя атомами S, расположенными по вершинам деформированного тетраэдра; каждый атом S — шестью атомами Ni<sup>2</sup> (фиг. 121); атомы Ni располагаются в направлении оси с по винтовой оси 3-го порядка<sup>3</sup>; эти цепи обуславливают ферромагнитные свойства минерала.



Фиг. 121.  
Структура хизлевудита<sup>2</sup>.

Тригон.-трапецоэдр. кл. Кристаллы не наблюдались.

**Физ.** Сп. по ромбоэдру и по базису; от давления образуются двойники по ромбоэдрам (02 $\bar{2}$ 1) и (01 $\bar{1}$ 2)<sup>4</sup>. Изл. неровный. Тв. 4. Уд. в. 5,82 (вычисл. 5,87). Цв. бледно-желтовато-бронзовый. Черта светло-бронзовая, блестящая. Бл. металлический. Непрозрачен. Магнитен<sup>4</sup>.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. желтовато-красный. Отраж. спос. высокая. Двустражение ясно видно в иммерсии на границе зерен<sup>4</sup>. Ясно анизотропен с цветным эффектом от бурого до синевато-серого. При скрещенных николях видна мозаичная структура, которая, вероятно, объясняется двойникованием. Иногда содержит каплеобразные включения пентландита, причем ось  $L_3$  зерен пентландита совпадает с осью с зерен хизлевудита. Хорошо полируется (быстрее, чем пентландит).

**Хим.** Теор. состав: Ni — 73,3; S — 26,7. Состав хизлевудита из Тасмании (анал. Милл)<sup>2</sup>:

Fe	Ni	S	Н. о.	Сумма	Уд. в.
0,55	72,13	25,96	0,59	99,23	5,82



Диагн. исп. В полир. пл. хизлевудита из Тасмании<sup>2</sup> от  $\text{HNO}_3$  образуются серовато-бурые пятна,  $\text{HCl}$  не действует или вызывает появление слабых бурых пятен, от  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{KOH}$  — слабые бурые пятна, от  $\text{HgCl}_2$  — пятна светло-бурые до радужных,  $\text{KCN}$  не действует.

Нахожд. Редкий минерал. Впервые найден среди серпентинитов в долине р. Хизлевуд (сев.-зап. Тасмания). Рудные выделения (размером 1—2 см) состоят главным образом из пентландита, магнетита и хизлевудита (10—15%); подчиненную роль играют бравоит и вазсит. В месторождении Трайел-Харбор (Тасмания) хизлевудит обнаружен в серпентините, в котором бобовидные агрегаты серпентина по оливину окружены магнетитом и сульфидами (пентландит, хизлевудит, сфалерит, халькопирит, валлерит и др.); хизлевудит выделялся позднее пентландита. Встречен на контакте серпентинита и перидотитовой дайки Майлс-Ридж (Аляска)<sup>5</sup>, наличие его отмечается в Пошпаво в Граубюндене (Швейцария) и в месторождении Фризах в Каринтии (Австрия). В Спишско-Гемерских рудных горах (Чехословакия) наблюдался в тесном сростании с аваруитом<sup>6</sup>.

Изм. Превращается в миллерит, который выделяется в виде пластинок по грани (0001) хизлевудита, причем их оси совпадают. Продуктом выветривания хизлевудита в р-не р. Хизлевуд является заратит.

Искусств. В системе  $\text{Ni} - \text{S}$  представляет определенное химическое соединение с узкой областью гомогенности. При высоких  $t$ -рах образуется из высокотемпературной фазы —  $\beta\text{-NiS}$  наряду с  $\text{Ni}$  (при  $525^\circ$ ) или с  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  (при  $518^\circ$ ); реакции обратимы<sup>7</sup>. Получается сплавлением  $3\text{Ni} + 2\text{S}$  при отсутствии воздуха в кварцевой трубке в пламени бунзеновской горелки<sup>8,9</sup>, а также сплавлением в струе азота<sup>10</sup>.

Отл. От других никелевых минералов сходного парагенезиса отличается тем, что хорошо полируется, обладает высокой отраж. способностью, анизотропией; твердость меньше, чем у пентландита и миллерита.

Межплоскостные расстояния хизлевудита из Тасмании<sup>2</sup>

Cu - антикатод \*

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 1	5	4,10	17	11 $\bar{2}$ 6	2	1,097
2	11 $\bar{2}$ 0	9	2,88	18	13 $\bar{4}$ 4	0,5	1,087
3	0003	4	2,38	19	23 $\bar{5}$ 2		
4	02 $\bar{2}$ 1	1	2,36		41 $\bar{5}$ 0	3	1,081
5	20 $\bar{2}$ 2	5	2,03	20	40 $\bar{4}$ 4	2	1,015
6	11 $\bar{2}$ 3	10	1,822	21	32 $\bar{5}$ 4	1	0,958
	21 $\bar{3}$ 1		1,812	22	33 $\bar{6}$ 0	1	0,955
7	10 $\bar{1}$ 4	1	1,670	23	04 $\bar{4}$ 5	0,5	0,934
8	12 $\bar{3}$ 2	8	1,657	24	22 $\bar{4}$ 6	1	0,913
9	01 $\bar{1}$ 5	0,5	1,368	25	42 $\bar{6}$ 2	1	0,906
10	30 $\bar{3}$ 3	1	1,354	26	21 $\bar{3}$ 7	1	0,853
11	21 $\bar{3}$ 4	2	1,291	27	51 $\bar{6}$ 1	1	0,884
12	40 $\bar{4}$ 1	2	1,220	28	01 $\bar{1}$ 8	0,5	0,876
13	0006	0,5	1,186	29	15 $\bar{6}$ 2	1	0,864
14	04 $\bar{4}$ 2	0,5	1,169	30	34 $\bar{7}$ 2		
15	12 $\bar{3}$ 5	1	1,133		52 $\bar{7}$ 0	0,5	0,798
16	32 $\bar{5}$ 1	1	1,122	31	42 $\bar{6}$ 5	0,5	0,786

\* Оригинал хим. анализ.

## Литература

1. Petterd W. F. Catalogue of the minerals of Tasmania. Launceston, 1896; то же 1910.
2. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947 (for 1946), No 51, 59.
3. Hiller J. E. Fortschr. Min., 1955, 33, Nr 2, 155.
4. Ramdohr P. Sitzungsber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin, Mat.-nat. Kl., 1949 (1950), Nr 6, 1; Hiller J. E. Fortschr. Min., 1955, 33, Nr. 2, 168 (магнитные свойства).
5. Papezik V. S. Am. Min., 1955, 40, No 7—8, 692.
6. Kantor J. Geol. sbornik (Bratislava), 1955, 6, No 3—4, 317.
7. Кузнецов В. Г., Елисеев А. А., Попова З. В. Тезисы докл. 2-го совещ. по кристаллохимии, Изд. АН СССР. 1957, 43.
8. Alsen N. Geol. F6r. F6rh., 1925, 47, 39.
9. Westgren A. Zs. anorg. Chem., 1938, 239, 82.
10. Peyronel G., Pacilli E. Atti (Rend.) Acad. Italia, Cl. Sci. fis. mat. nat., 1942, ser. 7, 3, 278 (по реферату Min. Abstr. 1949, 10, No 10, 457).

## СТРУКТУРА ТИПА ПЕНТЛАНДИТА

## ГРУППА ПЕНТЛАНДИТА

Пентландит  $(\text{Fe}, \text{Ni})_8\text{S}_8$  Куб. с.  $[a_0 10,17$  Уд. в. 4,9

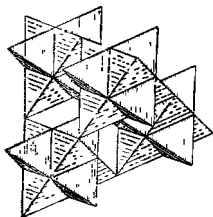
## Пентландит Pentlandite



Назван по имени Д. Б. Пентланда, впервые обнаружившего минерал (Дюффренуа, 1856).

**Синон.** Железо-никелевый колчедан; фольгерит (Эменс, 1892). Пентландитом, по-видимому, являются никоипирит (Шепард, 1857), горбахит (Кноп, 1873), лильгамерит (Вайсбах, 1873), инверарит (Форбс, 1868), гуннарит (Ландстрём, 1894).

**Характ. выдел.** Агрегаты зерен и зерна неправильной формы. Хорошо образованные кристаллы до сих пор не обнаружены. Часто встречается в виде закономерно расположенных в пирротине пластинчатых и пламенеобразных выделений, образовавшихся в результате распада твердых растворов.



Фиг. 122.  
Структура  
пентландита<sup>5</sup>

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5-Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 10,17 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Лундквист)<sup>1</sup>. Структура аналогична структуре искусственного сульфида кобальта —  $\text{Co}_8\text{S}_8^2$ . Элементарная ячейка имеет довольно сложное высоко-симметричное строение (фиг. 122). Fe и Ni замещают друг друга. Из девяти катионов, входящих в формулу, восемь занимают одинаковое положение в решетке и находятся в тетраэдрическом окружении ионов S. Девятый катион особый и находится в октаэдрическом окружении. 36 атомов Fe и Ni распределены статистически<sup>3</sup>.

**Физ. Сп.** по  $\bar{111}$  совершенная. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 3—4. Уд. в. 4,5—5 (вычисл. 4,956 — при отношении Fe : Ni = 1 : 1 и  $a_0 = 9,91$ ; 5,185 — при Fe : Ni = 2 : 1 и  $a_0 = 10,09$ ). Цв. бронзово-желтый. Черта светлая бронзово-бурая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества. Немagnetен.

**Микр.** В полир.<sup>4</sup>пл. в отраж. св. светло-кремовый с коричневатым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 51, для оранжевых — 51, для красных — 51. Изотропен. Полируется очень хорошо, но дает выкрашивания; часто заметна спайность по  $\bar{111}$ .

**Хим.** Состав несколько колеблется, отношение Fe : Ni близко к 1 : 1; по Бетехтину и Генкину<sup>4</sup> отношение Fe : Ni постоянно и равно 10 : 11;

по данным Елисева<sup>5</sup> состав пентландита может меняться в зависимости от степени заполнения позиций, занимаемых атомами металла в шестерной координации, соответственно формула:  $Fe_4Ni_4(Co, Ni, Fe)_{(0-1)}S_8$ . Теор. состав (для  $(Fe, Ni)_8S_8$  при  $Fe : Ni = 1$ ) : Fe—32,55; Ni—34,22; S—33,23. Постоянно присутствует изоморфная примесь Co в количестве 0,4—3%, нередко Se и Te. В некоторых месторождениях Финляндии обнаружен «кобальт пентландит» с содержанием до 49% Co<sup>5a</sup>.

Анализы:

	Fe	Co	Ni	S	Н. о.	Сумма	Уд. г.
1	31,47	2,92	33,45	32,07	—	99,91	—
2	30,25	0,85	34,23	33,42	0,67	99,42	4,946
3	10,3	49,3	9,1	31,3	—	100,0	—
4	30,96	15,63	21,11	32,29	—	99,99	—

- 1 — Монче-тундра; анализ лаборатории Кольского филиала АН СССР<sup>6</sup>;  
 2 — Садбери; анал. Диксон<sup>7</sup>; 3 — Варислахти (Финляндия)<sup>5a</sup>;  $a_0 = 9,96\text{Å}$ ;  
 4 — Оутокумпу (Финляндия)<sup>5a</sup>;  $a_0 = 10,00\text{Å}$ .

**Диагн. исп.** В  $HNO_3$  растворяется, окрашивая раствор в зеленый цвет. Азотнокислый раствор, из которого предварительно прибавлением  $NH_4OH$  выделены бурые гидроокислы железа, дает с диметилглиоксимом характерную реакцию на Ni (розовое окрашивание и осадок).

**П. п. тр.** ведет себя подобно пирротину.

**Нахожд.** В основном распространен в медно-никелевых сульфидных рудах, связанных с основными и ультраосновными изверженными породами (габбро-норитами, перидотитами, габбро-диабазами и др.). Встречается в тесной ассоциации с пирротинном, который является главным минералом таких руд, и с халькопиритом. В небольших количествах вместе с пентландитом наблюдаются также магнетит, кубанит и минералы платины: сперрит, палладистая платина, куперит, бреггит.

Главные промышленные месторождения пентландита в СССР<sup>8</sup>: Норильское (Красноярский край), Монче-тундра (Мурманская обл.). Месторождением мирового значения является Садбери в Онтарио (Канада), менее крупные месторождения Бушвелдского комплекса (Южная Африка), ряд месторождений Норвегии и др.

Местами широко распространены (но не имеют промышленного значения) вкрапленные выделения пентландита и других сульфидов в основных и ультраосновных породах.

В гидротермальных месторождениях пентландит встречается крайне редко. Его присутствие отмечается в рудах Пышминско-Ключевского медного месторождения (Свердловская обл.)<sup>9</sup>.

**Изм.** Замещается виоларитом и бравоитом. В зоне окисления<sup>†</sup> никелевых сульфидных месторождений встречаются различные никельсодержащие минералы (глинистые минералы, псиломелан, опалы и др.).

**Искусств.** Приготавливается сплавлением Fe, Ni и S в графитовом тигле. Образуется в системе Fe — Ni — S<sup>1,10, 11</sup>.

**Практ.знач.** Пентландитсодержащие руды медно-никелевых сульфидных месторождений представляют основной источник Ni. Из этих руд извлекаются также значительные количества Co, металлов платиновой группы, Se и Te (последние — в виде изоморфных примесей в сульфидах).

**Отл.** Легко определяется по весьма характерному парагенезису с пирротинном и халькопиритом, а также по сравнительно высокой отраж. способности, изотропности и октаэдрической спайности, хорошо заметной в крупных зернах.

Межплоскостные расстояния пентландита<sup>5</sup>Fe-антикатод,  $D = 66$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	$\frac{d_y}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	$\frac{d_y}{n}$
1	411	—	5,804*		21	533	4	1,534	1,391
2	200		5,025*		22	622	4	1,518	1,376
3	220	0,5	3,515	3,186	23	444 $\alpha$ , 731 $\beta$	1	(1,444)	1,309
4	311 $\beta$	3	3,342)	3,030		553 $\beta$			
5	222 $\beta$	1	(3,240)	2,909	24	711, 551	1	1,411	1,279
6	311	9	3,029	2,746	25	800 $\beta$	1	(1,387)	1,257
7	222	5	2,902	2,630	26	733 $\beta$	0,5	(1,355)	1,229
8	331 $\beta$	1	2,539)	2,302	27	642	1	1,342	1,216
9	400	1	2,513	2,278	28	731, 553	7	1,310	1,188
10	331	5	2,303	2,087	29	662 $\beta$	1	(1,277)	1,157
11	420	1	2,246	2,036	30	800	7	1,258	1,140
12	511 $\beta$ , 333 $\beta$	2	(2,135)	1,935	31	733	3	1,231	1,115
13	422	1	2,056	1,864	32	820	1	1,218	1,104
14	440 $\beta$	8	(1,962)	1,778	33	555, 751	7	1,164	1,055
15	511, 333	9	1,934	1,753	34	662	3	1,154	1,046
16	531	1	1,869	1,694	35	844 $\beta$	3	(1,133)	1,027
17	440	10	1,778	1,612	36	911, 753	2	1,105	1,002
18	531, 533 $\beta$	2	1,698	1,539	37	664	1	1,075	0,9740
19	622 $\beta$	1	(1,673)	1,516	38	931	6	1,056	0,9572
20	620	0,5	1,589	1,440	39	844	8ш	1,029	0,9325
					40	933, 771			

\* Вычислено при  $\alpha_0 = 19^\circ$ .

## Л и т е р а т у р а

- Lundqvist D. Arkiv Kemi, Min., Geol., 1947, 24 A, N. 4, No 22, 1.
- Lundqvist M., Lundqvist D., Westrgren A. Svensk Kem. Tidskr., 1936, 48, Nr 7, 156.
- Pearson D. A., Buerger M. J. Am. Min., 1956, 41, No 9—10, 804.
- Бетехтин А. Г., Генкин А. Д. Изв. АН СССР, сер. геол., 1951, № 2, 28.
- Елисеев Э. Н. Зап. Всес. мин. о-ва, 1955, 84, № 1, 53.
- Кочво О., Нунша М., Vuorelainen Y. Geologi, 1959, 11, No 6, 61; Am. Min., 1959, 44, No 7—8, 897.
- Чирков И. Н. ДАН СССР, 1940, 29, № 8—9, 600.
- Dickson C. W. Trans. Am. Inst. Eng., 1903, 34, 3 (по Дельтеру).
- Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 228.
- Вахрамеев С. А. Зап. Мин. о-ва, 1942, 71, № 3—4, 133
- Уразов Г. Г., Филли Н. А. «Металлург», 1938, № 2, 3.
- Hawley J. E., Colgrove G. L., Zurbrigg H. F. Econ. Geol., 1943, 38, 5. О системе Fe—Ni—S и экспериментальном изучении взаимоотношений пирротина и пентландита см. также: Newhouse W. Econ. Geol., 1927, 22, 288.

## СТРУКТУРА ТИПА ГАЛИТА

## ГРУППА ГАЛЕНИТА

	Сингония	$a_0$	Уд. в.	
Ольдгамит	CaS	Куб.	5,697	2,58
Галенит	PbS	Куб.	5,936	7,57
Алабандит	MnS	Куб.	5,225	4,05

Минералы этой группы относятся к гексаоктаэдрическому классу кубической сингонии.  $O_h^5$ — $Fm\bar{3}m$ . Кубическая гранецентрированная

решетка с четырьмя молекулами в элементарной ячейке. Облик кристаллов кубический и кубо-октаэдрический.

## Ольдгамит Oldhamite

### CaS

Назван по имени геолога Т. Ольдгама (Маскелайн, 1862).

**Характ. выдел.** В виде шариков<sup>1</sup>.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5 - Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 5,697 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Бэнистер, 1941). Структура как у галита (фиг. 123). Расстояние Ca — S =  $2,81 \text{ \AA}$ .

**Физ. Сп.** по (100). У искусств. тв.  $3\frac{1}{2} - 4$ . Уд. в. 2,58 (вычисл. 2,589). Цв. каштаново-бурый. Бл. алмазный. Прозрачен.

**Микр.** В пл. в прох. св. светлый буро-желтый, красновато-бурый. Изотропен. У искусств.  $n = 2,137 (N_a)$ .

**Хим.** Теор. состав: Ca — 55,55; S — 44,45. Содержит изоморфную примесь Mg. Анализа чистого минерала нет.

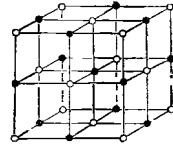
**Диагн. исп.** Разлагается кипящей водой. Легко растворяется в слабой HCl и в уксусной кислоте с выделением  $H_2S$ .

**Нахожд.** Наблюдался достоверно лишь в составе некоторых каменных метеоритов в виде мелких, частью микроскопически мелких выделений и покрытых корочками гипса.

Драверт обнаружил ольдгамит (?) с гипсом, серой, сероводородом и битумами в Сюкеевской пещере на Волге<sup>1</sup>.

**Изм.** При нахождении метеоритов на земной поверхности ольдгамит замещается гипсом.

**Искусств.** Получается при пропускании сначала H, затем  $H_2S$  над накаливаемой в трубке окисью кальция (Маскелайн).



Фиг. 123.  
Структура минералов группы галита

### Межплоскостные расстояния ольдгамита<sup>2</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	100	10	2,84	8	600; 442	5	0,946
2	220	10	2,00	9	620	4	0,897
3	222	8	1,63	10	622	4	0,856
4	400	5	1,419	11	640	4	0,788
5	420	9	1,268	12	642	5	0,759
6	422	8	1,158	13	820; 644	3	0,689
7	440	3	1,004	14	822; 660	2	0,670

### Л и т е р а т у р а

1. Ч и р в и н с к и й П. Н. Метеоритика, 1949, вып. 6, 64 (обзор свойств, парагенезиса в метеоритах).
2. H a n a w a l t J. D., R i n n H. W., F r e v e l L. K. Ind. Eng. Chem., 1938, 10, No 9, 457.

## Галенит Galenite

## PbS

Под латинским названием *galena* — свинцовая руда упоминается Плинием. Название галенит дано Кобелем (1838).

Синон. Свинцовый блеск (Глокер, 1847). По-видимому, смесями галенита с другими минералами являются штейнманнит (Ципе, 1833), таргонит (Бэхи, 1852), купроплюмбит (Брайтхауит, 1844), джонстонит (Хайдингер, 1845), ализонит (Филд, 1859), фурнетит (Мэн, 1860), гуасколит (Дана, 1868), плюмбокуприт и ноласцит (Адам, 1869), паракобеллит (Шрауф, 1871), кильмакуит (Тшпборн, 1885).

Под названием свинца объединяются тонкозернистые массы галенита с матовым блеском. Квиригит (*quirogite*) из Сьерры Альмагеры (Испания), описанный Наваро (1895) как тетрагональный минерал ( $30\text{PbS} \cdot 11\text{TeS} \cdot 4\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), по рентгеновским данным оказался галенитом особого, искаженного облика<sup>1</sup>. Смесью галенита с сульфидами Zn и Ag оказался кастиллит (Рамельсберг, 1866; Кальб, 1923). Ричмондит (Скей, 1877) — смесь галенита, блеклой руды, сфалерита и др. Плюмбомангит (Кёхли, 1911) — смесь галенита с различными рудными минералами.

Разнов. Селенистый галенит.

**Характ. выдел.** Наиболее обычны зерна и зернистые агрегаты, реже — плотные массы, иногда — натечные агрегаты; сравнительно нередки кристаллы и кристаллические скелетные образования.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5$  —  $Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 5,936 \text{ \AA}$  (чистый галенит, Васерштайн)<sup>2</sup>. Структура типа галита.

По данным разных исследователей указывается  $a_0$  от 5,919 до 5,93 для чистого галенита. Расхождение объясняется некоторой деформацией решетки галенита при истирании; устранение деформации достигалось Васерштайном умеренным нагреванием пробы после растирания. Наблюдается изоморфизм между PbS и PbSe, вследствие чего  $a_0$  галенита линейно возрастает в соответствии с увеличением содержания Se <sup>3,3а, 3б</sup>: 5,971 — при 20% PbSe, 6,014 — при 40%, 6,050 — при 60%; максимального значения содержание Se достигает в клаусталите — PbSe(100%) (см. клаусталит). PbS изоморфен также с высокотемпературной модификацией  $\text{AgBiS}_2$  ( $\alpha\text{-AgBiS}_2$ ),  $a_0$  псевдокубической ячейки которой составляет 5,632; соответственно  $a_0$  галенита уменьшается при возрастании содержания в нем изоморфной примеси  $\alpha\text{-AgBiS}_2$ <sup>4</sup> (см. матильдит).

Гексоктаэдр. кл. Главные формы:

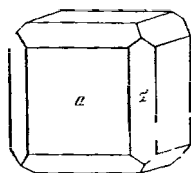
<i>a</i> (100)	<i>f</i> (310)	<i>m</i> (311)	<i>u</i> (554)	<i>p</i> (441)
<i>d</i> (110)	$\beta$ (322)	$\mu$ (411)	<i>p</i> (221)	$\lambda$ (743)
<i>o</i> (111)	<i>n</i> (211)	$\phi$ (611)	<i>q</i> (331)	<i>s</i> (321)

Кроме того, известны 35 редких, вичинальных и недостоверных форм (см. Дана, 1944).

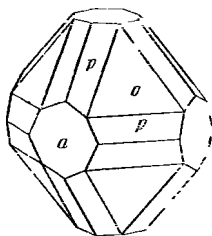
Кристаллы — от мелких до крупных (размером в несколько сантиметров) — редко являются вросшими, в большинстве случаев они парастают и образуют друзы и группы.

Облик кристаллов кубический, кубо-октаэдрический, октаэдрический (фиг. 124, 125, 126), редко триоктаэдрический (фиг. 127) и гексоктаэдрический (фиг. 128). Известны скелетные кристаллы кубического облика (фиг. 129). Нередки неравномерно развитые кристаллы, вытянутые по  $L_3$ , столбчатые, удлинённые по  $L_4$ <sup>5</sup> (фиг. 130), а также таблитчатые по грани куба или октаэдра (фиг. 131).

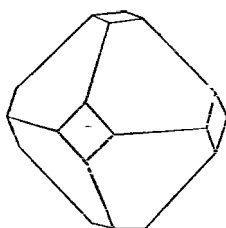
Дв. по (111), наиболее обычны дв. срастания (фиг. 132—134) и прорастания, часто таблитчатые (фиг. 134), иногда полисинтетические; наблюдаются двойниковые прорастания по (441) (фиг. 135), по (311) и (331), обуславливающие косую штриховатость на гранях куба; указываются двойниковые прорастания по (520) или (730) у галенита из Раттборжицы (Чехословакия)<sup>6</sup>, вторичные двойники деформации по (322), (221),



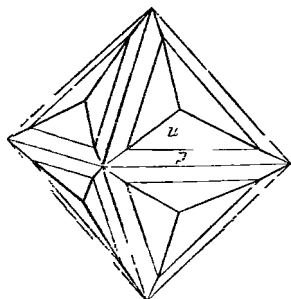
Фиг. 124.  
Кристалл галенита  
(Пезей, Франция)  
По Лавруа



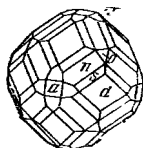
Фиг. 125.  
Кристалл галенита  
(Прийбрам, Чехословакия)  
По Преслу



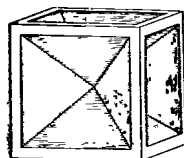
Фиг. 126.  
Кристалл галенита  
(Ратиборжица,  
Чехословакия)  
По Преслу



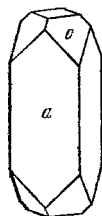
Фиг. 127.  
Кристалл галенита  
(Оберлар, ФРГ)  
По Шрауфу



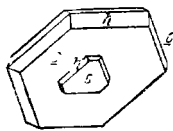
Фиг. 128.  
Кристалл галенита  
(Дилленбург, ФРГ)  
По Шрауфу



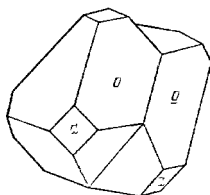
Фиг. 129.  
Кристалл галенита  
(Камберленд, Англия)  
По Науману



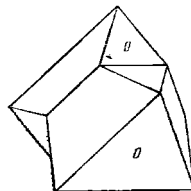
Фиг. 130.  
Кристалл  
галенита  
(Висконсин,  
США)  
По Хобсу



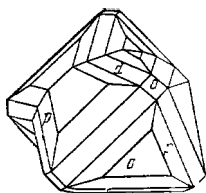
Фиг. 131.  $\bar{2}$   
Двойник галенита  
по (111)  
(Кирхен, ФРГ)  
По Задебеку



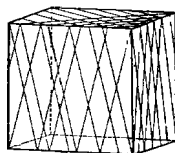
Фиг. 132.  
Двойник галенита  
по (111) (Англия)  
По Грегу и Летсому



Фиг. 133.  
Двойник галенита  
(по 111)  
(Люп-де-Дом,  
Франция)  
По Лавруа



Фиг. 134.  
Двойник галенита по (111)  
(Нойдорф, ГДР)  
По Задебеку



Фиг. 135.  
Двойник галенита по (441)  
(Фрейберг, ГДР)  
По Задебеку

(774) и (441)<sup>7</sup>. Скольжение по  $T(001)$ , вдоль  $[001]$  и  $[110]$ <sup>8</sup>. Образует ориентированные сростания с котуннитом, фосгенитом и англезитом<sup>9</sup>, шпритом, халькопиритом, бурнонитом, блеклыми рудами, пирротинном, арсенипиритом, пироморфитом.

Фигуры травления на гранях кристаллов галенита легко получаются воздействием холодной и горячей разбавленной  $HCl$ <sup>0</sup>.

Физ. Сп. по (100) весьма совершенная. Иногда наблюдается отдельность по (111), характерная для галенита с повышенным содержанием висмута, что объясняется включениями висмутита, расположенными частью по (111) галенита<sup>11,12</sup> (результат распада твердого раствора сернистого висмута в галените) или существовавшем твердого раствора  $AgBiS_2$  в галените. При нагревании октаэдрическая отдельность исчезает и заменяется спайностью по кубу.

Изл. в плотных массах плоско-раковистый, неровный, у галенитов с октаэдрической отдельностью изл. мелкоступенчатый. Тв. 2—3. Уд. в. 7,4—7,6 (вычисл. 7,57). Цв. свинцово-серый, в тонкозернистых агрегатах несколько более светлый; галенит с октаэдрической отдельностью, содержащий  $Bi$ , несколько темнее; иногда наблюдается пестрая побежалость. Черта серовато-черная. Бл. металлический, на плоскостях спайности сильный; галенит с октаэдрической отдельностью имеет несколько более тусклый блеск; плотные разности часто матовые.

Проводник электричества. На грани октаэдра электропроводность выше, чем на грани куба<sup>13</sup>. Электропроводность возрастает с повышением температуры, но выше  $300^\circ$  резко падает (Ниггли). Обнаруживает то положительный, то отрицательный фотоэлектрический эффект. Галениты с положительным фотоэлектрическим эффектом не обладают детекторными свойствами; галениты, дающие отрицательный фотоэлектрический эффект, являются хорошими детекторами<sup>14</sup>. Диамагнитен.

Инфракрасный спектр галенита имеет три сравнительно слабые полосы поглощения: при  $6,90 \mu$  — узкая, в области  $8—10,5 \mu$  — широкая пологая полоса поглощения; при  $11,5 \mu$  — слабая полоса поглощения<sup>15</sup>.

Микр. Показ. прел. 4,015 (C), 3,912 (D), 3,796 (F) (по Впичелу).

В отраж. св. белый, служит эталоном белого цвета. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 43,5, для оранжевых — 37,5, для красных — 35; по Фоллинсби, измеренная при помощи фотоэлемента — 42,4. Изотропен. Иногда аномально анизотропен в результате действия давления или вследствие наличия изоморфной примеси  $\alpha-AgBiS_2$ . Полируется в тонкозернистых агрегатах хорошо, хуже в грубозернистых. Характерной диагностической особенностью является наличие в полир. шл. треугольников выкрашивания, одинаково ориентированных в пределах монокристаллических зерен; причиной их образования является совершенная спайность по кубу. При травлении или при выветривании иногда выявляется тонкое зональное строение, особенно у низкотемпературных галенитов.



Хим. Теор. состав: Pb — 86,60; S — 13,40. S изоморфно замещается Se; существует непрерывный изоморфный ряд галенит (PbS) — клаусталит (PbSe), различные представители которого встречены в природе<sup>3а</sup>. Галенит часто содержит примесь Ag, обычно до 0,1%, реже 0,5—1% и выше, что частью обусловлено наличием включений сульфидов серебра, частью присутствием AgBiS<sub>2</sub> в твердом растворе. Анализы показывают также наличие Zn, Cd, Sb, Bi, Cu, Sn, In, Tl, Au, Pt и др. (обычно не более десятых долей процента); в большинстве случаев это связано с наличием примесей других минералов: сфалерита, буланжерита, халькопирита и др.<sup>16</sup>

Свинец в составе галенитов является смесью изотопов Pb<sup>204</sup>, Pb<sup>206</sup>, Pb<sup>207</sup>, и Pb<sup>208</sup>. Последние три изотопы в земной коре непрерывно накапливаются за счет радиоактивного распада U и Th. Изотопный состав свинца галенита может быть использован для определения абсолютного возраста. В галенитах разных месторождений отношения Pb<sup>206</sup>: Pb<sup>204</sup> колеблются от 14,26 до 22,42; Pb<sup>207</sup>: Pb<sup>204</sup> от 14,38 до 16,64; Pb<sup>208</sup>: Pb<sup>204</sup> от 32,96 до 41,47<sup>17</sup>.

Анализы<sup>18</sup>:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	0,34	0,13	0,61	Не обн.	Сл.	—	—	0,01	Сл.
Ag	—	—	0,04	0,11	0,11	—	—	—	Сл.
Zn	1,10	Сл.	0,45	0,02	—	0,40	—	0,58	—
Cd	—	Сл.	—	—	—	—	0,47	—	—
Fe	0,14	0,13	0,15	0,06	0,06	0,08	0,34	0,69	0,24
Pb	83,47	85,57	84,61	86,50	86,60	85,59	83,72	82,00	85,77
Sb	Сл.	0,06	Сл.	0,02	0,07	—	—	—	Сл.
Bi	—	—	—	0,02	Сл.	—	—	1,96	—
S	14,21	13,99	14,20	13,30	13,50	13,04	13,40	14,10	13,27
Se	—	—	—	—	Не обн.	0,50	1,23	0,14	—
Te	—	—	—	—	Не обн.	—	—	0,06	—
SiO <sub>2</sub>	0,90	0,17	0,16	—	—	0,14	0,48	—	0,38
H. о.	—	—	—	—	—	—	—	0,65	—
Сумма	100,16	100,20*	100,22	100,03	100,34	99,75	99,64	100,19	99,68**
Уд. в.	7,30	7,55	7,39	7,03	7,30	—	7,50	—	7,35

\* Включая 0,15% MnO; \*\* Включая 0,02% CoO.

1—7 — Рудный Алтай: 1 — Заводинское м-ние; анал. Пилипенко<sup>19</sup>; 2 — Зыряновское м-ние; анал. тот же<sup>19</sup>; 3 — Петровское м-ние; анал. тот же<sup>19</sup>; 4 — Греховское м-ние; анал. Максимова<sup>20</sup>; 5 — Заводинское м-ние; анал. Зайцева<sup>20</sup>; содержит 0,002% Mo; анал. Сендерова<sup>21</sup>; 6 и 7 — селенистый галенит; 6 — м-ние Чудак; анал. Пилипенко<sup>19</sup>; 7 — Зыряновское м-ние; анал. тот же<sup>19</sup>; 8 — галенит с октаэдрической отдельностью, Акчагыл; анал. Сендерова<sup>21</sup>. 9 — крупнокристаллический, из Арнаклена (Туркм. ССР)<sup>21</sup>.

**Диагн. исп.** В HNO<sub>3</sub> растворяется с выделением S и сульфата свинца; из азотнокислого раствора при добавлении HCl выпадает белый осадок PbCl<sub>2</sub>, растворимый в горячей воде. Галенит разлагается также горячей или крепкой HCl.

Растворы NaCl, CaCl<sub>2</sub> оказывают действие на галенит, особенно при повышенных температуре и давлении<sup>22</sup>.

В полпр. пл. от HNO<sub>3</sub> быстро чернеет, от HCl слегка бурет, от FeCl<sub>3</sub> образуется радужная побежалость; не травится KCN, KOH, HgCl<sub>2</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S. Структурные особенности агрегатов выявляются травлением HCl (1 : 1 или 1 : 5). Микрхимически Pb определяется с KCN на шлифе, S — методом отпечатка на бром-серебряной бумаге. Пленочная реакция: насыщен-

ным раствором J в 5%-ном KJ при кипячении галенит окрашивается в желто-зеленый цвет<sup>23</sup>.

П. п. тр. на угле в кусочках растрескивается и разлетается, в мелком порошке спокойно плавится (плавк. 2). Уголь около пробы покрывается желтым налетом PbO с голубоватой каймой (PbCO<sub>3</sub>). (Se-содержащие разновидности образуют на угле около пробы красновато-бурый налет с узкой темной каймой; обнаруживается характерный, хотя и слабый, запах за счет Se). С содой на угле дает королек Pb, который после продолжительного дутья или совершенно исчезает или, в случае наличия Ag, оставляет маленький королек Ag. В откр. тр. выделяет SO<sub>2</sub>.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. 1112°. Коэф. терм. лин. расш. в интервале 10—400° с повышением температуры увеличивается с 18,73 до 622,36 · 10<sup>-6</sup><sup>24</sup>. При нагревании до 100° расщепляется на 0,15% (Берч и др.). Уд. теплоемкость при 0°—0,207, при 200°—0,221 дж · г<sup>-1</sup> · град<sup>-1</sup> (Берч и др.). При высоких температурах (выше 350°) PbS образует твердые растворы с Ag<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub>S<sub>2</sub>. Рамдор (1955) этим объясняет высокое содержание Ag в галенитах, не содержащих микроскопически обнаруживаемых минералов — носителей Ag. Характерно, что в этих случаях всегда присутствует заметное, часто эквивалентное количество Bi. Таким образом, в галенитах, образовавшихся при средних и повышенных температурах, можно предполагать нахождение в твердом растворе матильдита.

Нахожд. Один из наиболее распространенных сульфидных минералов гидротермальных месторождений, образовавшихся при различных температурах и в различной геологической обстановке. Наибольшее промышленное значение имеют средне- и низкотемпературные гидротермальные месторождения галенита. В виде мелких редких зерен галенит встречается в пегматитах гранитной и щелочной магмы, как редкий минерал — в изверженных породах и вулканических выделениях. Гипергенный галенит установлен в некоторых осадочных образованиях. Иногда галенит образует почти мономинеральные руды (как, например, в Заводинском месторождении на Рудном Алтае<sup>20</sup>), обычно же сопровождается другими сульфидами.

Самым типичным спутником галенита из числа гипогенных минералов в различных месторождениях является сфалерит; часто галенит сопровождается также пиритом и халькопиритом. Жильными минералами в большинстве гидротермальных месторождений галенита являются кварц, барит, флюорит, карбонаты.

В месторождениях среди скарнов в зонах контакта гранитоидов и осадочных пород (преимущественно известняков) галенит образует вкрапленность и зернистые агрегаты, иногда содержится в значительных количествах, сопровождается скарновыми минералами, сфалеритом, халькопиритом, пирротином и др. Примеры: Алтын-Топкан в Карамазарских горах (Таджикская ССР), Тетюхе (Приморский край), Кызыл-Эспе, Аксоран и Акчагыл (Северное Прибалхашье, Каз. ССР), Савинское и другие месторождения Читинской обл.<sup>25</sup>, Дарвин (шт. Калифорния, США), Шварценберг (Саксония, ГДР) и др.

В свинцово-цинковых рудах, образующих залежи и жилы, галенит, в тесной ассоциации со сфалеритом, сопровождается пиритом, халькопиритом, часто арсенопиритом, а также блеклыми рудами, пирраргиритом, стефанитом, бурнонитом, буланжеритом и другими сложными сульфидами, содержащими Ag, Pb, Cu. Изредка сопровождается также сульфидами и арсенидами Ni.

Характерными гидротермальными, преимущественно среднетемпературными месторождениями галенита являются: свинцово-цинковые месторождения Рудного Алтая (Каз. ССР и Алтайский край) — Риддерское, Зыряновское, Змеиногорское и др.; Садонское жильное месторождение (Северо-

Осетинская АССР); месторождения Мехманинского рудного поля (Азерб. ССР)<sup>25а</sup>; некоторые месторождения центральной части Каз. ССР (Беркара, Майкаин, Александровское, Кургасын, Ажим<sup>26</sup> и др.); месторождения Ачисай, Миргалымсай и др. в горах Каратау (Южно-Казахстанская обл.); в Читинской обл. — месторождения Нерчинского р-на (Троицкое, Смирновское, Кадаинское и др.); жильные месторождения Пршибрама (Чехословакия), Фрейберга (ГДР) и Клаусталья (ФРГ), Кёр д'Аллен в шт. Айдахо; Ледвилл в шт. Колорадо (США), Саливэн (Британская Колумбия, Канада), Санта Эулалия (Мексика), Брокен-Хилл и Маунт-Айза (Австралия), Бодвин (Бирма) и многие другие.

К относительно низкотемпературным месторождениям галенита относятся месторождение Блейберг (Австрия), некоторые месторождения Силезии (Польша), Райбл (Северная Италия), месторождения «свинцового пояса» штата Миссури (США) и др.

В тех или иных количествах галенит встречается также в существенно медных месторождениях (в СССР — Джезказган, некоторые колчеданные месторождения Урала)<sup>27</sup>, в месторождениях сульфидно-касситеритовой формации (Якутская АССР, Приморский край)<sup>28</sup>, в железорудных месторождениях (Бакальское м-ние, Челябинской обл.)<sup>29</sup>, в золоторудных кварцевых жилах (Березовское месторождение, Свердловской обл.), в вольфрамовых и молибденовых месторождениях (Северо-Коунрадском, Восточно-Коунрадском, Караобинском и др. месторождениях Каз. ССР) и пр.

Гипергенный галенит в осадочных породах возникает в результате восстановления органическими веществами из сульфата свинца или при действии сероводорода на растворы солей свинца. Образует корки и налеты на конкрециях пирита и марказита, вкрапленность и тонкие пленки в углях (Боровичский р-н Новгородской обл.)<sup>30</sup>. Встречается в известняках различного возраста, в парагенезисе с пиритом и марказитом, в виде зерен и кристаллов<sup>31, 32, 33</sup>. В триасовых отложениях горы Б. Богдо (Астраханская обл.) галенит обнаружен в виде прослойки в известняке<sup>17</sup>. Наблюдается изредка в породах различных горизонтов кембрия-силура и девона под Ленинградом.

В медистых песчаниках и песчанистых известняках кембрийского возраста галенит наблюдается в виде сингенетичной вкрапленности (верхнее течение Лены, Иркутская обл.)<sup>34</sup>. В рудоносных пестрых песчаниках триаса р-на Кемерн-Мехерних (ФРГ) галенит вместе с церусситом, халькопиритом и карбонатами меди в виде конкреций и рассеянной вкрапленности в песчанике приурочен к определенному пласту<sup>35</sup>.

Галенит сравнительно распространен в фосфоритовых конкрециях Подолии (УССР); он образует правильные кубические кристаллы или выполняет неправильные полости внутри конкреций, а также располагается во внешних частях их вдоль лучей фосфатного вещества<sup>35, 36</sup>.

Как современное новообразование галенит отмечен в старых рудниках: вместе со сфалеритом в виде налетов на железных цепях в рудниках Верхней Силезии (Польша), на заброшенных инструментах — в кристаллах величиной до 12 мм в шт. Миссури (США).

Известны псевдоморфозы галенита по церусситу, англезиту, пироморфиту, халькозину, бурнониту, блеклым рудам и по дереву.

Типоморфными свойствами галенита гидротермальных месторождений до некоторой степени являются облик кристаллов и содержание примесей. Кристаллы высокотемпературных гидротермальных галенитов чаще бывают кубического облика, более низкотемпературных — октаэдрического облика; высокотемпературные галениты часто висмутсодержащие, более низкотемпературные обычно содержат Ag и Sb.

Изм. Легко изменяется в природных условиях с образованием церуссита, англезита, пироморфита, миметезита, бедантита, реже — линарита.

плюмбоярозита, массикота, вульфенита, фосгенита, котуннита и других минералов. В псевдоморфозах по галениту известны: церуссит, англезит, вульфенит, пироморфит, каламин, лимонит, тетраэдрит, халькозин, родохрозит, кварц, лимонит, пистомезит и др. Наиболее обычно замещенные галенита церусситом, иногда с выделением самородной серы.

**Искусств.** Легко получается различными путями (Дельтер, 1925), например, при действии  $H_2S$  на подкисленные  $HNO_3$  растворы солей Pb (аморфный и кристаллический  $PbS$ ); при взаимодействии хлористых соединений Pb с сухим  $H_2S$  в накаливаемой трубке; при разложении сульфата свинца в атмосфере  $H_2$  или  $CO$ ; при взаимодействии в воде сульфата свинца с гниющим органическим веществом, при нагревании пирита или марказита с раствором  $PbCl_2$ .

**Практ. знач.** Важнейший свинцовый минерал (почти вся мировая продукция Pb связана с добычей галенита). Попутно из галенитовых руд извлекается Ag. Частично галенитовые руды перерабатывают для получения свинцовых белил, глазури и др.

**Отл.** Легко определяется по цвету, блеску, характерной спайности по кубу, низкой твердости и высокому уд. весу. В тонкокристаллических массах отличается от похожих на него сурьмянистых и мышьяковистых соединений по уд. весу, поведению и п. тр. и химическим реакциям.

В полир. пл. возможность смещения галенита с другими распространенными белыми изотропными минералами почти исключена, так как галенит ясно отличается от них по основным признакам: отраж. способности, цвету, твердости и особенно по треугольникам выкрашивания. В мелких зернах может быть смешан с алтаитом ( $PbTe$ ), клаусталитом ( $PbSe$ ), но первый значительно, а второй лишь несколько светлее и значительно мягче галенита.

**Разнов.** Селенистый галенит Рудного Алтая, содержащий небольшое количество Se (анализы 5—7), и промежуточные члены ряда галенит-клаусталит из шт. Колорадо (США)<sup>2а</sup>, в которых содержание  $PbSe$  варьирует от 6,5 до 93,7 мол. %. Алтайский селенистый галенит имеет уд. в. 7,2—7,5. Плоскости спайности обладают тусклым блеском, нередко побежалость — от бронзово-желтой до синевато-черной. В отличие от обычного галенита, он менее устойчив при выветривании. Встречен в месторождениях Зырянском и Чудак в виде прожилков среди медных руд в ассоциации с халькопиритом, пиритом, тетраэдритом<sup>19</sup>. Галенит-клаусталиты плато Колорадо (США) образуют вкрапления в сульфидных прожилках урано-ванадиевых месторождений.

#### Межплоскостные расстояния галенита (по Михееву)\*

Fe-анткатод, без фильтра,  $D = 46,00$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	111 $\beta$	2	(3,790)	3,435	10	222	8	1,707	(1,548)
2	111	9	3,442	(3,120)	11	400	5	1,480	(1,342)
3	200 $\beta$	3	(3,283)	2,975	12	420 $\beta$	3	(1,461)	1,325
4	200	10	2,965	(2,688)	13	331	6	1,359	(1,231)
5	220 $\beta$	2	(2,311)	2,095	14	420	10	1,324	(1,200)
6	220	10	2,093	(1,897)	15	511 $\beta$ , 333 $\beta$	1	(1,253)	1,136
7	311 $\beta$	3	(1,966)	1,782	16	422	8	1,209	(1,096)
8	222 $\beta$	1	(1,883)	1,707	17	511; 333	7	1,141	(1,034)
9	311	9	1,780	(1,614)	18	440	3	1,048	(0,950)

\*  $a_c = 5,924$ ; Pb — 83,60; Fe — 3,08; Cu — 0,49; S — 12,92.

## Л и т е р а т у р а

1. Garrido J. Bol. Soc. Esp. Hist. Nat., 1932, 32, 2, 137.
2. Wasserstein B. Am. Min., 1951, 36, No 1—2, 102 (точное измерение параметров решетки галенита).
3. Heier K. Norsk Geol. Tidsskr., 1953, 32, No 2—4, 61 (клаусталит и Se-содержащий галенит).
- 3а. Coleman R. G. Am. Min., 1959, 44, No 1—2, 166.
- 3б. Сивдеева Н. Д., Годовиков А. А. ДАН СССР, 1959, 127, № 2, 431.
4. Graham A. R. Am. Min., 1951, 36, No 5—6, 436.
5. Островский И. А. Зап. Мин. о-ва, 1945, 74, № 3, 228; Бадалов С. Т. Голованов П. М. ДАН Узб. ССР, 1956, № 11, 21.
6. Rosicky V. Zs. Krist., 1929, 71, 326.
7. Еремеев П. В. Зап. Мин. о-ва, 1896, 34, № 1; Самойлов Я. Д. Мат. геол. России, 1906, 23, вып. 1; Seifert H. N. Jb. Min., 1928, В.-В. 57 А, 690; Григорьев Д. П. Мин. сб. Львовск. геол. о-ва, 1958, № 12, 129.
8. Mügge O. N. Jb. Min., 1898, 1, 123.
9. Ramdohr P. Abhandl. Deutsch. Akad. Wiss., Math.-nat. Kl., 1947, Nr 4, 1.
10. Beske F. Min. petr. Mitt., 1884, 6, 237; 1887, 9, 16; Ischikawa S. Am. J. Sci., 1916, 42, 111.
11. Чухров Ф. В. Зап. Мин. о-ва, 1944, 73, № 2—3, 110 (о галените с октаэдр. отдельностью из Акчагыла; сводка литературы).
12. Oefedal I. Norsk Geol. Tidsskr., 1942, 22, 61 (о причине октаэдр. отдельности в Bi-содержащем галените).
13. Kerr P. F., Sabine C. K. Econ. Geol., 1925, 20, No 8, 729.
14. Hiller J. E., Smolczuk H. G. Naturwissenschaften, 1952, II, 9, 208 (фотоэлектрический эффект свинцового блеска).
15. Hunt J. M., Wischard M. P., Bonham L. C. Anal. Chem., 1950, 22, No 12, 1478.
16. Нестерова Ю. С. Геохимия, 1958, № 7, 667, (40 хим. анализов, критическое рассмотрение состава).
17. Виноградов А. П., Задорожный Н. К., Зыков С. И. ДАН СССР, 1952, 85, № 5, 1107; 1955, 105, № 1, 126.
18. Алявдин В. Ф., Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 313 (сводка анализов галенита из месторождений Союза; описание месторождений СССР); см. также Юрк Ю. Ю., Шнюков Е. Ф. Рудные минералы Криворожской железорудной полосы. Изд. АН УССР, 1958, 5; Еникеев М. Р. Зап. Узб. отд. Мин. о-ва, 1959, вып. 13, 14.
19. Филипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 42.
20. Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 138.
21. Сидоренко А. В. Изв. Туркм. фил. АН СССР, 1946, № 3—4, 175.
22. Хитаров Н. И., Москалюк А. А. Советская геология, 1955, сб. 43, 126.
23. Новиков В. А. Советская геология, 1945, сб. 8, 76.
24. Schaghe S. S. Proc. Ind. Acad. Sci., Sect. A, 1951, 34, 72.
25. Смирнов С. С. Избранные труды. Изд. АН СССР, 1955, 34.
- 25а. Эфендиев Г. Х. Гидротермальный рудный комплекс сев.-вост. части Малого Кавказа. Изд. АН АзССР, 1957, 65, 125 и 187.
26. Чухров Ф. В. Рудные месторождения Джезказгано-Улутавского района в Казахстане. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1940, вып. 44, 47.
27. Сатпаева Т. А. Рудообразующие минералы Джезказганского месторождения. Изд. АН Каз. ССР, Алма-Ата, 1949.
28. Радкевич Е. А. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1951, вып. 134, сер. рудн.-мн., № 15, 145.
29. Соловьев Ю. С. Зап. Всес. мин. о-ва, 1948, 17, № 4, 322.
30. Блох А. М. ДАН СССР, 1954, 99, № 5, 835.
31. Миропольский Л. М. ДАН СССР, 1951, 78, № 4, 757; там же, 1952, 83, № 6, 903.
32. Маслов В. П. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1947, вып. 85, сер. геол., № 24, 60.
33. Колбин М. Ф., Пимбургская М. И. Зап. Всес. мин. о-ва, 1955, 84, № 2, 223.
34. Константинов М. М. Разведка недр, 1951, № 5, 5; сб. «Вопросы минералогии осадочных образований». Изд. Львовск. гос. ун-та, 1954, кн. 1, 32 (об осадочном происхождении месторождений свинца и цинка).
35. Фурман В. П. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1953, № 7, 98.
36. Малиновский Ф. М. Зап. Всес. мин. о-ва, 1955, 84, № 1, 31.

## Алабандин Alabandite

## MnS

Назвап по местности Алабанда в Турции (Бедап, 1832).

Синон. Алабандит; марганцовая обманка (Блюменбах, 1807); марганцовый блеск (Карстен, 1808); блестящая обманка (Моос, 1824); блюменбахит (Брайтхаупт, 1866); отвечает искусств.  $\alpha$ -MnS.

Разнов. Ферроалабандин.<sup>1</sup>

**Характ. выдел.** Отдельные изометрические зерна, реже сплошные выделения.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^5$  —  $Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 5,225 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Вайкоф)<sup>1</sup>. Является кубической полиморфной модификацией MnS. Структура типа галита.

Расстояние Mn — S = 2,61  $\text{\AA}$ .

Гексоктаэдр. кл. Наиболее обычные формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $n(211)$ .

**Физ. Сп.** по (100) совершенная. Тв.  $3\frac{1}{2}$ —4. Уд. в. 3,9—4,1 (вычисл. 4,050). Цв. железно-черный до стально-серого, часто с буроватой побежалостью. Алабандин из окрестностей Литошице в свежем изломе травяно-зеленый, на воздухе постепенно буреет<sup>2</sup>, покрывается землистым налетом<sup>3</sup>. Черта зеленоватая. Бл. полуметаллический. Полупрозрачен.

Слабо магнитен<sup>4</sup>.

**Микр.**  $n = 2,70$  (Li). В полир. шл. в отраж. св. серовато-белый.

**Отраж. спос.** (в %): для зеленых лучей 24, для оранжевых — 21, для красных — 20. Изотропен. При рассматривании в иммерсии наблюдаются густо-зеленые или зелено-красные внутренние рефлексы.

**Хим.** Теор. состав: Mn — 63,14; S — 36,86.

Анализы:

	Mn	Fe	Zn	Mg	Cu	S	SiO <sub>2</sub>	Сумма
1.	59,67	1,09	—	3,37	—	36,35	—	99,48
2.	61,45	2,70	0,57	—	0,39	34,52	0,13	99,76

1 — Дастикаертское м-ние; анал. Дехтрикян<sup>2</sup>; 2 — Сэкэрымб; анал. Жак<sup>5</sup>.

В минерале из Литошице присутствуют Ge и Ga<sup>2</sup>.

**Диагн. исп.** В HNO<sub>3</sub> и HCl бурно растворяется, выделяя обильное количество H<sub>2</sub>S.

В полир. шл. травится HNO<sub>3</sub> и HCl с выделением H<sub>2</sub>S.

П. п. тр. на угле после предварительного обжигания с трудом сплавляется в бурый шлак, реагирующий с бурой на Mn.

**Повед. при нагр.** При нагревании искусственного MnS происходят экзотерм. реакции при 230°, 315° и 410° и эндотерм. — при 590° (для минерала из Сэкэрымба соответственно 230, 340, 420 и 610°)<sup>6</sup>. Уд. теплоемкость при 0° равна 0,569 дж.г.<sup>-1</sup>.град<sup>-1</sup> (Берч и др.).

**Нахожд.** Относительно редкий минерал. Большинство известных находок приурочено к гидротермальным месторождениям<sup>7,8</sup>, кроме того, встречается в альпийских жилах<sup>9</sup>.

Наиболее обычен алабандин в низкотемпературных месторождениях; находится в тесной ассоциации с карбонатами — родохрозитом и др., сопровождается галенитом, сфалеритом, тетраэдритом, халькопиритом, пиритом. Примеры месторождений этого типа: в США — Бисби и Лаки-Кас (Аризона), Шелбурн (Невада), Самит (Колорадо), также Пуэбло (Мексика), Адервиль (Франция) и др.

В низкотемпературных золото-серебряных месторождениях алабандин ассоциируется с самородным золотом, теллуридами (нагпагитом, креннеритом, алтаитом), аргентитом, бурнонитом и др.; жильные минералы — родохрозит, кальцит. К месторождениям этого типа относятся: Степняк в Каз. ССР, Капник (Кавник), Сэкэрымб (б. Нагнаг) и Бая-де-Ареш (б. Оффенбанья) в Румынии.

Установлен в относительно высокотемпературном медно-молибденовом Дастакертском месторождении в Арм. ССР<sup>8</sup> в тесной ассоциации с родохрозитом и манганокальцитом.

Наблюдается в Чиатурском марганцевом месторождении (Груз. ССР)<sup>7,10</sup> среди метаморфизованных руд, на контакте с базальтом, прорывающим рудоносную толщу; сопровождается карбонатами Mn и Ca и опалом; встречается в метаморфизованных карбонатных марганцевых рудах Икат-Гаргинского месторождения (Бурятская АССР). В р-ке Кузуги (Япония) сопровождается пирохромитом, пирофанитом, гюбнеритом и марганцевым гранатом<sup>11</sup>.

В месторождении Бьютт (шт. Монтана, США) образовался, по-видимому, в результате воздействия сероводорода на родохрозит<sup>11</sup>.

Изм. В присутствии кислорода крайне неустойчив и сравнительно быстро окисляется.

**Искусств.** Алабандин может быть получен при насыщении сероводородом раствора солей марганца с небольшим избытком уксусно-лигного аммония и уксусной кислоты. Такой раствор после сохранения в течение года в зап. тр. выделяет октаэдры MnS с поперечником до 0,5 мм. Дельтер и др. получали алабандин пропусканием H<sub>2</sub>S над марганцевыми соединениями при темно-красном калении. Получается также осаждением при 80° сульфидом аммония из раствора слабо подкисленного H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sup>6,12</sup>.

Как искусственный продукт алабандин возникает при многих металлургических процессах. Искусственный MnS зеленого цвета.

**Отл.** В полир. шл. похож на сфалерит, но, в отличие от последнего, обильно выделяет H<sub>2</sub>S при травлении HNO<sub>3</sub> и HCl; характерны буроватые, иногда темно-зеленые внутренние рефлексии.

**Разнов.** Ферроалабандин — ferroalabandite (Рамдор, 1957)<sup>13</sup>. Наблюдается под микроскопом. По-видимому, представляет твердый раствор (Mn, Fe)S.  $a_0 = 5,15 \text{ \AA}$ . В полир. шл. цвет сходен с цветом тетраэдрита; немного тверже последнего. Наблюдается в шлифах пирротина из фонолита Фоберг (Кайзерштуль, ФРГ) и самородного железа из базальта Бюль (ФРГ).

#### Межплоскостные расстояния алабандина из Сэкэрымба<sup>14</sup>

Fe-антикатод, MnO<sub>2</sub>-фильтр,  $D = 57,3 \text{ мм}$

№	hkl*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	0,5	3,019		6	310 или 311	1	1,634
2	200	2	(2,848)	2,584	7	222	5	1,504
3	200	10	2,603		8	400	4	1,302
4	220	10	1,843		9	240	7	1,165
		1	1,791**		10	224	7	1,063
5		1	1,761**					

\* Индексировано Михеевым \*\* Край широкой линии.

## Л и т е р а т у р а

1. W u s k o f f R. W. Am. J. Sci., 1921, 2, 239.
2. Z á k L. Rozpr. ČSAV, Rada mat.-přirod., 1956, 66, S. 13, 49.
3. К а р а м я н К. А. Изв. АН Арм. ССР, сер. геол. и геогр., 1957, 10, № 4, 115.
4. H i l l e r J. E. Fortschr. Min., 1955, 33, Nr 2, 165.
5. K o s c h S., D o n a t h E. Acta min., petr., 1950, 4, 42.
6. Ж а к Л. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1956, № 10, 212.
7. Б е т е х т и н А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 192.
8. H e w e t t D. F., R o v e O. N. Econ. geol., 1930, 25, No 1, 36.
9. H u t t e n l o c h e r H. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1936, 16, 406.
10. Б е т е х т и н А. Г. Промышленные марганцовые руды СССР. Изд. АН СССР, 1946.
11. L e e D. E. Stanford Univ. Publ., ser. Geol. Sci., 1955, 5, 1.
12. S a l e s R. H., M e y e r C. Econ. Geol., 1951, 46, No 8, 813.
13. R a m d o r f P. N. Jb. Min., Abhandl., 1957, 91, 89.
14. Л ю б и м ц е в А. И., Л я м и н а А. Н. Тр. ВИМС, 1939, вып. 142, 11.

## СТРУКТУРА ТИПА СФАЛЕРИТА

## ГРУППА СФАЛЕРИТА

		Сингония	$a_0$	Уд. в.
Сфалерит	ZnS	Куб.	5,40	4,08
Хоулит	CdS	Куб.	5,818	4,87
Метациннабарит	HgS	Куб.	5,858	7,67

ZnS встречается в природе в нескольких полиморфных модификациях (сфалерит, вюртцит и его разновидности), для CdS и HgS известно две модификации: CdS — хоулит и гринокит, HgS — метациннабарит и киноварь.

Сфалерит, хоулит и метациннабарит являются кубическими модификациями с характерным тетраэдрическим развитием кристаллов, вюртцит, гринокит и киноварь — гексагональны. Изоморфизм ZnS и CdS (кубических) очень ограничен, более обычно и более значительно изоморфное замещение цинка в сфалерите железом, а также марганцем.

Метациннабарит является крайним членом изоморфного ряда метациннабарит — тиманнит (HgSe)

## Сфалерит Sphalerite

## ZnS

Назван от греч. *сфалерос* (сфалерос) — обманчивый.

Синон. Цинковая обманка, рубиновая обманка (частично), рубиновый цинк, ратит (Шепард, 1866). Отвечает искусственному  $\beta$ -ZnS.

Разнов. Клейофан, марматит, припбрамит, брункит.

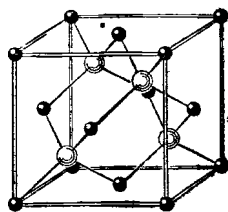
Характ. выдел. Зернистый, в виде вкрапленников, часто в кристаллах; также скорлуповатые, почковидные и скрытокристаллические выделения, иногда коллоидные; редко землистый (брункит).

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $T_d^2$  —  $F43m$ . Для чистого  $\beta$ -ZnS  $a_0 = 5,3985 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Куллеруд)<sup>1</sup>. Вхождение Fe, Mn или Cd в решетку искусственного ZnS вызывает заметное увеличение параметра решетки. Для природного сфалерита увеличение параметра решетки в зависимости от содержания Fe установили Худоба, Маковский и Хенриквес<sup>2</sup>.



По Худобе и Маковскому:

Цвет	М-ние	Fe, %	$a_0$
Бесцветный	Сантандер	0,16	5,423
Буровато-черный	Альстон	10,31	5,432
Черный	Сан-Кристоф	18,25	5,442
Черный	Сан-Агнес	26,20	5,450

Фиг. 136.  
Структура сфалерита

По данным Ясинской<sup>3</sup>, а также Бизуара и Реринга<sup>3а</sup> такая зависимость не прослеживается.

Плотнейшая кубическая упаковка из атомов S; половина тетраэдрических пустот занята атомами Zn. Атомы S (Zn) занимают углы гранцентрированной кубической ячейки (фиг. 136), атомы Zn (S) — центры четырех из восьми малых кубов. Расстояние Zn — S = 2,35 Å.

Гексатетраэдр. кл.

Главные формы<sup>4-8</sup>:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ , —  $o(1\bar{1}1)$ ,

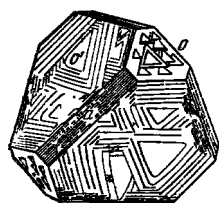
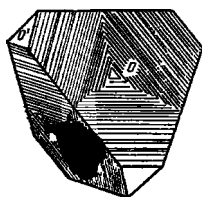
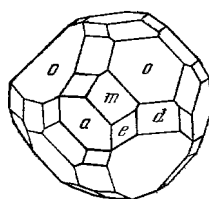
Обычные формы:

$g$ 320	$h$ 410	— $n$ 2 $\bar{1}1$	$m$ 311	— $\gamma$ 5 $\bar{2}2$	— $p$ 2 $\bar{2}1$	— $s$ 3 $\bar{2}1$
$e$ 210	$n$ 211	$\gamma$ 522	— $m$ 3 $\bar{1}1$	$p$ 221	— $q$ 331	— $u$ 431

Редкие, но достоверные формы:

520	411	3 $\bar{2}2$	7 $\bar{3}3$	4 $\bar{1}1$	6 $\bar{1}1$	975	4 $\bar{3}2$
810	511	7 $\bar{4}4$	8 $\bar{3}3$	9 $\bar{2}2$	331	6 $\bar{3}2$	7 $\bar{5}3$
722	611	9 $\bar{4}4$	7 $\bar{2}2$	5 $\bar{1}1$	4 $\bar{4}1$	631	

Кристаллы преимущественно тетраэдрического облика (фиг. 137, 138) или кубо-октаэдрического (фиг. 139), реже — додекаэдрического. Отрицательные октанты обычно богаче формами, чем положительные.

Фиг. 137.  
Кристаллы сфалерита  
(Корнуэлл,  
Англия)  
По БекеФиг. 138.  
Кристалл сфалерита  
(Боттино, Италия)  
По БекеФиг. 139.  
Кристалл сфалерита  
(Капник,  
Румыния)  
По Задебеку

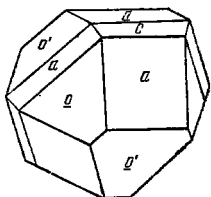
Положительными признаются<sup>4,7</sup> тетраэдры, на гранях которых имеются четкие пирамиды нарастания; при травлении разбавленной HCl на них появляются правильные треугольные и шестиугольные фигуры, тогда как на отрицательных тетраэдрах фигуры искусственного травления имеют неправильную форму, а пирамиды нарастания шестиугольные или треугольные, но с округлыми впадинами гранями.

По Кальбу<sup>7</sup>, тетраэдрические кристаллы характерны для пегматитов, для метаморфических месторождений и оловорудных жил, кристаллы

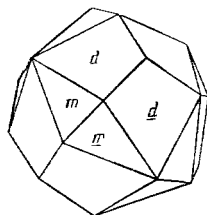
додекаэдрического облика — для свинцово-цинковых месторождений, для флюорито-баритовых и сидеритовых жил. Грани (111),  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  и (311) иногда округлые; обычно штриховка на (111) и  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ .

Дв. очень обычны: дв. сростания, прорастания и сложные<sup>8</sup>. Дв. ось [111], дв. пл. чаще всего (112) (фиг. 140—142).

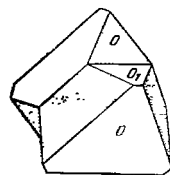
Образует ориентированные сростания с халькопиритом, тетраэдритом, ставнином, также с миллеритом, пирротином<sup>9</sup>; нередко содержит жидкие и газовые включения.



Фиг. 140.  
Двойник сфалерита  
(Бинненталь,  
Швейцария)  
По Задебуку



Фиг. 141.  
Двойник сфалерита  
(Камберленд,  
Англия)  
По Моосу



Фиг. 142.  
Двойник сфалерита  
(Ивигут,  
Гренландия)  
По Вёггильду

Физ. Сп. (по 110) совершенная (обусловлена расположением в этой плоскости атомов и Zn и S). Изл. раковистый. Хрупок. Тв.  $3\frac{1}{2}$ —4. Уд. в. 3,9—4,1 (вычисл. 4,083 при  $a_0 = 5,4 \text{ \AA}$ ); в общем уд. вес уменьшается по мере увеличения содержания Fe<sup>10</sup>, а также газовых и жидких включений. Цв. очень разнообразный, нередко варьирует в пределах одного штуфа; обычно бурый, а также черный (при большом содержании Fe), реже — красноватый, желтый, зеленый, бесцветный (при отсутствии Fe), белый и сероватый (брункит). Черта варьирует в соответствии с составом: бесцветная, светлоокрашенная (желтые и бурые тона); у разностей, богатых Fe, она бурая и коричневая, у брункита светло-кремовая. Брункит липнет к языку, при соприкосновении с водой впитывает свыше 10% воды и становится серым. Бл. у яснокристаллического сфалерита жирный, алмазный; у брункита — матовый. Прозрачен или полупрозрачен (обычно прозрачен при содержании Fe до 5%).

Плохой проводник электричества. Диэлектр. постоянная 7,9. Обладает пьезоэлектрическими и пироэлектрическими свойствами, частично фотоэлектрической проводимостью. При облучении  $\alpha$ -частицами возбуждается импульсная проводимость<sup>11</sup>.

Диамагнитен при отсутствии Fe или содержании его до 0,4%, более железистые разности парамагнитны. Уд. магнитная восприимчивость изменяется от  $-0,68 \cdot 10^{-6}$  до  $+18,9 \cdot 10^{-6}$  CGSM при изменении содержания Fe от 0,28 до 15,98%<sup>3</sup> (см. табл. анализов).

У природных сфалеритов в у. ф. лучах наблюдается голубая, желтая, оранжевая и красноватая люминесценция<sup>12</sup>. Голубая люминесценция вызывается присутствием ничтожных количеств Ag, что подтверждается опытами по искусственному получению ZnS с добавками Ag. Желтая и оранжевая люминесценция появляются при содержании в сфалерите около 0,01% Mn. Красноватая люминесценция, возможно, обязана присутствию ничтожных количеств Fe.

Иногда светится при раскалывании, при трении или царапании (триболюминесценция).

**Микр.** В шл. в проход. св. изотропен.  $n = 2,36-2,47$ ; с увеличением содержания Fe пок. прел. возрастает<sup>3</sup>: для разностей, бедных железом,  $n = 2,369$ , при FeS 7—8% составляет 2,39—2,40 (см. табл. анализ). Характерна довольно сильная дисперсия показателей преломления<sup>13</sup>:

$\lambda, \text{m}\mu$	$n$	$\lambda, \text{m}\mu$	$n$
365,0	2,679	435,8	2,490
366,3	2,673	491,6	2,426
390,6	2,583	546,1	2,390
404,7	2,549	578,0	2,375
407,7	2,540	1529,6	2,284

В отраж. св. серый, иногда со слегка голубоватым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 18,5, для оранжевых — 18,5, для красных — 18, по Орселю (1930), вычисленная отраж. спос. при  $n = 2,42$  равна 17,2%, измеренная при помощи фотозлемента при  $\lambda = 460 \text{ m}\mu$  — 17,7%. Изотропен. Цвет и густота внутренних рефлексов меняются от бесцветных до густых бурых, реже обнаруживаются зеленоватые и красноватые внутренние рефлексы.

Для многих кристаллов характерно зональное строение, которое выявляется травлением в полир. шл., иногда также различием в люминесценции. Нередки полисинтетические двойники, особенно заметные в полир. шл. после травления. Часто наблюдается эмульсионная вкрапленность халькопирита, кубанита, пирротина или станнына, являющихся продуктами распада твердых растворов.

В мелкозернистых агрегатах полируется хорошо, в крупнозернистых — иногда плохо (вследствие выкрашивания по спайности).

**Хим.** Теор. состав: Zn — 67,06; S — 32,94. Обычно содержит изоморфную примесь Fe (максимальное содержание Fe — около 26%); реже Zn замещается Mn (до 5,81%). Почти всегда содержит некоторое количество Cd, обычно меньше 0,8%, максимум — 2,47% («пришбрамит»). Довольно обычно также содержание небольших количеств Ga, Ge — до тысячных процента, In — до 0,01% (анализ 3); отмечено содержание в сфалерите Hg — 1% (Оберцейринг, Австрия)<sup>14</sup>, Tl — до 1% («скорлуповатая обманка» из Райбла, Италия). Нередко содержит Au, Ag, Sn, Pb, Ni, и, по видимому, также Co, Bi, Sb, что, однако, частично связано с наличием механических примесей.

Содержание рассеянных элементов<sup>14,15,16</sup> варьирует в соответствии с условиями образования, с составом и характером геохимической провинции. В общем колломорфные и скорлуповатые сфалериты содержат больше рассеянных элементов. Mn характерен для более высокотемпературных, Cd — для среднетемпературных, Ge — для средне- и низкотемпературных сфалеритов. Ga и Ge чаще всего содержатся в сфалеритах колчеданных месторождений, тогда как сфалериты контактовых месторождений беднее рассеянными элементами. Указание Гольдшмидта и Петерса о связи между содержанием Ga и As в сфалеритах не подтверждается.

Наличие Ge в скорлуповатых сфалеритах признается указанием на то, что ZnS первоначально выделился в виде вюртцита<sup>14</sup>. In характерен для сфалеритов высокотемпературных оловорудных и оловянно-свинцово-цинковых месторождений, Tl отмечается также в сфалеритах оловорудных месторождений. По Абрамову и Русанову<sup>15</sup>, в марматитах  $Cd > In \gg Ga > Ge$ ; в собственно сфалеритах  $Cd > Ga > In \gg Ge$ ; в клейофанах  $Cd > Ga \gg Ge > In$ ; в скорлуповатых сфалеритах  $Cd = Ge > In > Ga$ .

Анализы <sup>17</sup>:

	1	2	3	4	5	6	7
Ag	—	—	—	—	—	—	0,04
Mn	Сл.	Не обн.	Не обн.	Сл.	0,11	Не обн.	Сл.
Fe	0,22	0,33	1,33	2,52	2,66	3,12	3,31
Zn	66,97	65,12	64,60	64,23	64,95	62,53	63,80
Cd	Не обн.	0,40	0,10	0,15	0,40	0,20	Сл.
Ga	—	0,001	Не обн.	0,005	Не обн.	0,001	—
In	—	Не обн.	0,01	Не обн.	Не обн.	Не обн.	—
Ge	—	Не обн.	0,001	0,001	Не обн.	0,001	—
S	32,65	33,25	33,23	32,50	31,90	33,51	32,94
H. о.	0,15	—	—	—	—	—	0,08
Сумма	99,99	99,101	99,271	99,406	100,02	99,362	100,17
Уд. в.	3,98	4,081	4,07	3,928	4,052	3,987	4,09
n	—	2,369	2,375	2,387	2,388	2,388	—
Магн. воспр.	—	-0,33	+1,72	+1,05	+2,07	+1,87	—
( $\times 10^{-6}$ )							

1 — светло-зеленый, Хибинские тундры (Мурманская обл.); анал. Владимиро-ва <sup>18</sup>; 2 — зеленовато-желтый, Банска Штявница (Чехословакия); 3 — красный, Пришибрам (Чехословакия); 4 — медово-желтый, Урал (Свердловская обл.); 5 — желтый, Тетюхе (Приморский край); 6 — коричневый (Рудный Алтай); 2—6 — анал. Ясинская <sup>3</sup>; 7 — бурый, Зырянское м-ние (Рудный Алтай); анал. Пвлипенко <sup>19</sup>.

	8	9	10	11	12	13	14	15
Cu	—	—	—	—	—	—	—	0,10
Mn	0,33	Не обн.	0,96	0,77	3,03	0,40	0,08	—
Fe	3,67	4,49	9,90	20,54	8,65	0,38	0,58	0,20
Zn	62,97	61,60	56,50	43,63	52,40	65,10	65,56	66,50
Cd	0,40	0,15	0,20	0,11	2,47	2,08	0,76	0,25
Hg	—	—	—	—	0,07	—	—	—
Ga	Не обн.	0,001	0,001	—	—	—	—	—
In	Не обн.	0,005	Не обн.	—	—	—	—	—
Ge	Не обн.	0,005	0,001	—	—	—	—	—
Pb	—	—	—	1,16	—	0,12	—	0,55
S	31,98	32,68	32,65	33,61	33,14	32,10	33,02	32,50
H. о.	—	—	—	—	—	0,48	—	—
Сумма	99,35	98,931	100,212	99,82	99,76	100,66	100,00	100,33*
Уд. в.	3,840	3,983	3,940	—	—	—	(2,8—3,06)	4,102
n	2,388	—	—	—	—	—	—	—
Магн. воспр.	+4,83	+5,15	+10,5	—	—	—	—	—
( $\times 10^{-6}$ )								

\* Включая 0,23% MgO+CaO

8 — темно-серый, Тетюхе (Приморский край); 9 — коричневый, Пришибрам (Чехословакия); 10 — темно-коричневый (УССР); 8—10 — анал. Ясинская <sup>3</sup>; 11 — черный, Хибинские тундры (Мурманская обл.); анал. Владимирова <sup>20</sup>; 12 — буро-черный, Хвалетце (Чехословакия), анал. Жак <sup>21</sup>; 13 — брунцит пористый белый с серым оттенком, Серканукио (Боливия) <sup>22</sup>; 14 — брунцит, белый землистый, Трусканец (УССР); анал. Стукалова и Свержинская <sup>23</sup>; 15 — брунцит оолитовый грязно-белый; анал. Попова <sup>24</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в конц.  $\text{HNO}_3$  с выделением S, в  $\text{HCl}$  с выделением  $\text{H}_2\text{S}$ . Скрытокристаллический брунцит растворяется в  $\text{HCl}$  легче янокристаллического сфалерита, иногда даже со вскипанием; с трудом растворяется также в уксусной кислоте.

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  слегка буреет, остальные реактивы не действуют. Структура выявляется в парах царской водки или травлением  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

П. п. тр. растрескивается, но почти не плавится. В окисл. пл. на угле дает белый налет  $\text{ZnO}$ , в случае содержания  $\text{Cd}$  — с коричневой каймой  $\text{CdO}$ .

**Повед. при нагр.** Пок. прел. в видимой части спектра с повышением температуры значительно возрастает<sup>25</sup>. Теплопроводность при  $0^\circ$  0,266 ватт·см<sup>-1</sup>·град<sup>-1</sup> (Берч и др.). При  $880\text{--}1020^\circ$  переходит в вюртцит ( $\alpha\text{-ZnS}$ ), причем температура перехода понижается по мере увеличения содержания  $\text{Fe}$ <sup>26</sup>,  $\text{Mn}$ <sup>27</sup> и  $\text{Cd}$ <sup>2</sup>. Теплота превращения сфалерита в вюртцит 3190 кал/мол<sup>28</sup>. В пределах  $600\text{--}1200^\circ$  переходит в тригональную модификацию —  $\gamma\text{-ZnS}$ . Сублимируется до плавления.

**Нахожд.** Очень широко распространен, главным образом, в эндогенных месторождениях различных типов (примеры таких месторождений приведены в разделе «Галенит»). В высокотемпературных гидротермальных месторождениях обычна черная железистая разновидность — марматит в ассоциации с арсенопиритом, пирротинном, иногда с халькопиритом и кубанитом, магнетитом, касситеритом и силикатами (аксинитом, гранатом, турмалином и др.).

В месторождениях переходного типа от высоко- к среднетемпературным сфалерит нередко сопровождается различными сложными сульфидами (буланжеритом, джемсонитом и др.).

Главное развитие и промышленное значение сфалерит имеет в свинцово-цинковых гидротермальных месторождениях в парагенезисе с галенитом, отчасти с халькопиритом, блеклыми рудами, борнитом, из жильных минералов — с кварцем, кальцитом или баритом (в СССР — месторождения Рудного Алтая, Забайкалья, Кавказа, Закавказья и др.).

Широко развит сфалерит также в колчеданных месторождениях, где сопровождается халькопиритом, пиритом и др. (колчеданные месторождения Свердловской обл.).

Частично выделяется в виде гелей, дающих характерные оолитовые и колломорфные образования со сферолитовой структурой<sup>29,30</sup> или порошковатые агрегаты (брункит)<sup>28</sup> (в месторождении Трускавец в УССР и в месторождениях Польши). Так называемая «скорлуповатая цинковая обманка» некоторых низкотемпературных месторождений обычно представляет смесь сфалерита и вюртцита; как правило, в значительной части последний замещен сфалеритом. Для колломорфных руд характерно более позднее по сравнению с галенитом выделение сфалерита.

По-видимому, иногда сфалерит может образовываться в процессе диагенеза осадочных пород, обогащенных сернистыми соединениями — Боровичский р-н Новгородской обл.<sup>18</sup>, девонские отложения Башкирской АССР<sup>31</sup>, стяжения сидерита девонских отложений Тат. АССР<sup>32</sup>, фосфоритовые конкреции силура Подолии (УССР)<sup>33</sup>.

Гипергенный сфалерит иногда наблюдается также в виде налетов на деревянных креплениях заброшенных рудников, где, видимо, выделялся в восстановительной обстановке в результате взаимодействия цинксодержащих растворов с органическим веществом.

**Изм.** При процессах окисления составные части сфалерита нередко выносятся в виде сравнительно легко растворимого сульфата цинка. При этом в случаях нахождения вблизи известняков образуются иногда весьма крупные скопления смитсонита. Под действием растворов сульфата меди сфалерит легко замещается сине-черной сажиистой массой ковеллина, реже — халькозином или борнитом. В результате окисления за счет сфалерита возникают смитсонит, монгеймит, каламин, гидроцинкит, аурихальцит, соконит, иногда лимонит и другие минералы.

**Искусств.** Получен различными путями: нагреванием  $ZnS$  с раствором  $H_2S$  в запаянной трубке (Сенармон), в виде мелких тетраэдров нагреванием порошка природного сфалерита с раствором  $Na_2S$  (Дёлтер), действием  $H_2S$  на раствор  $ZnSO_4$  при высоких давлении и температуре (Аллен, Кришшоу, Мервин)<sup>10</sup>; пропусканием  $H_2S$  при  $t$ -ре ниже  $870^\circ$  над порошком металлического  $Zn$ <sup>34</sup>. В отличие от вюртцита, выпадающего из кислых растворов, сфалерит образуется в слабокислых и щелочных растворах.

**Практ. знач.** Является главным минералом  $Zn$ ; одновременно служит и для получения  $Cd$ ,  $In$  и  $Ge$ , которые извлекаются из сфалеритовых руд попутно с получением  $Zn$ . В небольшом количестве сфалерит идет на изготовление цинковых белил, флуоресцирующих экранов и др.

**Отл.** Характерны форма кристаллов и спайность. Темные железистые разности отличаются от вольфрамита и энаргита наличием спайности по нескольким направлениям; кроме того, уд. вес вольфрамита приблизительно вдвое больше уд. веса сфалерита.

В полир. пл. от сходного вюртцита сфалерит отличается наличием полисинтетических двойников, от гринокита — отсутствием лимонно-желтых внутренних рефлексов, от магнетита — наличием внутренних рефлексов, более низким рельефом и травимостью царской водкой; сходный со сфалеритом вольфрамит отличается резкой анизотропностью.

**Разнов.** 1) По составу: **к л е й о ф а н** — cleiophane (Хенри, 1851) — светло-окрашенный или бесцветный, почти без примесей  $Fe$  и  $Mn$  (крамерит Хенри, 1851). **М а р м а т и т** — marmatite (Буссньо, 1829) — черный, богатый железом (марасмолит Шепарда, 1851; ньюболдит Пиддингтона, 1847; кристофит Брайтхаунта, 1863). **П р ш и б р а м и т** (шпйбрамит, рййbramite) [Юо (Huot). 1841] — обогащенный кадмием.

2) По типу выделений: обыкновенный кристаллический; колломорфная скорлуповатая цинковая обманка, иногда представляющая смесь сфалерита и вюртцита; **б р у н к и т** — brunckite — землистый или колломорфный тонкокристаллический, почти белый (Герценберг, 1938)<sup>22</sup>.

**Р о б е р т с о н и т** (Чухров, 1936), возможно, является тонкодисперсным сфалеритом.

#### Межплоскостные расстояния сфалерита по Ковалеву

$Cu$ -анткатод, без фильтра,  $D = 143,00$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	111 $\beta$	4	(3,458)	3,120	14	422 $\beta$	1	(1,226)	1,106
2	?	1	3,168		15	420	1	1,215	
3	111	10	3,116		16	511 $\beta$ ;333 $\beta$	1	(1,156)	1,043
4	200	2	2,706		17	422	5	1,104	
5	220 $\beta$	4	(2,115)	1,909	18	511; 333	3	1,045	
6	220	9	1,908		19	531 $\beta$	1	(1,014)	0,915
7	311 $\beta$	3	(1,805)	1,629	20	440	2	0,960	
8	311	8	1,630		21	620 $\beta$	1	(0,949)	0,856
9	222	1	1,560		22	531 $\alpha_1$	3	0,917	
10	400 $\beta$	1	(1,496)	1,350	23	531 $\alpha_2$	1	0,916	
11	331 $\beta$	2	(1,372)	1,238	24	620 $\alpha_1$	1	0,858	
12	400	2	1,350		25	620 $\alpha_2$		0,857	
13	331	4	1,245						

Гумучионит — gumucionite (Герценберг, 1933)<sup>85</sup>. Почковидный; малиновый, грязно-розовато-красный, частью буроватый. Тв. больше 4. Уд. в. 3,76. Черта светло-желтая. Изотропен. Хим. состав: Zn — 64,73; Cd — следы; S — 32,75; As — 0,64; Fe — 0,27 (за счет включений пирита); H<sub>2</sub>O — 1,28; н. о. — 0,52 (кварц + касситерит); сумма — 100,19. В HCl легко растворяется с выделением H<sub>2</sub>S и хлопьевидного сульфида. На угле дает налет As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с каймой CdO. Найден на глубине 320 м в оловорудном месторождении Льяльгуа в Боливии с кварцем, касситеритом, пиритом и др. Рентгеновскими методами не изучен; возможно, является мышьяксодержащим колломорфным сфалеритом.

## Л и т е р а т у р а

1. Kullerud G. Norsk Geol. Tidsskr., 1953, 32, Н. 2—4, 61.
2. Чудова К., Масковскому М. Т. Cbl. Min., 1939, А, Nr 1, 12; Henriques A. Arkiv. min., geol., 1957, 2, nr. 13, 275; Skinner B. J., Barton P. B. Bull. Geol. Soc. Am., 1958, 69, No 12, p. 2, 1768.
3. Ясинская А. А. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1951, № 5, 201 (зависимость физ. свойств от состава; 26 хим. анализов); Круглякова Г. И., Ясинская А. А. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1952, № 6, 257.
- 3a. Bizouard H., Rødering C. Geol. För. Förh., 1958, 80, Н. 3, No 494, 309.
4. Gebhardt T. N., Jb. Min., 1933, В.-В. 67 А, 1 (критический обзор, кристаллография).
5. Ясинская А. А. Уч. Зап. Львов. ун-та, 1953, 23, № 6, 67.
6. Михеев В. И., Шафрановский И. И. Зап. Всес. мин. о-ва, 1948, 77, № 4, 267 (вывод значимости форм).
7. Kalb G. Cbl. Min., 1929, А, No 11, 353; Zs. Krist., 1931, 76, 368 (кристаллография).
8. Sander-Vila R. Bull. Soc. fr. Min., 1943, 66, 71.
9. Kašpar J. V. Věstn. Král. Společn. nauk, 1932, Praga, 1933 (по реферату в N. Jb. Min., 1936, 1, 256); Černý P. Časop. moravsk. Musea, Brno, vedy přír., 1958, 43, 59.
10. Allen E. T., Crenshaw J. L., Merwin H. Am. J. Sci., 1912, 34, 341.
11. Такубо J. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imper. Univ., 1941, Ser. B, 16, 2, 116; Ahearн A. J. Phys. Rev., 1949, 75, No 12, 1966 (импульсная проводимость).
12. Haberlandt H., Schroll E. Experientia, 1950, 6, No 3, 89; Haberlandt H. Sitzber. Öster. Akad. Wiss., Math.-nat. Kl., Abt. I, 1954, 163, Nr 4—5, 375; Пшибрам К. Окраска и люминесценция минералов. (Перевод). Изд. нв. лят., 1959, 337.
13. DeVore J. R. J. Opt. Soc. Amer., 1951, 41, No 6, 416.
14. Schroll E. Sitzber. Öster. Akad. Wiss. Math.-nat., Kl., Abt. I, 1953, 162, Nr 5, 305 (рассеянные элементы).
15. Боровик С. А., Прокопенко Н. М. Изв. АН СССР, сер. геол., 1938, № 2, 341 (Ge); Абрамов Ф. И., Русанов А. К. Тр. ВИМС, 1939, 141, 1, Советская геология, 1938, 8, № 5, 65 (Cd, Ge, In, Ga); Stoiber R. E. Econ. Geol., 1940, 35, 501 (рассеянные элементы); Öftedal I. Norsk. Vid. Skrift. Akad. Oslo, I Math.-Nat. Kl., 1940, No 8, 1 (Ga, Ge, In, Hg); Прокопенко Н. М. ДАН СССР, 1941, 31, № 1, 20 (In); Warren H. V., Thompson R. M. Econ. Geol., 1945, 40, No 5, 309 (рассеянные элементы, Mn); Фендлев Г. Х., Нейман-Заде Б. ДАН Азерб. ССР, 1947, 3, № 8, 352 (Ga в кавказских сфалеритах); Haberlandt H. Min. Petr. Mitt., 1948, 1, Nr 2, 140 (In, Ga, Ge, Co, Mn, Sn); Иваницкий Т. В. Сообщ. АН Груз. ССР, 1951, 12, № 1, 25 (рассеянные элементы); Saksela M. Bull. comm. géol. Finl., 1951, 154, 181 (In, Ga); Крапп Н. N. Jb. Min., Monatsh., 1952, Nr 2, 33 (Mn); Новохатский И. П., Калинин С. К. Вестн. АН Каз. ССР, 1952, 9, 90 (Hg); Morris D. F., Brewer F. M. Geoch., cosm. Acta, 1954, 5, Nr 3, 134 (Ga); Brewer F. M., Cox J. D., Morris D. F. Geoch., cosm. Acta, 1955, 8, No 3, 131 (Ge); Rigault G. Per. Min., Roma, 1956, 25, N 1, 43 (In, Ga).
16. Fleischer M. Econ. Geol., 1955, 50, 983 (сводка данных по содержанию рассеянных элементов; литература).
17. Анализы сфалеритов из месторождений Союза, опубликованные до 1939 г., сведены в сб. «Минералы СССР»<sup>86</sup>, опубликованные после 1939 г.: Кирьянов Р. Н. ИАН СССР, сер. геол., 1941, № 6, 72 (Кузнецкха; видимо, загрязнен галенитом); Лазаренко Е. К. Зап. Мин. о-ва, 1944, 73, № 1, 36 (7 анализов, Нагольный кряж); Лазаренко Е. К. Минералогия медно-цинковых месторождений Средн. Урала. Изд. Львов. ун-та, 1947, 56 (3 анализа); Юшкос А. Тр. МГРИ, 1948, 215 (3 анализа, Нагольный кряж); Панков В. П. Зап.

- Всес. мин. о-ва, 1951, 80, № 1, 70 (колломорфный, Верхняя Квайса); Я к ж и в А. А. Тр. ИГН АН СССР, 1952, № 65, 38 (7 анализов, Нагольный кряж); Ф у р м а н Е. П. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1953, № 7, 97 (из фосфоритовых конгрессионных Подолпи); Л е б е д е в Л. М. ДАН СССР, 1954, 95, № 3, 631 (оолитовый, грязно-белый); Э ф е н д и е в Г. X. Гидротермальный рудный комплекс сев. вост. части Малого Кавказа. Изд. АН Азерб. ССР, 1957, 129, 188 (хим. и спектр анализы сфалерита из различных м-ний Закавказья); В е й ц Б. П., П о к р о в с к а я И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 182 (многочисленные химич. анализы сфалерита из различных м-ний Алтая, генезис и т. д.); П р о ш е н к о Е. Г., С л и в к о М. М. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1958, № 12, 246 (анализы красного сфалерита Мангазейского м-ния в Якутии); М о и с е е в а М. П. Зап. Узб. отд. Всес. мин. о-ва, 1959, вып. 13, 35 (химизм, ю.-в. Карамазар).
18. А л я в д и н В. Ф., Б е т е х т и н А. Г. Минералы СССР, 1940, 2, 418 (сводка данных по сфалериту из месторождений Союза; хим. анализы, месторождения).
  19. П и л и п е н к о П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та. 1945, 62, 375.
  20. Сб. «Минералы Хибинских и Ловозерских тундр». Изд. АН СССР, 1937, 139.
  21. Ž á k L. Bull. intern. Česká Akad. věd., 1953, 52, № 1, 171.
  22. H e r z e n b e r g R. Cbl. Min., 1938, A, Nr 12, 373.
  23. Л а з а р е н к о Е. К. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1953, № 7, 85.
  24. Л е б е д е в Л. М. ДАН СССР, 1954, 95, № 3, 631.
  25. R a m a c h a n d r a n G. H. Proc. Ind. Acad. Sci., 1947, 25 A, 375.
  26. B u c k D. C., S t r o c k L. W. Am. Min., 1955, 40, No 3—4, 192.
  27. K r ö b e r F. A. Zs. Krist., 1939, 100, 543.
  28. К а п у с т и н с к и й А. Ф., Ч е н ц о в а Л. Г. ДАН СССР, 1944, 30, 487.
  29. П а н к о в В. П. Зап. Всес. мин. о-ва, 1951, 80, № 1, 70.
  30. Ш а д л у н Т. Н. Зап. Мин. о-ва, 1942, 71, № 3—4, 151.
  31. Ф л о р е н с к и й В. П., М и х а й л о в а Н. А. ДАН СССР, 1952, 86, № 6, 1215.
  32. М и р о п о л ь с к и й Л. М., М и р о п о л ь с к а я Г. Л. ДАН СССР, 1954, 80, № 3, 425.
  33. К о н с т а н т и н о в М. М. Сб. «Вопросы минералогии осадочных образований». 1954, № 1, 32.
  34. M ü l l e r S. N. Jb. Min., Abhandl., 1952, 84, Nr 1, 43; M i t c h e l l R. S., C o r e y A. S. Am. Min., 1954, 39, No 9—10, 773.
  35. H e r z e n b e r g R. Cbl. Min., 1933, A, Nr 2, 77.

## Хоулит Hawleyite

### CdS

Назван по имени проф. Д. Хоули из ун-та Кингстона, Онтарио (Трэйл, Бойл, 1955)<sup>1</sup>.  
Синон. Хаулеит.

**Характ. выдел.** Корки мелкозернистого и землистого сложения.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_d^2$  —  $F\bar{4}3m$ . Является кубической полиморфной модификацией сульфида кадмия —  $\alpha$ -CdS (ср. гринокит);  $a_0 = 5,818 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4^1$ . Структура типа сфалерита.

**Физ.** Уд. в. (вычисл.) 4,87. Цв. ярко-желтый.

**Хим.** Теор. состав: Cd — 77,81; S — 22,19. Данные полуколичественного спектрального анализа: Cd 50—70; Zn 5—10; Fe < 5; Se не обнаружен.

**Нахожд.** Установлен в виде корочек на сфалерите и сидерите на одном штупе из зоны окисления свинцово-цинкового месторождения Гектор-Кальюмет (Канада). Является вторичным минералом; отлагался из кислых вод в восстановительной среде; источником Cd послужил сфалерит, содержащий больше 1% Cd. Установлен наряду с гринокитом в сфалерито-арсенопиритовых рудах Бучника в Чехословакии<sup>2</sup>. Возможно, что хоулит в природе более распространен и иногда принимается за гринокит и ксантохроит.

**Искусств.** Получается при пропускании струи  $H_2S$  через насыщенный раствор  $CdSO_4^3$ , а также при пропускании  $H_2S$  через 0,1 N раствор  $CdSO_4$  при 30° в присутствии  $H_2SO_4^4$ .



Межплоскостные расстояния искусственного  $\beta$ -CdS по XRDC\*

№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$
1	111	10	3,36	9	422	4	1,189
2	200	2	2,90	10	511, 333	4	1,121
3	220	10	2,06	11	440	3	1,029
4	311	9	1,756	12	531	4	0,983
5	222	1	1,682	13	600; 442	2	0,970
6	400	1	1,453	14	620	5	0,921
7	331	3	1,335	15	533	3	0,888
8	420	2	1,302	16	622	2	0,878

\* 1944, II, 997.

## Л и т е р а т у р а

1. Trail R. J., Boyle R. W. Am. Min., 1955, 40, No 7—8, 556.
2. Černý P. Časop. min., geol., 1957, 2, № 1, 13.
3. Allen E. T., Crenshaw J. L., Merwin H. E. Am. J. Sci., 1912, 34, 360; Ulrich F., Zachariassen W. Zs. Krist., 1925, 62, Nr 3—4, 260.
4. Milligan W. O. J. Phys. Chem., 1934, 38, 797.

## Метациннабарит Metacinnabar

## HgS

Название от греч. *meta* (мета) и англ. *cinnabar* (киноварь) из-за близости состава и постоянной ассоциации с кинноварью (Мур, 1870).

Разнов. Гвадалкацарит, онофрит.

**Характ. выдел.** Черные порошковатые образования, налеты, реже — мелкие кристаллики.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_d^2$  —  $F\bar{4}3m$ ;  $a_0 = 5,858 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Леман<sup>1</sup>; для минерала из Калифорнии).

Структура типа сфалерита.

Гексатетраэдр. кл. Формы<sup>2,3,4</sup>:

a	100	o	111	650	l	530	f	310	$\beta$	322	m	311	L	811
d	110	—o	$\bar{1}11$	g	320	210	510	n	211	$\varphi$	611	—n	$\bar{2}11$	

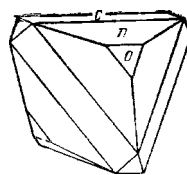
Кристаллы тетраэдрического облика (фиг. 143). Дв. обычные; дв. шл. (111).

**Физ.** Сп. не указывается. Изл. полураковистый до неровного Хрупок. Тв. 3. Уд. в. 7,64—7,68 (вычисл. 7,676). Цв. севовато-черный. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. серо-белый, отраж. спос. средняя, почти одинаковая с таковой кинновари, но ниже, чем у галенита (измеренная при помощи фотоэлемента 28,8%). В большинстве случаев слабо анизотропен. Внутренних рефлексов нет. Характерны полисинтетические двойники, заметные при скрещенных николях.

**Хим.** Теор. состав: Hg — 86,21; S — 13,79. Hg изоморфно замещается Zn и Fe (свыше 4% Zn в гвадалкацарите, анализ 5). В изоморфном ряду HgS—HgSe (метациннабарит — тиманнит) S в различных количествах замещается Se (онофрит).



Фиг. 143.  
Кристалл  
метациннабарита  
(Бая Сприе)  
По Креннеру

## Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Mn	—	—	—	—	—	0,69	—
Fe	0,32	5,36	1,39	0,52	Сл.	—	Сл.
Zn	0,72	—	0,20	2,17	4,23	0,54	1,30
Hg	85,35	77,68	83,30	83,38	79,73	81,93	77,30
S	14,05	14,97	13,55	14,24	14,58	11,68	10,30
Se	—	—	—	—	1,08	4,58	8,40
H. о.	—	1,41	1,56	—	—	—	—
Сумма (100,44)	99,42	100,00	100,31	99,62	99,42	99,42	97,30
Уд. в.	7,54	—	—	—	7,15	7,62	—

1—2 — Бая Спрне: 1 — анал. Лочка<sup>2</sup> (в оригинале сумма 100,76); 2 — анал. Вавринец<sup>4</sup>; 3 — Закарпатье<sup>5</sup>; 4 и 5 — гвадалкадарит; 4 — Левильяни; анал. Манассе<sup>3</sup>; 5 — Гвадалкадар; анал. Петерсен<sup>6</sup>; 6 и 7 — оофрит: 6 — Мерисвйд; анал. Бруш<sup>6</sup>; 7 — Кучу; анал. Пизани<sup>7</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается царской водкой и хлором;  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не действуют. В водном растворе  $\text{Na}_2\text{S}$  растворяется несколько легче, чем киноварь; с увеличением содержания  $\text{Na}_2\text{S}$  растворимость возрастает<sup>8</sup>.

В полир. шл. от царской водки чернеет;  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KOH}$  не действуют.

**П. п. тр.** ведет себя подобно киновари, но возгоняется несколько быстрее.

**Повед. при нагр.** Является неустойчивой модификацией  $\text{HgS}$ . Образуется при нагревании киновари<sup>8а</sup> при  $344^\circ$  при давлении в 1 атм., но при охлаждении снова переходит в киноварь; присутствие небольших количеств  $\text{Fe}$ ,  $\text{Zn}$  или  $\text{Se}$  существенно повышает устойчивость метациннабарита и понижает температуру инверсии. Переходит в киноварь при нагревании до  $400\text{--}500^\circ$ , в 30%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — при  $200^\circ$ , в растворе  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  — при  $100^\circ$ <sup>9</sup>. При образовании из киновари поглощает 950 кал/мол<sup>10</sup>.

**Нахожд.** Редок. Условия образования метациннабарита в природе и взаимоотношения его с киноварью недостаточно выяснены. Частью он является гипергенным минералом ртутных месторождений<sup>11</sup> и развивается за счет киновари; частью — гипогенный<sup>12,13,8а</sup>, отлагается из гидротермальных растворов до киновари. Вблизи земной поверхности может выпадать из кислых вод. Встречается совместно с киноварью, антимонитом, реальгаром, баритом, кальцитом и др.; характерны очень небольшие выделения, черные налеты и корочки на кристаллах киновари и мелкие кристаллы в трещинах. Лишь в верхних горизонтах ртутного месторождения Нью-Идрия (шт. Калифорния, США) образует крупные скопления промышленного значения. В хороших кристаллах наблюдался в Бая Спрне (б. Фельшбання, Румыния). В СССР отмечен среди минералов ртутных месторождений<sup>11</sup> Средней Азии (Хайдаркан, Чаувай) и в Закарпатской обл., где в Вышковском рудном поле встречается в значительном количестве; образовался ранее киновари, которая в основном возникла за счет метациннабарита<sup>13</sup>.

**Изм.** Почти всегда в различной степени превращен в киноварь.

**Искусств.** Получается действием избыточного количества тиосульфата натрия на разбавленный кислый раствор  $\text{HgCl}_2$  и  $\text{NaCl}$  в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ <sup>9</sup>. Выделяется из водного раствора  $\text{Na}_2\text{HgS}_2$  при его нейтрализации или разбавлении<sup>12</sup>.

**Отл.** Под микр. сходен с  $\text{Hg}$ -содержащей блеклой рудой, от которой отличается меньшей твердостью, анизотропностью, наличием пластинчатых двойников.

На порошкограммах метациннабарита и киновари много общих линий, что вызвано почти одинаковыми межплоскостными расстояниями для (111) метациннабарита и (0001) киновари.

**Разнов.** Гвадалкацарит—quadalcazarite (Петерсен, 1872)—(Hg, Zn) (S, Se). (Гвадалказарит, гвадалкацит Адама, 1869; левиглианцит, левилянцит Дакиарди, 1876). Содержит небольшое количество Zn (до 5%) и немного Se (анал. 4 и 5). Встречен в Левильяни (Тоскана), в Астурии (Испания), в Гвадалкацаре (Мексика).

**Онофрит** — onofrite (Хайдингер, 1845) — Hg (S, Se). Ртутный блеск Брайтхаупта, 1832). Содержит Se, изоморфно замещающий S (анал. 6 и 7), является промежуточным минералом изоморфного ряда метациннабарит — тиманнит. Наблюдался в месторождениях Сан-Онофре Мексика), Ваншан-Чанг (Кунчу, Китай) <sup>7</sup>, Мэрисвейл, (шт. Юта, США).

Межплоскостные расстояния метациннабарита из Калифорнии <sup>1</sup>

Cu - антикатод,  $D = 57,2$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	111 $\beta$	4	(3,769)	3,402	14	331	5	1,343	(1,212)
2	111	10	3,396	(3,065)	15	420	4	1,307	(1,179)
3	200 $\beta$	4	(3,250)	2,933	16	511 $\beta$ ;333 $\beta$	4	(1,247)	1,126
4	200	8	2,943	(2,657)	17	422	9	1,191	(1,075)
5	220 $\beta$	5	(2,294)	2,071	18	511; 333	9	1,122	(1,013)
6	220	10	2,071	(1,869)	19	531 $\beta$	4	(1,090)	0,984
7	311 $\beta$	4	(1,955)	1,764	20	440	4	1,030	(0,930)
8	222	3	(1,871)	1,689	21	531	8	0,988	(0,891)
9	311	10	1,765	(1,593)	22	600; 442	5	0,974	(0,879)
10	222	4	1,690	(1,526)	23	620	5	0,926	(0,835)
11	400 $\beta$	3	(1,621)	1,463	24	533	5	0,887	(0,801)
12	331 $\beta$	4	(1,484)	1,340	25	444	5	0,842	(0,760)
13	400	4	(1,455)	(1,313)	26	711; 551	4	0,816	(0,736)

Л и т е р а т у р а

1. Lehmann W. M. Zs. Krist., 1924, 60, 379. Размеры ячейки искусственного см. Kolkmeijer N. H., Bijvoet J. M., Karssen A. Proc. Akad. Wet. Amsterdam, 1924, 27, 847; Buckley H. E., Vernon W. S. Min. Mag., 1925, 20, 382.
2. Krenner J. Cbl. Min., 1927, A, 362.
3. Manasse E. Att. soc. tosc. Mem., 1921, 33, 157 (по Дана, 1944).
4. Vavrinetz G. Magyar Chem. Foly., 1932, 38, 140 (по N. Jb. Min., 1933, 1, 419).
5. Барышников Э. К., Мерлич Б. В., Славская А. П. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1957, № 11, 342.
6. Petersen T. Min. Petr. Mitt., 1872, 69; Brush G. J. Am. J. Sci., 1881, 21, 314.
7. Termier P. Bull. Soc. fr. Min., 1897, 20, 205.
8. Dickson F. W., Tunell G. Science, 1954, 119, No 3093, 467.
- 8a. Dickson F. W., Tunnell G. Am. Min., 1959, 44, No 5—6, 471.
9. Allen E. T., Crenshaw J. L., Merwin H. E. Am. J. Sci., 1912, 34, 373.
10. Капустянский А. Ф., Ченцова Л. Г. ДАН СССР, 1941. 30, № 6, 487.
11. Сауков А. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 234.
12. Пиотровский Г. Л. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1958, № 12, 225.
13. Мерлич Б. В. Геол. сб. Львов. геол. о-ва, 1957, № 4, 89 и Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1957, № 11, 122; Лазаренко Э., там же 152.

**Гарпнгтонит** <sup>1</sup> — haringtonite — по составу близок к метациннабариту; недостаточно изученный минерал. Цв. похож на цвет киновари,

но с черноватым оттенком. Черта красная. Бл. полуметаллический. Соотношение  $S : Hg = 1,2 : 1$ .

В полир. пл. в отраж. св. светло-серый, анизотропный, с красноватыми внутренними рефлексами. Двойники отсутствуют. КОН не действует (отличие от ливингстонита). Встречен в месторождении Гарингтон-Куп в Трансваале (Южная Африка).

#### Л и т е р а т у р а

1. Wilson N. W. Bull. Inst. Min. Met., London, 1945, No 470, 13 (по реферату Min. Mag., 1944—1946, 27, 270).

### ГРУППА ВОЛЬЦИТА

Вольцит  $Zn_5S_4O?$   $Zn_6AsS_6?$  Уд. в.  $\sim 3,7$

### Вольцит Voltzite

$Zn_5S_4O$  или  $Zn_6AsS_6$

Назван по имени французского горного инженера Ф. Л. Вольца (Раммельсберг, 1841). Синон. Вольцитин (Фурне, 1833)<sup>1</sup>, печенковая обманка (Брайтхаупт, 1838)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** Сферолиты и корки тонкопластинчатого или радиально-волокнистого строения.

**Структ. и морф. крист.** Сингония неизвестна. Порошкограмма отвечает порошкограмме сфалерита (Мос)<sup>3</sup>.

**Физ.** Тв. 4—4½. Уд. в. 3,66—3,80. Цв. кирпично-красный или грязно-розовато-красный, реже — желтоватый, зеленоватый или бурый. Бл. на плоскостях скорлуповатой отдельности перламутровый до алмазного. в изломе — стеклянный до жирного.

**Микр.** В пл. в прох. св. бесцветен. Одноосный (+).  $n_o = 2,03$ . Двупреломление высокое.

В полир. пл. в косом отраж. св. бурый, в прямом отраж. св. серый. Наблюдаются трещины отдельности, пересекающиеся под углом 60°.

**Хим.** По старым данным, является окисульфидом Zn (82,7% ZnS и 17,3% ZnO); по Мосу<sup>3</sup>, содержит As, а не O, и формула близка к  $Zn_6AsS_6$  (ячейка ориентировочно содержит  $Zn_3As_{1/2}S_3$ ).

Теор. состав из формулы  $Zn_5S_4O : Zn - 69,35; S - 27,25; O - 3,40$ ; теор. состав из формулы  $Zn_6AsS_6 : Zn - 59,48; As - 11,36; S - 29,16$ .

Анализы<sup>3</sup>:

	1	2	3
Zn	67,59	69,08	59,22
Sb	—	—	2,20
S	27,64	27,47	27,85
O	3,03	3,45	10,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,84	—	—
Сумма	100,10	100,00	100,00

1—Розье; анал. Фурне<sup>1</sup>; 2—Яхимов; анал. Линдакер<sup>2</sup>; 3—Бая Сприе; анал. Прайор<sup>3</sup>.

**Диагн. исп.** В HCl растворяется с выделением H<sub>2</sub>S.

В полир. пл. от паров HNO<sub>3</sub> — валет, от HCl — выделение H<sub>2</sub>S. KCN, КОН, FeCl<sub>3</sub>, HgCl<sub>2</sub> не действуют. П. п. тр. растрескивается, но почти не плавится (плавк. 7). На угле дает белый налет ZnO.

**Нахожд.** Редкий гипергенный минерал. Ассоциируется с галенитом, сфалеритом, аргентитом, пиритом, пираргиритом, антимонитом, самород

ным висмутом, также баритом, церусситом, смитсонитом и другими минералами. В некоторых месторождениях представлен выделениями на сульфидных — галените, сфалерите, аргентите, иногда на смитсоните: Садон в Северо-Осетинской АССР<sup>6</sup>, Яхимов в Чехословакии, Бая Сприе (б. Фельшбанья в Румынии). Иногда наблюдается в трещинах кварца с выделениями пирита (Розье в Пюи-де-Дом, Франция). Известны псевдоморфозы вольцита по кварцу (Бернкастель, ФРГ).

**Искусств.** В металлургической печи наблюдалось образование кристаллов, отвечающих по составу вольциту (по Дельтеру).

**Отл.** Слабо изучен. От сходных минералов отличается по качественным реакциям. Характерно высокое двупреломление.

#### Л и т е р а т у р а

1. Fournet R. Ann. Phys., 1834, 31, 62.
2. Breithaupt A. J. prakt. Chem., 1838, 15, 333.
3. Moss A. A. Am. Min., 1955, 40, No 7—8, 778.
4. Lindacker I. Jahrb. geol. Reichsanstalt, 1854, 4, 220.
5. Prior G. T. Min. Mag., 1890, 9, 10.
6. Земятченский П. Тр. СПб. о-ва естеств., 1895, прот. № 1, 4.

### СТРУКТУРА ТИПА ВЮРТЦИТА

#### ГРУППА ВЮРТЦИТА

		Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в. (вычисл.)
Вюрцит	ZnS	Гексаг.	3,82	6,25	4,10
Гринокит	CdS	Гексаг.	4,15	6,74	4,89
$\beta$ -алабандин	MnS	Гексаг.	3,99	6,44	3,26

Вюрцит и гринокит — крайние члены изоморфного ряда, промежуточные представители которого недавно обнаружены в Юго-Западной Африке. По Харлбату, размеры элементарной ячейки закономерно возрастают от вюрцита к гринокиту в соответствии с увеличением содержания Cd в минерале (большие атомы Cd несколько раздвигают упаковку из атомов S и соответственно увеличивают размеры ячейки); пок. прел. и уд. в. также возрастают в зависимости от содержания Cd.

	CdS, мол. %	$a_0$	$c_0$	Уд. в. (вычисл.)
Вюрцит	0,0	3,811	6,234	4,10
	41,5	3,958	6,444	4,44
	54,2	3,995	6,490	4,53
	57,6	4,006	6,510	4,54
Гринокит	100,0	4,142	6,724	4,89

Размер элементарной ячейки возрастает и по мере увеличения содержания Mn; уд. вес соответственно уменьшается (см. эритроцинкит, стр. 212).

### Вюрцит Wurtzite

#### ZnS

Назван по имени французского химика А. Вюрца (Фридель, 1861).

**Синон.** Вурцит, лучистая цинковая обманка, спитерит (Брайтхаупт, 1862), скорлуповатая цинковая обманка — частично (см. сфалерит), волокнистая обманка.

**Разнов.** Незазванные промежуточные члены ряда ZnS — CdS<sup>1</sup>, эритроцинкит.

**Характ. выдел.** Коллоидные концентрически-слоистые и лучистые образования; волокнистые выделения; реже — кристаллы.

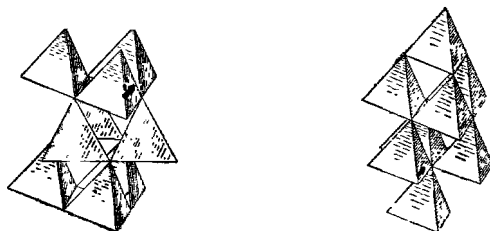
**Структ. и морф. крист.** Известен в пяти полиморфных модификациях<sup>2, 2а</sup>, существующих в природе наряду с кубической модификацией ZnS — сфалеритом.

Название *	Вюртцит	Вюртцит	Вюртцит	Вюртцит	Вюртцит	Сфалерит
	2Н Вюртцит	4Н Харлбатит	6Н Флейшерит	15R Бёргерит	3R Матраит	
Сингония	Гексаг.	Гексаг.	Гексаг.	Триг.	Триг.	Куб.
Простр. гр.	$C_{6v}^4$	$C_{6v}^4$	$C_{6v}^4$	$C_{3v}^5$	$C_{3v}^5$	$T_d^2$
$a_0$	3,819	3,814	3,824	3,830	3,8	5,40
$c_0$	6,247	12,465	18,728	46,884	9,42	—
$Z$	2	4	6	15	3	4
$c_0 : a_0$	1,6358	3,268	4,902	12,242	2,466	—
Уд. в. (изм.)	4,087	4,090	—	—	—	4,084
Уд. в. (вычисл.)	4,101	4,121	4,099	4,074	4,076	4,090

\* Названия 2Н, 4Н, 6Н, предложенные Фронделом и Пэлчем<sup>2</sup>, означают, что элементарная ячейка охватывает соответственно 2, 4 или 6 слоев плотнейшей упаковки; 15R (3R) обозначает 15(3) слоев при возможности, кроме гексагональной, выбрать ромбоэдрическую ячейку. Для вюртцитов 4Н, 6Н и 15R Гагариным и Куомо<sup>3</sup> предложены названия харлбатит, флейшерит и бёргерит.

Модификации вюртцита изоструктурны с различными модификациями карбида кремния.

В природе наиболее распространен собственно вюртцит (вюртцит 2Н). Для него характерна плотнейшая гексагональная упаковка из атомов S, половина тетраэдрических пустот которой занята атомами Zn<sup>4</sup>.



Фиг. 144. Структуры вюртцита (слева) и сфалерита (справа) в установке с вертикальной тройной осью

По<sup>5</sup> Белову

Структура сходна со структурой сфалерита и легко выводится из последней, если тройную ось сфалерита [111] поставить вертикально и мысленно поворачивать каждый второй слой вокруг этой оси на 180° (фиг. 144,).

Формы:

Данные для вюртцита 2Н приведены по Дана (1944), для вюртцитов 4Н, 6Н 15R — по Фронделу и Пэлчу. Возможно, что старые (до 1950 г.) данные<sup>5 8</sup> по гониометрии «вюртцита» относятся не только к 2Н, но и к другим модификациям.

В ю р т ц и т 2Н  $a : c = 1 : 1,6349$

В ю р т ц и т 4Н  $a : c = 1 : 3,268$

Ниж- ние	Верх- ние		$\varphi$	$\rho$	Ниж- ние	Верх- ние	$\varphi$	$\rho$	
$\bar{c}$	$c$	0001	—	0°00'	$\bar{c}$	$c$	0001	—	0°00'
	$m$	10 $\bar{1}$ 0	60°00'	90 00		$m$	10 $\bar{1}$ 0	60°00'	90 00
	$a$	11 $\bar{2}$ 0	30 00	90 00		$d$	10 $\bar{1}$ 3	60 00	51 31
	$\alpha$	20 $\bar{2}$ 5	60 00	37 03		$l$	10 $\bar{1}$ 1	60 00	75 09
$\bar{p}$		10 $\bar{1}$ 2	60 00	43 21					
$\bar{t}$		50 $\bar{5}$ 6	60 00	57 33					
	$g$	70 $\bar{7}$ 8	60 00	58 48					
$\bar{r}$	$r$	10 $\bar{1}$ 1	60 00	62 05					
	$l$	50 $\bar{5}$ 2	60 00	78 02					
	$u$	40 $\bar{4}$ 1	60 00	82 27					

$$rr (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 52^\circ 26'$$

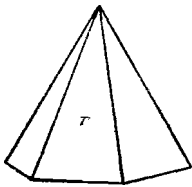
$$pp (10\bar{1}2) : (01\bar{1}2) = 40 09$$

$$ll (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 57^\circ 44'$$

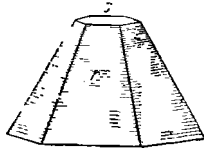
$$dd (10\bar{1}3) : (01\bar{1}3) = 46 05$$

Вюртцит 6H $a:c=1:4,902$				Вюртцит 15R $a:c=1:12,242$				
Ниж- ние	Верх- ние	$\varphi$	$\rho$	Ниж- ние	Верх- ние	$\varphi$	$\rho$	
$\frac{c}{c}$		0001	—	0°00'		0001	—	0°00'
$\frac{o}{o}$		10 $\bar{1}$ 6	60°00'	43 20	$S$	11 $\bar{1}$ 1	30°00'	53 40
$\frac{n}{n}$		10 $\bar{1}$ 5	60 00	48 32	$M$	10 $\bar{1}$ 3	60 00	47 24
$\frac{s}{s}$		10 $\bar{1}$ 3	60 00	62 04	$g$	10 $\bar{1}$ 4	60 00	74 12
	$y$	10 $\bar{1}$ 1	60 00	79 59	$z$	10 $\bar{1}$ 1	60 00	85 57
					$\bar{h}$	01 $\bar{1}$ 1	0 00	52 06
					$R$	01 $\bar{1}$ 3	0 00	78 06
		$yy$ (10 $\bar{1}$ 1) : (01 $\bar{1}$ 1) = 58°59'				$zz$ (10 $\bar{1}$ 1) : (01 $\bar{1}$ 1) = 59°41'		
		$ss$ (10 $\bar{1}$ 3) : (01 $\bar{1}$ 3) = 52 26				$RR$ (01 $\bar{1}$ 3) : (10 $\bar{1}$ 3) = 38 35		

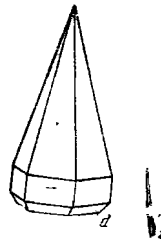
Кристаллы обычно гемиморфного развития в виде острых пирамид (фиг. 145—149) (базопинакOID чаще развит только на одном конце), реже — кристаллы таблитчатые по (0001) (фиг. 150); искусственный вюртцит известен также в призматических кристаллах. Иногда наблюдаются розетки таблитчатых кристаллов<sup>5</sup> и параллельные или близкие к па-



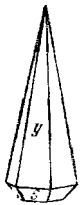
Фиг. 145.  
Кристалл  
вюртцита 2H  
(около Бивер США)  
По Батлеру и Шелеру



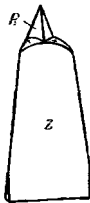
Фиг. 146.  
Кристалл  
вюртцита 2H  
(Бая Спринг)  
По Токоиди



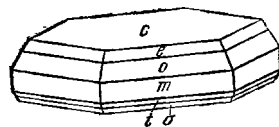
Фиг. 147.  
Кристалл  
вюртцита 4H  
(Пенсильвания)  
По Фронделу  
и Пеллучи



Фиг. 148.  
Кристалл  
вюртцита 6H  
(Пенсильвания)  
По Фронделу  
и Пеллучи



Фиг. 149.  
Кристалл  
вюртцита 15R  
(Пенсильвания)  
По Фронделу  
и Пеллучи



Фиг. 150.  
Кристалл вюртцита  
(Льяльягуа)  
По Гордону

раллельным нарастания таблитчатых кристаллов. Сильно развита горизонтальная штриховка граней. Редкие дв. по (100)<sup>8</sup>.

Отмечены<sup>3</sup> сростания кристаллов 4H с 6H, 15R с 4H и 15R с 6H. Вюртцит 3R образует ориентировочные сростания с вюртцитом 2H и со сфалеритом; с последним — скипетровидные кристаллы, в которых ось с

вюртцита  $\parallel L_3$  сфалерита<sup>2а</sup>. Искусственно получены ориентированные нарастания вюртцита на сфалерите<sup>9</sup> с таким же взаимным расположением кристаллов.

**Физ.** Все разновидности вюртцита имеют одинаковые физические свойства. Сп. по (10 $\bar{1}0$ ) отчетливая, менее ясная по (0001). Хрупок. Тв. 3½—4. Уд. в. вюртцита 3,98 (Оруро, Боливия), 4,09 (Пенсильвания), 4,06 (Пришбрам), у обогащенных Cd промежуточных членов ряда — 4,4—4,5 (вычисл. уд. в. см. выше). Цв. у вюртцита, как и у сфалерита, меняется (в зависимости от содержания Fe) от почти бесцветного до темно-красновато-бурого, темно-бурого и буро-черного; минералы промежуточные между вюртцитом и гринокитом оранжевые, бурые, зеленые. Черта от светло-коричневой до красновато-бурой. Бл. смолистый, на спайной поверхности сильный стеклянный (Бая Сприе)<sup>7</sup>. Прозрачен или просвечивает.

При облучении  $\alpha$ -частицами возбуждается импульсная проводимость<sup>10</sup>. В ультрафиолетовом свете вюртцит не люминесцирует. Богатые Cd члены ряда обнаруживают яркую желто-оранжево-красную люминесценцию.

**Микр.** В шл. в прох. св. медово-желтый до красно-бурого<sup>7</sup>. Искусственный одноосный (+);  $n_o = 2,356$ ;  $n_e = 2,378$  (Na);  $n_o = 2,330$ ;  $n_e = 2,350$  (Li).

Показатели преломления и цвет люминесценции промежуточных членов изоморфного ряда для Li света<sup>1</sup>:

CdS, мол. %	41,5	54,2	57,7
$n_e$	2,395	2,405	2,409
$n_o$	2,374	2,382	2,388

В полир. шл. в отраж. св. цвет, отраж. спос., внутренние рефлексии и отношение к полированию, как у сфалерита. В иммерсии наблюдается слабое двуотражение:  $Ro \parallel$  удлинению  $< Re \perp$  к удлинению (Вольнский). Анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Zn — 67,06; S — 32,94. Вюртцит содержит в виде изоморфной примеси то или иное количество Fe (до 8%), а также около 1% (до 3,66%) Cd; обычно также содержит примесь Ge, тогда как содержание Ga очень низкое<sup>11</sup> и редко превышает 0,0001%. Спектр. анализами отмечаются Mn, Ag, Sn, а также Tl, Co и As<sup>12</sup>.

Разновидности, наблюдавшиеся в Тсумебе (Юго-Западная Африка), резко отличаются значительным содержанием Cd.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Ca	—	—	—	—	0,81	1,53	Сл.
Zn	62,64	59,70	61,69	61,70	32,36	24,27	21,30
Cd	1,84	1,07	—	—	39,87	49,34	49,75
Pb	0,41	0,15	—	—	—	—	—
Mn	—	—	—	—	0,43	0,69	0,12
Fe	2,43	6,02	4,64	5,10	—	—	—
S	32,10	32,90	33,36	33,22	26,53	24,17	—
H. о.	0,30	0,13	0,63	—	—	—	0,65
Сумма	99,72	99,97	100,32	100,02	100,00	100,00	—
Уд. в.	—	—	—	—	4,44	4,53	4,54

1 и 2 — вюртцит: 1 — Пришбрам<sup>13</sup>; 2 — Португалия<sup>13</sup>; 3 — 4 Дьендъеш; 5 — вюртцит 2Н; 4 — вюртцит 3R — матраит; анал. Кливленда<sup>2а</sup>. 6; 5 — 7 — кадмиевые члены ряда, Тсумеб; анал. Ито<sup>1</sup>, пересчеты анализов, за вычетом примесей PbS и FeS<sub>2</sub>: 3 — зеленый; 4 — бурый; 5 — оранжевый.



**Диагн. исп.** Растворяется в HCl с выделением H<sub>2</sub>S (несколько труднее, чем сфалерит). Легко растворяется в HNO<sub>3</sub> с выделением S.

**Реакции** в полир. шл. и п. п. тр., как у сфалерита.

**Повед. при нагр.** Вюртцит является неустойчивой модификацией ZnS и легко переходит в устойчивую кубическую модификацию — сфалерит. Температура перехода ~ 1020°, снижается по мере увеличения содержания Cd<sup>14</sup> или Fe (при 17,18% Fe отвечает 880°). В системе ZnS — MnS Mn также понижает температуру перехода и способствует одновременному существованию сфалерита и вюртцита<sup>15</sup>. При давлении 50000 атм. переходит в сфалерит при комнатной температуре<sup>16</sup>.

**Находк.** Относительно редкий минерал. В некоторых гидротермальных месторождениях, судя по экспериментальным данным, образуется в метастабильном состоянии из кислых растворов<sup>17</sup> при низкой температуре и низком давлении. Нередко, выделяясь первоначально в виде геля, образует плотные, волокнистые или лучистые мелкокристаллические массы (лучистая обманка), которые полностью или частично переходят в сфалерит («скорлуповатые цинковые обманки»)<sup>18,12</sup> (Бая Сирне, б. Фельшбања, Румыния; Пршибрам, Чехословакия; Дьёндьеш, Венгрия и др.).

Ассоциируется с марказитом, обычно сопровождается сфалеритом, иногда также халькопиритом, энаргитом и другими простыми и сложными сульфидами (Блява и Яман-Касы в Оренбургской обл.<sup>19</sup>, Николаевское месторождение на Рудном Алтае<sup>20</sup>). В некоторых сульфидно-касситеритовых и других оловорудных месторождениях встречается с касситеритом, франкфитом и другими сложными сульфидами, содержащими олово (на территории Киргизской ССР и в ряде других месторождений Союза<sup>21</sup>, в р-не Оуро (Льяльягва) в Боливии<sup>6</sup> и др.). Жильными минералами месторождений, руды которых содержат вюртцит, в ряде случаев являются сидерит, манганосидерит или родохрозит. Не исключена возможность образования вюртцита при относительно высоких температурах, поскольку об этом говорят опыты по искусственному его получению.

Аутигенный вюртцит в виде кристаллов характерен как «руководящий» минерал для глинистых мергелей баррема в Дольбергене (ФРГ)<sup>22</sup>; известны находки вюртцита в полостях сидеритовых конкреций; в глинистых конкрециях вюртцит обнаружен около Этны в Западной Пенсильвании (США)<sup>2,23</sup>. Образование вюртцита в конкрециях среди осадочных пород связывается с процессами диагенеза.

**Изм.** Неустойчив, в природных условиях постепенно переходит в сфалерит; иногда покрывается пленками марказита<sup>6</sup>, ковеллина, цинрита<sup>7</sup>. В зоне окисления дает те же продукты изменения, что и сфалерит.

**Искусств.** Легко синтезируется различными способами (по Дельтеру): взаимодействием ZnCl<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S в зап. тр. при высоких температурах (Дюрошэ); из расплава ZnSO<sub>4</sub>, CaF<sub>2</sub> и BaS под давлением (Сен-Клар Девиля и Трост); нагреванием сфалерита выше 1020° и последовательным медленным охлаждением; накаливанием аморфного ZnS или порошка металлического Zn в струе H<sub>2</sub>S (Лоренц); при температурах выше 900° образуется вюртцит, в пределах 870—905 — различные гексагональные и тригональные модификации, наряду со сфалеритом<sup>24,9,25,2a</sup>. В отличие от сфалерита выпадает из кислых растворов.

**Практ. знач.** Обычно самостоятельного промышленного значения не имеет, при палочии в руде наряду со сфалеритом используется для получения цинка. В р-ке Каргуайкольо (Боливия) является основным компонентом цинковых руд.

**Отл.** От сфалерита отличается анизотропностью и отсутствием полисинтетических двойников после травления царской водкой. Однако, ввиду

возможной оптической аномальной анизотропности сфалерита, иногда обусловленной присутствием тонкодисперсного халькопирита, уверенно отличается от сфалерита лишь рентгеновским исследованием.

Порошкограмма вюрцитита отличается от порошкограммы сфалерита главным образом наличием линии  $d = 3,28$  (отсутствующей у сфалерита) и значительным ослаблением линии  $d = 1,242$  (от  $I = 9$  у сфалерита до  $I = 3$  у вюрцитита).

Межплоскостные расстояния вюрцитита 2Н из Пришибрама  
(по Михееву)

Fe-антикатод, Al-окошко,  $D = 68,00$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	$10\bar{1}0\beta$	1	(3,607)	3,270	10	$20\bar{2}0$	2	1,645	(1,491)
2	$000\bar{2}\beta$	3	(3,435)	3,114	11	1122	9	1,625	(1,473)
3	1010	4	3,283	(2,975)	12	0004	2	1,561	(1,415)
4	0002	10	3,107	(2,816)	13	?	1ш	1,359	(1,232)
5	$10\bar{1}1$	1ш	2,973	(2,695)	14	2130;0005	3ш	1,243	(1,127)
6	?	1ш	2,702	2,450	15	2131	3	1,213	(1,099)
7	$11\bar{2}0\beta$	4	(2,094)	1,898	16	3030	8	1,106	(1,002)
8	$11\bar{2}0$	10	1,902	(1,7-4)	17	0006;3032	8	1,044	(0,946)
9	$11\bar{2}\beta$	3	(1,790)	1,622					

Межплоскостные расстояния искусственного вюрцитита 4Н  
по XRDC \*

Ms-антикатод,  $D = 20$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	$10\bar{1}0$	10	3,29	12	$21\bar{3}2$	5	1,224
2	0004	7	3,11	13	$1.0.\bar{1}.10$	6	1,168
3	$10\bar{1}2$	10	2,91	14	3030	5	1,099
4	$10\bar{1}4$	7	2,27	15	$21\bar{3}6.1.0.\bar{1}.11$	7	1,070
5	$11\bar{2}0$	9	1,90	16	0.0.0.12		
6	$10\bar{1}6$	10	1,76		$1.1.\bar{2}.10;30\bar{3}4$	3	1,039
7	$11\bar{2}4$	7	1,62	17	$2.0.\bar{2}.10;30\bar{3}5$	2	0,997
8	$20\bar{2}2$	5	1,59	18	$2\bar{2}\bar{4}0$	2	0,955
9	$20\bar{2}4$	5	1,459	19	$1.1.\bar{2}.12;30\bar{3}4;3\bar{1}40$	5	0,914
10	$20\bar{2}6$	6	1,292	20	$2.1.\bar{3}.10$	5	0,883
11	$21\bar{3}0$	3	1,249				

\* 1943, 1671.

**Разнов. Промежуточные члены** изоморфного ряда вюрцитита-гриннокита с различным содержанием Cd (анализы 5—7). Наблюдались в р-не Тсумб (Юго-Западная Африка) в виде небольших линзовидных выделений в ассоциации с пиритом, теннантитом, борнитом, халькозином и дигенитом<sup>1</sup>.

**Эритроцинкит** — erythrozinckite (Дамур, 1880)<sup>2\*</sup> — Mn-содержащий вюрцитит. Красные просвечивающие листочки наблюдались в виде прожилков в лазурите Слюдянки (Иркутская обл.). Черта светло-желтая. Содержит в значительном количестве S, Zn и Mn. В  $HNO_3$  растворяется с выделением S.

Эритроцинкит встречен также в р-ке Льяльягуа в Боливии<sup>27</sup> в виде гексагональных таблечек в ассоциации с кварцем, касситеритом и пиритом, в прорастании со сфалеритом.  $a_0 = 3,881$ ;  $c_0 = 6,315 \text{ \AA}$ . Черный. Черта темно-красно-коричневая. Содержит: Zn — 35,4; Mn — 13,6; Fe — 12,3; Cd — 0,1; соответственно  $Zn : Mn : Fe = 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{2}$ .

## Л и т е р а т у р а

1. Hurlbut C. S. Am. Min., 1957, 42, No 3—4, 184.
2. Frondel C., Palache C. Am. Min., 1950, 35, No 1—2, 29; см. также Müller S. N. Jb. Min., Abhandl., 1952, 84, H. 1, 43; Bueck D. C., Strock L. W. Am. Min., 1955, 40, No 3—4, 192; Bhide V. G. Zs. Krist., 1957, 109, 81.
- 2a. Koch S. Acta Min. Petr., 1958, 11, 11; Sasvári K. Там же, 23.
3. Gagariñ G., Cuomo J. R. Comun. Inst. Nac. Invest. Cienc. Natural., Mus. Argentino Cienc. Nat. «Bernardino-Rivadavia». Cien. Geol., 1949, 1, no 5, 7.
4. Aminoff G. Zs. Krist., 1926, 58, 206; Füller M. L. Phil. Mag., 1929, 8, 658.
5. Rogers A. Geol. Surv. Kansas Rep., 1904, 8; Flink G. Arkiv Kemi, Min., Geol., 1908, 3, No 11, 20; Buttler B. S., Schaller W. T. Zs. Krist., 1911, 50, 114.
6. Ahlfeld F., Himmel H. Cbl. Min., 1935, A, 161.
7. Tokody L. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1948, 28, H. 2, 702.
8. Gordon S. G. Proc. Ac. Nat. Sci. Phil., 1944, 96, 279.
9. Mitchell R. S., Corey A. S. Am. Min., 1954, 39, No 9—10, 773.
10. Ahearn A. J. Phys. Rev., 1949, 75, No 12, 1966.
11. Morris D., Brewer F. M. Geoch., cosm. Acta, 1954, 5, No 3, 134.
12. Schroll E. Sitzber. Öster. Akad. Wiss., Math.-Nat. Kl., I, 1953, 162, H. 5, 305.
13. Beutell A., Matzke M. Cbl. Min., 1915, 263.
14. Kullerud G. Norsk. Geol. Tidsskr., 1953, 32, Nr 2—4, 61.
15. Kröger F. A. Zs. Krist., 1939, 100, 543.
16. Bridgman P. Am. J. Sci., 1939, 237, 7.
17. Allen E. T., Crenshaw J. L. Am. J. Sci., 1912, 34, 341 (изучение условий образования, синтез).
18. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1936, 83.
19. Шадлун Т. Н. Зап. Мпн. о-ва, 1942, 71, № 3—4, 151.
20. Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 193.
21. Волынский И. С. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 184.
22. Müller G. N. Jb. Min., Monatsh., 1955 (1956), Nr 12, 267.
23. Seaman D. M., Hamilton H. Am. Min., 1950, 35, No 1—2, 43.
24. Müller H. N. Jb. Min., Abhandl., 1952, 84, Nr 1, 43.
25. Strock L. W., Brophy V. A. Am. Min., 1955, 40, No 1—2, 94.
26. Damour A. Bull. Soc. fr. Min., 1880, 3, 156.
27. Smith F. G., Dasgupta S. K., Hill V. G. Canadian Mineralogist, 1957, 6, p. 1, 128; Młozzewski M. J., Saha A. K., Nuffield E. W. Там же, 136.

## Гренокит Greenockite

## CdS

Впервые найден в 1810 г. Брауном в Ланфайне (Шотландия) и ошибочно считался сфалеритом. Назван по имени Гренок, выделившего гренокит как самостоятельный минерал (Джемсон, 1840).

Синон. Гренокит; кадмевая обманка.

Разнов. Ксантохромт.;

**Характ. выдел.** Порошковатые налеты, корочки; редко в кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Является гексагональной модификацией сульфида кадмия —  $\beta$ -CdS (ср. хоуллит).

Гексаг. с.  $C_{6v}^4$  —  $P6_3mc$ ;  $a_0 = 4,150$ ;  $c_0 = 6,738 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,623$ ;  $Z = 2$  (Ульрих и Захариссен)<sup>1</sup>.

Дигексагон.-пирамид. кл.;  $a : c = 1 : 1,6218$  (Дана, 1944).

Главные формы<sup>2</sup>:

Ниж- ние	Верх- ние		φ	ρ	Ниж- ние	Верх- ние		φ	ρ
$\bar{c}$	$c$	0001		0°00'	$o$	$5\bar{0}56$	60°00'	57°21'	
	$t$	10 $\bar{1}0$	60°60'	90 00	$y$	70 $\bar{7}8$	60 00	58 36	
	$a$	11 $\bar{2}0$	30 00	90 00	$r$	10 $\bar{1}1$	60 00	61 54	
	$k$	21 $\bar{3}0$	40 54	90 00	$u$	30 $\bar{3}2$	60 00	70 24	
	$\beta$	10 $\bar{1}5$	60 00	20 32	$w$	50 $\bar{5}3$	60 00	72 14	
	$i$	10 $\bar{1}4$	60 00	25 07	$v$	20 $\bar{2}1$	60 00	75 03	
$\bar{p}$	$p$	10 $\bar{1}3$	60 00	31 58	$z$	50 $\bar{5}2$	60 00	77 57	
	$l$	30 $\bar{3}8$	60 00	35 06	$t$	30 $\bar{3}1$	60 00	79 54	
$\bar{x}$	$x$	10 $\bar{1}2$	60 00	43 07	$s$	11 $\bar{2}2$	30 00	58 22	
	$p$	20 $\bar{2}3$	60 00	51 18	$\bar{v}$	21 $\bar{3}1$	40 54	78 35*	
	$q$	40 $\bar{4}5$	60 00	56 18	$\bar{r}$	14 $\bar{5}2$	10 53	76 56*	

$$rm (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) = 28^\circ 06'$$

$$xn (10\bar{1}2) : (10\bar{1}0) = 46 53$$

$$im (10\bar{1}4) : (10\bar{1}0) = 64 53$$

$$om (50\bar{5}6) : (10\bar{1}0) = 32 39$$

$$rr (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 52^\circ 20'$$

$$xx (10\bar{1}2) : (01\bar{1}2) = 39 58$$

$$ii (10\bar{1}4) : (11\bar{1}4) = 24 29$$

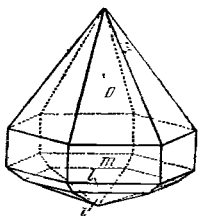
$$oo (50\bar{5}6) : (05\bar{5}6) = 49 47$$

\* По Иванову<sup>3</sup>.

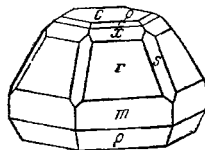
Отмечались также  $n(1.0.\bar{1}.14)$ ,  $\bar{y}(3.0.\bar{3}.40)$ ,  $\bar{\pi}(1.0.\bar{1}.10)$ ,  $(11.0.\bar{1}\bar{1}.20)$ ,  $E(6061)$ .

До 1940 г. обычно принималось морфологическое отношение Мюге  $a : c = 1 : 0,8109$ . Новое отношение осей по Дана, отвечающее рентгеновскому, отличается вдвое большим значением  $c$  и приводит к более простым символам (четвертый индекс в 2 раза больше).

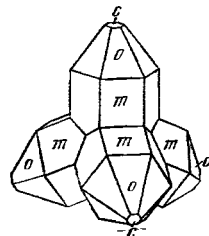
Кристаллы пирамидальные (фиг. 151, 152), реже призматические или таблитчатые по (0001). Дв. по  $(11\bar{2}2)^4$ , а также двойники и четверники по  $(10\bar{1}4)$  (фиг. 153)<sup>5</sup>.



Фиг. 151.  
Кристалл гринокита  
(Льяльягуа).  
По Гордону



Фиг. 152.  
Кристалл гринокита  
(Патерсон).  
По Уитлоку



Фиг. 153.  
Четверник гринокита  
(Льяльягуа).  
По Гордону

Физ. Сп. по  $(10\bar{1}0)$ , ясная и по (0001) несовершенная. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 3—3½. Уд. в. 4,9—5 (вычисл. 4,89). Цв. желтый, оранжевый и красный<sup>6</sup>. Черта блестящая, оранжево-желтая или кирпично-красная. Бл. алмазный до смолистого. Полупрозрачен, иногда прозрачен.

Плохой проводник электричества. Проводимость возрастает при нагревании. При облучении  $\alpha$ -частицами возбуждается импульсная проводимость<sup>7</sup>.

В катодных лучах люминесцирует. Фосфоресцирует под влиянием у. ф. лучей и радиоактивного излучения.

Микр. В пл. в прох. св. плеохроизм слабый. Одноосен. Оптический знак меняется в зависимости от длины волны света<sup>6</sup>:

$\lambda$ , $m\mu$	670	589	535	523	516
$n_o$	2,456	2,529	—	—	—
$n_e$	2,431	2,506	—	—	—
Двупр.	(+) 0,025	(+) 0,023	(+) 0,013	0,000	(-) 0,016

В полир. пл. в отраж. св. серый с зеленоватым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 18,5, для оранжевых — 17, для красных — 16. Желтые или оранжево-красные внутренние рефлексии.

Хим. Теор. состав: Cd — 77,81; S — 22,19. Гринокит из Сибавевского месторождения (Башкирская АССР), содержит In (по спектр. данным)<sup>3</sup>.

Анализы:

	Cd	S	Сумма	Уд. в.
1.	77,30	22,56	99,86	4,84
2.	77,22	22,47	99,69	4,77

1 — мелкие одиночные кристаллы оранжевого цвета из Бишоптауна; анал. Конел<sup>6</sup>; 2 — аморфный, из Лавриона; анал. Кристоманос<sup>6</sup>.

Диагн. исп. Растворяется в HCl и HNO<sub>3</sub> с выделением H<sub>2</sub>S.

В полир. пл. травится HNO<sub>3</sub>.

Не плавок. П. п. тр. на угле дает красновато-коричневый налет CdO. В закр. тр. растрескивается и становится карминово-красным, при остывании — снова желтым.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. 780° (для искусств. CdS). Возгоняется в атмосфере азота при 980°.

Находж. Редкий гипергенный минерал. Встречается в ассоциации с кадмийсодержащими сфалеритом и вюрцитом в полуокисленных рудвах сульфидных месторождений. Возможно, что иногда является гидротермальным.

В СССР<sup>10</sup> в Алтынтопканском свинцово-цинковом месторождении (Тадж. ССР) представлен аморфной разновидью — ксантохроитом, образующим на сфалерите тонкие земляные налеты лимовно-желтого цвета<sup>11</sup>.

В Сибавевском месторождении (Башкирская АССР)<sup>3</sup> встречается в виде мельчайших красных кристалликов в пустотах колчеданной руды на халькопирите и галените (генезис неясен). В Пришибраме (Чехословакия) наблюдается в виде налетов на сфалерите и смитсоните.

Известны находки гринокита в пустотах основных изверженных пород в парагенезисе с пренитом, кальцитом, цеолитами и др. (Бишоптаун в Шотландии; Патерсон в шт. Нью-Джерси, США; Лаврион в Греции; Льяльягуа в Боливии).

Искусств. Кристаллы гринокита получают при нагревании в зап. тр. металлического Cd с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 200°, путем пропускания струи H<sub>2</sub>S над металлическим Cd или насыщенным раствором CdSO<sub>4</sub> при нагревании<sup>6</sup>, сплавлением аморфного CdS с K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и S, сплавлением CdSO<sub>4</sub>, CaF<sub>2</sub> и BaS<sup>6</sup>, нагреванием CdS с Na<sub>2</sub>S<sub>x</sub> в вакууме<sup>12</sup>, пропусканием струи H<sub>2</sub>S над 0,1 N растворами нитрата, хлорида, подида и бромиды Cd при 30°<sup>13</sup>.

Разнов. Ксантохроит — xanthochroite (Роджерс)<sup>14</sup>. Аморфный. Тонкие желтые корочки на сфалерите. Изотропен. Возможно, частично является хоулитом. Обычно содержит воду<sup>15</sup>.

○

Межплоскостные расстояния искусственного CdS<sup>1</sup>Си-антикатод,  $D = 58,35$  мм

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 0 $\beta$	2		(3,974)	3,587	29	30 $\bar{3}$ 0	5	0,5	1,195	(1,079)
2	10 $\bar{1}$ 0	8	2,0	3,594	(3,244)	30	21 $\bar{3}$ 3	9	1,0	1,157	(1,045)
3	0002	4	1,0	3,366	(3,038)	31	22 $\bar{4}$ 0	1		(1,147)	1,036
4	10 $\bar{1}$ 1	10	4,0	3,167	(2,858)	32	30 $\bar{3}$ 2	5	0,5	1,126	(1,017)
5	10 $\bar{1}$ 2 $\beta$	1		(2,728)	2,462	33	31 $\bar{4}$ 0 $\beta$	1		(1,103)	0,9952
6	10 $\bar{1}$ 2	4	1,0	2,462	(2,222)	34	31 $\bar{4}$ 1 $\beta$	2		(1,091)	0,9847
7	11 $\bar{2}$ 0 $\beta$	2		(2,296)	2,073	35	20 $\bar{2}$ 5	5	0,5	1,075	(0,9702)
8	10 $\bar{1}$ 3 $\beta$	2		(2,106)	1,901	36	21 $\bar{3}$ 5 $\beta$ ; 31 $\bar{4}$ 2 $\beta$ ;	4		1,055	0,9524
9	11 $\bar{2}$ 0	8	3,0	2,071	(1,869)		21 $\bar{3}$ 4 $\beta$				
10	11 $\bar{2}$ 2	1		(1,952)	1,762	37	22 $\bar{4}$ 0	4—5	0,3	1,0355	(0,9345)
11	10 $\bar{1}$ 3	8	3,0	1,900	(1,715)	38	31 $\bar{4}$ 3 $\beta$	2		(1,0049)	0,9070
12	20 $\bar{2}$ 0	2		1,794	(1,620)	39	31 $\bar{4}$ 0	2		0,9941	(0,8981)
13	11 $\bar{2}$ 2	8	2,0	1,764	(1,592)	40	22 $\bar{4}$ 2; 11 $\bar{2}$ 6;	9	0,3	0,9857	(0,8897)
14	20 $\bar{2}$ 1	3		1,734	(1,565)		31 $\bar{4}$ 1; 40 $\bar{4}$ 1 $\beta$				
15	0004	0—1		1,682	(1,518)	41	30 $\bar{3}$ 4	3		0,9743	(0,8793)
16	20 $\bar{2}$ 2	2	0,3	1,586	1,431	42	21 $\bar{3}$ 5; 32 $\bar{4}$ 2;	10	0,3	0,9528	(0,8599)
17	20 $\bar{2}$ 3 $\beta$	1		(1,554)	1,403		20 $\bar{2}$ 6; 21 $\bar{3}$ 6 $\beta$				
18	10 $\bar{1}$ 4	0—1		1,523	(1,374)	43	10 $\bar{1}$ 7	3		0,9287	(0,8382)
19	21 $\bar{3}$ 0 $\beta$	0—1		(1,502)	1,356	44	40 $\bar{4}$ 3 $\beta$	2		0,9230	(0,8330)
20	21 $\bar{3}$ 1 $\beta$	1		(1,474)	1,331	45	31 $\bar{4}$ 3	9	0,3	0,9094	(0,8208)
21	11 $\bar{2}$ 4 $\beta$	0—1		(1,464)	1,305	46	40 $\bar{4}$ 0	2		0,8974	(0,8100)
22	20 $\bar{2}$ 3	6—7	1,0	1,399	(1,263)	47	40 $\bar{4}$ 1; 31 $\bar{4}$ 5 $\beta$	5		0,8868	(0,8004)
23	21 $\bar{3}$ 0	3		1,362	1,230	48	22 $\bar{4}$ 4	4		0,8820	(0,7962)
24	21 $\bar{3}$ 1	6	1,0	1,330	(1,200)	49	41 $\bar{5}$ 0 $\beta$ ; 21 $\bar{3}$ 7 $\beta$ ;	7		0,8632	(0,7791)
25	11 $\bar{2}$ 4	2—3	0,3	1,306	(1,179)		11 $\bar{2}$ 8 $\beta$ ; 40 $\bar{4}$ 2;				
26	21 $\bar{3}$ 3 $\beta$	2—3		(1,284)	1,159		21 $\bar{3}$ 6				
27	10 $\bar{1}$ 5	7	1,0	1,258	(1,136)	50	31 $\bar{4}$ 4; 32 $\bar{5}$ 3 $\beta$	5		0,8560	(0,7725)
28	20 $\bar{2}$ 4	0—1		1,227	(1,107)	51			0,2	0,815	

## Литература

1. Ulrich F., Zachariassen W. Zs. Krist., 1925, 62, Nr 3—4, 260.
2. Ježek B. Rozpr. Česk. Akad., Kl. 2, 1920, 29, 1 (по реферату N. Jb. Min., 1927, 1, 176).
3. Иванов Н. С. ДАН СССР, 1946, 57, № 7, 623.
4. Whitlock H. Am. Mus. Novit., 1929, No 372, 1.
5. Gordon S. G. Notul. natur. Acad. nat. sci. Philadelphia, 1939, No 1, 1.
6. Allen E. T., Crenshaw J. L., Merwin H. E. Am. J. Sci., 1912, 34, 360.
7. Ahearn A. J. Phys. Rev., 1949, 75, No 12, 1966.
8. Connell A. Edinb. N. Phil. J., 1840, 28, 394.
9. Christomanos A. C. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1897, 16, 360.
10. Бетехтин А. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 188.
11. Баталов А. В. Изв. Узб. Ф-ла АН СССР, 1951, № 4, 55.
12. Smith F. G. Am. Min., 1955, 40, No 7—8, 696.
13. Milligan W. O. J. Phys. Chem., 1934, 38, 797.
14. Rogers A. F. J. Geol., 1917, 25, 524.
15. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955, 284.

β-Алабандин β-Alabandite  
MnS

Гексагональная полиморфная модификация сульфида марганца — β-MnS установлена на основе порошкограммы в органическом иле со дна Ландсортской впадины Балтийского моря (Барон, Дебизе, 1957)<sup>1</sup>.

У искусственного розового β-MnS со структурой типа вюртцита  $a_0 = 3,99$ ;  $c_0 = 6,44 \text{ \AA}$ ,  $a_0 : c_0 = 1 : 1,614$ ;  $Z = 2$  (Мемель, Харалдсен, 1938)<sup>2</sup>. Уд. в. вычисл. 3,26. Природный — розовый, образует в шле тонкие прослой (толщиной от 0,5 до 2 мм), сложенные микроскопически мелкими призматическими кристалликами с очень высоким показателем преломления. Спектроскопически установлено очень значительное содержание Mn, хим. анализом — 27,3% S в материале, содержащем примесь шла. Теор. состав: Mn — 63,14; S — 36,86.

Межплоскостные расстояния искусственного β-MnS<sup>2</sup>Ст-антикатод,  $D = 57,3 \text{ мм}$ 

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 0	4	3,460	5	11 $\bar{2}$ 0	10	1,996
2	0002	2	3,227	6	10 $\bar{1}$ 3	10	1,823
3	10 $\bar{1}$ 1	4	3,051	7	20 $\bar{2}$ 0	2	1,727
4	10 $\bar{1}$ 2	2	2,359	8	11 $\bar{2}$ 2	10	1,346

## Литература

1. Baron G., Debuser J. C. R., Paris, 1957, 245, No 14, 1148.
2. Mehmel M., Haraldsen H. Zs. anorg. Chem., 1938, 235, 193.

## СТРУКТУРА ТИПА НИКЕЛИНА

## ГРУППА ТРОИЛИТА

		Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.
Троилит	FeS	Гексаг.	5,96	11,76	4,84
Гидротроилит]	FeS·nH <sub>2</sub> O	—	—	—	—
Пирротин	Fe <sub>1-x</sub>	Гексаг.	3,44	5,69	4,60
Смайтит	Fe <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	Триг.	3,47	34,50	4,06
[Джайпурит]	CoS	Гексаг.	3,38	5,45	5,97

## Троилит Troilite

## FeS

Назван по имени Д. Троилли, описавшего в 1766 г. упавший у Альбарето в Модене (Италия) метеорит, в котором содержится троилит (Хайдингер, 1863).

Характ. выдел. Округлые выделения; редко плохо образованные кристаллы.

Структ. и морф. крист. Гексаг. с.  $D_{6h}^4$  —  $P6_3/mmc$ ;  $a_0 = 5,965$ ;  $c_0 = 11,758 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,971$ ;  $Z = 12$  (Грэнволд, Харалдсен)<sup>1</sup>.

Атомы S располагаются по закону гексагональной плотнейшей упаковки, Fe — заполняют все октаэдрические пустоты.

Физ. Хрупок. Тв. 4. Уд. в. 4,59—4,82 (вычисл. 4,84). Цв. бронзово-желтый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества. Парамагнетик.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. очень сходен с пирротинном. Цв. кремово-розовый или буровато-кремовый, несколько более кремовый, чем у пирротина. Сильно анизотропен.

Хим. Теор. состав: Fe — 63,53; S — 36,47. Состав большей частью отвечает формуле, но до 7—8% троилита космического происхождения отличаются некоторым дефицитом Fe<sup>1</sup>.

## Анализы:

	Fe	Ni	P	S	Сумма	Уд. в.
1.	63,40	0,20	—	36,21	99,81	4,789
2.	63,25	Не обн.	0,12	36,63	(100,00)*	—
3.	62,70	—	—	35,40	98,10	4,67

\* В оригинале указана сумма 99,50.

1 — из метеорита Касас-Грандес; анал. Тассин<sup>2</sup>; 2 — из Августиновского метеорита; анал. Усатая<sup>3</sup>; 3 — теллурический, Дель-Норте; анал. Икл<sup>4</sup>.

**Диагн. исп.** Даже в разбавленной HCl при комнатной т-ре разлагается с выделением H<sub>2</sub>S.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> и HCl вскипает с бурным выделением H<sub>2</sub>S.

П. п. тр. ведет себя подобно пирротину.

**Нахожд.** Встречается в виде включений в метеоритах. Теллурический троилит в природе наблюдается исключительно редко; на о-ве Диско (Гренландия) он обнаружен в виде каплеобразных включений в самородном железе; образует округлые выделения в халькопиритовых рудах, приуроченных к брекчированным серпентинитам в Дель-Норте (шт. Калифорния, США)<sup>4</sup>. Аналогичный троилиту минерал наблюдался в виде вкрапленности и прожилков в Халиловском перидотитовом массиве (Оренбургская обл.)<sup>5</sup>.

**Искусств.** Получается при сплавлении Fe и S.

**Отл.** От сходного с ним пирротина троилит отличается легкой растворимостью в кислотах, в полир. шл. соответственно вскипаннем при травлении HNO<sub>3</sub> (1:1). В отличие от пирротина немагнитен.

Межплоскостные расстояния троилита из Августиновского железного метеорита<sup>3</sup>

Fe-антикатод,  $D = 46,00$  мм

№	hkl	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1*	10 $\bar{1}$ 0	2	5,11		14	11 $\bar{2}$ 6; 21 $\bar{3}$ 4	5	1,637	(1,484)
2*	10 $\bar{1}$ 1	3	4,72		15*	0008; 22 $\bar{4}$ 6	5	1,472	
3*	10 $\bar{1}$ 2; 0003	3	3,82		16	11 $\bar{2}$ 7; 11 $\bar{2}$ 8 $\bar{3}$	3	1,448	1,313
4	11 $\bar{2}$ 0 $\bar{3}$	1	(3,294)	2,938	17	22 $\bar{4}$ 4	8	1,328	(1,204)
5	11 $\bar{2}$ 0	6	2,968	(2,699)	18	11 $\bar{2}$ 8	6	1,319	1,196
6	11 $\bar{2}$ 2	7	2,644	(2,397)	19	30 $\bar{3}$ 6	2	1,279	1,160
7	10 $\bar{1}$ 4	1	2,531	(2,294)	20	40 $\bar{4}$ 3; 31 $\bar{4}$ 5	3	1,223	1,109
8	11 $\bar{2}$ 4 $\bar{3}$	5	(2,304)	2,088	21	32 $\bar{5}$ 0; 40 $\bar{4}$ 4; 22 $\bar{4}$ 6	4	1,182	1,072
9	11 $\bar{2}$ 4	10	2,085	(1,890)					
10**	0006; 30 $\bar{3}$ 0 $\bar{3}$	4	1,921	1,741	22	41 $\bar{5}$ 0; 32 $\bar{5}$ 3	2	1,134	1,028
11	11 $\bar{2}$ 6 $\bar{3}$ ; 21 $\bar{3}$ 4 $\bar{3}$	0,5	(1,809)	1,640	23	30 $\bar{3}$ 8	6	1,117	1,012
12*	21 $\bar{3}$ 3	2	1,755		24	41 $\bar{5}$ 2	3	1,106	1,003
13	30 $\bar{3}$ 0	9	1,720	(1,559)	25	1.1.2.10	2	1,090	0,988
					26	41 $\bar{5}$ 4; 40 $\bar{4}$ 8	6	1,051	0,953

По данным Харкорга.

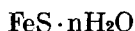
\*\* Широкая линия.

## Л и т е р а т у р а

1. Grønvald F., Haraldsen H. Acta Chem. Scandin., 1952, 6, 1452.
2. Tassin W. U. S. Nat. Mus. Proc., 1902, 25, 69.
3. Липин С. В. Зап. Мин. о-ва, 1946, 75, № 4, 273.
4. Eakle S. Am. Min., 1922, 7, No 5, 77.
5. Чухров Ф. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 198; Бетехтив А. Г., Воробьев П. Е. Там же, 210.



## Гидротроилит Hydrotroilite



Назван по составу (Сидоренко, 1901) <sup>1</sup>.

Синон. Гидрат односернистого железа, коллоидальное сернистое железо.

**Характ. выдел.** Студенистый гидрогель.

**Структ. и морф. крист.** Коллоидальный, рентгенометрически не изучен.

**Физ.** Цв. черный. Пластичен. Иногда с запахом  $\text{H}_2\text{S}$ .

**Хим.** Моносουλфид железа с адсорбированной  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Диагн. исп.** Разлагается уксусной кислотой с выделением  $\text{H}_2\text{S}$ .

**Нахожд.** Широко распространенный природный гель. Встречается в плах и гязях в придонных частях морских и озерных водоемов и лиманов, иногда в торфяных и ключевых гязях; в типичных глубоководных осадках редок. Образуется в резко восстановительной среде в результате взаимодействия  $\text{H}_2\text{S}$  с солями железа, а также непосредственно из сульфата железа при восстановительных процессах.

На территории СССР известны многочисленные местонахождения гидротроилита <sup>1,2</sup>. Он является характерным минералом донных отложений Черного моря <sup>3</sup>. Известен также в донных отложениях: в северо-западной части Тихого океана <sup>4</sup>, в кристаллических известняках вблизи Кэскейд Каньон и Викториз-Эвилью (шт. Калифорния, США) <sup>5</sup>.

**Изм.** При поглощении S, по-видимому, переходит в пирит и марказит (при большом количестве  $\text{H}_2\text{S}$ ) и в пирротин (при ограниченном количестве  $\text{H}_2\text{S}$ ). В окислительной среде быстро переходит в окислы железа.

## Л и т е р а т у р а

1. Сидоренко М. Тр. Комиссии исслед. лиманов, Одесса, 1907, 21, 121.
2. Чухров Ф. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 219 (сводка мест находок в СССР).
3. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955, 287.
4. Остроумов Э. А., Шолов В. М. ДАН СССР, 1956, 106, № 3, 501.
5. Lauder milk J. D., Woodford A. O. Am. Min., 1940, 25, No 6, 418.

## Пирротин Pyrrhotite



Название происходит от греч. πυρρότης (пирротес) — красоватый — по оттенку окраски.

Синон. Магнитный колчедан (Вернер, 1789), магнитный пирит — магнетопирит (Глокер, 1839), диспирит (Редуин, 1867). По-видимому, пирротином является недостаточно охарактеризованный крёберит (Форбе, 1865). Печенковым колчеданом (печенковой железной рудой) в старых работах обозначали пирротин, марказит и пирит. Блестрёмит — название, предложенное для «моноклинного пирротина» (Гагарин и Куомо, 1949).

**Характ. выдел.** Обычно встречается в виде зернистых агрегатов, образующих сплошные массы, или в виде вкрапленнй зерен неправильной формы.

Кристаллы встречаются довольно редко.

**Структ. и морф. крист.** В основном является гексагональным; в зависимости от соотношения Fe и S (от степени дефицита Fe) изменяются размеры элементарной ячейки; при  $x \sim 0,113$  становится моноклинным <sup>1-4</sup>.

Природный пирротин из шведских <sup>2</sup> и из норвежских <sup>3</sup> месторождений частью оказался моноклинным, частью гексагональным, или представляет смеси обеих модификаций. Для искусственных Грёнволдом

и Харалдсеном<sup>3</sup> определены следующие параметры решетки при комнатной температуре

Состав	$x$	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$
$Fe_{1,06}S$	0	$5,965 = \sqrt{3,444 \cdot V\bar{3}}_2^2$	—	$11,758 = 5,879 \cdot 2$	—
$Fe_{0,935}S$	0,065	3,448	—	5,760	—
$Fe_{0,900}S$	0,10	$\sqrt{3,440}$	—	5,720	—
$Fe_{0,887}S$	0,113	5,952	3,433	5,690	90,4
$Fe_{0,833}S$	0,167	5,951	3,435	5,692	90,4

Аналогичные изменения наблюдаются и у природных пирротитов: по мере увеличения дефицита железа величина элементарной ячейки уменьшается; особенно сильно изменяется значение  $c_0$ . По данным Елисеева<sup>2</sup>, содержанию 51 атомн. % S ( $Fe_{22}S_{23}$ ) отвечает  $c_0 = 5,798 \text{ \AA}$ , при 54,5 атомн. % S ( $Fe_8S_7$ )  $c_0 = 5,661 \text{ \AA}$ : соответственно изменение состава на 3,5 атомн. % вызывает уменьшение  $c_0$  на 0,136  $\text{\AA}$ ; прямолинейная зависимость между составом и параметром  $c_0$  ячейки может быть использована для определения состава минерала.

Для обычного гексагонального пирротита  $D_{6h}^4 - C6_3/mmc$ ;  $a_0 = 3,44$ ;  $c_0 = 5,69 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,66$ ;  $Z = 2$  (Алсен)<sup>5</sup>.

Дигексаг.-дипирамид. кл.:  $a : c = 1 : 1.6502$  (Зеллигман: Дана, 1944).  
Достоверные формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ (0001)	—	0°00'	$r$ (10 $\bar{1}$ 1)	00°00'	62°18'
$m$ (10 $\bar{1}$ 0)	60°00'	90 00	$u$ (20 $\bar{2}$ 1)	60 00	75 18
$a$ (11 $\bar{0}$ )	30 00	90 00	$A$ (50 $\bar{5}$ 2)	60 00	78 08
$t$ (10 $\bar{1}$ 4)	60 00	25 28	$v$ (41 $\bar{2}$ 2)	30 00	58 47
$s$ (10 $\bar{1}$ 2)	60 00	43 37			
$rc$ (10 $\bar{1}$ 1) : (0001) = 62°18'			$rr$ (10 $\bar{1}$ 1) : (01 $\bar{1}$ 1) = 52°33'		
$uc$ (20 $\bar{2}$ 1) : (0001) = 75 18			$uu$ (20 $\bar{2}$ 1) : (02 $\bar{2}$ 1) = 57 31		
$ss$ (10 $\bar{1}$ 2) : (01 $\bar{1}$ 2) = 40 22			$rv$ (10 $\bar{1}$ 1) : (41 $\bar{2}$ 2) = 26°16'		
			$vm$ (41 $\bar{2}$ 2) : (10 $\bar{1}$ 0) = 42 13		
			$va$ (41 $\bar{2}$ 2) : (11 $\bar{0}$ 0) = 31 13		

Малодостоверные формы: (10.0.  $\bar{1}$ 0.3), (30 $\bar{3}$ 1), (70 $\bar{7}$ 2), (11 $\bar{2}$ 6), (11 $\bar{2}$ 4), (22 $\bar{4}$ 3).

Отношение осей Розе  $a : c = 1 : 1,74$  и близкие к нему отношения Кенгота и Дакпарди отличаются от данных Зеллигмана. Причина расхождения не выяснена.

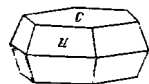
Кристаллы обычно таблитчатые по (0001) (фиг. 154), реже — дипирамидальные (фиг. 155 и 156), боченковидные (фиг. 157) или столбчатые (фиг. 158)<sup>7</sup>. Дв. по (10 $\bar{1}$ 1) рядки (фиг. 159).

Физ. Сп. несовершенная по (10 $\bar{1}$ 0). Ясная отдельность по (0001). Изл. неровный до полураковистого. Хрупок. Тв.  $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ . Уд. в. 4,58—4,70 (вычисл. для  $Fe_{0,9}S = 4,69$ ). Цв. темный бронзово-желтый с бурой побелостью. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

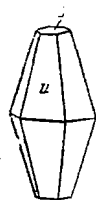
Хороший проводник электричества. Магнитен. Магнитная восприимчивость и другие магнитные свойства изменяются в широком интервале в зависимости от состава минерала<sup>4,8-12</sup>.

Гексагональные пирротиты, относительно бедные S, парамагнитны, пирротиты состава от  $Fe_{16}S_{17}$  до  $FeS_8$  (51,52 до 54,55 атомн. % S), относимые к моноклинным, ферромагнитны; магнитная проницаемость непрерывно повышается<sup>3,8</sup> по мере увеличения содержания S (моноклинной

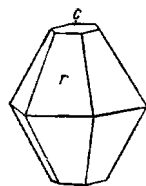
фазы), но в пределах гексагональной фазы варьирует незначительно. По Хилеру<sup>10</sup>, наибольшее намагничивание отмечается по направлению оси  $[11\bar{2}0]$ , что, видимо, связано с расположением атомов Fe в плоскости (0001).



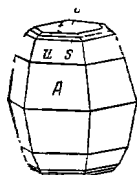
Фиг. 154.  
Кристалл пирротина  
(Вишневые горы)  
По Чеснокову



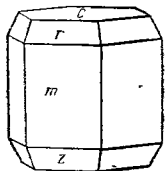
Фиг. 155.  
Кристалл пирротина  
(Вишневые горы)  
По Чеснокову



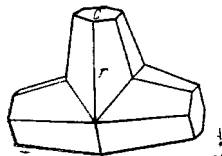
Фиг. 156.  
Кристалл пирротина  
(Вишневые горы)  
По Чеснокову



Фиг. 157.  
Кристалл пирротина  
(Вишневые горы)  
По Чеснокову



Фиг. 158.  
Кристалл пирротина  
(Гренландия)  
По Бёггильду



Фиг. 159.  
Двойник пирротина  
(Онтарио, Канада)  
По Дана, 1876

На основе измерения магнитной восприимчивости пирротина из 24 месторождений при различной температуре Кискирасом<sup>11</sup> выделены две группы образцов. 1) Слабомагнитные до парамагнитных, которые показывают резкое увеличение магнитной восприимчивости при 200—240°, затем слабое уменьшение и утрату магнитных свойств приблизительно при 310°. При охлаждении становятся снова магнитными. Это пирротины из высокотемпературных месторождений. Они не ассоциируются с пиритом. 2) Сильно ферромагнитные, которые не дают инверсии при нагревании и довольно резко теряют свой магнетизм при 320°; они низкотемпературные, обычно ассоциируются с пиритом и предположительно содержат больше S, чем пирротины первой группы.

**Микр.** В поляр. пл. в отраж. св. коричневато-розоватый. Отраж. спос. (в %) для зеленых лучей 37, для оранжевых — 37, для красных — 36; по Фолинсби, измеренная при помощи фотоэлемента — 39,9. Двукотражение в воздухе слабое, при наблюдении с иммерсией сильнее. Сильно анизотропен.

П. микр. в отраж. св. в пирротине иногда наблюдаются многочисленные искривленные двойниковые пластинки, обусловленные динамическими напряжениями.

**Хим.** Формула —  $Fe_{1-x}S$ , с  $x$  от 0 до 0,2; чаще всего от  $Fe_8S_7$  до  $Fe_{11}S_{12}$ . Теор. состав из формулы  $FeS : Fe = 63,53; S = 36,47$ . Из примесей иногда присутствуют в небольших количествах Ni, Co, Cu, изредка Mn, Zn и др. (первые три металла — главным образом за счет включений пентландита

и халькопирита). В природных пирротинах содержится от 51 до 55,5 атомн. % S<sup>12</sup>.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6
Cu	0,19	—	—	—	—	0,13
Ag	—	—	—	—	0,55	—
Fe	59,99	58,83	61,85	60,88	59,83	60,58
Co	—	—	—	—	—	0,11
Ni	0,03	—	—	—	—	0,29
S	38,50*	39,10**	38,24	39,13	39,55	38,36
SiO <sub>2</sub>	0,45	0,42	—	—	—	—
Сумма	99,16	98,35	100,09	100,01	99,93	99,47

\* В том числе 0,26 сульфатной серы.

\*\* В том числе 0,40 сульфатной серы.

1 — Турьянское м-ние Свердловской обл.; анал. Усагая<sup>4</sup>; 2 — Урал; анал. Усагая<sup>4</sup>; 3 — Сетесдалъ (Норвегия); анал. Тёнсагер<sup>3</sup>; по спектр. данным содержит 0,1% Cu и Ni, очень слабо магнитен;  $a_0 = 3,445$ ;  $c_0 = 5,735$ ; 4 — Фроланд (Норвегия); анал. тот же<sup>3</sup>; содержит 0,1% Cu, Ni, Co, магнитен, представляет смесь гексаг. и монокл. модификаций; 5 — копъ Фридрих в Контсберге (Норвегия); анал. тот же<sup>3</sup>; содержит Cu < 0,5, Ni < 0,1, Co 0,2%, монокл. фаза с  $a_0 = 5,952$ ;  $b_0 = 3,437$ ;  $c_0 \times 5,699$ ;  $\beta$  90,4°; 6 — Амамчайский участок Дашкесанского рудного поля (Азерб. ССР); анал. Эфендшев<sup>12a</sup>.

**Диагн. исп.** В HNO<sub>3</sub> и HCl разлагается с трудом.

В полир. пл. при травлении пирротин из разных месторождений ведет себя по-разному, обычно от HNO<sub>3</sub> слегка буреет.

П. п. тр. сплавляется в черную магнитную массу. В откр. тр. выделяет SO<sub>2</sub>.

**Повед. при нагр.** Дифференциальная кривая нагревания в CO<sub>2</sub> или в атмосфере N характеризуется острым, незначительным по размерам пиком обратимого полиморфного превращения при 130—140° и пологим эндотерм. прогибом при 320—330°<sup>13</sup> — гексагональная модификация переходит в другие модификации; т-ра первого перехода варьирует в соответствии с соотношением в минерале количеств Fe и S и понижается по мере возрастания содержания S<sup>8,11,12,14,15</sup>.

**Находж.** Широко распространен в гипогенных месторождениях в ассоциации с другими сульфидами.

В сульфидных скоплениях среди основных изверженных пород (главным образом норитов, иногда габбро-диабазов) является главным минералом, находится в тесной ассоциации с пентландитом и халькопиритом; сопровождается также магнетитом, ильменитом, иногда пиритом и др. В месторождениях медно-никелевых руд типа Садбери совместно с пентландитом и халькопиритом образует как вкрапленные выделения, так и сплошные рудные тела. В СССР<sup>16</sup> главные месторождения пирротина этого типа: Норильское (Красноярский край), Монче-гундра (Мурманская обл.). Крупнейшим месторождением является Садбери (Канада), а также месторождения массива Бушвелд (Южная Африка), ряд месторождений Норвегии и др. Ранний пирротин медно-никелевых месторождений, образующих рудную вкрапленность, содержит большой избыток серы, чем более поздний пирротин секущих сульфидных прожилков<sup>2</sup>.

Значительные скопления пирротина встречаются также в месторождениях контактово-метасоматического типа (контакты с известняками). В парагенезисе с пирротинном наблюдаются халькопирит, пирит, магнетит, сфалерит, арсенопирит, иногда касситерит, шеелит, кальцит, пидот, кварц и др., образующиеся, как и пирротин, в более поздние этапы по сравнению с силикатными минералами скарнов. К контактово-

метасоматическим месторождениям со скоплениями пирротина относятся Бапмаковское и Богословское месторождения в группе Турьинских рудников (Свердловская обл.) и месторождение Тетюхе (Приморский край).

Пирротин часто наблюдается также в типичных гидротермальных месторождениях (свинцово-цинковых, сульфидно-касситеритовых, золото-рудных и др.), в ассоциации со сфалеритом, галенитом, халькопиритом, арсенопиритом, железистыми хлоритами, карбонатами и др. К числу гидротермальных свинцово-цинковых и других месторождений, руды которых содержат значительное количество пирротина, относятся Садонское (Северо-Осетинская АССР) и другие месторождения Северного Кавказа, медно-пирротинные Белокаинское (Азерб.ССР) и Девдарахское месторождения (Груз.ССР), где пирротин находится в тесной ассоциации с халькопиритом, месторождение Коммунар (Кемеровская обл.) — крупные выделения совместно с кварцем и золотом и многие другие месторождения Союза и других стран. Изредка пирротин наблюдается в пегматитах, как, например, в пегматите Хундхолмен у Тус-фьорда (Норвегия). Известны редкие находки пирротина среди вулканических продуктов в fumarолах Везувия.

Крайне редко своеобразные выделения пирротина обнаруживаются среди осадочных образований в ассоциации с сидеритом (Ке́рченское железорудное месторождение в УССР), а также в фосфоритовых желваках.

**Изм.** Очень часто пирротин замещается пиритом и марказитом; при этом нередко по пирротину образуются псевдоморфозы этих минералов. В зоне окисления пирротин является наиболее легко разлагающимся сульфидом, часто превращается в окислы Fe.

**Искусств.** Получается при прямом соединении Fe и S, при нагревании пирита в атмосфере  $H_2S$  при  $550-575^\circ$ <sup>14</sup>; при пропускании  $H_2S$  через суспензию свежеосажденного геля  $\alpha-Fe_2O_3$  в кислой и щелочной средах<sup>17</sup>.

В присутствии  $H_2S$  равновесие пирит — пирротин зависит от температуры и парциального давления H и  $H_2S$ ; при  $t$ -ре ниже  $350^\circ$  образование пирротина возможно лишь при высоких парциальных давлениях H и при очень низких давлениях  $H_2S$ , в связи с чем в гидротермальных месторождениях, образовавшихся при  $t$ -ре ниже  $350^\circ$ , содержание пирротина незначительное<sup>18</sup>.

**Практ. знач.** Пирротиновые руды, не содержащие других полезных минералов, имеют ограниченное значение. Они могут быть использованы как сырье для сернокислотного производства.

**Отл.** Весьма характерен темно-бронзовый цвет, в полир. пл. — желтовато-бурый цвет с розоватым оттенком и сильная анизотропия. От сходного и часто ассоциирующегося с ним кубавита пирротин отличается большей твердостью. В случае отсутствия включений магнетита надежным признаком пирротина является его магнитность (отличие от тронилита см. на стр. 218).

Межплоскостные расстояния пирротина из Норанда (по Харкору)  
Со - антикатод

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 0	6	1,0	2,97	10	20 $\bar{2}$ 2	6	1,0	1,315
2	10 $\bar{1}$ 1	8	4,0	2,63	11	20 $\bar{2}$ 3	3	0,5	1,170
3	?	1	0,2	2,45	12	21 $\bar{3}$ 1	2	3,0	1,40
4	?	1	0,2	2,26	13	40 $\bar{1}$ 5	3	0,5	1,067
5	10 $\bar{1}$ 2	10	8,0	2,062	14	21 $\bar{3}$ 2	8	2,0	1,045
6	?	1	0,2	1,88	15	30 $\bar{3}$ 0	5	1,0	0,990
7	11 $\bar{2}$ 0	7	3,0	1,718	16	21 $\bar{3}$ 3	5	1,0	0,968
8	10 $\bar{1}$ 3	4	0,5	1,612	17	20 $\bar{2}$ 5; 30 $\bar{3}$ 1	7	2,0	0,908
9	20 $\bar{2}$ 1	5	0,7	1,428					

## Л и т е р а т у р а

1. Hägg R., Sucksdorff I. Zs. phys. Chem., 1933, B, 22, 444, Данные рентгенометрических и структурных исследований искусственных и природных пирротинов приводятся также в работах: Рупзо U., Такео I., Вюеггер М. J., Am. Min., 1947, 32, No 7—8, 411; Такео М. Research Chem. Phys., Токуо, 1950, No 33, 55, 69; Вертаут F. C. R., Paris, 1952, 243, No 12, 1—95.
2. Елиссеев Э. Н., Денисов А. П. Вестн. Ленингр. ун-та, 1957, № 18, 68; Елиссеев Э. Н. Там же, 1958, № 6, 24.
3. Вустрöм А. Ark. Kemi, Min., Geol., 1945, 19-B, No 81; Грфнвold F., Haraldsen H. Acta Chem. Scandin., 1952, 6, 1452.
4. Липин С. В. Зап. Мин. о-ва, 1946, 75, № 4, 282 (приведена сводка хим. анализов и данных о размерах параметров решетки).
5. A l s e n N. Geol. För. Förh., 1923, 45, 606; 1925, 47, 19.
6. S e l i g m a n G. Zs. Krist., 1886, 11, 344.
7. Чесноков Б. В. Тр. Свердл. горн. ин-та, 1956, вып. 26, 113.
8. Haraldsen H. Zs. anorg. allgem. Chem., 1957, 231, 78.
9. P e h r m a n G. Acta Acad. aboensis. Math. et Phys., 1954, 19, No 10, 1.
10. Hiller J. E. Fortschr. Min., 1955, 33, Nr 2, 155.
11. K i s k y r a s D. A. N. Jb. Min., 1950, A, Abhandl., 80, H. 3, 237.
12. Липин С. В. Зап. Всес. мин. о-ва, 1951, 80, № 4, 253.
- 12а. Эфендиев Г. Х. Гидротермальный рудный комплекс сев.-вост. части Малого Кавказа. Изд. АН Азерб. ССР, 1957, 67, 189.
13. Цветков А. И., Вальяшикина Е. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1958, вып. 30, 3.
14. Allen V., Crenshaw J. L., Johnston W., Larsen E. S. Am. J. Sci., 1912, 33, 169.
15. Loebe R., Vesker J. Zs. anorg. Chem., 1912, 77, 301.
16. Бетехтин А. Г., Воробьев П. Е. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 200.
17. Rosenthal G. Heidelb. Beitr. Min. Petr., 1956, 5, 146.
18. Väyrynen H. Bull. Comm. géol. Finlande, 1955, No 163, 31.

## Смайтит Smythite



Назван по имени К. Смайта, который одним из первых обнаружил пирротин в осадочных породах<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкие кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5$  —  $R\bar{3}m$ ;  $a_h = 3,47$ ;  $c_h = 34,5$  Å;  $a_h : c_h = 1 : 9,94$ ;  $Z = 3$ ;  $a_{rh} = 11,67$ ,  $\alpha = 17^\circ 06$ ;  $Z = 1$ . \*

Структура близка к структуре пирротина<sup>2</sup>, отличается от структуры троилита тем, что не все октаэдры заполнены: каждый четвертый слой октаэдров пустует и смещается<sup>3</sup>.

Дитриг.-скаленоэдр. кл. Кристаллы таблитчатые по (0001) толщиной в 1—3  $\mu$  и 0,05—1,25 мм в поперечнике. Формы: (0001) и ромбоэдр. Образуют сростки и полисинтетические двойники.

**Физ. Сп.** по (0001) совершенная. Изл. полураковистый до ровного. Мягок. Пластины гибкие и эластичные. Уд. вес 4,06 (вычисл. 4,09). Цв. светлый бронзово-желтый. Черта темно-серая. Бл. на плоскостях спайности сильный металлический. Непрозрачен. Сильно магнитен.

**Микр.** В отраж. св. в полир. пл. розовато-кремовый. Сильное двуотражение от серовато-желтого до красновато-бурого. Сильно анизотропен с желтыми и голубовато-серыми цветными эффектами.

**Хим. Теор. состав:** Fe—56,64; S—43,36. Данные анализа отсутствуют. Качественно установлено значительное содержание Fe и S; в небольшом количестве содержит Ni; Cu и Zn не обнаружены. Формула определена на основании рентгеновского излучения.

**Диагн. исп.** Медленно растворяется в холодных разбавленных HCl и HNO<sub>3</sub>. Легко растворим в 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> с выпадением окислов железа.

**Повед. при нагр.** При нагревании в присутствии кальцита до 400° превращается в пирротин (возможно, и в пирит).

В откр. тр. при сильном нагревании переходит в гематит. Предположительно в системе Fe—S является стабильной фазой при низких температурах и давлении<sup>2</sup>.

**Нахожд.** Редкий минерал. Найден в округах Монрое и Джексона в шт. Индиана (США) с пирротином в виде включений в кальците, доломите, барите. Предположительно образовался при 25—40° и низком давлении.

**Искусств.** Попытки синтезировать не были успешными.

**Отл.** Наиболее интенсивные линии порошкограммы<sup>2</sup> отвечают следующим  $d$ : 1,732(10); 1,897(8); 1,979(7); 11,5, 3,00, 2,56, 2,26, 1,427(6); 2,75, 2,16, 1,672, 1,102(4).

#### Л и т е р а т у р а

1. Erd R. C., Evans H. T. J. Am. Chem. Soc., 1956, 78, No 9, 2017.
2. Erd R. C., Evans H. T., Richter D. H. Am. Min., 1957, 42, No 5—6, 309.
3. Белов Н. В. Мпн. сб. Львов. геол. о-ва. 1958, № 12, 36.

### Джайпурит Jaipurite

#### CoS

Назван по местности в Индии (Росс, 1873); первоначально описан как кобальтовая руда (Миддлтон, 1846)<sup>1</sup>.

**Синон.** Серая кобальтовая руда (Хаусман, 1847), сернистый кобальт (Кобель, 1864), руנית (Брайтхаупт, 1866), кобальтовая обманка.

Современными методами минерал не изучен.

**Характ. выдел.** В виде зерен или прожилков.

**Струк. и морф. крист.** Искусственный CoS гексаг, с.  $D_{6h}^4$  —  $R\bar{6}_3/mmc$ ;  $a_0 = 3,38$ ;  $c_0 = 5,15 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,525$ ;  $Z = 2$  (Алсен)<sup>2</sup>.

**Физ.** Уд. в. 5,45 (вычисл. 5,97). Цв. стально-серый с желтым оттенком.

**Хим. Теор. состав:** Co — 64,69; S — 35,31. Состав джайпурита из Джайпура (анал. Миддлтон)<sup>1</sup>: Co — 64,34; S — 35,36; сумма — 99,70.

**Нахожд.** Найден близ Джайпура (Индия) с пирротином в древних сланцах.

**Искусств.** CoS получен разными путями: пропусканьем смеси H<sub>2</sub>S и HCl над горячей CoO<sub>3</sub>, сплавлением CoSO<sub>4</sub> с BaS и NaCl (по Дельтеру).

#### Л и т е р а т у р а

1. Middleton. Phil. Mag., 1846, 28, 352; Ann. Mines, 1847, 11, 613; N. Jb. Min., 1848, 705.
2. Alsen N. Geol. För. Förh., 1925, 47, 19.
3. Schiavinato G. Period. mineral., Roma, 1940, 11, 155.

### СТРУКТУРА ТИПА КОВЕЛЛИНА

#### ГРУППА КОВЕЛЛИНА

Ковеллин	CuS	Гексаг. с.	$a_0$ 3,796	$c_0$ 16,36	Уд. в. 4,67
----------	-----	------------	-------------	-------------	-------------

#### Ковеллин Covellite

#### CuS (Cu<sub>2</sub>S·CuS<sub>2</sub>)

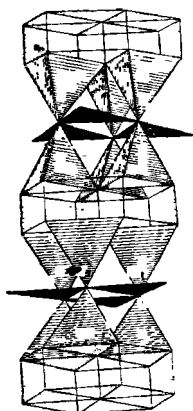
Назван по имени итальянского минералога Ковелли (Бедан, 1832).

**Синон.** Синее медное стекло (Фрайслебен, 1815), медное индиго (Брайтхаупт, 1817), брейтгауптит (Чеммен, 1843). Кантонит (Прате, 1856) — псевдоморфоза ковеллина по галениту.

**Характ. выдел.** Обычно наблюдается в виде тонких примазок ярко-синего цвета и в виде синевато-черных землистых (порошковатых, сажистых) масс. Кристаллы встречаются чрезвычайно редко.

Структ. и морф. крист. Гексаг. с.  $D_{6h}^4$  —  $P6_3/mmc$ ;  $a_0 = 3,796$ ;  $c_0 = 16,36$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 4,31$ ;  $Z = 6$  (Берн)<sup>1</sup>.

Структура сложная<sup>2</sup> (фиг. 160) с двумя типами ионов S—единичными  $S^{2-}$  и спаренными  $S_2^{2-} = S-S$  (типа радикалов  $S_2$  в пирите с тем же расстоянием  $S-S = 2,10$ ) и с двумя типами ионов Cu:  $Cu^{1+}$  и  $Cu^{2+}$ . Более мелкие  $Cu^{2+}$  окружены тремя  $S^{2-}$  в виде равносторонних треугольников, соединенных между собой общими вершинами в гексаг. сетки: сетки образуют слой  $\parallel (0001)$  и обуславливают совершенную спайность по (0001). Каждый  $S^{2-}$  такой сетки одновременно является и вершиной двух тетраэдров, расположенных по разным сторонам сетки. В центрах тетраэдров находятся крупные  $Cu^{1+}$ . Тетраэдры слагают между сетками двойные слои, в которых они связаны своими основаниями вертикально направленными радикалами  $S-S$ .  $Cu^{2+}-S = 2,19$ ;  $Cu^{1+}-S = 2,31$  и  $2,35$ .



Фиг. 160.  
Структура  
ковеллина.

Черные треугольники — из  $Cu^{2+}$  и S, заштрихованные тетраэдры — из  $Cu^{1+}$  и S; между основаниями тетраэдров выделены пустые треугольные призмы с вертикальными ребрами S—S.  
По Белову

Дигексаг-дипирамд. кл.;  $a : c = 1 : 4,3026$  (Дана, 1944).

Формы<sup>3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$	0001	—	$\gamma$	$20\bar{2}5$	$60^\circ 00'$
$m$	$10\bar{1}0$	$60^\circ 00'$	$n$	$10\bar{1}2$	$60^\circ 00'$
$s$	$10\bar{1}8$	60 00	$h$	$9.0.\bar{9}.16$	60 00
$t$	$10\bar{1}6$	60 00	$i$	$50\bar{5}8$	60 00
$a$	$10\bar{1}5$	60 00	$\delta$	$20\bar{2}3$	60 00
$x$	$10\bar{1}4$	60 00	$\epsilon$	$30\bar{3}4$	60 00
$l$	$10\bar{1}3$	60 00	$r$	$10\bar{1}1$	60 00
$d$	$30\bar{3}8$	60 00	$w$	$20\bar{2}1$	60 00
					$63^\circ 17'$
					$68^\circ 04'$
					$70^\circ 18'$
					$72^\circ 09'$
					$73^\circ 12'$
					$74^\circ 59'$
					$78^\circ 37'$
					$84^\circ 15'$

Главные формы  $c$ ,  $x$ ,  $l$ ,  $n$ . Достоверны также:  $k(1.0.\bar{1}.16)$ ,  $q(1.0.\bar{1}.12)$ ,  $z(3.0.\bar{3}.32)$ ,  $g(3.0.\bar{3}.16)$ ,  $y(15.0.\bar{15}.16)$ . Известны 12 недостоверных форм (см. Дана, 1944).

Кристаллы очень редки; образуют уплотненные по (0001) гексагональные пластинки. Описаны ориентированные сростания с пиритом, в которых ось [111] пирита  $\parallel$  оси [0001] ковеллина<sup>4</sup>, а также ориентированные корочки на сфалерите: [0001] ковеллина  $\parallel$  [111] сфалерита и  $(10\bar{1}0)$  ковеллина  $\parallel$  (110) сфалерита<sup>5</sup>.

Физ. Сп. по (0001) весьма совершенная. Хрупок. В тонких пластинках гибок. Тв.  $1\frac{1}{2}$ —2. Уд. в. 4,59—4,67 (вычисл. 4,67). Цв. индигово-синий. Черта серая до черной. Бл. матовый до смолистого. Непрозрачен. В тончайших листочках просвечивает зеленым цветом.

Уд. электр. сопротивление низкое.

Микр. В шл. в прох. св. одноосный (+). Сильная дисперсия; заметный плеохроизм  $N_o > N_e$ .

$\lambda$ , м $\mu$	635	610	589	570	520	505
$n_o^6$	1,00	1,33	1,45	1,60	1,83	1,97

В полпр. шл. в отраж. св. в очень мелкозернистых агрегатах ярко-голубой, в крупнозернистых обладает исключительно сильным двуотражением. В воздухе  $\perp$  удлинению темно-синий со слегка фиолетовым оттенком,  $\parallel$  удлинению — голубой. Характерно резкое усиление двуотражения и изменение цвета при наблюдении с пммерсией. Отраж. спос. низкая (в %):



для зеленых лучей  $R_0$  18,5, для оранжевых — 15, для красных — 10;  $R_e$  соответственно — 27, 24 и 22. Очень сильно анизотропен с цветным эффектом от оранжевого до огненно-красного.

**Хим. Теор. состав:** Cu — 66,48; S — 33,52. В качестве примесей содержит Fe, Se, Ag и Pb.

**Анализы:**

	Cu	Fe	S	Н.о.	Сумма
1.	66,43	0,05	33,28	0,07	99,83
2.	66,35	—	33,65	—	100,00

1 — Бьютт<sup>7</sup>; 2 — Блявинское м-ние (землистый); анал. Нестерова, пересчет за вычетом примесей<sup>8</sup>.

**Диагн. псп.** Растворяется в горячей  $\text{HNO}_3$  с выделением S; раствор приобретает зеленый цвет.

В полир. шл. легко травится KCN с образованием лилово-красного осадка. Другие реактивы не действуют.

П. п. тр. легко плавится, загораясь голубым пламенем и выделяя  $\text{SO}_2$ . В закр. тр., в отличие от халькозина, дает возгон S.

**Повед. при нагр.** Уд. теплоемкость при 0  $0,49 \text{ дж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$  (Берч и др.).

**Наход.** Один из характерных, часто встречающихся минералов зоны вторичного сульфидного обогащения медных месторождений<sup>9</sup>. Обычно развивается путем замещения первичных и вторичных сульфидов меди — халькопирита, борнита, халькозина и др. Легко образуется за счет сфалерита и галенита по реакции обменного разложения с сульфатом Cu. При этом сульфат Zn, легко растворимый в воде, выносится, и на месте сфалерита остается ковеллин в виде синевато-черной сажиистой массы. Англезит, как труднорастворимое соединение, остается на месте образования в ассоциации с ковеллином. Известны случаи отложения ковеллина вдоль трещин в виде колломорфных образований, а также в виде землистых масс на границе зон выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения (Блявинское месторождение Оренбургской обл.)<sup>8</sup>.

Гидротермальный ковеллин встречается в незначительных количествах и редко: Бьютт (шт. Монтана, США) — в виде кристаллов, Тсумб (Южн. Африка), Бор (Югославия), Беица Бихорулуй (б. Републ. Румыния).

Как продукт возгона ковеллин наблюдался в лавах Везувия.

**Изм.** В зоне окисления за счет ковеллина образуются различные гипергенные минералы меди, из которых наиболее обычен малахит. В зоне вторичного сульфидного обогащения при отсутствии кислорода ковеллин легко замещается халькозином.

**Искусств.** Легко получается разными способами. Главные из них: действие  $\text{H}_2\text{S}$  на растворы солей окиси меди, обработка природных сульфидов (пирита, халькопирита, борнита, сфалерита, галенита) разбавленными растворами  $\text{CuSO}_4$ , спрессовывание металлической Cu с S при т-ре  $150^\circ\text{C}$ .

**Практ. знач.** Самостоятельных месторождений не образует; добывается в составе медных руд, заключающих другие сульфиды; ковеллинно-халькозиновые руды являются наиболее богатыми медью медными рудами.

**Отл.** Характерными признаками являются индигово-синий цвет, низкая твердость, ассоциация с другими сульфидами меди, а под микр.—необыкновенно сильно выраженное двуотражение.

## Межплоскостные расстояния кобеллина из м-ния Бьютт (по Вальдо)

№	hkil	I		$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkil	I		$\frac{d_\alpha}{n}$
		I	I'				I	I'	
1	10 $\bar{1}$ 0	4		3,33	13	11 $\bar{2}$ 8	4		1,382
2	10 $\bar{1}$ 1	6	2,0	3,24	14	20 $\bar{2}$ 7	6	0,5	1,347
3	10 $\bar{1}$ 2	8	7,0	3,04	15	20 $\bar{2}$ 8	6	0,5	1,272
4	10 $\bar{1}$ 3	10	8,0	2,81	16	21 $\bar{3}$ 3	6		1,210
5	0006	8	6,0	2,72	17	30 $\bar{3}$ 2	8	0,5	1,093
6	10 $\bar{1}$ 5	6	0,5	2,30	18	30 $\bar{3}$ 4	6	0,5	1,056
7	10 $\bar{1}$ 6	2		2,09	19	0.0.0.16	6		1,014
8	0008	4		2,03	20	30 $\bar{3}$ 7; 1.1. $\bar{2}$ .14	4		0,990
9	11 $\bar{2}$ 0; 10 $\bar{1}$ 7	10	9,0	1,890	21	2.1. $\bar{3}$ .11;	6		0,950
10	10 $\bar{1}$ 8; 11 $\bar{2}$ 4	8	4,0	1,730		2.0. $\bar{2}$ .14			
11	11 $\bar{2}$ 6	8	6,0	1,555	22	2 $\bar{2}$ 46	2		0,893
12	20 $\bar{5}$ ; 1.0. $\bar{1}$ .10	4		1,465	23	2.1. $\bar{3}$ .14	2		0,847

## Л и т е р а т у р а

1. Berry L. G. Am. Min., 1954, 39, No 5—6, 504 (из Бьютт, Монтана). См. также Alsen N. Geol. Förl. Förh., 1931, 53, H. 2, No 385, 111 (из Альгеро, Сардиния); Gossner B., Mussgnug F. Cbl. Min., 1927, A, 412.
2. Roberts H. S., Ksanda C. J. Am. J. Sci., 1929, 17, 489: Öftedahl I. Zs. Krist., 1932, 83, 7.
3. Adam J. W. H. Beitr. Krist. Min., 1926, 3, 1. См. также Stevanović P. Zs. Krist., 1908, 44, 349 (рассматривался как моноклинный минерал, псевдогексагональный в результате двойникования).
4. Bateman A. M., Lasky S. G. Econ. Geol., 1932, 27, 52.
5. Gliszczynski S., Stoicovici E. Zs. Krist., 1937, 96, 389.
6. Merwin H. E. J. Wash. Acad., 1915, 5, 391.
7. Rosnjak E., Allen V., Merwin H. Econ. Geol., 1915, 10, 491, 529.
8. Шаддун Т. Н. Тр. ИГН АН СССР, 1948, вып. 96, сер. рудн. м-ний, № 11, 1.
9. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 111.
10. Molé R. C. R., Paris, 1952, 234, 1987.

## СТРУКТУРА ТИПА КИНОВАРИ

## ГРУППА КИНОВАРИ

Киноварь HgS Триг.с.  $a_h$  4,146  $c_h$  9,497 Уд. в. 8.0

## Киноварь Cinnaбар

## HgS

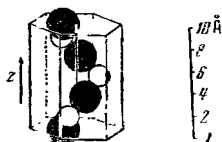
Название очень древнее, предположительно произошло из Индии.

Синон. Циннабарит, миним (частично), ртутная обманка (Хаусман, 1813). Разновидности руд, содержащие землистые или органические примеси, примесь доломита, описывались как печенковая ртутная руда, горючая ртутная руда, коралловая руда — паразит (Липольд по Цефаровичу, 1873), кирпичная руда, стальная руда.

Характ. выдел. Зернистые агрегаты, отдельные неправильные зерна, сплошные порошковатые выделения, налеты, реже — в кристаллах.

Структ. и морф. крист. Триг.с.  $D_3^4 - P3_121$ ;  $a_h = 4,146$ ;  $c_h = 9,497$  Å;  $a_h : c_h = 1 : 2,2906$ ;  $Z = 3$ ;  $a_{rh} = 3,969$ ,  $\alpha = 62^\circ 58'$  (Аурвивилус)<sup>1</sup>

Структура типа искаженной структуры NaCl или PbS. Ионы Hg окружены шестью ионами S по искаженным октаэдрам. Основой строения кристаллической решетки являются бесконечные спиральные цепи — S—Hg—S—, расположенные || оси с, по правой или по левой винтовой оси (фиг. 161),



Фиг. 161.

Винтовая цепочка в кристаллической решетке киновари.

Большие круги — Hg, малые — S  
По Аурвивилус

что обуславливает у этого непрозрачного минерала сильно выраженную способность вращения плоскости поляризации, намного большую, чем у кварца. Гомополярные связи между Hg и S одной и той же цепочки значительно сильнее связей между атомами соседних цепочек. Параллельная укладка независимых винтовых цепочек обуславливает отчетливую спайность по призме<sup>1,2</sup>.

Тригон.-трапецоэдр. кл.;  $a : c = 1 : 2,2905$  (Алю).

Наблюдалось свыше 100 различных форм<sup>3,4,5,4a</sup>.

Наиболее обычные формы:

		$\varphi$	$\rho$			$\varphi$	$\rho$
<i>c</i>	0001	—	0°00'	— <i>n</i>	0111	0°00'	69°17'
<i>m</i>	1010	60°00'	90 00	— <i>q</i>	0221	0 00	79 17
<i>K</i>	1018	60 00	18 17	<i>u</i>	1124	30 00	48 52
<i>d</i>	1016	60 00	23 47	<i>y</i>	1213	—30 00	56 47
<i>f</i>	1015	60 00	27 52	<i>T'</i>	3252	36 35	43 51
<i>g</i>	1014	60 00	33 28	<i>T</i>	3521	—36 35	43 51
<i>h</i>	1013	60 00	41 24	<i>W'</i>	2134	40 54	60 15
<i>r</i>	1012	60 00	52 54	<i>W</i>	2314	—40 54	60 15
<i>n</i>	1011	60 00	69 17	<i>H'</i>	2133	40 54	66 47
<i>o</i>	3032	60 00	75 51	<i>H</i>	2313	—40 54	66 47
<i>q</i>	2021	60 00	79 17	<i>R'</i>	3141	46 06	67 14
— <i>f</i>	0115	0 00	27 52	<i>R</i>	3411	—46 06	67 14
— <i>g</i>	0114	0 00	33 28	<i>F</i>	3.5.8.10	21 47	61 37
— <i>h</i>	0113	0 00	41 24	<i>F'</i>	3.8.5.10	—21 47	61 37
— <i>r</i>	0112	0 00	52 54	— <i>D</i>	1.2.3.14	19 06	26 33
— <i>k</i>	0558	0 00	58 49	— <i>D'</i>	1.3.2.14	—19 06	26 33
— <i>l</i>	0223	0 00	60 24				

<i>rr</i> (1012) : (1012) = 87°23'	<i>rn</i> (1012) : (1011) = 57°49'	<i>gm</i> (1014) : (1010) = 56°32'
<i>nn</i> (1011) : (1011) = 108 12	<i>rm</i> (1012) : (1010) = 37 06	<i>Fm</i> (3.5.8.10) : (1010) = 4616
<i>hh</i> (1013) : (1013) = 69 53	<i>nm</i> (1014) : (1010) = 20 43	<i>Dm</i> (1.2.3.14) : (1010) = 7015
<i>gg</i> (1014) : (1014) = 57 04	<i>hm</i> (1013) : (1010) = 48 36	<i>H'm</i> (2133) : (1010) = 2943

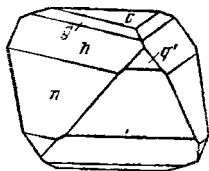
Более редкие формы:

1120	3.0.3.10	5058	11.0.11.8	0.1.1.16	0.13.13.18	0553	1121
1210	5.0.5.18	2023	8085	0418	0334	0994	1216
1.0.1.24	3038	13.0.13.18	9094	0338	0556	0331	1215
1.0.1.16	7.0.7.18	5056	5052	0225	0889	0772	1211
1.0.1.10	2025	8089	3031	0.7.7.24	0445	0441	2135
2.0.2.19	3037	11.0.11.12	7072	0225	0.9.9.10	1129	2315
3.0.3.20	9.0.9.20	4043	4041	0337	0554	1128	3.1.1.20
5.0.5.28	5.0.5.9	5053	5051	0449	0443	1125	3.4.1.20
5.0.5.19	7.0.7.12	5054	7071	0335	0332	1123	1.5.6.26
2029	3035	7074	8081	0223	0885	1122	

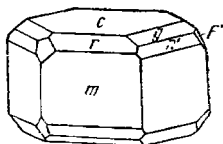
Кроме того, указывались недостоверные формы (см. Дана, 1944).

Не всегда удавалось проводить различие между положительными и отрицательными формами. Большое количество форм со сложными символами, возможно, объясняется скрытым двойникованием<sup>5</sup>.

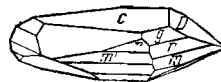
Установка Аюп отвечает рентгеновской. Более широко применялась установка Шабуса (1851) ( $a : c = 1 : 1,14526$ ), отличающаяся в 2 раза меньшим значением  $c$  (соответственно в 2 раза меньшим четвертым индексом всех форм).



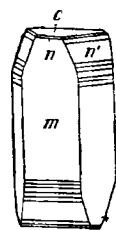
Фиг. 162.  
Кристалл киновари  
(Альмаден)  
По Леви и Шабусу



Фиг. 163.  
Кристалл киновари  
(Авала)  
По Шмидту

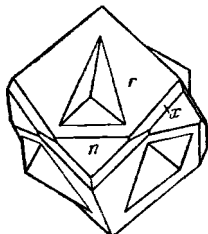


Фиг. 164.  
Кристалл киновари  
(Авала)  
По Шмидту



Фиг. 165.  
Кристалл киновари  
(Авала)  
По Световику

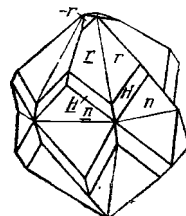
Кристаллы различного облика (фиг. 162—165): ромбоэдрические или таблитчатые по  $c(0001)$ , реже — столбчатые; в Авала<sup>5</sup> (Югославия) кристаллы, таблитчатые по  $c$ , всегда наблюдаются в кварцитах, ромбоэдрические — в глинах и призматические в пустотах пород; часто одновременно встречаются и правые и левые отрицательные, соответственно правые и левые положительные трапецоэдры, что обусловлено скрытым двойникованием правых и левых кристаллов; для кристаллов из Руднани (Польша) характерно отсутствие граней трапецоэдров<sup>6</sup>.



Фиг. 166.  
Двойник киновари  
(Никитовка)  
По Чермаку



Фиг. 167.  
Двойник киновари  
(Верхняя Рача,  
Груз. ССР)  
По Везиришвили



Фиг. 168.  
Двойник киновари  
(Ахейское м-ние)  
По Везиришвили

Очень развиты двойники с дв. пл.  $(0001)$  и дв. осью  $c$ ; известны дв. прорастания (фиг. 166—168).

Физ. Сп. по  $(10\bar{1}0)$  совершенная. Хрупка. Изл. неяснораковистый, неровный, иногда занозистый. Тв. 2—2½. Уд. в. 8,0—8,2 (вычисл. 8,05). Цв. ярко-красный, часто неоднородный коричнево-красный, иногда свинцово-серая побелость. Черта ярко-красная. Бл. алмазный, при темной окраске — металлический, у землистой киновари — матовый. Степень прозрачности очень различна.

Плохой проводник электричества. Диэлектрическая постоянная 6,2<sup>7</sup>. Наблюдается фотопроводимость, имеющая четко выраженный анизотропный характер. Кристаллы, подвергнутые действию световых волн определен-

ной длины, при включении в электрическую цепь теряют изоляционные свойства вследствие увеличения электропроводности в миллионы раз. При повышении  $t$ -ры граница фотоэффекта сдвигается в сторону более длинных волн. При облучении  $\alpha$ -частицами возбуждается импульсная проводимость<sup>8</sup>.

HgS диамагнитен. У киновари обнаружены положительные значения уд. магнитной восприимчивости от  $0,2 \cdot 10^{-6}$  до  $31,2 \cdot 10^{-6}$  CGSM, что, вероятно, обусловлено механическими примесями<sup>9</sup>.

Микр. В шл. в прох. св. красная. Плеохроизм: по  $Me$  оранжево-красный, по  $No$  темно-красный. Одноосна (+).  $n_e = 3,272$ ;  $n_o = 2,913$  (Na);  $n_e - n_o = 0,359$ . При  $20^\circ$  (по Розе):

$\lambda, m\mu$	598,5	612,7	672,0	718,8	762,0
$n_e$	3,256	3,224	3,143	3,095	3,065
$n_o$	2,905	2,876	2,814	2,780	2,756
$n_e - n_o$	0,351	0,348	0,329	0,315	0,309

Очень сильно вращает плоскость поляризации (в 15 раз сильнее, чем кварц)<sup>10</sup>, в пластинках толщиной 0,2 мм в красном свете на  $52-58^\circ$  (по Деклуазо). Преимущественно наблюдается левое вращение, в некоторых кристаллах, как следствие двойникования, наблюдаются участки с правым и левым вращением, распределенные по секторам шлп неправильно.

В полир. шл. в отраж. св. голубовато-белая. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 30, для оранжевых — 25,5, для красных — 26. Двуетражение заметное (с иммерсией усиливается). Довольно сильная анизотропия, однако внутренние рефлексy несколько затемняют ее. Исключительно сильные кроваво-красные внутренние эффекты.

Хим. Теор. состав: Hg — 86,21; S — 13,79. Иногда содержит небольшое количество Se и следы Te<sup>11</sup>. Наличие посторонних элементов обычно связано с механическими примесями; возможность изоморфного замещения Hg не доказана. В данных анализов обычно имеется небольшой избыток серы против теоретического.

Состав киновари из Никитовского месторождения<sup>12</sup>: Hg — 85,57; Sb — нет; Bi — нет; S — 13,94; Se — нет; сумма — 99,51.

Диагн. исп. Разлагается царской водкой и хлором; очень слабо при нагревании разлагается HCl; HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> не действуют. Растворяется в растворе KJ + J и в растворах сульфидов едких щелочей с образованием комплексных солей. В водном растворе Na<sub>2</sub>S киноварь несколько менее растворима, чем метацннабарит<sup>13</sup>.

В полир. шл. от царской водки вскипает и дает легко стирающийся налет; другие стандартные реактивы не действуют.

П. п. тр. на угле возгоняется без остатка. В откр. тр. при осторожном нагревании дает возгон Hg и выделяет SO<sub>2</sub>. В закр. тр. дает возгон черного HgS, в присутствии соды — возгон Hg.

Характерная микрочим. реакция: к раствору в царской водке добавляется смесь Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O + NH<sub>4</sub>CNS, образуются синие призматические кристаллы двойной роданистой соли Co и Hg<sup>14</sup>.

Повед. при нагр. При нагревании сначала становится коричневой, при  $t$ -ре выше  $250^\circ$  — черной. При  $44^\circ$  и давлении в 1 атм. обратимо переходит в метацннабарит<sup>15</sup>. Под сильным давлением не разлагается до  $t$ -ры плавл. ( $\sim 1450^\circ$ ).

Кэф. лин. расш. при  $40^\circ$  оси с  $0,2147 \cdot 10^{-4}$ ,  $\perp$  оси с  $0,1791 \cdot 10^{-4}$ . Уд. теплоемкость при  $0^\circ$  0,214. при  $200^\circ$  0,27 дж · г<sup>-1</sup> · град<sup>-1</sup> (Берц и др.).

**Наход.** Наиболее распространенный минерал ртути. В главной массе отлагается из гидротермальных растворов при относительно низких температурах; ряд авторов допускает, что растворы, из которых отлагается киноварь, имеют щелочную реакцию<sup>16</sup>.

Наиболее широко распространены месторождения, образовавшиеся на умеренных и малых глубинах. Рудные тела приурочены к песчанкам, сланцам, кварцитам, известнякам, доломитам и др. В низкотемпературных гидротермальных месторождениях киноварь образует прожилки, сплошные массы, вкрапленность и налеты в трещинах; нередко выделения киновари приурочены к окварцованным участкам. Отмечено образование киновари после кварца с замещением кварца и отчасти кальцита в самые поздние этапы гидротермальной деятельности<sup>17</sup>.

В некоторых месторождениях шт. Орегон, шт. Айдахо, шт. Невада (США) в виде субмикроскопических выделений киноварь сопровождается опал и халцедон и была предположительно отложена коллоидальными растворами на небольшой глубине<sup>18, 19</sup>.

Встречается в тесной ассоциации с антимонитом, а также с пиритом, мельниковит-пиритом, марказитом, реже — с реальгаром, арсенопиритом и другими сульфидами, иногда с самородным золотом; из жильных минералов спутниками являются главным образом кварц (халцедон), кальцит, иногда барит, часто накрит, битумы. Иногда сопровождается вторичными минералами ртути, метациннабаритом.

Менее обычно наличие киновари в среднетемпературных золотоносных кварцевых жилах (Айтское месторождение Свердловской обл.).

В среднетемпературных месторождениях киноварь изредка наблюдается как вторичный минерал, образовавшийся за счет ртути содержащих блеклых руд; иногда замещает гипогенный метациннабарит<sup>24</sup>.

Главные месторождения в СССР: Никитовка (УССР)<sup>12, 21</sup>, Хайдаркан и Чаувай (Киргизская ССР)<sup>22</sup>, Чаган-Узунское и Акташское (Горно-Алтайская авт. обл.)<sup>14</sup>, Джижикрут (Таджикская ССР)<sup>23</sup>. Киноварь установлена также в Вышковском и Береговском р-нах Закарпатской обл. (УССР)<sup>20</sup>, по южному склону Главного Кавказского хребта<sup>4</sup> (Ахейское, Талакиани и Бокое в Груз. ССР).

Месторождения мирового значения: Альмаден (Испания), Авала (Югославия), Идрия (Италия), Нью-Идрия и Нью-Альмаден (США).

**Изм.** В гипергенных условиях в общем устойчива и при механическом разрушении пород и руд попадает в россыпи. Иногда разлагается с выделением металлической ртути, реже переходит в каломель или в более редкие галоидные соединения ртути. Se-содержащая киноварь чернеет под воздействием у. ф. лучей в присутствии водяных паров<sup>11</sup>.

**Искусств.** Получается различными путями: взаимодействием  $H_2S$  и  $HgCl_2$  (Дюроше, Бродерик) или  $NH_4CNS$  и  $Hg_2Cl_2$  (Вайншенк), при продолжительном стоянии на воздухе раствора сульфата ртути в  $Na_2S$  (Де-Конинк), в запаянной трубке при  $80-90^\circ$  при действии сероводородной воды на металлическую ртуть (Дельтер), нагреванием до  $100^\circ$  аморфного  $HgS$  с  $(NH_4)_2S$  в запаянной трубке<sup>25</sup>, при нейтрализации или разбавлении водой раствора, содержащего  $Na_2S$ .

**Практ. знач.** Практически единственный источник ртути.

**Отл.** Характерны ярко-красный цвет, высокий уд. вес, поведение перед паяльной трубкой. В окатанных зернах от куприта отличается реакцией на Hg и по черте: черта ярко-красная и не меняет цвета при растирании, у куприта черта буровато-красная, при растирании желтеет и зеленеет. От кермезита отличается более ярким красным цветом и отрицательной реакцией с КОН (конц. р-р). Под микр. в мелких зернах сходна с пруститом, отличается отношением к действию реактивов.

Межплоскостные расстояния киновари из Никитовки  
(по Михееву)Fe-антикатод,  $D = 68,00$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 1 $\beta$	3	(3,70)	3,35	16	0006	3	1,582	1,434
2	10 $\bar{1}$ 1	10	3,372	3,056	17	11 $\bar{2}$ 4; 20 $\bar{2}$ 3	3	1,561	1,445
3	0003	8	3,163	2,867	18	21 $\bar{3}$ 1 $\beta$	1	(1,481)	1,342
4	10 $\bar{1}$ 2	10	2,869	2,600	19	20 $\bar{2}$ 4	5	1,432	1,298
5	10 $\bar{1}$ 3	4	2,380	2,158	20	11 $\bar{2}$ 5	1	1,400	1,269
6	11 $\bar{2}$ 0 $\beta$	1	(2,294)	2,079	21	21 $\bar{3}$ 1	5	1,343	1,218
7	1014 $\beta$	1	(2,189)	1,984	22	21 $\bar{3}$ 2	5	1,305	1,183
8	11 $\bar{2}$ 0	8	2,074	1,880	23	21 $\bar{3}$ 3	4	1,255	1,137
9	11 $\bar{2}$ 1	2	2,028	1,838	24	21 $\bar{3}$ 4	2	1,178	1,068
10	1013	8	1,980	1,795	25	10 $\bar{1}$ 8; 30 $\bar{3}$ 3	3	1,126	1,021
11	11 $\bar{2}$ 2; 11 $\bar{2}$ 3 $\beta$	2	(1,908)	1,729	26	21 $\bar{3}$ 5	3	1,104	1,001
12	20 $\bar{2}$ 2 $\beta$ ; 1015 $\beta$	2	(1,852)	1,679	27	20 $\bar{2}$ 7	2	1,082	0,981
13	20 $\bar{2}$ 1	8	1,765	1,600	28	3034	2	1,069	0,969
14	11 $\bar{2}$ 3	8	1,732	1,570	29	11 $\bar{2}$ 8; 21 $\bar{3}$ 6	3	1,031	0,935
15	20 $\bar{2}$ 2; 1015	8	1,678	1,521					

## Л и т е р а т у р а

1. Aurivilius K. L. Acta Chem. Scand., 1950, 4, No 9, 1413. См. также Mauguin C. C. R., Paris, 1923, 176, 1483; Olshausen S. Zs. Krist., 1925, 61, 483; de Jong W., Willems J. Physica, 1926, 6, 129 и др.
2. Белов Н. В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз. Изд. АН СССР, 1947, 55.
3. Tschermak G. Tscherm. Min., Petr. Mitt., 1886, 7, 364; Steinmetz H., Gossner B. Zs. Krist., 1915—1920, 55, 156; Rodolico F. Atti (Rend.) R., Acc. Naz. Lincei, Cl. Sci. fis. mat. nat., Roma, 1929, 9, 176; он же Period. Min., Roma, 1935, 6, 25; Meixner H. Heidelb. Beitr. Min., 1950, 2, Nr 3, 200, и др.
4. Везиришвили Е. К. ДАН СССР, 1941, 32, № 6, 416.
- 4а. Бабкин П. В. Матер. до геол. ипол. ископ. С.-В. СССР, 1956, вып. 10, 148.
5. Svetolik M. Bull. Soc. fr. Min., 1922, 45, 134.
6. Bernard J. H. Geologie, 1955, 4, Nr 7,8, 641 (сводка по кристаллам из Словении, в установке Шабуса).
7. Рожкова Е. В., Проскуровский Л. В. Современные методы исследования горных пород. Госгеолтехиздат., 1957, 115.
8. Анеагн А. J. Phys. Revue, 1949, 75, 1966.
9. Круглякова Г. И. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1952, № 6, 257.
10. Schandgasekhar S. Proc. Ind. Acad. Sci., Sect. A, 1953, 37, No 5, 697.
11. Федорчук В. П. Зап. Узб. отд. Всес. мин. о-ва, 1956, 10, 111.
12. Захаров Е. Е., Королев Н. И. Структура рудного поля Никитовского рудного м-ния. Изд. АН СССР, 1940, 65.
13. Dickson F. W., Tunell G. Science, 1954, 119, No 3093, 467.
14. Сауков А. А. Минералы СССР, Изд. АН СССР, 1940, 2, 236.
15. Dickson F. W., Tunell G. Am. Min., 1959, 44 No 5—6, 471.
16. Сауков А. А. Тр. ИГН АН СССР, 1946, вып. 78, 58.
17. Королева Н. Н. Зап. Узб. отд. Всес. мин. о-ва, 1953, вып. 3, 101.
18. Pollock J. Min. Techn., 1944, 8, No 4, Techn. publ. No 1735, 13.
19. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955, 285.
20. Мерлич Б. В. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1957, № 11, 122 и Геол. сб. Львов. геол. о-ва, 1957, № 4, 89; Барышников Э. К., Мерлич Б. В., Славская А. И. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1957, № 11, 342; Лазаренко Э., там же, 152; Пиотровский Г. Л., там же, 1958, № 12, 225.
21. Абрамов Ф. И., Данилов С. Л., Крутов Г. А. Минералого-петрографический очерк Никитовского рудно-сурьмяного месторождения. Госгеол-издат, 1932.
22. Смирнов В. И. Зап. Мин. о-ва, 1945, 74, № 3, 230.

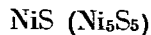
23. Сидоренко З. В. Советская геология, 1948, № 34, 60; Сургай В. Т. Тр. Ин-та геол. АН Кирг. ССР, 1955, вып. 6, 39; Невский В. А. Изв. АН СССР, сер. геол., 1955, № 5, 72; Мудрогина Н. С. Матер. по геол. и пол. ископ. Средн. Азии, 1956, вып. 10, 58.
24. Allen E. T., Grenshaw J. L., Merwin H. E. Am. J. Sci., 1912, 34, 367.

## СТРУКТУРА ТИПА МИЛЛЕРИТА

## ГРУППА МИЛЛЕРИТА

Миллерит NiS Триг. с.  $a_h$  9,62  $c_h$  3,16 Уд. в. ~ 5,4

## Миллерит Millerite



Назван по имени английского кристаллографа В. Милера, впервые изучившего кристаллы этого минерала (Хайдинггер, 1845); первоначально описан под названием волосистого колчедана (Вернер, 1789).

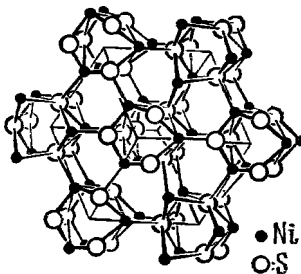
Синон. Желтый никелевый колчедан, никелевый колчедан, капилозе (Чеммен, 1846), трихопирит (Глокер, 1847), никелевая обманка (Грот, 1874), частично описывался под названием «бейрихит» (ср. виоларит);

Характ. выдел. Игольчатые кристаллы радиально-лучистые, волосовидные и спутанно-волоконистые, иногда зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Триг. с.  $C_{3v}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 5,65 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 116^\circ 37'$ ;  $Z = 3 (\text{NiS})$ ;  $a_h = 9,62$ ,  $c_h = 3,16 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 0,328$ ;  $Z = 9$  (Алсен)<sup>1</sup>.

Гемиморфная структура, для которой характерно координационное число 5<sup>1,2</sup>; каждый атом Ni окружен пятью атомами S по вершинам квадратной пирамиды с Ni—S = 2,3 Å (фиг. 169); отличается от пентландита, у которого координационное число для Ni равно 4, и искусственной высокотемпературной модификации NiS, обладающей структурой типа никелина с координационным числом 6.

Дитриг.-пирамид. кл.;  $a : c = 1 : 0,3296$  (Милер).



Фиг. 169.

Структура миллерита

Наиболее обычные формы:

	φ	ρ		φ	ρ
<i>m</i> 10 $\bar{1}0$	60°00'	90°00'	<i>r</i> 10 $\bar{1}1$	60°00'	20°50'
<i>a</i> 11 $\bar{2}0$	30 00	90 00	<i>e</i> 01 $\bar{1}2$	0 00	10 46
<i>k</i> 21 $\bar{3}0$	40 53	90 00	<i>p</i> 02 $\bar{2}1$	0 00	37 17
<i>d</i> 72 $\bar{9}0$	47 47	90 00	<i>t</i> 03 $\bar{3}1$	0 00	48 47
<i>x</i> 41 $\bar{5}0$	49 06	90 00	$\mu$ 14 $\bar{5}3$	49 06	30 10
<i>rr</i> (10 $\bar{1}1$ ) : (1 $\bar{1}01$ ) = 35°52'			<i>ee</i> (01 $\bar{1}2$ ) : (1 $\bar{1}02$ ) = 18°37'		<i>er</i> (01 $\bar{1}2$ ) : (10 $\bar{1}1$ ) = 17°56'
<i>ra</i> (10 $\bar{1}1$ ) : (11 $\bar{2}0$ ) = 72 04			<i>pp</i> (02 $\bar{2}1$ ) : (2 $\bar{2}01$ ) = 63 17		<i>pr</i> (02 $\bar{2}1$ ) : (10 $\bar{1}1$ ) = 31 39
<i>rm</i> (10 $\bar{1}1$ ) : (10 $\bar{1}0$ ) = 69 10			<i>tt</i> (03 $\bar{3}1$ ) : (3 $\bar{3}01$ ) = 81 18		<i>tr</i> (03 $\bar{3}1$ ) : (10 $\bar{1}1$ ) = 41 27

Более редкие формы:

<i>c</i> 0001	<i>R</i> 53 $\bar{8}0$	<i>P</i> 31 $\bar{4}0$	<i>D</i> 40 $\bar{4}3$	<i>F</i> 11 $\bar{2}2$	<i>s</i> 21 $\bar{3}1$
<i>H</i> 32 $\bar{5}0$	<i>L</i> 52 $\bar{7}0$	<i>M</i> 61 $\bar{7}0$	<i>v</i> 50 $\bar{5}2$	<i>G</i> 63 $\bar{9}5$	



Известно также около 20 малодостоверных форм (см. Дана, 1944).

Кристаллы игольчатые с грубой продольной штриховкой, вытянуты по оси *c*; длина их обычно от 0,5 до 15 мм; более крупные кристаллы редки. Часто кристаллы спирально закручены вокруг оси *c*. Дв. по (0001), большей частью в виде пластинок; дв. скольжения по (0112). Миллерит встречается как продукт замещения и распада твердого раствора в выделениях линнента в виде пластинчатых включений, расположенных параллельно (100) и (111) линнента. Отмечались эпитаксисческие сростания миллерита со сфалеритом<sup>3</sup>.

**Физ.** Сп. по (1011) и (0112) совершенная. Хрупок. Изл. перовый. Тв. 3—3½. Уд. в. 5,2—5,6 (вычисл. 5,36). Цв. бледно-латунно-желтый, иногда радужная побежалость. Черта зеленовато-черная. Бл. сильный, металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. светло-желтый, но в контакте с некоторыми минералами (например, борнитом) выглядит белым с очень слабым желтоватым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 53, для оранжевых — 54, для красных — 54. Двуотражение при наблюдении в воздухе проявлено отчетливо. Сильно анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Ni — 64,67; S — 35,33. Часто содержит примеси Fe, Co, Cu.

Анализы:

	Fe	Co	Ni	S	Сумма	Уд. в.
1.	0,80	—	64,45	35,55	100,80	5,028
2.	0,85	2,02	61,05	35,69	99,61	4,7

1 — Сент-Луис; анал. Леонард<sup>4</sup>; 2 — Лямерихскауле; анал. Ласпейрес<sup>5</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub> и царской водке, окрашивая раствор в зеленый цвет и выделяя часть S. Азотнокислый раствор минерала дает с диметилглиоксимом характерную реакцию на Ni. В HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> не растворяется.

В полир. пл. воздействие реактивов замедленное и потому нехарактерно. Буреет от конц. HNO<sub>3</sub>, от царской водки, от KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, от FeCl<sub>3</sub> (слабо).

П. п. тр. на угле плавится с образованием блестящего магнитного королька; с бурой и фосфорной солью дает перл Ni.

**Повед. при нагр.** При 350° переходит в высокотемпературную β-модификацию, обладающую структурой никелина<sup>6,7</sup>.

**Наход.** Сравнительно редко встречающийся минерал, в большинстве случаев гипогенный. В гидротермальных месторождениях встречается в весьма разнообразных парагенетических ассоциациях. В магматических медно-никелевых месторождениях типа Садбери обычно наблюдается среди более поздних парагенетических ассоциаций минералов совместно с никельстым пиритом, халькопиритом, борнитом. Иногда развивается за счет пентландита. Встречается в виде прожилков или по трещинкам в виде радиально-лучистых агрегатов в гидротермально-измененных никелевых ультраосновных изверженных породах (душтах и перидотитах).

В жильных гидротермальных месторождениях иногда образует более крупные скопления в ассоциации с сульфидами и арсенидами Ni и Co, галенитом, флюоритом, кальцитом, кварцем и др. Наблюдался в тесной ассоциации с халцедоном и киноварью в ртутном месторождении Клау в Санта-Луисия-Рейндж (шт. Калифорния, США)<sup>8</sup>.

Значительно реже встречается в гипергенных образованиях совместно с другими сульфидами Ni и Fe. Образуется при сероводородном брожении в отложениях болотного типа вблизи массивов ультраосновных никеленосных пород, подвергающихся выветриванию. Известны также выделения миллерита в некоторых угленосных толщах (шт. Пенсильвания, США; Саарбрюккен в Саарской обл.).

В СССР встречается<sup>9</sup> в Норильском медно-никелевом месторождении Красноярского края, в Монче-тундре Мурманской обл., в гидротермальном Березовском золоторудном месторождении Свердловской обл., в Карабашском месторождении медистого золота Челябинской обл. Гипергенный миллерит в ассоциации с полпдимитом, шпритом и вазситом наблюдался в Айдырлинском месторождении Оренбургской обл.<sup>10</sup> Установлен во многих месторождениях ГДР — Фрейберг, Шнееберг и др., в Яхимове (Чехословакия).

В месторождении Лямерихскауле близ Оберлара (ФРГ), миллерит, описанный под названием «бейрихита», наблюдался в кристаллах до 7 см длины при 8 мм толщины на кристаллах кварца, покрытых ромбоэдрами сидерита и доломита. В месторождении Сент-Луис (шт. Миссури, США) иголки миллерита и пучки его кристаллов прозывают кристаллы кальцита.

Изм. Замещается полидимитом, иногда с образованием полных псевдоморфоз<sup>9,10</sup>.

#### Межплоскостные расстояния миллерита (по Харкорт)

Fe-антикатод											
№	hkl	I	I*	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	$\bar{1}\bar{1}0$	4	2,0	4,836	(4,384)	22	$2\bar{1}\bar{1}; 3\bar{3}\bar{1}$	1		1,414	(1,281)
2	$100\beta$	2		(3,243)	2,939	23	$\bar{4}\bar{2}\bar{2}; \bar{2}\bar{2}\bar{2}; \bar{4}\bar{3}\bar{0}\beta$	3	0,2	(1,393)	1,263
3	$\bar{2}\bar{1}\bar{1}\beta$	2	0,2	(3,058)	2,772	24	$\bar{4}\bar{3}\bar{1}$	2	0,3	1,340	(1,214)
4	100	4	1,0	2,970	(2,692)	25	$\bar{3}\bar{1}\bar{0}$	4	0,2	1,309	(1,186)
5	$\bar{2}\bar{1}\bar{1}; 4\bar{1}\bar{1}\beta$	9	5,0	2,792	(2,530)	26	$2\bar{2}\bar{2}; \bar{4}\bar{3}\bar{0}$	7	0,3	1,260	(1,142)
6	$2\bar{2}\bar{0}\beta$	1		(2,662)	2,443	27	$\bar{4}\bar{2}\bar{0}\beta; 4\bar{4}\bar{1}\beta;$	2	0,3	(1,234)	1,119
7	$1\bar{1}\bar{1}$	5	3,0	2,514	(2,278)		$\bar{5}\bar{2}\bar{2}\beta$				
8	$2\bar{2}\bar{0}; 2\bar{1}\bar{0}\beta$	2	0,2	2,417	2,191	28	$\bar{3}\bar{2}\bar{1}; \bar{5}\bar{3}\bar{2}\beta$	2		(1,220)	1,106
9	$2\bar{1}\bar{0}$	5	3,0	2,242	(2,032)	29	$\bar{4}\bar{4}\bar{0}$	4		1,206	(1,093)
10	$2\bar{2}\bar{1}\beta$	3	0,3	(2,071)	1,877	30			0,2	1,197	
11	$3\bar{2}\bar{1}\beta$	1	0,2	(2,013)	1,824	31	$\bar{4}\bar{3}\bar{2}$	4	0,2	1,183	(1,072)
12	$3\bar{1}\bar{1}\beta$	1	0,2	(1,922)	1,743	32	$\bar{4}\bar{1}\bar{1}$	6	0,2	1,146	(1,039)
13	$2\bar{2}\bar{1}$	10	4,0	1,876	(1,700)	33	$\bar{4}\bar{2}\bar{0}; \bar{4}\bar{4}\bar{1}; \bar{5}\bar{2}\bar{2}$	10**0,2		1,117	(1,012)
14	$3\bar{2}\bar{1}$	7	1,0	1,821	(1,651)	34	$\bar{5}\bar{3}\bar{2}$	6	0,2	1,107	(1,003)
15	$3\bar{3}\bar{0}\beta$	1		(1,772)	1,606	35	$\bar{5}\bar{3}\bar{2}; 5\bar{3}\bar{1}$		0,2	1,086	(0,984)
16	$3\bar{1}\bar{1}$	7	2,0	1,730	(1,568)	36	$\bar{5}\bar{4}\bar{1}$		0,2	1,051	(0,952)
17	$1\bar{1}\bar{0}\beta$	1		(1,718)	1,557	37	$\bar{4}\bar{3}\bar{1}; 2\bar{1}\bar{0}$		0,3	1,035	(0,938)
18	$\bar{3}\bar{2}\bar{0}$	3	0,5	1,642	(1,488)	38	$\bar{5}\bar{4}\bar{0}$			1,011	(0,916)
19	$3\bar{3}\bar{0}$	7	1,0	1,609	(1,459)	39	$\bar{5}\bar{2}\bar{1}; \bar{5}\bar{3}\bar{3};$		0,2	0,990	(0,897)
20	110	6	1,0	1,536	(1,416)						
21	$200; \bar{3}\bar{2}\bar{2}; \bar{4}\bar{3}\bar{1}\beta$	1		1,457	(1,337)	40	$2\bar{2}\bar{1}; 300$		0,2	0,925	
						41			0,2	0,908	

\* Интенсивности оценены по способу Харкорта для наблюдавшихся им линий порошковой программы миллерита из Садбери (при медном излучении без фильтра). Величины  $d/n$ , полученные Харкорт для этого образца, очень сходны с данными Эдельмана и Уилемса<sup>14</sup>, но систематически меньше их приблизительно на 0,5—1% измеряемой величины.

\*\* Интенсивность этой линии Эдельман и Уилемс оценивают баллом 20, Харкорт дает для нее интенсивность 0,2.

**Искусств.** Получается насыщением на холоде сероводородом водных растворов  $\text{NiSO}_4$  и нагреванием ( $80^\circ$ ) без добавок свободных кислот или с подкислением серной и уксусной кислотами<sup>10a</sup>. Аморфный NiS может быть осажден  $(\text{NH}_4)_2\text{S}^{11}$ . Получается из соответствующих количеств Ni и S сплавлением в струе азота<sup>12</sup>, или в зап. тр. при относительно низких температурах в смеси с другими сульфидами Ni<sup>6,13</sup>.  $\alpha$ -NiS установлен в системе Ni—S между Ni и  $\text{NiS}_2$  в продуктах медленного охлаждения; представляет определенное соединение с очень узкой областью гомогенности.

**Практ. знач.** Руды, содержащие миллерит, используются для получения Ni.

**Отл.** Весьма характерна игольчатая форма выделений. Под микр. отличается от сходного по цвету халькопирита повышенной отраж. способностью сильной анизотропностью и средней твердостью.

#### Л и т е р а т у р а

1. A l s e n N. Geol. För. Förh., 1925, 47, 19; Ott E. Zs. Krist., 1926, 63, 222; Willem s J. Physica, 1927, 7, 203.
2. Белов Н. В. Структура полных кристаллов и металлических фаз. Изд. АН СССР, 1947, 132.
3. K a s p a r J. V. Vestn. Král. Společn. nauk., 1932, Praga, 1933 (по реферату в N. Jb. Min., 1936, 1, 257).
4. L e o n h a r d t A. V. Zs. Krist., 1885, 10, 318.
5. L a s p r e u g e s H. Zs. Krist., 1893, 20, 539.
6. L u n d q u i s t D. Ark. Kemi., Min, Geol., 1947, 24 A, N. 4, No 21, 1.
7. Кузнецов В. Г., Елисеев А. А., Попова З. В. Тезисы докл. 2-го совещ. по кристаллохимии. Изд. АН СССР, 1957, 43.
8. W o o d h o u s e C. D., N o r r i s R. M. Am. Min., 1957, 42, No 4—2, 113.
9. Шадлув Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 223.
10. Грицаенко Г. С., Нестерова Ю. С., Бутузов В. П. Зап. Мин. о-ва, 1946, 75, № 4, 285.
- 10a. Грицаенко Г. С., Слудская Н. Н., Айдиньян Н. Х. Изв. АН СССР, сер. геол., 1950, № 2, 128.
11. L e v i G. R., B a r o n i A. Zs. Krist., 1935, 92, 210.
12. P e u g o n e l G., P a c i l l i E. Atti (Rend.) R. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sci. fis. mat. nat., Roma, 1942, 3, 278 (по реферату в Min. Abstr., 1949. 10. Nr 10, 457).
13. L u n d q u i s t D. Ark. Kemi, Min, Geol., 1947, 24 A, N. 4, No 23, 1.
14. E d e l m a n C. H., W i l l e m s H. W. Zs. Krist., 1928, 67, 177.

### СТРУКТУРА ТИПА КУПЕРИТА

#### ГРУППА КУПЕРИТА

	Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.
Куперит PtS	Тетраг.	3,48	6,11	9,5
Брэггит (Pt,Pd.Ni)S	Тетраг.	6,38	6,59	10,0

#### Куперит Cooperite PtS

Назван по имени Р. Купера, впервые описавшего минерал (Вартсвайлер, 1928; см. Купер)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Неправильные зерна, реже призматические кристаллы.

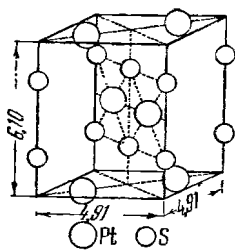
**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с.  $D_{4h}^9 - P4_2/mmc$ ;  $a_0 = 3,48$ ;  $c_0 = 6,113 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,7581$ ;  $Z = 2$  (Бэнистер)<sup>2</sup>.

Наименьшее расстояние между атомами S 3,05 Å, а между атомами Pt — 3,47 Å. Структура — гранцентрированная элементарная ячейка с простым типом четверной координации, построенная из плоских групп PtS<sub>4</sub> и тетраэдрических групп SPt<sub>4</sub> при расстоянии Pt—S = 2,32 Å (фиг. 170, решетка повернута на 45°.  $a_0 = 4,91 = 3,48\sqrt{2}$ ).

Дитетраг.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1 : 1,758$  (Бэннстер).

Формы:

	φ	ρ		φ	ρ
c 001	—	00°00'	d 101	90°00'	60°22'
a 100	90°00'	90 00			



Фиг. 170.  
Структура куперита (параметры — в Å)  
По Бэннстеру

**Физ. Сп.** по (101). Изл. раковистый. Тв. 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Уд. в. 9,5 (вычисл. 10,20). Цв. стально-серый. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. коричневатый, напоминает по цвету пирротин. Отраж. спос. умеренная, значительно ниже, чем у других платиновых минералов (в %): для зеленых лучей 41, для оранжевых — 34, для красных — 34. Слабо анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Pt — 85,89; S — 14,11. Иногда содержит Pd (до 4%), следы Ni, Ru и Ir.

#### Анализы:

	Ni	Pt	Pd	S	Сумма	Уд. в.
1	0,1	85,6	—	14,3	100,00	9,5
2	—	82,2	2,6	14,4	99,2	—
3	—	82,5	—	17,5	100,00	—

1 и 2 — Потгитерсрюст<sup>2</sup>; 1 — анал. Хей (навеска 8,28 мг); 2 — анал. Эдэм; 3 — Рюстенбург; анал. Хей<sup>2</sup> (навеска 2,48 мг).

**Диагн. исп.** В царской водке не растворяется.

В полир. шл. концентрированными кислотами и царской водкой не травится. В закр. тр. дает возгон S.

**Повед. при нагре.** При нагревании до 800° теряет 15—20% своего веса, тогда как сперрилит теряет 40%.

**Находч.** Встречается в ассоциации с пирротинном, пентландитом, халькопиритом, сперрилитом, самородной платиной и бреггитом в платиновых поритах Бушвелдского комплекса (Южная Африка) в р-нах Потгитерсрюста и Рюстенбурга, а также в дуинтах Линденбурга (Южная Африка).

**Искусств.** Получен при сплавлении Pt, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и S в фарфоровом тигле в течение 15 мин.

**Практ. знач.** Часть платины в медно-никелевых сульфидных рудах, по-видимому, содержится в виде куперита.

**Отл.** От других минералов платиновой группы отличается пониженной отраж. способностью и тем, что не травится царской водкой.

Межплоскостные расстояния куперита из Рюстенбурга<sup>2</sup>  
Cu-антикатод \*

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	200	2	3,45	10	224	5	1,308
2	002	10	3,03	11	512	6 ш	1,238
3	?	4	2,89	12	?	6	1,160
4	220	4	2,47	13	600	6	1,155
5	103: 222	8	1,93	14	503; 433	6	1,145
6	312	6	1,77	15	532	4	1,105
7	400	6	1,74	16	630	6	1,037
8	420	2	1,541	17	533	2	1,027
9	004	8	1,513	18	514	4	1,013

\* Оригинал анализа № 3.

## Л и т е р а т у р а

1. Cooper R. A. J. Chem. Met. Min. Soc. South Africa, 1928, 28, 283.
2. Bannister F. A., Hey M. H. Min. Mag., 1932, 23, No 138, 198.

## Брэггит Braggite

(Pt, Pd, Ni)S

Назван по имени Брэггов (отца и сына), создателей рентгенометрического метода исследования кристаллического вещества (Бэннистер, Хей, 1932)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Округлые и удлинённые зерна.

**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с.  $C_{4h}^2-P4_2/m$  или  $C_4^3-P4_2$ ;  $a_0 = 6,383$ ;  $c_0 = 6,593 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,033$ ;  $Z=8$  (Бэннистер, Хей, 1932)<sup>1</sup>.

Структура несколько отличается от структуры куперита, сходна со структурой искусственно полученного PdS.<sup>2</sup> Характерно окружение двухвалентного катиона четырьмя анионами по вершинам очень сплюснутого тетраэдра, почти квадрата, как в PtS.

**Физ.** Уд. в. 10,0 (при Pt : Pd : Ni = 4,5 : 2,5 : 1,0 вычисл. 8, 9). Цв. серебристо-белый. Бл. металлический.

**Микр.** В полир. пл. отраж. спос. умеренная, близка к отраж. спос. куперита. Анизотропен. Полируется хорошо. Обычными реактивами диагностического травления, концентрированными кислотами и царской водкой не травится. Минераграфически изучен плохо.

**Хим. Теор. состав** (при отношении Pt : Pd : Ni = 4,5 : 2,5 : 1,0): Pt — 60,15; Pd — 18, 27; Ni — 4,02; S — 17,56.

Анализы:

	Pt	Pd	Ni	S	Сумма
1.	[58,2]	18,1	4,7	19,0	100,0
2.	59,1	20,87	2,8	16,8	99,99*

\* Содержит 0,42 Rh, Ir и другие примеси.

1 п 2 — Потгитерсрюст<sup>1</sup>: 1 — анал. Хей;  
2 — анал. Эдэм.

**Находк.** Встречается в месторождениях медно-никелевых сульфидных руд. Выделен совместно с куперитом, сперрилитом и лауритом из концентратов руд месторождений р-нов Рюстенбург и Потгитерсрюст (Бушведский комплекс, Южная Африка).

**Практ. знач.** Может служить для получения платины и палладия.

Межплоскостные расстояния брэггита из Потгитерсрюста (по XRDC) \*  
Cu-антикатоде, Ni-фильтр

№	<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$
1	4	4,6	12	8	1,72	22	4	1,266
2	5	3,74	13	6	1,65	23	4	1,257
3	4	3,21	14	6	1,60	24	2	1,243
4	10	2,92	15	4	1,553	25	2	1,233
5	8	2,63	16	2	1,511	26	4	1,220
6	5	2,16	17	2	1,466	27	5	1,208
7	5	2,03	18	8	1,431	28	6	1,196
8	7	1,87	19	8	1,401	29	6	1,172
9	7	1,82	20	4	1,377	30	7	1,150
10	7	1,78	21	4	1,279	31	6	1,130
11	8	1,75						

\* 1944. II, 1525.

Л и т е р а т у р а

1. Bannister F. A., Hey M. H. Min. Mag., 1932, 23, No 138, 198.
2. Gaskell T. F. Zs. Krist., 1937, 96, 203.

ИСКАЖЕННАЯ СТРУКТУРА ТИПА ГАЛИТА

ГРУППА ГЕРЦЕНБЕРГИТА

Герценбергит SnS Ромб. с.  $a_0$  3,99  $b_0$  4,34  $c_0$  11,20 Уд.в. 5,16

Герценбергит Herzenbergite

SnS

Назван по имени впервые открывшего минерал немецкого химика Р. Герценберга (Рамдор, 1934) <sup>1</sup>.

Синон. Кольбекит (Герценберг, 1932) <sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкозернистые массы, лучистые и тонкочешуйчатые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Искусственный: ромб. с.  $D_{2h}^{16}-Pnma$ ;  $a_0=3,989$ ;  $b_0=4,339$ ;  $c_0=11,20$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0=0,919 : 1 : 2,58$ ;  $Z=4$  (Хоффман) <sup>3</sup>.

Структура отвечает деформированной структуре типа NaCl <sup>3</sup>. Атомы Sn(S) окружены шестью атомами S(Sn) по искаженным октаэдрам, в которых три расстояния Sn—S короче трех других. Атомы, находящиеся на более коротких расстояниях, слагают сетку, что обуславливает тонкочешуйчатое сложение природного и искусственного SnS. По структуре близок к тиллиту.

Рентгеновские данные Хоффмана отвечают данным Стефановича <sup>4</sup>, измерявшего искусственные кристаллы; осп  $a$ ,  $b$  и  $c$  Стефановича приняты Хоффманом за  $b$ ,  $c$  и  $a$ .

**Физ.** Сп. не наблюдалась; (001) является поверхностью скольжения, по которой при деформации происходит смещение и разлистывание. Тв. 2. Уд. в. природного герценбергита не определялся (вычисл. 5,16). Цв. черный и темно-серый. Черта черная, при тонком растирании коричневатая. Бл. металлический или полуметаллический (как у графита). Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый (немного темнее галенита).

Двуотражение слабое, но в иммерсии заметное на границе зерен: в направлении  $\parallel$  (001) (в установке Хоффмана) минерал светлее (голубовато-белый),  $\perp$  этой плоскости — темнее (слегка желтовато-белый). Сильно

анизотропный, с ясным цветным эффектом от желтовато-красного и красного до сероватого или зеленовато-синего. Слабые внутренние рефлексы темно-бурого или красно-коричневого цвета заметны лишь в иммерсии.

Хим. Теор. состав: Sn — 78,73; S — 21,27. Состав природного герценбергита изучен недостаточно. На основе неполных анализов образцов с примесями пирита, касситерита и кварца Герценберг<sup>2</sup> вывел формулу Sn<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

Рамдор<sup>1</sup> установил полную идентичность естественного герценбергита и искусственного SnS.

Диагн. исп. Легко растворяется в HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с выделением H<sub>2</sub>S. Разлагается в едких щелочах. В полир. пл. от HCl становится шероховатым, от KOH образуется коричневый налет.

П. п. тр. на угле дает белый налет ZnO, в закр. тр. — возгон S.

Находж. Весьма редкий, найден лишь в двух месторождениях. Образуется, по-видимому, за счет первичных минералов Sn при полном отсутствии Pb (в противном случае образуются сложные сульфиды Pb). В месторождении Мария-Тереза (Оруро, Боливия)<sup>2,5</sup>, относящемся к касситерито-сульфидной формации, герценбергит обнаружен на глубине 140 м в парагенезисе с кварцем, пиритом, сфалеритом, станнином, арсенопиритом, реже — с халькопиритом; образовался предположительно за счет станнина (Рамдор), хотя типичные структуры замещения отсутствуют. В месторождении Штипельман около Арандиза (Юго-Западная Африка), приуроченном к скарнам, герценбергит ассоциируется с норденшильдитом, станнином, арандизитом, висмутином, кубанитом, сфалеритом, касситеритом и другими минералами<sup>6</sup>; образовался в гидротермальную стадию за счет разложения норденшильдиита, в непосредственной близости к последнему. По отношению к касситериту является в основном более поздним, а по отношению к станнину — более ранним.

Искусств. Получается очень легко<sup>3</sup> при сплавлении Sn и S в молекулярных отношениях: в крупных кристаллах получен в бомбе при высоком давлении действием H<sub>2</sub>S на SnCl<sub>4</sub> в соляно-кислом растворе.

Отл. В полир. пл. герценбергит легко можно принять за тиллит и франкеит. От тиллита отличается меньшей отраж. способностью, от франкеита — более сильной анизотропией.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P. Zs. Krist., 1935, 92, 186.
2. Herzenberg R. Cbl. Min., 1932, 354.
3. Hofmann G. Fortschr. Min., 1935, 19, 30; Zs. Krist., 1935, 92, 161.
4. Stevanovic P. Zs. Krist., 1905, 40, 321.
5. Ahlfeld F. Econ. Geol., 1941, No 6, 569.
6. Ramdohr P. N. Jb. Min., 1934, B.-B. 68 A, 292; 1935, B.-B., 70 A, 1.

### СТРУКТУРА ТИПА РЕАЛЬГАРА

#### ГРУППА РЕАЛЬГАРА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
Реальгар	As <sub>4</sub> S <sub>4</sub> Монокл.	9,29	13,53	6,57	106°33'	3,59

#### Реальгар Realgar



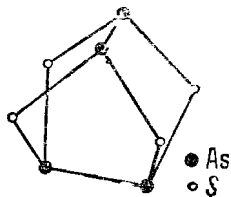
Название от арабских слов, означающих «пыль рудника» (Валериус, 1747).

Синон. Рубиновый мышьяк (Валериус, 1747), красный мышьяк (Валериус, 1753), рубиновая сера (Дана, 1892), красный аурпигмент (Честер, 1896), красная мышьяковая обманка.

Характ. выдел. Кристаллы, зернистые и плотные агрегаты, налеты, вкрапления.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^5$  —  $P2_1n$ ;  $a_0 = 9,29$ ;  $b_0 = 13,53$ ;  $c_0 = 6,57$  Å;  $\beta = 106^\circ 33'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,6878 : 1 : 0,4858$ ;  $Z = 4$  (Бёргер)<sup>1</sup>.

Существование конкретных молекул  $As_4S_4$ , подобных тем, которыми характеризуется газообразный  $As_4S_4$ , — наиболее характерная особенность реальгара, сближающая его структуру со структурой серы, в которой молекула также составлена восемью атомами. Молекула характеризуется наличием зеркальной четверной оси. Над квадратом из четырех атомов S и под ним располагаются по взаимно перекрещивающимся линиям по два атома As (фиг. 171)<sup>2</sup>. Стороны квадрата S — S значительно длиннее расстояний S — As и As — As. Каждый S имеет соседями 2As, а каждый As имеет соседями 2S и еще рядом находится 1 As. Таким образом, в молекуле можно выделить 2 группы  $As_2$ , и структурная формула реальгара будет  $[As_2]_2^4+S_4^{2-}$ . Расстояние As — As = 2,59 (в группе  $As_2$ ); As — S = 2,24 (расстояние между несвязанным As ~ 3,50—3,70 Å).



Фиг. 171.  
Строение  
молекулы  $As_4S_4$   
По Тобелко и др.

Призмат. кл.  $a : b : c = 0,6879 : 1 : 0,4858$ ;  $\beta = 106^\circ 32'$  (Бёргер-Дана, 1944).

Обычные формы 3,4,5:

	$\Phi$	$P$		$\Phi$	$P$
$c$ 001	$90^\circ 00'$	$16^\circ 32'$	$E$ 032	$22^\circ 09'$	$38^\circ 12'$
$b$ 010	0 00	90 00	$e$ 021	16 59	45 27
$a$ 100	90 00	90 00	$k$ 031	11 30	56 05
$\mu$ 140	20 46	90 00	$z$ 101	90 00	45 56
$v$ 130	26 49	90 00	$x$ 101	-90 00	23 44
$l$ 120	37 10	90 00	$d$ 111	64 49	48 47
$u$ 350	42 18	90 00	$r$ $\bar{1}11$	-42 09	33 14
$w$ 230	45 19	90 00	$o$ 131	35 20	60 46
$m$ 110	56 36	90 00	$H$ 121	46 46	54 49
$i$ 210	71 45	90 00	$y$ $\bar{1}31$	-16 47	56 42
$n$ 011	31 25	29 39	$q$ $\bar{1}21$	-24 21	46 50
			$f$ $\bar{2}11$	-67 34	51 51

$mm$ (110) : ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = $66^\circ 48'$	$ea$ (021) : (100) = $77^\circ 59'$	$fa$ ( $\bar{2}11$ ) : ( $\bar{1}00$ ) = $43^\circ 22'$
$ll$ (120) : ( $\bar{1}\bar{2}0$ ) = $105^\circ 40'$	$eb$ (021) : (010) = $47^\circ 02'$	$fb$ ( $\bar{2}11$ ) : (010) = $72^\circ 32'$
$na$ (011) : (100) = $75^\circ 03'$	$ra$ ( $\bar{1}11$ ) : ( $\bar{1}00$ ) = $68^\circ 25'$	$ya$ ( $\bar{1}31$ ) : ( $\bar{1}00$ ) = $76^\circ 01'$
$nb$ (011) : (010) = $65^\circ 01'$	$rb$ ( $\bar{1}11$ ) : (010) = $66^\circ 01'$	$yb$ ( $\bar{1}31$ ) : (010) = $36^\circ 52'$

Редкие формы:

$W$ 160	$g$ 540	$N$ 501	$\psi$ : 3.10.5	$\eta$ 211	$J$ $\bar{3}73$	$S$ $\bar{3}24$
$\bar{v}$ 150	$\gamma$ 320	$\xi$ $\bar{2}01$	$\pi$ 141	$Q$ 521	$\Sigma$ $\bar{5}.11.2$	$U$ $\bar{3}22$
$A$ 270	$H$ : 310	$T$ 112	$b$ : 272	$M$ : 621	$\omega$ $\bar{1}24$	$P$ $\bar{2}12$
$j$ 380	$\lambda$ 0.2.15	$V$ : 332	$\tau$ : 251	$K$ : 721	$\varphi$ $\bar{1}22$	$K$ $\bar{5}23$
$\zeta$ 250	$s$ 013	$\Lambda$ : 221	$\gamma$ 123	$i$ : 15.4.3	$\theta$ $\bar{3}62$	$G$ $\bar{3}12$
$h$ 370	$\sigma$ 012	$\tau$ $\bar{1}12$	$Z$ 122	$f$ : 411	$\pi$ : $\bar{3}61$	$j$ : $\bar{1}3.4.2$
$\Gamma$ 490	$\alpha$ 023	$O$ $\bar{5}54$	$L$ 235	$S$ : 921	$\chi$ $\bar{5}93$	$\nu$ $\bar{1}4.4.7$
$\theta$ 6.13.0	$P$ 034	$V$ $\bar{3}32$	$c$ : 7.10.5	$d$ : 512	$t$ $\bar{2}32$	$\sigma$ $\bar{2}7.7.7$
$B$ 580	$F$ 041	$\Lambda$ $\bar{2}21$	$M$ 341	$h$ : 511	$\Xi$ $\bar{2}31$	$\Delta$ $\bar{1}2.1.6$
$\beta$ 340	$\psi$ 051	$\Psi$ 2.13.5	$e$ : 532	$g$ : 10.1.2	$\epsilon$ $\bar{3}42$	
$C$ 450	$\Phi$ 081	$\Omega$ 2.11.4	$R$ 213	$v$ $\bar{1}83$	$i$ $\bar{5}65$	
$D$ 560	$\Pi$ 0.18.1	$I$ : 293	$a$ : 212	$X$ $\bar{1}51$	$p$ $\bar{7}54$	



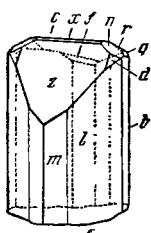
До Бёргера принимались установки Мариньяка  $a : b : c = 1,4403 : 1 : 0,9729$ ;  $\alpha 113^{\circ}55'$  или Гольдшмидта  $0,7203 : 1 : 0,4858$ ,  $\beta 113^{\circ}55'$ . Формулы перехода от установки Гольдшмидта (Г) к установке Бёргера-Дана (1944):  $\bar{1}0\bar{1} \ 0\bar{1}0,001$ , от установки Мариньяка (М) к установке Бёргера-(Б)-Дана (1944):  $\bar{1}0\bar{1},0\bar{2}0,001$ .

Сопоставление символов главных форм:

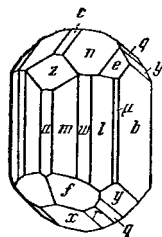
	b	a	c	z	n	e	r	H	q	
Б	010	$\bar{1}00$	с 001	x $\bar{1}01$	101	m 110	011	021	$\bar{1}11$	121 $\bar{1}21$
Г	010	$\bar{1}00$	x $\bar{1}01$	с 001	$\bar{2}01$	l 110	$\bar{1}11$	$\bar{1}21$	011	$\bar{2}21$ 021
М	010	$\bar{1}00$	x $\bar{1}01$	с 001	$\bar{2}01$	l $\bar{2}10$	$\bar{2}12$	$\bar{1}11$	012	$\bar{2}11$ 011

Кристаллы (фиг. 172, 173), обычно мелкие, коротко- или длиннопризматические, частично игольчатые, со штриховкой вдоль оси с. Двойники по (100).

Физ. Сп. по (010) совершенная, менее ясная по (120), (101), (100), по-видимому, также по (110). Изл. полураковистый. Режется ножом. Тв.  $1\frac{1}{2}$ —2. Уд. в. 3,56 (вычисл. 3,59). Цв. огненно-красный до оранжево-желтого



Фиг. 172.  
Кристалл реальгара  
(Алпхар)  
Г. Дан, 1944



Фиг. 173.  
Кристалл реальгара  
(Меркур)  
По Дан, 1944

Черта оранжево-красная до огненно-красной. Бл. смолистый до жирного. Прозрачен до просвечивающего. Разрушается на свету, превращаясь в порошок красновато-желтого цвета. После длительного облучения (20 час.) у. ф. лучами становится оранжевым, от облучения радием (14 дней) — карминово-красным.

В катодных лучах не люминесцирует.

Непроводник электричества. При облучении  $\alpha$ -частицами возбуждается импульсная проводимость<sup>6</sup>. Диэлектрическая постоянная 7,6 (Рожкова)<sup>6</sup>.

Микр. В пл. в прох. св. сильный плеохроизм: по Ng и Nm — бледно-золотисто-желтый до киноварно-красного; по Nr — почти бесцветный до оранжево-красного. Двуосный (—). Пл. опт. осей (010), cNr 11°. Оптические константы для волн различной длины<sup>7</sup>:

$\lambda$ , м $\mu$	$n_g$	$n_m$	$n_r$	$n_g - n_r$	$2V$
590	2,704	2,684	2,538	0,166	46°42'
650	2,634	2,617	2,496	0,138	49 34
670	2,620	2,602	2,486	0,134	—
740	2,578	2,560	2,458	0,120	—

Сильная наклонная дисперсия,  $r > v$ .

В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 20,5, для оранжевых — 26, для красных — 26,5. Вычислен-

ная отраж. спос. для  $\lambda = 589$  м $\mu$ :  $R_g = 24,4$ ;  $R_m = 20,8$ ;  $R_p = 18,9$ ; для  $\lambda = 670$  м $\mu$  соответственно: 20,4, 19,7 и 18,2. Анизотропия резкая, но вследствие очень сильных внутренних рефлексов заметна только при непольном скрещении николей. Внутренние рефлексы желто-красные.

Хим. Теор. состав: As — 70,08; S — 29,92.

Анализы:

	1	2	3	4
As	69,57	69,54	69,74	70,04
S	30,55	30,29	29,82	29,74
Н. о.	—	0,11	0,15	0,14
Сумма	100,12	99,94	99,71	99,92

1 — Аллхар; кристаллы; анал. Янаш<sup>8</sup>; 2 — Бинненталь; анал. Янаш<sup>8</sup>; 3 — Ной-Молдова; анал. Эмст<sup>8</sup>; 4 — Лухумсксе м-ние; анал. Бояр-линова<sup>9</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается в  $\text{HNO}_3$  с выделением S. Растворяется в щелочах (не полностью); при растворении в  $\text{HCl}$  выпадают лимонно-желтые хлопья.

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  выделяется газ, окраска не изменяется; от царской водки тоже выделяется газ, но минерал становится бурым и темным; от  $\text{KOH}$  бурест, чернеет и растворяется.  $\text{KCN}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HgCl}_2$  не действуют.

П. и. тр. легко плавится и улетучивается без остатка. В откр. тр. выделяются  $\text{SO}_2$  и белый кристаллический возгон  $\text{As}_2\text{O}_3$ , в закр. тр. — прозрачный возгон, по охлаждении красного цвета.

**Повед. при нагр.** Устойчив до 200—250°; разлагается при 300°. Т-ра плавл. 310°.

**Нахожд.** Довольно редкий минерал. Встречается в низкотемпературных гидротермальных месторождениях, преимущественно генетически связанных с излившимися породами; наблюдается в отложениях горячих источников, сольфатар; отмечался как продукт возгона (в лавах Везувия); изредка является гипергенным.

В эпitherмальных месторождениях находится всегда в тесной ассоциации с аурипигментом, а также с антимонитом, тетраэдритом, марказитом, пиритом и мельниковитом, реже — с киноварью и золотом. Сопровождается кварцем, халцедоном, арагонитом, кальцитом, гипсом и др. Сплошные массы и кристаллы (до  $1 \times 1 \times 0,5$  см) реалгара наблюдались в Лухумском мышьяковом месторождении (Груз. ССР), где реалгар является основным рудным минералом; встречен в Ценском арсенопиритовом месторождении (Груз. ССР), в виде гнездовых скоплений наблюдался в бассейне р. Чаувай (Киргизская ССР), в виде примазок — в песчанниках р. Клыч (Абхазская АССР) и в других местах. В качестве спутника аурипигмента реалгар встречается почти во всех месторождениях последнего: наблюдается в Аятском сурьмяно-ртутном месторождении (Свердловская обл.), в мышьяковых месторождениях Джульфинском (Нахичеванская АССР), Минкюле (Якутская АССР), Аллхар (Греция), Ной-Молдова (Венгрия), Тайова (Чехословакия) и др. Крупные прекрасные кристаллы реалгара обнаружены в пустотах доломита в Биннентале (Швейцария), в пустотах кальцита в Меркуре (шт. Юта, США). Реалгар содержится и в богатых мышьяком Ni-Co-Ag-рудах Андреасберга (ФРГ) и Шнееберга (ГДР).

В отложениях горячих минеральных источников реалгар вместе с аурипигментом, антимонитом и др. встречен, например, на Кавказе в источнике Пыр-пыр-тыр в бассейне р. Аракс (Азерб. ССР)<sup>9</sup>, в ряде источников Йеллоустонского национального парка (США). Отмечаются налеты и мелкие кристаллики реалгара среди возгонов в лавах Везувия и в сольфатарах Поццуоли близ Неаполя (Италия), в fumarолах Явы и др.

Известны находки гипергенного реальгара в конкрециях сидерита среди песчано-глинистых третичных отложений Рыбной слободы на Каме в Пермской обл.<sup>10</sup> и в железорудных отложениях Керченского и Таманского п-вов (УССР)<sup>9</sup>, где он также наблюдается в ассоциации с сидеритом.

Иногда реальгар является продуктом изменения мышьяковых руд и горения бурого и каменного угля (например, в Кладно в Чехословакии).

Изм. На поверхности под влиянием света реальгар растрескивается, превращаясь в порошок красновато-желтого цвета, который некоторые авторы принимали за аурипигмент. Рентгеновское изучение<sup>11</sup> показало, что этот порошок является реальгаром с небольшим количеством арсенолита. Отмечалось также, что продуктом фотохимического распада реальгара может быть не смесь аурипигмента с арсенолитом, а некоторая новая, пока не изученная модификация реальгара, не отличающаяся от него химически<sup>12</sup>.

Искусств. Получается сплавлением мышьяка и серы в отношении 1 : 1.

Отл. По внешнему виду похож на киноварь и крокоит, от которых отличается по качественным реакциям. Под микр. от киновари отличается двуосностью и плеохроизмом.

Практ. знач. При наличии значительных скоплений может добываться для непосредственного использования (в красильном деле, пиротехнике и др.) или для получения  $As_2O_3$  и мышьяка.

Межшлоскостные расстояния реальгара из Лухумского м-ния<sup>13</sup>  
Fe-антикатод,  $D = 46,01$  мм

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	—	5,95		14	7	2,122	(1,923)
2	—	5,40		15	2	(2,046)	1,855
3	2	4,064	3,683	16	2	1,989	(1,803)
4	2	(3,491)	3,164	17	7	1,855	(1,681)
5	10	3,166	2,870	18	3	1,796	(1,628)
6	7	2,931	2,656	19	2	1,702	(1,542)
7	7	2,717	(2,463)	20	4	1,669	(1,513)
8	3	2,591	(2,348)	21	2	1,627	(1,475)
9	4	2,478	(2,246)	22	1	(1,581)	(1,433)
10	2	2,396	2,172	23	1	1,554	1,408
11	2	(2,344)	2,127	24	3	1,511	(1,369)
12	2	2,250	(2,040)	25	2	1,469	1,332
13	2	2,191	(1,986)				

#### Л и т е р а т у р а

1. В u e r g e r M. J. Am. Min., 1935, 20, No 1, 36. Близкие данные дают I t o T., M o r i m o t o N., S a d a n a g a R. Acta Cryst., 1952, 5, 775.
2. Г о б е л ъ К. И., З в о н ж о в а З. В., Ж д а н о в Г. С. ДАН СССР, 1954, 96, № 4, 749.
3. G o l d s c h m i d t V. Zs. Krist., 1904, 39, 113.
4. Т о к о д у L. Zs. Krist., 1925, 61, 553; U n g e m a c h H. Bull. Soc. fr. Min., 1930, 53, 394; B u t t g e n b a c h H. Bull. Acad. Belg., 1933, 1019; B a r i č L. Rad. Jugosl. Akad., 1934, 249, 95; M e i x n e r H. Heidelb. Beitr. Min., 1950, 2, H. 3, 203; P a d ě r a K. Bull. internat. Česká Akad. věd. a umění, 1953, Ann. 52 (1951), 2, 457; Л а б у н ц о в А. Н. Тр. Мин. музея АН СССР, 1957, вып. 8, 159; P i z z a r i n i L. Period. Min., Roma, 1957, 26, 215.
5. Ш а ф р а н о в с к и й И. И. Зап. Мин. о-ва, 1935, 64, № 1, 202.

6. Ahearн А. J. Phys. Rev., 1949, 75, No 12, 1966; Рожкова Е. В., Прокуровский Л. В. Сб. «Современные методы исследования горных пород». Госгеолтехиздат, 1957, 115.
7. Weigel O. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1925, 38, 288.
8. Liffa A., Emszt K. Földt. Közl., 1921, 50, f. 21, 106.
9. Чупилин И. И. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 35.
10. Полянин В. А. Зап. Всес. мин. о-ва, 1949, 78, № 4, 281.
11. Демчук А. Зап. Мин. о-ва, 1935, 64, № 1, 166.
12. Ротман Л. Э. Материалы ЦНИГРИ (Геохимия), 1938, сб. 3, 1.
13. Ковалев Г. А. Зап. Мин. о-ва, 1935, 64, № 1, 215.

### СТРУКТУРА ТИПА ШИННЕЛИ

#### ГРУППА ЛИННЕИТА

		Сингония	$a_0$	Уд. в. (вычисл.)
Линнеит	$\text{Co}_3\text{S}_4$	Куб.	9,42	4,85
Зигенит	$(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$	Куб.	9,42	4,83
Поллдимит	$\text{Ni}_3\text{S}_4$	Куб.	9,44	4,78

Минералы этого ряда имеют структуру шиннели и по составу отвечают общей формуле  $\text{R}_3\text{S}_4$  или  $\text{R}_2^{3+}\text{R}^{2+}\text{S}_4$ , где  $\text{R}^{3+} = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cr}$ ;  $\text{R}^{2+} = \text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe}, \text{Cu}$ . Изоморфизм  $\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe}$  и  $\text{Cu}$  проявляется очень широко и не позволяет четко разграничить представителей ряда.

#### Линнеит Linnaeite

##### $\text{Co}_3\text{S}_4$

Известен с 1746 г. Назван по имени К. Линнея (Хайдингер, 1845).

Синон. Кобальтовый колчедан (Вернекинк, 1823); кобольдин (Бедан, 1832).

Разнов. Селенолиннеит.

**Характ. выдел.** Зерна неправильной формы, иногда кристаллы, реже встречается в сплошных массах.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^7 - Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 9,416 \text{ \AA}$  (Менцер)<sup>1</sup>,  $9,46 \text{ \AA}$  (Натта, Пассерини)<sup>2</sup>;  $Z = 8$ .

Структура типа шиннели с плотнейшей упаковкой анионов S (фиг. 174, 175). Двухвалентные ионы  $\text{Co}(\text{Ni}, \text{Fe}, \text{Cu})$  располагаются в центрах тетраэдров этой упаковки, трехвалентные ионы  $\text{Co}(\text{Ni})$  — в центрах октаэдров.

Гексоктаэдр. кл.

Кристаллы октаэдрического облика. Отмечались следующие формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $m(311)$ ,  $z(432)$ .

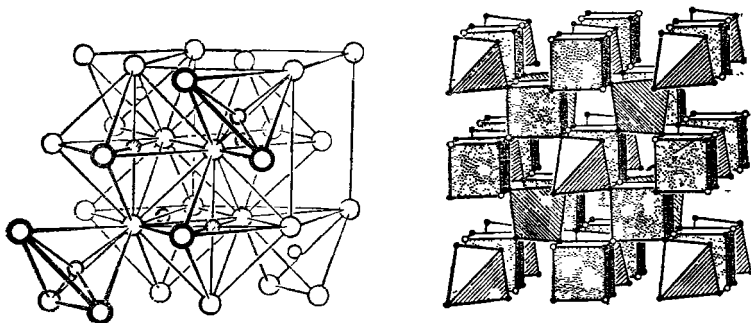
Дв. по (111) редки.

Наблюдались ориентированные срастания с кристаллами миллерита: ось с миллерита параллельна осям  $L_2$  или  $L_4$  линнеита<sup>3</sup>; в срастаниях линнеита с халькопиритом совпадают оси с этих минералов и (111) линнеита параллельна (112) халькопирита<sup>4</sup>.

**Физ. Сп.** по (100) несовершенная. Изл. неровный до полураковистого. Хрупок. Тв. 5—5½. Уд. в. 4,75—4,85 (вычисл. 4,85). Цв. белый, светло-стальной-серый с розовым оттенком; наблюдается желтая или красноватая побежалость. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Неупруг. Неизотропен.

Хороший проводник электричества.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый с кремовым или розоватым оттенком в зависимости от состава. Отраж. спос. линнеита из Мюзена (в %): для зеленых лучей 46,5, для оранжевых — 44, для красных — 46. Изотропен. Полируется довольно хорошо, лучше кобальтина.



Фиг. 174 и 175. Структура линнеита

Хим. Теор. состав: Co — 57,96; S — 42,04; никогда чисто-кобальтовым не бывает<sup>5</sup>, содержит от 39 до 53% Co (Co<sup>2+</sup> и Co<sup>3+</sup>) и изоморфные примеси Ni, Cu и Fe. Содержание Ni — от следов до 14% (еще больше Ni в зигенте, см. ниже); по содержанию Cu связан переходами с карролитом; содержание Fe достигает 4%.

Анализы<sup>5</sup>:

	1	2	3	4	5	6
Cu	4,43	8,22	2,40	2,28	8,79	9,13
Fe	3,55	4,19	2,36	4,29	1,30	0,72
Co	48,63	44,92	48,70	39,33	40,71	47,63
Ni	сл.	0,19	4,75	12,33	7,35	3,13
S	43,56	41,83	41,70	42,19	41,43	39,39
H. о.	0,68	—	0,40	—	0,14	—
Сумма	100,85	99,35	100,31	100,42	99,72	100,00
Уд. в.	—	4,755	—	4,825	—	4,93

1 — Сайксвилл (шт. Мэриленд, США); анал. Шенон<sup>6</sup>; 2 — Бастнес (Швеция); анал. Клеве<sup>7</sup>; 3 — окр. Карол (шт. Мэриленд); анал. Шенон<sup>6</sup>; 4 и 5 — Гладхаммар (Швеция); 4 — анал. Клеве<sup>7</sup>, 5 — анал. Нохансон<sup>8</sup>; 6 — Вост. Сибирь<sup>9</sup>.

Диагн. исп. Растворяется в горячей HNO<sub>3</sub> с выделением S; раствор имеет розовую окраску. В HCl не растворим.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> медленно бурет, от HgCl<sub>2</sub> слегка бурет. HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub> и KOH не оказывают действия. KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> выявляет неясную структуру (Пышминское месторождение)<sup>10</sup>.

П. п. тр. легко плавится и дает серый магнитный королек, бронзово-желтый в изломе.

Наход. Сравнительно редкий минерал гидротермальных сульфидных месторождений. Встречается чаще всего в медных месторождениях в ассоциации с халькопиритом и с кобальтсодержащим пиритом, образуя в них микроскопические включения. В очень малых количествах наблюдается в свинцово-цинковых месторождениях. В рудах некоторых контактно-метасоматических месторождений содержится совместно с кобальтином, халькопиритом и пиритом. В СССР наблюдался в Покровском месторождении Турьинской группы, в Пышминском месторождении (Свердловская обл.)<sup>10</sup>, в Глафириновском месторождении (Красноярский край), в Балеёвском месторождении (Читинская обл.)<sup>11</sup> и в других месторождениях. Встречается в значительных количествах совместно

другими представителями группы линнеита в сидеритовых жилах Зигер-ланда (ФРГ) — Зиген и др., наблюдался в Чехословакии, Швеции, США, Катанге (Бельгийское Конго), в Северной Родезии. Известны находки линнеита в каменноугольных пластах (Ронда-Вэли, Англия).

**Изм.** В зоне окисления при наличии в рудах As при выветривании линнеита образуется эритрин.

**Искусств.** Черно-серый порошок состава  $\text{Co}_2\text{S}_3$  был получен Сенармом из раствора  $\text{CoCl}_2$  и  $\text{K}_2\text{S}$  при  $160^\circ$  (по Дельтеру).

**Практ. знач.** Линнеит, ассоциирующийся с другими кобальтовыми минералами, используется вместе с ними для получения кобальта.

**Отл.** В полир. пл. похож на кобальтин, от которого отличается полной изотропностью, лучшей полируемостью, отрицательной реакцией на As; пирротин, сходный с линнеитом в мелких зернах, более коричневатый и анизотропный.

**Разнов.** Селенолиннеит — *selenolinnæite* (Скуп, 1927)<sup>12</sup> из Катанги (Бельгийское Конго). Уд. в. 4,31. Состав: Co — 51,04; Ni — 2,81; Fe — 0,75; Mo — 5,01; S — 36,01; Se — 4,69.

Межплоскостные расстояния линнеита из Зигена (по Харкорту)

Си-антикатод, Ni-фильтр

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n_1^2}$
1	220	4	1,0	3,35	10	800	5	1,0	1,17
2	311	9	6,0	2,82	11	662	4	0,5	1,085
3	400	7	2,0	2,38	12	840	4	0,5	1,055
4	422	3	0,3	1,91	13	931	3	0,5	0,985
5	511; 333	8	2,0	1,82	14	844	7	2,0	0,960
6	440	10	5,0	1,68	15	10·2·2; 666	5	1,0	0,908
7	533	4	0,5	1,44	16	880	5	1,0	0,831
8	444	5	0,5	1,37	17	10·6·2	4	0,5	0,797
9	731; 553	6	1,0	1,23	18	12·0·0; 884	5	1,0	0,784

Л и т е р а т у р а

1. Menzer G. Zs. Krist., 1926, 64, 506.
2. Natta G., Passerini L. Atti (Rend.) R. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sci. fis. mat. nat., Roma, 1931, 14, 38.
3. Kašpar J. V. Vestn. Král. Společn. nauk, 1932, Praga, 1933 (по реферату N. Jb. Min., 1936, 1, 257).
4. Himelbauer A. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1936, 47, 388.
5. Tarr W. A. Am. Min., 1935, 20, No 2, 69 (критическое сопоставление хим. анализов всех минералов группы линнеита).
6. Shannon E. V. Am. J. Sci., 1926, 11, 489.
7. Cleve P. T. Geol. För. Förh., 1872, 1, 125.
8. Johansson K. Arkiv Kem., Min., Geol., 1924, 9, No 8, 1.
9. Казлицын Ю. В. Зап. Всес. мин. о-ва, 1955, 84, № 4, 511.
10. Вахромеев С. А. Зап. Мин. о-ва, 1942, 71, № 3—4, 132.
11. Дуброва И. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 420.
12. Schoer A. Bull. Soc. Géol. Belg., Publ. Congo Belg., 1927, 49, C27.

Зигенит Siegenite



Назван по рудному полю Зиген в Вестфалии (Дана, 1850).

**Сплов.** Кобальто-никелевый колчедан; никелевый линнеит; мюзенит (Дана, 1855).

**Разнов.** Селенозигенит.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с  $a_0 = 9,42 \text{ \AA}$  (Менцер)<sup>1</sup>;  $9,49 \text{ \AA}$  (Михеев). Наблюдались формы<sup>2</sup>:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $m(311)$ ,  $n(211)$ ,  $z(432)$ . Кристаллы октаэдрического облика.

**Физ.** Свойства как у линнеита, от которого зигенит отличим лишь по составу. Уд. в. выпсл. 4,83 (при  $\text{Co:Ni}=1:1$ ).

**Хим.** Сульфид  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$ , промежуточный между линнеитом и полидимитом, содержит 11—26%  $\text{Co}$ , 42—26%  $\text{Ni}$  и небольшие количества  $\text{Cu}$  (до 3%) и  $\text{Fe}$  (до 4%). Теор. состав (при отношении  $\text{Co} : \text{Ni} = 1 : 1$ ):  $\text{Co} - 29,02$ ;  $\text{Ni} - 28,89$ ;  $\text{S} - 48,09$ .

Анализы:

	1	2	3	4
$\text{Cu}$	—	2,57	3,16	4,17
$\text{Fe}$	0,62	7,13	3,22	0,58
$\text{Co}$	26,08	19,46	20,36	15,17
$\text{Ni}$	31,18	28,97	31,24	29,20
$\text{S}$	42,63	41,90	42,43	30,96
$\text{Se}$	—	—	—	11,65
$\text{Te}$	—	—	—	3,80
Н. о.	0,16	—	—	5,67

Сумма 100,67 100,03 100,41 101,20

1 и 2 — Литфельд: 1 — анал. Айклер<sup>3</sup>; 2 — анал. Натта и Пассерини<sup>4</sup>; 3 — Зиген; анал. Ликс<sup>5</sup>; 4 — селенозигенит, Шинколобве; анал. Ваэс<sup>6</sup>.

**Нахожд.** Условия образования те же, что для линнеита. В месторождениях ФРГ — Литфельде и Зигене (Мюзен) — зигенит преобладает над линнеитом. Установлен также в месторождении Ла-Мот (шт. Миссури, США), в Кладно (Чехословакия) и др.

**Отл.** Порошкограмма идентична порошкограмме виоларита, полидимита и карролита.

**Разнов.** Селенозигенит — selenio-siegenite ( $\text{Ni}, \text{Co}, \text{Cu}$ )<sub>3</sub>( $\text{S}, \text{Se}, \text{Te}$ )<sub>4</sub> (Ваэс, 1947)<sup>6</sup>. Детально не описан. Установлен в Шинколобве (Катанга, Бельгийское Конго) (анализ № 4).

#### Л и т е р а т у р а

1. Menzer G. *Sbl. Min.*, 1926, A, 367.
2. Witteborg W. *Zs. Krist.*, 1932, 83, 379.
3. Eichler A., Henglein M., Meigen W. *Sbl. Min.*, 1922, 225.
4. Natta G., Passerini L. *Atti (Rend.) R. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sci. fis. mat. nat.*, Roma, 1931, 14, 38.
5. Garr W. A. *Am. Min.*, 1935, 20, No 2, 69.
6. Vaes J. F. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, Bull., 1947, 70, B231.

## Полидимит Polydymite



Известен с 1876 г. Назван от греч. πολύς (полис) — много и δίδυμος (дидимос) — двойник, так как впервые наблюдался в виде полисинтетических двойников (Ласпейрес, 1876)<sup>1</sup>.

**Синон.** Никель-линнеит (Замбоини, 1916). Грюнауит (Николь, 1849), висмутоникелевый колчедан, никелево-висмутовый блеск, а также теофрастит (Брайтхаупт, 1849) и сайнит (Кобель, 1853), по-видимому, смесь полидимита с висмутином.

**Характ. выдел.** Сплошной, зернистый, реже в виде натечных образований (Ново-Айдырлинское м-ние)<sup>2</sup>. Кристаллы редки.

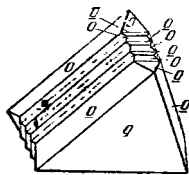
**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^i - Fd3m$ ;  $a_0 = 9,444 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (Менцер)<sup>3</sup>.

Гексоктаэдр. кл.

Кристаллы октаэдрические, большей частью без других форм. Наблюдались формы:  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $m(311)$ ,  $q(331)$ .

Характерны полисинтетические двойники по (111) (фиг. 176).

**Физ.** Сп. по (100) несовершенная. Изл. неровный до раковистого. Тв.  $4\frac{1}{2}$ —5 (для полидимита из Ново-Айдырлинского месторождения тв.  $3\frac{1}{2}$ —4). Слегка ковков. Уд. в. 4,5—4,8 (вычисл. 4,776); уд. в. полидимита из Ново-Айдырлинского месторождения 4,96—5,00. Цв. светло-серый до стально-серого. Часто более темная побежалость. Бл. металлический. Неупруг.



Фиг. 176.  
Двойник  
полидимита (Грюнау)  
По Ласпейресу

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серо-белый с розовым или желтым оттенком, более слабым по сравнению с линнеитом. Отраж. спос. полидимита из Беддорфа в Зигерланде (в %): для зеленых лучей 45, для оранжевых — 44,5, для красных — 49 (Рамдор). Полируется хорошо.

**Хим.** Теор. состав: Ni — 57,86; S — 42,14. Обычно

содержит примеси Co и Fe.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	—	—	—	—
Fe	3,98	4,81	0,81	1,49
Co	0,63	3,99	1,92	3,40
Ni	54,30	49,72	54,99	53,56
S	41,09	41,48	42,28	41,55
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00

1 и 2 — Грюнау за вычетом As и Sb; анал. Ласпейрес<sup>1</sup>; 3 и 4 — Ново-Айдырлинское м-ние за вычетом нерастворимого остатка и сульфата: анал. Нестерова<sup>2</sup>.

У Хинце и Дельтера приведены анализы «полидимита» из Садберя, которые относятся к виолариту.

**Нахожд.** Относительно редок. В большом количестве полидимит встречен в Ново-Айдырлинском месторождении Оренбургской обл. в выветрелых пелитизированных брекчиях и в третичных лигнитоносных глинах в виде колломорфных агрегатов в тесной ассоциации с миллеритом, бравоитом, марказитом, нередко в виде псевдоморфов по миллериту<sup>2</sup>.

Встречается в гидротермальных сульфидных месторождениях Грюнау в Зигерланде (ФРГ) — в сидерите с миллеритом, халькоширитом, сфалеритом, висмутином, а также в смеси с ульманнитом и герсдорфитом. На о-ве Хоккайдо (Япония) является поздним минералом, наблюдался вдоль дайки, секущей диорит, с пирротинном, небольшим количеством халькоширита, магнетита, пирита, пентландита<sup>4</sup>.

**Изм.** В зоне окисления, особенно при достаточной влажности, за счет полидимита образуются сульфат никеля (моренозит) и сажистые, ближе не определенные вещества.

**Искусств.** Получен при относительно окислительных условиях кипячением в течение нескольких часов осадка, выпавшего из кипящей смеси  $NiSO_4$  и  $Na_2S_2O_3$ <sup>5</sup>. При недостаточно окислительных условиях получается смесь полидимита с вазситом<sup>6</sup>.



Межплоскостные расстояния полидимита из Айдырлинского м-ния<sup>2</sup>Fe-антикатод,  $D = 57,3$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	220	3	3,35	10	533	2	1,443
2	311	8	2,85	11	444	3	1,365
3	222	3	2,73	12	640	1	1,318
4	400	8	2,365	13	642	2	1,264
5	420	3	2,115	14	731; 553	4	1,232
6	422	3	1,931	15	800	3	1,183
7	511; 333	5	1,821	16	751; 555	3	1,092
8	440	9	1,673	17	662	3	1,085
9	531	1	1,599				

## Л и т е р а т у р а

1. Laspeyres H. J. Prakt. Chemie, 1876, 14, 397.
2. Грицаенко Г. С., Нестерова Ю. С., Бутузов В. П. Зап. Мин. о-ва, 1946, 75, № 4, 266.
3. Menzer G. Zs. Krist., 1926, 64, 506.
4. Kato T., Kobayasi H. Japan J. Geol., 1944, 19, 181.
5. Lundqvist D. Arkiv Kemi, Min., Geol., 1947, 24 A, N. 4, N:o 23, 1.
6. Грицаенко Г. С., Слудская Н. Н., Айдиньян Н. Х. Зап. Всес. мин. о-ва, 1953, 82, № 1, 44.

## СТРУКТУРА ТИПА АНТИМОНИТА

## ГРУППА АНТИМОНИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Антимонит	$Sb_2S_3$	Ромб.	11,22	11,30	3,84	4,6
Хоробетсуит	$(Bi,Sb)_2S_3$	Ромб.	11,23	11,27	3,91	5,4
Висмутин	$Bi_2S_3$	Ромб.	11,15	11,29	3,98	6,8
[Устарасит]	$PbBi_6S_{10}$	?	—	—	—	?

## Антимонит Antimonite

 $Sb_2S_3$ 

Название от латин. antimonium — сурьма (Хайдинггер, 1845).

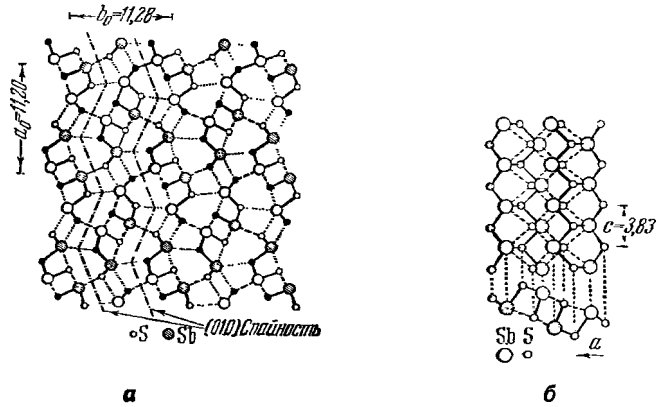
Синон. Сурьмяный блеск, стибнит (Дана, 1854), серая сурьмяная руда, серый сурьмяный блеск.

Разнов. Метастибнит.

Характ. выдел. Кристаллы, зерна, агрегаты призматических и игольчатых кристаллов, веерообразные сростки, спутанно-волокнистые, войлокоподобные и зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{16}$  —  $Pbnm$ ;  $a_0 = 11,22$ ;  $b_0 = 11,30$ ;  $c_0 = 3,84$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,9926 : 1 : 0,3395$ ;  $Z = 4$  (Хофман)<sup>1</sup>.

7 S окружают Sb в виде полиэдров, в которых 3 S, ближайших к Sb, расположены по треугольнику; из остальных четырех S один наиболее удален (фиг. 177). Треугольники ориентированы одной стороной || оси с. Sb—S—Sb образуют зигзагообразные цепи вдоль оси с с гомополярными связями. Цепи соединены в ленты  $(Sb_4S_6)_n$ , параллельные осям а и с, чем обусловлены совершенная спайность по (010) и преимущественное развитие на кристаллах форм (010)<sup>1</sup>.



Фиг. 177. Кристаллическая решетка антимонита в проекциях: а) на (001) и б) на (010), параметры решетки указаны в  $\text{Å}$

Заштрихованные круги — ионы, располагающиеся выше и ниже плоскости чертежа; линии, связывающие Sb и S, обозначены различно в зависимости от величины расстояний.

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,9926 : 1 : 0,3393$  (Унгемах)<sup>2</sup>. Отмечалось свыше 150 форм<sup>3</sup>, особенно много в зоне вертикальных призм.

Наиболее обычные формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$b\ 010$	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$s\ 111$	$45^\circ 13'$	$25^\circ 43'$
$i\ 140$	$14\ 08$	$90\ 00$	$\pi\ 332$	$45\ 13$	$35\ 51$
$q\ 130$	$18\ 34$	$90\ 00$	$\zeta\ 221$	$45\ 13$	$43\ 55$
$o\ 120$	$26\ 44$	$90\ 00$	$p\ 331$	$45\ 13$	$55\ 19$
$d\ 230$	$33\ 53$	$90\ 00$	$\psi\ 142$	$14\ 08$	$34\ 59$
$r\ 340$	$37\ 04$	$90\ 00$	$f\ 261$	$18\ 34$	$65\ 02$
$m\ 110$	$45\ 13$	$90\ 00$	$w\ 391$	$18\ 34$	$72\ 45$
$n\ 210$	$63\ 36$	$90\ 00$	$v\ 361$	$26\ 44$	$66\ 19$
$h\ 310$	$71\ 41$	$90\ 00$	$e\ 121$	$26\ 44$	$37\ 13$
$N\ 021$	$0\ 00$	$34\ 09$	$\eta\ 351$	$31\ 09$	$63\ 14$
$L\ 101$	$90\ 00$	$18\ 52$	$\tau\ 341$	$37\ 04$	$59\ 33$
$y\ 302$	$90\ 00$	$27\ 09$	$\sigma\ 211$	$63\ 36$	$37\ 21$
$z\ 301$	$90\ 00$	$45\ 43$			

$mm\ (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 89^\circ 34'$	$\pi m\ (332) : (110) = 54^\circ 09'$	$ob\ (211) : (010) = 74^\circ 21'$
$nn\ (210) : (2\bar{1}0) = 52\ 48$	$pm\ (331) : (110) = 34\ 41$	$ss\ (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 35\ 36$
$oo\ (120) : (\bar{1}\bar{2}0) = 53\ 28$	$sb\ (111) : (010) = 72\ 12$	$\pi\pi\ (332) : (\bar{3}\bar{3}\bar{2}) = 48\ 44$
$za\ (301) : (100) = 44\ 17$	$pb\ (331) : (010) = 54\ 36$	$pp\ (331) : (\bar{3}\bar{3}\bar{1}) = 70\ 48$
$sm\ (111) : (110) = 64\ 17$	$eb\ (121) : (010) = 57\ 17$	$ee\ (121) : (\bar{1}\bar{2}\bar{1}) = 31\ 35$

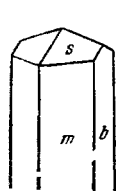
Менее обычные формы:

$c\ 001$	$l\ 350$	$u\ 031$	$P\ 223$	$u\ 241$	$f\ 634$
$C\ 180$	$x\ 450$	$Q\ 041$	$K\ 665$	$A\ 9\cdot 18\cdot 1$	$\eta\ 631$
$D\ 170$	$\chi\ 560$	$J\ 051$	$\xi\ 991$	$K\ 231$	$\lambda\ 311$
$F\ 160$	$k\ 430$	$j\ 091$	$\rho\ 151$	$\beta\ 672$	$M_i\ 411$
$t\ 150$	$\iota\ 320$	$R\ 102$	$\varphi\ 141$	$Z\ 652$	
$g\ 270$	$\gamma\ 011$	$\Sigma\ 201$	$i\ 271$	$\Delta\ 321$	
$x\ 250$	$x\ 032$	$S\ 501$	$b\ 251$	$U\ 322$	

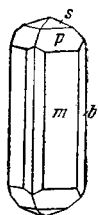
Кроме того, много форм малодостоверных и с более сложными символами, частью, видимо, образующих лишь штриховку (перечисление всех форм см. у Дана, 1944).

Отношение осей Аюи  $0,9926 : 1 : 1,0179$  (где  $1,0179 = 3 \times 0,3393$ ), принятое Гольдшмидтом, Хинце и др., необоснованно подчеркивало псевдокубический тип кристаллов и приводило к более сложным символам. Формула перехода от установки Аюи к установке Унгемаха 300/030/001.

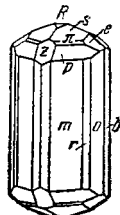
Кристаллы столбчатые, игольчатые или стрелчатые, удлиненные вдоль оси  $c$ , с очень разнообразными головками — от тупых до копьевидных (фиг. 178—184); отчетливо выражена вертикальная штриховка.



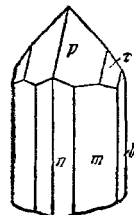
Фиг. 178. Кристалл антимонита (Калифорния, США)  
По Дана



Фиг. 179. Кристалл антимонита (Капшнк, Румыния)  
По Креннеру



Фиг. 180. Кристалл антимонита (Бая Сприе (Румыния))  
По Креннеру



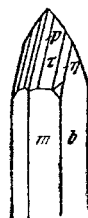
Фиг. 181. Кристалл антимонита (Бая Сприе (Румыния))  
По Нефу



Фиг. 182. Кристалл антимонита (Кремница, Чехословакия)  
По Креннеру



Фиг. 183. Кристалл антимонита (Вольфсберг, ГДР)  
По Креннеру



Фиг. 184. Кристалл антимонита (Сякоку, Япония)  
По Дана

Часто кристаллы изогнуты или закручены (вокруг оси  $c$ ), обычно имеют несимметричное развитие. Дв. по (130) или по (120) редки.

Отмечались сростания с киноварью<sup>4</sup>.

Физ. Сп. по (010) совершенная, по (100) и (110) несовершенная; указывалась также сп. или отдельность по (001) и (301)<sup>5</sup>. Пл. скольжения (010) с направлением скольжения  $t$  [001]. Изл. мелкокоралловитый. Тв. 2 (на 010 тв. паразития больше  $\parallel a$ , чем  $\parallel c$ ). Игольчатые кристаллы очень гибкие, поддаются скручиванию, неэластичны. Уд. в. 4,51—4,66 (вычисл. 4,63). Цв. и черта свинцово-серые, стально-серые; окраска с поверхности более темная, чем в свежем изломе; часто наблюдается радужная побежалость. Бл. металлический, на (010) и в свежем изломе очень сильный. Непрозрачен, но очень тонкие сколы при солнечном свете кажутся темными или желтовато-красными.

Уд. электропроводность весьма значительно повышается при облучении светом разных длин волн; при нагревании электр. сопротивление

возрастает. При облучении  $\alpha$ -частицами возбуждается импульсная проводимость<sup>6</sup>.

**Микр.** В красном свете<sup>7</sup> ( $\lambda = 760\text{ м}\mu$ ) одноосный (—). Пл. опт. осей (100).  $N_g = b$ ,  $N_m = a$ ,  $N_p = c$ ;  $n_g = 4,303$ ;  $n_m = 4,046$ ;  $n_p = 3,194$ ;  $n_g - n_p = 0,109$ ;  $2V$  (вычисл.)  $26^\circ$ . Очень сильная дисперсия:  $n_m(760\text{ м}\mu) - n_m(823\text{ м}\mu) = 0,127$ . В инфракрасном свете ( $852\text{ м}\mu$ )  $n_g = 4,137$ ,  $n_m = 3,875$ <sup>8</sup>.

В полир. пл. в отраж. св. белый до серовато-белого. Отраж. спос. (в %):  $\parallel$  *a* для зеленых лучей 44, для оранжевых — 38, для красных — 33,5;  $\parallel$  *b* соответственно — 30,5, 25, 24,5. Сильное двуотражение. Сильно анизотропен; меняет окраску от буроватых до серо-синих тонов. Погасание прямое. В тонком порошке в иммерсии очень густые красные внутренние рефлексы (более темные, чем у кермезита). Несмотря на низкую твердость, хорошо полируется.

В шлифах весьма обычны тонкие пластинчатые сильно деформированные двойники, образование которых вызвано давлением и смещениями; иногда наблюдаются несколько систем двойников.

**Хим.** Теор. состав: Sb — 71,38; S — 28,62. Содержит небольшие количества As, Bi, Pb, Fe, Cu, иногда также Au и Ag; по-видимому, значительная часть примесей связана с механическими включениями (золота, серебра, арсенопирита и др.). Имеются указания на наличие в антимоните до  $16,6 \cdot 10^{-4}\%$  Hg<sup>9</sup>. По спектр. анализам антимонит из Никитовки (УССР) всегда содержит Cu, Pb, Ag<sup>10</sup>. В отличие от антимонитов из других месторождений Союза, в антимоните из Тургайского и Успенского месторождений (Каз. ССР) всегда обнаруживается Mo<sup>11</sup>, в антимоните из Мелик-су (Кирг. ССР) — Ni, V, Ga, Mn, Sr, Re<sup>12</sup>, в антимоните из разных месторождений Испании всегда содержится Mg<sup>13</sup>; в антимоните из Вальдхауза (Тюрингия, ГДР), по данным Ноддак, установлен Re ( $10^{-8}\%$ ). В антимонитах из различных месторождений спектр. анализами, помимо отмеченных примесей, установлены также Zn, As, Ca, Si, вероятно, связанные с механическими включениями других минералов.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6
Cu	—	—	—	0,007	Сл.	Сл.
Fe	0,21	1,31	0,57	0,09	0,02	Сл.
Hg	0,15	0,68	0,09	—	—	—
Pb	—	—	—	—	0,06	—
Bi	—	—	—	0,008	Нет	—
S	28,02	28,11	28,35	28,36	28,36	28,09
As	—	—	—	0,02	0,29	—
Sb	70,48	70,58	70,98	71,52	70,23	71,31
Н. о.	1,24	Нет	Нет	—	1,03	—
Сумма	100,10	100,68	99,99	100,005	99,99	99,74*

\* В том числе Zn — 0,34%.

1—3 — Никитовское ртутное м-ние<sup>10</sup>: 1 — удлинённые кристаллы; 2 — войлокоподобный агрегат; 3 — сплошные выделения; 4 — Главный Кавказский хребет (данные анализа пересчитаны на 100% за вычетом 9,35% примеси калцедона); анал. Янушевич<sup>14</sup>; 5 — Хайдаркан; кристаллы<sup>15</sup>; 6 — Зонхито; анал. Кочеровская<sup>15а</sup>

**Диагн. исп.** Полностью растворяется в горячей HCl с образованием H<sub>2</sub>S; разлагается в HNO<sub>3</sub> с выделением Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> сразу чернеет, иногда с медленным вскипанием капли. KCN действует медленно. От KOH буреет, после чего образуется оранжево-красный налет. Наиболее сильно травятся срезы по (001), слабее по двум другим пинакоидам; при травлении нередко выявляются

двойниковое и зональное строение. После обработки в течение нескольких минут холодным раствором КОН или кипящей баритовой водой антимонит покрывается оранжево-красным налетом, что служит хорошей реакцией для диагностики мелких включений антимонита в других минералах и рудах.

П. п. тр. очень легко плавится, окрашивая пламя в зеленовато-синий цвет. На угле дает налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , исчезающий в восст. пл., выделяет  $\text{SO}_2$  и улетучивается без остатка. В откр. тр. дает налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , не исчезающий п. п. тр., выделяется  $\text{SO}_2$ .

Повед. при нагр. Т-ра плавл.  $546^\circ$ . Начинает улетучиваться около  $650^\circ$ , при  $800\text{--}850^\circ$  — значительная летучесть, начиная с  $917^\circ$  — очень энергичная<sup>16</sup>. Коэф. лин. расш. при  $40^\circ$   $1528 \cdot 10^{-8}$  (Ниггли).

Уд. теплоемкость при  $0^\circ$   $0,342$ , дж.  $\text{г}^{-1}$ . град<sup>-1</sup> при  $200^\circ$   $0,375$  дж.  $\text{г}^{-1}$  град<sup>-1</sup> (Берч и др.). Сильно выражена анизотропия теплопроводности; отношение теплопроводности вдоль осей  $c$ ,  $a$  и  $b$  равно  $1,8 : 1,3 : 1$ .

Нахожд. Наиболее распространенный сурьмяный минерал. Наблюдается в гидротермальных месторождениях, преимущественно низкотемпературных. Помимо собственно сурьмяных месторождений (антимонито-кварцевых жил и залежей), антимонит встречается во многих сурьмяно-ртутных месторождениях. Главным жильным минералом сурьмяных и сурьмяно-ртутных месторождений чаще всего является кварц, нередко также флюорит, барит, анкерит, кальцит, иногда — халцедон, каолинит, серицит; из рудных минералов в качестве спутников антимонита в различных месторождениях наблюдаются: киноварь, реальгар, аурипигмент, ферберит, шеелит, марказит, пирит, арсенопирит, бертьерит, галенит и др.

В небольших количествах антимонит часто обнаруживается в месторождениях реальгара и аурипигмента, иногда также в золоторудных кварцевых жилах и в свинцово-цинковых месторождениях.

В СССР известен<sup>17</sup> в ртутном месторождении Никитовка (УССР)<sup>4,10</sup>, в сурьмяно-ртутных — Хайдаркане<sup>18</sup> и Кадамджае<sup>19</sup> (Кирг. ССР), Джижикруте (Тадж. ССР)<sup>20</sup>, Раздольнинском (Красноярский край), Тургайском и Успенском месторождениях (Каз. ССР); с реальгаром антимонит ассоциируется в Лухумском месторождении (Груз. ССР)<sup>21</sup>, с ферберитом или вольфрамитом и с шеелитом в месторождениях Зопхито<sup>15a</sup>, Ноцарское и в ряде других месторождений Груз. ССР. Крупные месторождения находятся на о-ве Сикоку (Япония), также в провинции Юньнань и на п-ве Квантуне (Китай); широко известны месторождения Румынии — Бая Сприе (Фельшбанья), Капник и др.; установлен в месторождениях Гарца, Саксонии (ГДР), в Чехословакии и т. д.

Антимонит отмечался также среди отложений горячих источников<sup>22</sup> и среди возгонов вулканов.

Пзм. В зоне окисления сравнительно легко дает окислы и другие кислородные соединения (валентинит, сенармонтит, стибиконит, гидросервантит, биндгеймит). При ограниченном доступе кислорода в начальной стадии окисления антимонита образуется кермезит. На месторождении Зопхито антимонит подвергся замещению бертьеритом<sup>15a</sup>.

Искусств. Получается при действии  $\text{H}_2\text{S}$  на  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  и  $\text{SbCl}_3$  при нагревании; сплавлением  $\text{Sb}$  и  $\text{S}$ : из аморфной  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  при  $250^\circ$ <sup>23</sup>. В системе  $\text{Ag—Sb—S}$  образуется легко; наблюдался в виде эвтектики с мнарпиритом<sup>24</sup>, получается также в системах  $\text{Cu—Sb—S}$ <sup>25</sup> и  $\text{Pb—Sb—S}$ <sup>26</sup>.

Практ. знач. Является главным источником для получения сурьмы, которая идет преимущественно на изготовление различных сплавов, имеющих разнообразное применение, а также на изготовление соединений сурьмы, используемых в текстильном, стекольном, резиновом и других производствах.

Отл. В агрегатах похож по цвету и физическим свойствам на висмутин, бертьерит, джемсонит, бурнонит и др. Характерны совершенная спайность параллельно удлинению и поперечная двойниковая штриховка на плоскостях скола. От висмутина отличается меньшим удельным весом, от бертьерита — более светлой окраской. В тонкозернистых агрегатах отличим от сходных минералов лишь по реакции с КОН. Под микр. в поляр. пл. от сходных висмутина, бертьерита, джемсонита, буланжерита отличается главным образом появлением ярко-оранжевого пятна при действии КОН. Бертьерит по двуотражению сходен с антимонитом, но в одном направлении имеет коричневатый оттенок, рельеф несколько выше, а у джемсонита и бурнонита двуотражение совсем слабое; у висмутина (несколько более желтоватого) выше отраж. способность, но слабее двуотражение и анизотропия, а также отсутствуют темно-красные внутренние рефлексы (в иммерсии).

**Разнов.** Метастибнит — *metastibnite* (Бекер, 1888) — аморфная  $Sb_2S_3$ , впервые наблюдавшаяся в виде красных корочек и стяжений в отложениях горячего источника Стимбот (шт. Невада, США)<sup>22</sup>. При старении переходит в кристаллический антимонит. По Рамдору, от последнего под микр. отличается изотропностью и отсутствием плеохроизма.

Межплоскостные расстояния антимонита из м-ния Бая Сирле  
(по Михееву и Дубининой)  
Fe-анткатод,  $D = 46,00$  мм

№	$hkl$	$I$	$I'$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	$I$	$I'$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	200	—	2,0	5,60*	—	25	3	1,0	1,539	1,395
2	120; 021	3	2,0	5,076	4,601	26	6	—	1,518	1,376
3	?	1	—	4,558	4,131	27	2	0,5	1,478	1,340
4	310; 220	2	1,0	(3,933)	3,565	28	3	0,5	1,437	1,302
5	310	9	6,0	3,566	3,232	29	3	0,5	1,394	1,263
6	320	4	2,0	3,121	2,829	30	2	—	1,352	1,225
7	230; 211	9	3,0	3,045	2,760	31	7	0,5	1,305	1,183
8	221	9	3,0	2,757	2,499	32	5	0,5	1,287	1,166
9	301	6	0,5	2,670	2,420	33	4	0,5	1,236	1,120
10	311	4	—	2,598	2,355	34	3	0,5	1,197	1,085
11	240; 420	9	3,0	2,511	2,276	35	4	0,5	1,183	1,072
12	231	3	1,0	2,427	2,200	36	2	—	1,167	1,058
13	041	5	1,0	2,271	2,059	37	2	—	1,147	1,039
14	150; 411	5	2,0	2,217	2,009	38	2	—	1,142	1,035
15	250; 520	8	3,0	2,087	1,892	39	—	0,5	1,131	
16	440	—	0,3	1,990	—	40	—	0,5	1,112	
17	501	10	4,0	1,933	1,752	41	5	0,5	1,108	1,005
18	002	7	—	1,912	1,733	42	3	—	1,079	0,978
19		2	0,3	1,854	1,681	43	3	0,5	1,058	0,959
20		1	0,3	1,789	1,622	44	6	—	1,040	0,942
21		7	2,0	1,720	1,559	45	—	0,3	0,985	
22		10	4,0	1,687	1,529	46	—	0,5	0,959	
23		2	—	1,623	1,478	47	—	0,3	0,943	
24		1	—	1,583	1,434	48	—	0,5	0,915	

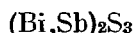
\* Значения  $d_\alpha/n$  для линий № 1, 16, 30, 39, 40, 45, 46, 47 и 48 приведены по данным Харкорта для антимонита из Японии, снятого с Cu-анткатодом и Ni-фильтром.

#### Л и т е р а т у р а

- Hofmann W. Zs. Krist., 1933, 86, 225; Gottfried C., Ludberger E., там же, 1929, 71, 257; Albright J. C. Phys. Rev., 1931, 37, 458.
- Ungemach H. Bull. Soc. fr. Min., 1934, 57, 202.

3. Neff H. Beitr. Krist. Min., 1916, 1, Nr 3, 107 и 1923, 2, Nr 2, 47; Mélon J. Ann. Soc. géol. Belg., 1929, 53, 18; Palache C., Modell D. Am. Min., 1930, 15, No 8, 365; Cesaro G. Bull. Soc. fr. Min., 1934, 54, 103; Ito T. Beitr. Min. Japan, 1937, 2, 1; Sztrókaу K. Math. és termész. éstés., 1938, 57, 911 (по реферату N. Jb. Min., 1939, 1, 228); Tokody L. Földt. Közl., 1950, 80, F. 7—9, 290.
4. Абрамов Ф. И., Данилов С. Л., Крутов Г. А. Минералого-петрографический очерк Никитовского ртутно-сурьмяного м-ния. ОНТИ, 1932, 80.
5. Mügge O. N. Jb. Min., 1898, 1, 79.
6. Ahearн A. J. Phys. Rev., 1949, 75, 1966.
7. Hutchinson A. Min. Mag., 1907, 14, No 66, 199.
8. Bailey R. Am. Min., 1948, 33, No 9—10, 527.
9. Сауков А. А. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1946, 78, 52.
10. Захаров Е. Е., Королев Н. И. Структура рудного поля, минералогический состав и генезис Никитовского ртутного м-ния в Донецком бассейне. Изд. АН СССР, 1940.
11. Новохатский И. П., Калинин С. К. Минеральное сырье, 1937, № 9, 29.
12. Габелко А. Б. Тр. Узб. фил. АН СССР, 1944, геол., вып. 6, 80.
13. Mateos J. P., Sorra M. T. G. Not. у Com. del Inst. Geol. Espana, 1948, 109 (по реферату Zbl. Min., 1950, 1, 148).
14. Янушкевич А. А. Тр. Геол. упр. Груз. ССР, 1930, 1, 63.
15. Поярков В. Э. Тр. Тадж.-Памир. экспед., 1937, вып. 62, 103.
- 15а. Сахарова М. С. Геология рудных м-ний, 1959, № 2, 63.
16. Шахов Г. А., Слободской Я. Я. Цветные металлы, 1930, № 10, 1294.
17. Альтгаузен М. Н., Борпшанская С. С. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 54.
18. Сулоев А. И., Пономарев А. Л. Тр. ВИМС, 1935, вып. 7, 1.
19. Рудни И. С. Разведка недр, 1939, № 3, 26; Баскаков М. П. Тр. Среднеазиатск. индустр. ин-та, горн. фак-т, 1941, № 7, 3; Смирнов В. И. Зап. Мин. о-ва, 1945, 74, № 3, 230; Сургай В. Т. Тр. Ин-та геол. АН Кирг. ССР, 1955, вып. 6, 39; Невский В. А. Изв. АН СССР, сер. геол., 1955, № 5, 72.
20. Сидоренко З. В. Советская геология, 1948, № 34, 60; Мудрогьян Н. С. Материалы по геологии и полезным ископаемым Средней Азии, 1956, вып. 10, 58.
21. Демчук А. Зап. Мин. о-ва, 1935, 64, № 1, 183; Григорян Г. О. Изв. АН Арм. ССР, 1955, 8, № 3, 59.
22. Giannela V. P. Econ. Geol., 1939, 34, No 4, 471.
23. Ligabo L. Period. Min., Roma, 1937, 8, 291; Abbolito E. Там же, 1938, 9, 77.
24. Gaudin A. M., McGlashan D. W. Econ. Geol., 1938, 33, No 2, 143.
25. Gaudin A. M., Dicke G. Econ. Geol., 1939, 34, No 1, 49.
26. Robinson S. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 52, 54.

## Хоробетсуит Horobetsuite



Назван по месту находки (Хайасе, 1955)<sup>1</sup>.

Ромб. с.  $a_0 = 11,23$ ;  $b_0 = 11,27$ ;  $c_0 = 3,91\text{Å}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,996 : 1 : 0,346$ .

Кристаллы вытянуты по оси  $c$ ; характерна вертикальная штриховка граней призм. Тв.  $\sim 2$ . Уд. в. 5,449. Цв. стально-серый. Черта черная. Анизотропен.

Состав промежуточный между составами антимонита и висмутитина, отношение  $\text{Bi}_2\text{S}_3 : \text{Sb}_2\text{S}_3$  варьирует от 9 : 11 до 13 : 7.

Анализы (анал. Ито):

	Fe	Bi	Sb	S	Н.о.	Сумма
1.	сл.	56,93	21,49	21,57	сл.	99,99
2.	сл.	44,80	32,30	23,00	0,05	100,15

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  (1 : 1),  $\text{HCl}$  (1 : 1),  $\text{HgCl}_2$  (5%) и  $\text{FeCl}_3$  (20%) буреет.

Встречен в месторождении Хоробетсу (Хоккайдо, Япония).

## Литература

1. Науасе, Китаро *Miner. J.*, Japan, 1955, 1, 189 (по реферату *Am. Min.*, 1958, 43, No 5—6, 623).

## Висмутин Bismuthinite



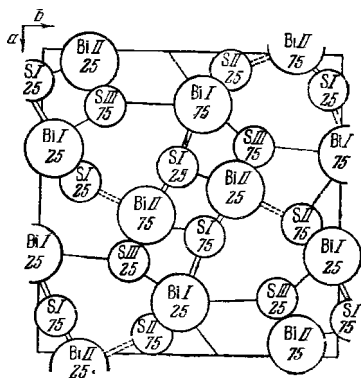
Назван по составу (Дана, 1884).

Синон. Висмутовый блеск, бисмутинит, бисмутоламприт (Глокер, 1847).

Смесями висмутинита с другими минералами являются чивнатит (Рамельсберг, 1853) — смесь висмутинита и различных медных минералов<sup>1,2</sup>, карезинит (Герман, 1858) — смесь висмутинита, бисмита и бисмутита<sup>3</sup>, болливит (Домейко, 1878) — смесь висмутинита и  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (Дана, 1892), гистриксит (Петерд, 1902) — смесь висмутинита с арсенопиритом, блеклой рудой, джемсонитом, сфалеритом, шпритом и др. (Рамдор, 1950).

Разнов. Селеновисмутин, стибновисмутин, ауровисмутин.

Характ. выдел. Призматические и игольчатые кристаллы, лучистые сростки, зернистые агрегаты. Известны псевдоморфозы по молибдениту и самородному висмуту.



Фиг. 185. Схема структуры висмутинита По Викману

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{16}$  —  $Pbnm$ ;  $a_0 = 11,15$ ;  $b_0 = 11,29$ ;  $c_0 = 3,98 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,9874 : 1 : 0,3523$ ;  $Z=4$  (Хофман, месторождение Килквивана)<sup>4</sup>.

Кристаллическая структура аналогична структуре антимонита<sup>4</sup> и сходна со структурой айкинита<sup>5</sup> (фиг. 185).  $\text{Bi-S}$  —  $\text{Bi}$  составляют цепи вдоль оси  $c$ , соединенные в ленты  $(\text{Bi}_4\text{S}_6)_n$ , параллельные  $a$  и  $c$ . Этот тип структуры объясняет вертикальное удлинение кристаллов, слабые связи  $\perp (010)$ , что обуславливает совершенную спайность по  $(010)$  и способность сгибаться вокруг  $[100]$  со скольжением по  $(010)$  вдоль  $[001]$ .

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,9862 : 1 : 0,3498$  (Дана, 1944).

Главные формы<sup>6,7,8</sup>:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	
$b\ 010$	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$L\ 101$	$90^\circ 00'$	$19^\circ 31'$
$a\ 100$	$90\ 00$	$90\ 00$	$z\ 301$	$90\ 00$	$46\ 46$
$m\ 110$	$45\ 24$	$90\ 00$	$\sigma\ 211$	$63\ 45$	$38\ 20$
$N\ 021$	$0\ 00$	$34\ 58$	$\lambda\ 311$	$71\ 48$	$48\ 14$

$mm\ (\bar{1}10) : (\bar{1}\bar{1}0) = 89^\circ 12'$	$\lambda\lambda\ (311) : (\bar{3}11) = 90^\circ 14'$	$\lambda b\ (311) : (010) = 76^\circ 31'$
$NN\ (021) : (0\bar{2}1) = 69\ 57$	$zz\ (301) : (\bar{3}01) = 93\ 33$	$\sigma b\ (211) : (010) = 74\ 04$
$LL\ (101) : (\bar{1}01) = 39\ 03$	$\delta\delta\ (211) : (\bar{2}11) = 67\ 36$	

Менее обычные формы:

$c\ 001$	$\chi\ 250$	$g\ 450$	$h\ 310$	$\Sigma\ 201$	$p\ 331$
$t\ 150$	$o\ 120$	$R\ 430$	$f\ 410$	$\rho\ 501$	$t\ 131$
$i\ 140$	$d\ 230$	$v\ 320$	$e\ 510$	$S\ 111$	$\beta\ 351$
$q\ 130$	$r\ 340$	$n\ 210$	$u\ 031$	$x\ 221$	$w\ 121$

Редкие и недостоверные формы на кристаллах с о-ва Вулкано<sup>7</sup>:

180	370	10.7.0	20.7.0	10.1.0	023	904	601	955	12.1.2
3.10.0	470	730	610	12.1.0	504	502	377	16.3.6	631



Отношение осей несколько колеблется, по-видимому, в соответствии с некоторыми колебаниями состава<sup>7</sup>.

Отношение осей Хофмана-Дана (1944) отличается от ранее принявшегося отношения осей Грота-Дана(1892)-Гольдшмидта-Пиккока<sup>6</sup> в 3 раза меньшим значением  $c$ . Формула перехода от установки Грота и др. к установке Хофмана-Дана (1944): 300/030/001.

Кристаллы призматические, иногда игольчатые, вытянутые по оси  $c$  и истрихованные (фиг. 186, 187), обычно с преобладающими (110), (301), а также дипирамидальные. Указываются скелетные формы роста<sup>7</sup>, изогнутые и скрученные кристаллы. Дв. по (110).

Физ. Сп. по (010) совершенная. Указания на несовершенную спайность по (100) и (110) нуждаются в подтверждении. Изл. неровный. Плоскости спайности являются плоскостями скольжения. Несколько гибок. Слегка режется ножом. Тв. 2 — 2½. Уд. в. 6,78 (вычисл. 6,81). Цв. свинцово-серый до оловянно-белого, нередко желтоватая и синяя побежалость. Черта свинцово-серая. Бл. металлический, сильный. Непрозрачен.

Электропроводность  $\parallel c$  почти в 4 раза меньше, чем  $\perp c$  (Ниггли).

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый, при сравнении с антимонитом и галенитом заметен кремовый или желтоватый оттенок. Отраж. спос. (в %):  $R_r$  для зеленых лучей — 41,46, для оранжевых — 40,86, для красных — 39,60;  $R_m$  соответственно — 48,45, 48,17 и 40,86;  $R_g$  — 54,51, 53,00 и 49,18 (Строкаи). Двуотражение заметно на границе зерен:  $\parallel c$  яркий желтовато-белый,  $\parallel a$  белый до светло-серого,  $\parallel b$  — серовато-белый (в иммерсии усиливается). Отчетливо анизотропен, со слабо выраженным цветным эффектом. Погасание прямое.

Под микр. наблюдаются тонкие срастания, иногда графические, с галенитом, самородным висмутом, халькопиритом, сфалеритом, вростки в арсенопирите, молибдените, пирротине, галените, киновари.

Хим. Теор. состав:  $Bi$  — 81,30;  $S$  — 18,70. Из примесей в повышенных количествах содержит  $Pb$  и  $Cu$ , иногда  $Sb$ , в небольших количествах часто  $Fe$ ,  $Se$ , редко  $As$ ,  $Te$ , также  $Au$ ,  $Ag$ . Спектроскопически обнаруживается  $In$ . Замещение  $Bi^{3+}$  на  $Pb^{2+}$ , по Викману<sup>5</sup>, компенсируется входжением  $Cu^{1+}$  в промежутки решетки

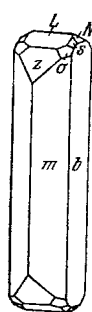
Анализы см. на следующей странице.

Диагн. исп. Легко растворим в  $HNO_3$  и горячей  $HCl$ . Очень трудно растворим в щелочах и сульфидах щелочей. Висмутин может быть переведен в растворимый  $BiJ_3$  путем растирания с кристаллическим йодом или йодистым калием без применения концентрированных кислот или сплавов<sup>11</sup>.

В полир. шл. от  $HNO_3$  вскипает, чернеет. От конц.  $HCl$  появляется призрающая пленка.  $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $KCN$ ,  $FeCl_3$  не действуют.

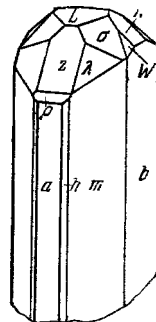
П. п. тр. очень легко плавится, при этом кипит и разбрызгивается. На угле дает королек  $Bi$ , желтовато-белый налет  $Bi_2O_3$ ; при сплавлении с  $KJ$  — красный налет  $BiJ_3$ . В откр. тр. выделяет  $SO_2$  и дает белый налет, сплавляющийся при нагревании в бурые капли, которые желтеют при остывании.

Повед. при нагр.<sup>12-14</sup> Т-ра плавл. 717 — 720°.



Фиг. 186. Кристалл висмутин (о-в Вулкано)

По Вольфе



Фиг. 187. Кристалл висмутин (Боливия)

По Гордону

## Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cu	0,61	3,18	—	0,32	0,35	1,55	Нет	0,80
Au	—	—	—	0,33	—	—	—	—
Fe	0,10	Сл.	0,38	0,18	0,13	1,48	0,28	Нет
Zn	0,07	—	—	—	0,10	—	—	—
Pb	1,80	5,02	—	—	0,05	—	3,37	3,24
Bi	78,65	72,90	80,29	80,45	82,28	76,97	75,26	76,50
S	17,65	17,82	19,48	19,08	17,35	19,73	18,04	17,95
As	0,03	—	—	—	—	—	Не обн.	—
Sb	0,25	Сл.	—	—	—	—	2,39	0,03
Se	—	0,06	—	—	—	—	—	—
Te	—	0,13	—	—	—	—	—	0,12
H. o.	0,17	1,01	—	—	—	—	0,70	0,66
Сумма	99,63*	100,12	100,15	100,36	100,33**	99,73	100,04	99,30
Уд. в.	—	—	6,46	—	—	—	—	—

\* В том числе  $Al_2O_3$  — 0,08; Ca — 0,27.

\*\* В том числе Ni — 0,07.

1 — Белуха (по данным Смольянинова)<sup>9</sup>; 2 — Сев. Коунрад; анал. Сендерова (по данным Чухрова); 3 — Вулкано<sup>7</sup>; 4, 5, 6 — Окна-де-Фер<sup>2</sup>; 7 — Устарасай; анал. Сендерова<sup>10</sup>; 8 — Караоба; анал. Сендерова (по данным Ермиловой).

**Находч.** Бисмутин является наиболее распространенным первичным соединением Bi в рудных месторождениях<sup>9</sup>. Встречается главным образом в гидротермальных месторождениях жильного типа (высоко- и средне-температурных) и в контактово-метасоматических; встречен также в гранитных пегматитах. Самостоятельные месторождения образует редко.

В относительно небольших количествах встречается в гранитных пегматитах (в СССР — Борцовочный кряж в Забайкалье, Туркестанский хребет в Средн. Азии, Ильменские горы на Урале и др.).

В повышенных количествах наблюдается в некоторых контактово-метасоматических месторождениях среди пироксено-гранатовых и магнетито-гранатовых скарнов со сфалеритом, магнетитом, гематитом, пиритом, халькопиритом, эпидотом, везувианом и др. (Варзоб в Тадж. ССР, Окна-де-Фер — б. Вашкё, Румыния), иногда с тетрадимитом, козалитом, эмплектитом (Бенца Бихорулуй — б. Рецбанья, Румыния).

В высокотемпературных кварцевых жилах с грейзенами наблюдается вместе с вольфрамитом, молибденитом, касситеритом, топазом, бериллом, калиевым полевым шпатом, арсенопиритом, пиритом, а также как минерал одной из последних фаз формирования этих жил в тесной ассоциации с халькопиритом, галенитом, сфалеритом, самородным висмутом, иногда с козалитом (Белуха и Букука в Читинской обл., Северный Коунрад и Караоба в центр. части Каз. ССР, Баженовское в Свердловской обл., месторождения Боливин и др.); иногда, помимо указанных сульфидов, сопровождается турмалином, шеелитом, апатитом и др. (Шерловая гора в Читинской обл., Калгутинское месторождение в Алтайском крае и др.).

В метасоматических жиллообразных телах наблюдается с пиритом, пирротинном, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, самородным висмутом кальцитом, актинолитом, тремолитом и др. (Устарасай Узб. ССР)<sup>10</sup>.

Встречается в некоторых касситерито-сульфидных месторождениях с арсенопиритом, станнином, касситеритом, сфалеритом, галенитом, блек-

лой рудой (в небольшом количестве в месторождениях Читинской обл.; крупное месторождение — Тасна в Боливии).

В золотоносных кварцевых жилах наблюдается в ассоциации с арсениопиритом, анкеритом, кальцитом, пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, иногда с блеклыми рудами, со сложными сульфидами Cu, Pb, Sb и Bi, с шеелитом, самородным висмутом (Константиновское в Читинской обл., Кочкарское в Челябинской обл., Джалиндинское в Амурской обл., Лебединое в Якутской АССР, Лобенштейн в ФРГ, месторождения п-ва Хоккайдо в Японии и др.), иногда с антимонитом и кинноварью (Аятское в Свердловской обл.).

В серебряно-кобальтовых рудах наблюдается в ассоциации с самородным висмутом, халькопиритом, аргентитом, арсениопиритом и др. (Аннаберг и Шнееберг в ГДР, Яхимов в Чехословакии и др.). Характерен для некоторых медно-висмутовых месторождений (Адрасман в Тадж. ССР и др.).

Известен также как минерал, образовавшийся из вулканических эгалазий (Вулкано, Италия).

**Изм.** Наблюдались псевдоморфозы по висмутину касситерита, халькопирита и сидерита. В зоне окисления легко изменяется с образованием псевдоморфоз висмутита, бисмита, бисмоклита, а также их смесей; реже при гипергенном изменении висмутина возникают кёхлинит, русселит и др. Иногда замещается церусситом.

**Искусств.** В системе Cu — Bi — S (в бомбе сплавлялись Cu, Bi и жидкая S) получены висмутин и виттихенит<sup>15</sup>, определенные на основе оптических и других свойств.

Получается при взаимодействии H<sub>2</sub>S с парообразным хлористым висмутом<sup>16</sup>, при пропускании H<sub>2</sub>S с HCl и CO<sub>2</sub> (1 : 1 : 6—8) через Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 550°<sup>17, 18, 19</sup>.

**Практ. знач.** Главная руда на висмут, который идет на изготовление легкоплавких сплавов, специальных стекол, химических препаратов и др.

**Отл.** От антимонита отличается бóльшим уд. весом и более сильным металлическим блеском, от айкинита — наличием спайности; нередко трудно отличим по внешним признакам от ряда минералов из группы сложных сульфидов.

Под микр. в отраж. св. очень сходен с антимонитом, многими Cu-Bi и Pb-Bi сульфидами сложного состава и с другими мягкими белыми анизотропными минералами. От антимонита отличается отрицательной реакцией с КОН, более высокой отраж. способностью, более слабыми двуотражением и анизотропией. От большинства сульфидов сложного состава отличается по желтоватому оттенку и отсутствию внутренних рефлексов.

**Разнов.** С е л е н о в и с м у т и н — Se-содержащий висмутин из Гуанахуато (Мексика). Состав: Bi — 76,94; Se — 8,80; S — 14,15; сумма — 99,89.

Следующие плохо определенные вещества являются разновидностями висмутина или его смесями с другими минералами.

**С т и б и о в и с м у т и н** (стибниобисмутинит) (Кёниг, 1912)<sup>20</sup> — (Bi, Sb)<sub>4</sub>S<sub>7</sub>. Кристаллы длиннопризматические, напоминающие кристаллы антимонита. Сп. имеется. Состав: Bi — 69,90; Sb — 8,12; S — 27,98 (по разности). Плавится легко. Встречен в ассоциации с халькопиритом в Накозари (Сонора, Мексика).

**А у р о в и с м у т и н** (ауробисмутинит) — (Bi, Au, Ag)<sub>5</sub>S<sub>6</sub><sup>21</sup>. Образует зернистые агрегаты. Имеет спайность. Мягкий, несколько размазывается в ступке. Цв. светло-серый. Возможно, является смесью (Au, Ag) с Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> или твердым раствором Au и Ag в Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. Состав: Bi — 69,50; Au — 12,27; Ag — 2,32; S — 15,35; сумма — 99,44. Месторождение неизвестно.

Межплоскостные расстояния висмутина из Персберга (Швеция)  
(по Харкорту)

Си-антикатод, Ni-фильтр

№	hkl	I	I'	$\frac{d_x}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_x}{n}$
1	200	5	1,0	5,55	27	6	2,0	1,430
2	010; 120	5	1,0	4,95	28	5	1,0	1,390
3	220	6	2,0	3,92	29	5	1,0	1,375
4	310	10	9,0	3,50	30	6	2,0	1,347
5	320	5	1,0	3,22	31	5	1,0	1,315
6	230; 211	9	6,0	3,08	32	6	2,0	1,302
7	221	8	4,0	2,79	33	5	0,5	1,289
8	301	5	1,0	2,69	34	5	0,5	1,275
9		5	1,0	2,61	35	5	0,5	1,242
10		7	3,0	2,495	36	6	2,0	1,184
11		5	1,0	2,425	37	5	0,5	1,160
12		5	1,0	2,28	38	6	2,0	1,138
13		7	3,0	2,23	39	5	0,5	1,116
14		5	1,0	2,11	40	3	0,3	1,096
15		5	0,5	2,06	41	3	0,3	1,082
16	002	5	1,0	1,98	42	6	2,0	1,053
17		8	5,0	1,935	43	5	1,0	1,028
18		5	1,0	1,870	44	5	1,0	1,017
19		5	1,0	1,840	45	3	0,5	0,990
20		8	5,0	1,725	46	2	0,2	0,974
21		5	1,0	1,690	47	4	2,0	0,965
22		5	1,0	1,670	48	4	2,0	0,897
23		1	0,2	1,595	49	3	0,3	0,881
24		7	3,0	1,550	50	2	0,2	0,865
25		3	0,5	1,521	51	3	0,3	0,846
26		6	2,0	1,475				

Л и т е р а т у р а

1. Uytendogaardt W. Geol. Förh. Förh., 1949, 71, Н. 2, 285.
2. Koch S. Acta Min. Petr., 1948, 2, 1.
3. Parascandola A. Riv. fis. Napoli, 1932, 7, 7; Min. Abstr., 1937, 6, 534.
4. Hofmann W. Zs. Krist., 1933, 86, 225.
5. Wickman F. E. Arkiv Min., Geol., 1954, 1, Н. 5—6, nr. 16, 501
6. Реасок М. А. Zs. Krist., 1933, 86, 203.
7. Wolfe C. W. Am. Min., 1938, 23, No 11, 790.
8. Gordon S. G. Proc. Acad. Nat. Sci. Philad., 1944, 96, 279.
9. Янишевский Е. М. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 80.
10. Сахарова М. С. Тр. Мин. муз. АН СССР, 1955, вып. 7, 111.
11. Исаков М. П. Научн. бюлл. Ленингр. гос. ун-та, 1950, № 25, 17.
12. Borgström L. H. Öfv. Finska Vetensk. Soc. Förh., 1914, 57 (1), 15.
13. Friedrich K. Metallurgie, 1909, 6, 178.
14. Krafft F., Merz L. Ber. Deutsch. Chem. Ges., 1907, 40, 4777.
15. Gaudin A. M., Dicke G. Econ. Geol., 1939, 34, No 1—2, 49 и 214.
16. Sénarmont H. Ann. Chim., Phys., 1851, 32, 129.
17. Carpanese T. Period. Min., Roma, 1936, 7, 1. (На искусств. кристаллах отмечены формы: (100), (010), (130), (120), (110), (430), (210), (310), (101), (103), (213);  $a:b:c=0,9879:1:1,0660$ ).
18. Quercigh E. Atti (Rend.) Acc. Naz. Lincei, Cl. Sci. fis. mat. nat., Roma, 1925, 1, 33. (На искусств. кристаллах получены формы: (100), (010), (110), (120), (140), (111);  $a:b:c=0,983:1:1,004$ ).
19. Abholito E. Period. Min., Roma, 1938, 9, 77 (Оптические свойства как у естественного висмутина, за исключением более интенсивного эффекта анизотропии).
20. Koenig G. A. J. Acad. Nat. Sci., Philad., 1912, 15, 423.
21. Spencer L. J. Min. Mag., 1916, 17, 344.

**Устарасит Ustarasite**  
**PbBi<sub>6</sub>S<sub>10</sub>**

Назван по месту находки (Сахарова, 1955) <sup>1</sup>.

Очень похож на висмутин. Возможно, является его разновидностью, обогащенной свинцом. Порошкограмма устарасита практически не отличается от порошкограммы висмутина (данные Слудской).

**Характ. выдел.** Кристаллические агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Сингония неизвестна. Кристаллы призматические, местами искривленные.

**Физ.** Сп. в одном направлении совершенная, в другом — несовершенная; выявляется в полир. пл. травлением. Тв. 2½. Уд. в. не указан. Цв. серебристо-серый до серого. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. 42%. Заметное двуотражение. Сильно анизотропен. Внутренних рефлексов нет. Содержит эмульсиевидные включения самородного висмута.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 11,62; Bi — 70,39; S — 17,99. Содержит изоморфную примесь Sb; наличие Fe и Cu, по-видимому, обусловлено примесью пирита и халькопирита, недостаток S объясняется постоянной эмульсиевидной вкрапленностью самородного висмута.

**Анализы:**

	Cu	Ag	Fe	Pb	Bi	S	As	Sb	Н. о.	Сумма
1.	0,30	Нет	0,60	10,51	65,33	17,25	Нет	2,96	0,34	97,29
2.	0,74	Нет	1,40	11,35	64,90	17,25	0,15	1,87	0,54	98,20

1 и 2 — Устарасай: 1 — анал. Сендерова; 2 — анал. Нестерова.

**Диагн. исп.** В полир. пл. от конц. HNO<sub>3</sub> вскипает и чернеет. от HNO<sub>3</sub> (1 : 1) слабо вскипает, от конц. HCl после 10 мин. покрывается иризирующей пленкой. HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub>, HgCl<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub> не действуют.

**Нахожд.** В значительном количестве встречен в кварцевых жилах Устарасая (Узб. ССР) в ассоциации с висмутином, самородным висмутом и другими минералами.

**Межплоскостные расстояния устарасита <sup>1</sup>**

Fe-излучение, Mn-фильтр, D = 57,9 мм \*

№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	1	5,510	16	5	1,884	31	1	1,319
2	1	4,888	17	5	1,857	32	8	1,308
3	6	3,885	18	9	1,735	33	3	1,296
4	10	3,527	19	2	1,701	34	3	1,285
5	3	3,402	20	2	1,680	35	6	1,246
6	9	3,085	21	1	1,628	36	1	1,216
7	7	2,785	22	4	1,555	37	1	1,203
8	2	2,702	23	1	1,532	38	7	1,190
9	2	2,630	24	9	1,497	39	5	1,165
10	9	2,514	25	7	1,444	40	10	1,139
11	7	2,295	26	7	1,430	41	2	1,125
12	8	2,248	27	2	1,411	42	5	1,103
13	4	2,147	28	2	1,386	43	3	1,083
14	4	1,984	29	1	1,366	44	10	1,058
15	10	1,915	30	8	1,350	45	6	1,034

\* Оригинал хим. анализа 2.

## Л и т е р а т у р а

1. Сахарова М. С. Тр. Мин. музея АН СССР, 1955, вып. 7, 112.

## СТРУКТУРА ТИПА АУРИПИГМЕНТА

## ГРУППА АУРИПИГМЕНТА

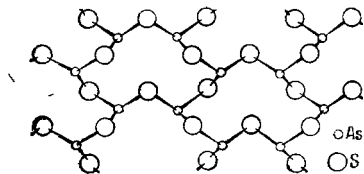
	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
Аурипигмент $As_2S_3$	Монокл.	11,49	9,59	4,25	$90^\circ 27'$	3,49
[Джеромит] $As(S,Se)_2$	—	—	—	—	—	—

## Аурипигмент Orpiment

 $As_2S_3$ 

Название от латин. auripigmentum — золотая краска — по цвету или по предполагаемому содержанию в минерале золота (Агрикола, 1546). Известен с древности, упоминается Теофрастом (315 г. до н. э.).  
Синон. Желтый мышьяк; желтая мышьяковая обманка.

**Характ. выдел.** Кристаллы, столбчатые и волокнистые массы, почковидные и гроздевидные агрегаты, зернистые и порошковатые выделения.

Фиг. 188. Слоистая решетка аурипигмента<sup>2</sup>

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с. (псевдоромбический).  $C_{2h}^5$  —  $P2_1/c$ ;  $a_0 = 11,49$ ;  $b_0 = 9,59$ ;  $c_0 = 4,25$  Å;  $\beta = 90^\circ 27'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,198 : 1 : 0,443$ ;  $Z = 4$  (Бёргер, м-ние Меркур).<sup>1</sup>

Слои  $As_2S_3$  расположены параллельно (010)<sup>1</sup>. Каждый атом As окружен тремя атомами S, каждый атом S связан с 2 As. Слои связаны слабыми вандерваальсовскими силами (фиг. 188)<sup>2</sup>.

**Призмат. кл.;**  $a : b : c = 1,1924 : 1 : 0,4433$ ;  $\beta 90^\circ 41'$  (Дана, 1944).  
**Главные формы<sup>2,4</sup>:**

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
$b\ 010$	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$s\ 310$	$68^\circ 19'$ $90^\circ 00'$
$a\ 100$	$90\ 00$	$90\ 00$	$e\ 101$	$90\ 00$ $20\ 59$
$g\ 230$	$29\ 12$	$90\ 00$	$o\ 301$	$90\ 00$ $48\ 25$
$m\ 110$	$39\ 59$	$90\ 00$	$v\ \bar{3}31$	$-39\ 41$ $59\ 56$
$n\ 3\bar{2}0$	$51\ 31$	$90\ 00$	$x\ \bar{3}11$	$-68\ 07$ $49\ 56$
$U\ 210$	$59\ 12$	$90\ 00$	$v\ \bar{3}21$	$-51\ 13$ $54\ 45$
$mm\ (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 79^\circ 58'$		$oU\ (301) : (210) = 50^\circ 01'$	$vb\ (\bar{3}31) : (010) = 48^\circ 14'$	
$UU\ (210) : (2\bar{1}0) = 61\ 36$		$ov\ (301) : (\bar{3}31) = 94\ 40$	$xb\ (\bar{3}11) : (010) = 73\ 25$	
$ss\ (310) : (\bar{3}\bar{1}0) = 43\ 22$		$vv\ (\bar{3}31) : (\bar{3}\bar{3}1) = 83\ 32$	$vb\ (\bar{3}21) : (010) = 59\ 14$	
$oa\ (301) : (100) = 41\ 35$		$vU\ (\bar{3}31) : (210) = 35\ 19$	$vU\ (\bar{3}21) : (\bar{2}10) = 36\ 06$	

**Менее обычные формы<sup>2</sup>:**

130	012	$p\ \bar{3}01$	$B\ 232$	$z\ 511$	$\bar{3}\ \bar{1}\bar{2}.9.4$
$w\ 450$	034	$i\ 221$	10.5.1	616	$q\ 423$
650	011	$K\ \bar{1}11$	931	$\pi\ 612$	$\bar{6}32$
610	$d\ \bar{1}01$	$\gamma\ 1\bar{2}1$	$\mu\ 12.3.4$	611	$\chi\ \bar{4}11$

Первоначально Моосом был отнесен к ромбической сингонии. Моноклинность доказана Стефановичем<sup>3</sup>, который вывел отношение осей  $a : b : c = 0,5962 : 1 : 0,6650$ ;  $\beta 90^\circ 41'$ .

Формула перехода от индексов Стефановича, Мооса, Татарского, Дана (1892) к индексам Дана(1944)-Бёргера: 200/010 / 00<sup>2</sup>/3. Соотношение индексов главных форм:

Дана (1944)	010	110	210	101	301	$\bar{3}31$	$\bar{3}11$	$\bar{3}21$
Стефанович	010	120	110	103	101	$\bar{1}21$	$\bar{3}23$	$\bar{3}43$

Кристаллы короткопризматические по оси *c* с искривленными гранями (фиг. 189). Иногда их величина достигает 60 см.

Дв. по (100). Известны ориентированные сростания аурипигмента с реальгаром.

Физ. Сп. по (010) совершенная, по (100) — несовершенная. Плоскость скольжения (001). Спайные пластинки гибки, но не упруги; легко режутся ножом. Тв. 1½—2. Уд. в. 3,49 (вычисл. 3,48). Цв. золотисто-желтый, лимонно-желтый до оранжево-желтого, иногда буроватый. Черта светло-лимонно-желтая. Бл. жирный до алмазного, на плоскостях спайности — перламутровый, полуметаллический, быстро тускнеющий. Просвечивающий до прозрачного.

Непроводник электричества. Диамагнитен.

Под действием лучей ртутно-кварцевой лампы золотисто-желтый аурипигмент становится зеленовато-желтым<sup>5</sup>.

Микр. В пл. в прох. св. — лимонно-желтый. Плеохроизм в желтых тонах. Абсорбция  $Np > Nm$  и  $Ng$ .  $Ng$  — зеленовато-желтый,  $Nm$  — желтый. Двусный (+). Пл. опт. осей близка к (001).  $Np = b$ ;  $cNm = 1-3^\circ$ . Для Li-света:  $n_g = 3,02$ ;  $n_m = 2,81$ ;  $n_p = 2,4$ ;  $n_g - n_p = 0,62$ ;  $2V = 76^\circ$ . Дисперсия сильная,  $r > v$ .

В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. (в %) :  $\parallel a$  — для зеленых лучей 32, для оранжевых — 26, для красных — 26;  $\parallel b$  соответственно — 27, 18 и 20. Двухотражение сильное:  $\parallel a$  — светлый, белый,  $\parallel b$  — матово-серый с розоватым оттенком,  $\parallel c$  — серовато-белый. Анизотропия малозаметна из-за внутренних рефлексов. Внутренние рефлекс светлые — от белых до лимонно-желтых. Полируется легко, но всегда остаются царапины.

Хим. Теор. состав: As — 60,91; S — 39,09. Иногда содержит до  $3 \cdot 10^{-4}\%$  Hg; аурипигмент из м-ния Минкюле (Якутская АССР) содержит  $4 \cdot 10^{-5}\%$  Ge, в лухумском спектроскопически установлены Co, Ni, Zn, W, Mg, Mn, Cu, Ga, Ti, Ca, Na<sup>6</sup>.

Анализы<sup>7</sup>:

	As	Sb	S	Se	Te	V	Fe	Mo	Сумма
1.	60,87	—	38,80	—	—	—	0,14	—	100,00*
2.	59,56	2,73	37,45	0,036	0,001	0,002	0,021	0,004	99,852**
3.	57,67	—	41,58	—	—	—	—	—	99,25

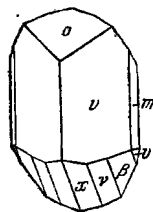
\* В том числе 0,19% н. о.

\*\* В том числе 0,026% SiO<sub>2</sub> и 0,022% Al.

1 — Лухумское м-ние; анал. Бояршинова<sup>7</sup>; 2 — Минкюле; анал. Иванова<sup>7</sup>; 3 — Альяхар; оригинал рентгенограммы Ковалева.

Диагн. исп. Растворяется в царской водке и в щелочах (с выделением бурого осадка).

В полир. пл. травится KCN, KOH, (NH<sub>4</sub>)S и HgCl<sub>2</sub> (желтая кайма); HNO<sub>3</sub>, HCl. FeCl<sub>3</sub> не действуют.



Фиг. 189. Кристаллы аурипигмента (Альяхар) по Стефановичу

П. п. тр. очень легко плавится, горит синеватым пламенем и улетучивается, выделяя  $\text{SO}_2$  и  $\text{As}_2\text{O}_3$  (чесночный запах). В откр. тр. при медленном нагревании дает возгон  $\text{As}_2\text{O}_3$  и выделяет  $\text{SO}_2$ . В закр. тр. образует темную красноватую жидкость, которая кипит; по охлаждении затвердевает в прозрачную красновато-желтую массу.

Повед. при нагр. Плавится при  $310^\circ$ . Т-ра кип.  $707^\circ$ .

Находж. Редкий, но в отдельных месторождениях наблюдается в значительных количествах. Большинство месторождений его приурочено к районам молодого вулканизма; генетически он связывается с затухающей активностью магм, преимущественно кислых и средних. Встречается в низкотемпературных гидротермальных месторождениях, наблюдается в отложениях горячих минеральных источников, в продуктах возгонов вулканов; отмечался также гипергенный или биогенный аурипигмент.

В гидротермальных месторождениях наблюдается совместно с реальгаром, антимонитом, марказитом, арагонитом, кварцем, гипсом и опалом, иногда с мельниковитом, золотом и другими минералами в виде жил, гнезд, примазок, главным образом среди глинистых сланцев, известняков, мергелей и кварцитов. Примеры: Лухумское месторождение в Груз. ССР, где кристаллы аурипигмента достигают в длину 5 см, Джульфинское месторождение в Нахичеванской АССР с метаколлоидным зеленовато-желтым (от примеси  $\text{FeS}_2$ ) аурипигментом, месторождение Минюле в Якутской АССР с крупными кристаллами (до 60 см в длину и весом до 30 кг), Аятское месторождение в Свердловской обл. и ряд других в СССР<sup>7</sup>; крупные кристаллы встречены в р-ке Меркур в шт. Юта (США) и в Аллхаре (Греция); в виде натечных образований наблюдался в глинах Тайовы (Чехословакия); содержится в жилах Бая Сприе (б. Фельшбанья) и Капника в Румынии, в пров. Юньнань (Китай) и др.

Наблюдался как продукт отложения горячих источников Пыр-пыртыр в бассейне Аракса (Азерб. ССР)<sup>7</sup> и Стимбот в шт. Невада (США), гейзеров Йеллоустонского национального парка (США), гейзера Курияма в р-не Шимотзуке (Япония), фумарол Везувия (Италия) и др.

Большая часть аурипигмента представлена первичными выделениями; возможно его отложение из щелочных растворов.

Межплоскостные расстояния \* аурипигмента из Аллхара<sup>8</sup>

Fe-антикатод,  $D = 45,97$  мм

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	10	4,775	(4,328)	13	1	(2,126)	(1,927)
2	2	3,704	(3,357)	14	4	2,085	(1,890)
3	2	3,181	(2,883)	15	2	2,031	(1,841)
4	2	3,077	(2,789)	16	2	(1,923)	1,743
5	1	(2,933)	2,713	17	1	(1,864)	1,689
6	2	2,839	(2,573)	18	8	1,743	(1,580)
7	4	2,785	(2,524)	19	1	1,710	(1,549)
8	6	2,707	2,453	20	4	1,684	(1,526)
9	1	(2,550)	(2,311)	21	1	(1,633)	(1,481)
10	6	2,446	(2,217)	22	1	(1,600)	(1,450)
11	2	2,341	(2,122)	23	2	1,400	1,266
12	1	(2,294)	2,079	24	2	1,106	(1,002)

\* От приведенных здесь данных Ковалева заметно отличаются данные Харнорта, рентгенометрической картотеки, а также Ханавалта, Рина и Фревела, видимо, полученные для образцов аурипигмента с примесью серы, к которой относятся линии 4,40; 3,97; 3,66; 3,54; 3,18; 3,01; 2,83; 2,11; 1,860 и др., отсутствующие на порошковой фотографии чистого аурипигмента, изученного Ковалевым (оригинал анализ № 3).



К продуктам гипергенеза относятся налеты и корочки аурипигмента, наблюдавшиеся на землистом лимоните, на раковинах в киммерийских железорудных отложениях Керченского п-ова и в месторождениях каменных углей.

**Изм.** На воздухе окисляется до  $As_2O_3$ . При нагревании аурипигмент частично переходит в реальгар.

**Искусств.** Получен нагреванием мышьяковистой кислоты с  $H_2S$  под давлением.

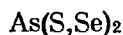
**Практ. знач.** При достаточных содержаниях в рудах аурипигмент может добываться как сырье для получения мышьяковых соединений.

**Отл.** Определяется сравнительно легко по яркому лимонно-желтому цвету, низкой твердости, совершенной спайности, алмазному или полуметаллическому блеску в изломе. Характерны реакции с паяльной трубкой.

#### Л и т е р а т у р а

1. В u e r g e r M. J. Am. Min., 1942, 27, No 4, 301. Сходные данные для аурипигмента из Японии см. M o r i m o t o N., 1949 и M o r i m o t o N., I t o T., 1950 (по реферату в Structure Reports, 12, 175).
2. M a c h a t s c h k i F. Tscherm. Min., Petr. Mitt., 1954, 4, 275.
3. S t e v a n o v i c S. Zs. Krist., 1904, 39, 14.
4. Т а т а р с к и й В. В. Зап. Мин. о-ва, 1935, 64, № 1, 207.
5. У к л о н с к и й А. С. ДАН СССР, 1941, 32, № 3, 210.
6. Г о г о р и ш в и л и П. В., К у л ь г и н а В. Н. Сообщ. АН Груз. ССР, 1941, 2, № 5.
7. Ч у п и л и н И. И. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 51 (сводка данных по аурипигменту из м-ний Союза; хим. анализы).
8. К о в а л е в Г. А. Зап. Мин. о-ва, 1935, 64, № 1, 215.

### Джеромит Jeromite



Назван по местечку Джером, вблизи которого найден (Лосен, 1928) <sup>1</sup>.

Черные сферические корки на поверхности пород под железной шляпой колчеданных руд, затронутых действием подземного пожара в р-ке Юнайтед-Верде близ Джерома в шт. Аризона (США). Непрозрачен; в тонких осколках просвечивает вишнево-красным цветом. Изл. раковистый. Бл. алмазный. Изотропен; вероятно, аморфный. Близок к аурипигменту. Состав: As — 46,8; S — 40,8; Sb — сл.; Se — 7,5; Te — сл.; н. о. — 4,9; сумма — 100,00. Растворим в горячей  $HNO_3$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. L a u s e n C. Am. Min., 1928, 13, No 6, 227.

### СТРУКТУРА ТИПА ПИРИТА

#### ГРУППА ПИРИТА

		Сингония	$a_0$	Уд. в.
Гауерит	$MnS_2$	Куб.	6,12	3,44
Пирит	$FeS_2$	Куб.	5,42	5,00
[Мельниковит]	$FeS_2$	Куб.	—	4,2—4,3
Бравойт	$(Fe, Ni, Co)S_2$	Куб.	5,5—5,6	~4,6
Ваэсит	$NiS_2$	Куб.	5,67	4,45
Катъерит	$CoS_2$	Куб.	5,52	4,80
[Вилламанинит]	$(Cu, Ni, Co, Fe)(S, Se)_2?$	Куб.	5,66	~4,5

## Гауерит Hauerite



Назван по имени австрийских геологов И. Хауера и Ф. Хауера (Хайдингер, 1846).

Синон. Марганцовый колчедан (Грот, 1874.)

**Характ. выдел.** В виде отдельных изометрических зерен, очень редко образует сплошные массы или шаровидные скопления.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_h^6 - Pa\bar{3}$ ;  $a_0 = 6,12 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Онорато)<sup>1</sup>. Структура типа пирита.

Дидодекаэдр. кл.

Формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $e(210)$ ,  $f(310)$ ,  $\Delta(744)$ ,  $p(221)$ ,  $'s(321)$ ,  $'t(421)$ .

Кристаллы преимущественно октаэдрического или додекаэдрического облика.

**Физ.** Сп. по (100) совершенная, в шлифах иногда наблюдаются треугольные фигуры выкрашивания. Изл. неровный до полураковистого. Хрупок. Тв. 4. Уд. в. 3,463 (вычисл. 3,444). Цв. коричневато-серый до буровато-черного. Черта красновато-бурая. Бл. алмазный, металлоидный.

Непрозрачен, иногда просвечивает.

**Микр.** В инфракрасных лучах  $n = 2,634^2$ ; при  $\lambda = 910,0 \text{ мкм}$  у минерала из Раддузы<sup>3</sup>  $n = 2,58$ .

В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый со слабым коричневым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 26, для оранжевых — 22,5, для красных — 22. Изотропен. В иммерсии обнаруживаются внутренние рефлексы буровато-красного или темно-красно-красного цвета. В полир. пл., быстро окисляясь, покрывается налетом.

**Хим.** Теор. состав: Mn — 46,14; S — 53,86. Химические анализы показывают наличие примеси Fe (до 1,3 %). Хим. состав образца из Калинин (Чехословакия)<sup>4</sup>: Mn — 46,00; S — 53,75; н. о. — 0,16; сумма — 99,91.

**Диagn. исп.** В полир. пл. легко травится царской водкой. Остальные обычно применяемые реагенты не действуют.

**П. п. тр.** плавится. После обжига с бурой дает перл Mn. В закр. тр. образует обильный возгон S и зеленый остаток, растворимый в HCl.

**Нахожд.** Редкий минерал. Находки гауерита приурочены главным образом к осадочным породам. Образуется, очевидно, в условиях сероводородного брожения среди марганцевосных осадков в процессе их диагенеза. Однако это отнюдь не исключает возможности нахождения гипогенного гауерита.

В СССР гауерит установлен в Чиатурском месторождении (Груз. ССР) в осадочных карбонатных рудах марганца в ассоциации с марказитом, пиритом и баритом<sup>5</sup>. В очень небольших количествах он был встречен в метаморфизованных осадочных марганцевых рудах Икат-Гаргинского месторождения (Бурятская АССР).

Встречается в Чехословакии (в Калинин<sup>4</sup>, близ Нойзола) с гипсом, серой и реальгаром в трахите и других породах, подвергшихся действию сульфатных вод; кристаллы гауерита иногда покрыты пиритом. В Сицилии (в Раддузе) в глине совместно с серой, гипсом и кальцитом гауерит обнаружен в виде октаэдрических кристаллов (до 5 см вдоль ребер октаэдра). Установлен также в кристаллических сланцах в районе оз. Вакаטיפу (Новая Зеландия); в шт. Техас (США) обнаружен в наносах над соляными куполами Биг-Хил (округ Матагорда) и в соляном куполе Хай-Айленд (округ Галвестон).

**Изм.** В присутствии кислорода минерал очень неустойчив и подвергается выветриванию.

Отл. Диагностика гауерита в полир. пл. довольно трудная, особенно в мелких зернах. Его легко можно смешать с кислородными соединениями марганца. От минералов одинаковой с ним твердости (манганита, гаусманита) отличается изотропностью. Помочь при диагностике может также микрохимическая реакция на S (методом отпечатков) при отсутствии включений пирита. Важное значение имеют условия нахождения и парагенезис.

Межплоскостные расстояния гауерита  
из Сицилии<sup>6</sup>  
Fe-антикатод

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	200	10	3,0	3,035
2	210	7	1,0	2,715
3	211	7	1,0	2,49
4	220	7	1,0	2,15
5	311	7	1,0	1,832
6	321	7	1,0	1,625
7	511; 333	7	1,0	1,172

#### Л и т е р а т у р а

1. Onorato E. Period. Min., Roma, 1930, 1, 109.
2. Bailly R. Bull. Soc. fr. Min., 1947, 70, 117.
3. Gordon S. G. Am. Min., 1951, 36, No 11—12, 918.
4. Koch S., Donath E. Acta Min., Petr., 1950, 4, 42.
5. Бетехтин А. Г. Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1937, 11, вып. 1, 103.
6. Offner F. Zs. Krist., 1934, A, 89, 182.

### Пирит Pyrite



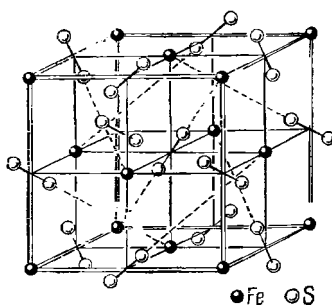
Название от греч. πῶρ (пир) — огонь, так как при ударе дает искры. Это название применялось еще Диокридом и Плинием.

Синон. Серный колчедан, железный колчедан, ксантопирит (Глокер, 1839), сидеропирит (Честер, 1896), Баллестерозит (Шульц и Пайет, 1849) — пирит, содержащий Sn и Zn (возможно, являлся смесью); теласпирин (Шенард, 1882) — пирит, содержащий следы Те.

Разнов. Никелистый пирит, кобальтпирит.

Характ. выдел. Зернистые агрегаты, отдельные зерна, часто хорошо образованные кристаллы, иногда конкреции с концентрическим и радиально-лучистым строением, а также почковидные и другие образования.

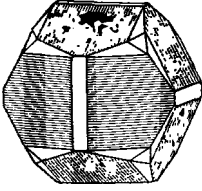
Структ. и морф. крист. Куб. с.  $T_h^6 - Pa3$  (Брэгг, 1913). Для пирита из Ледвилла  $a_0 = 5,4176 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Кер, 1945)<sup>1</sup>. Структура сходна со структурой NaCl. Fe занимает места Na, а центры тяжести гантелей  $S_2$  занимают места Cl; оси, соединяющие  $S_2$ , параллельны четырем непересекающимся осям  $L_3$  малых кубов (фиг. 190), вследствие чего пропадают зеркальные плоскости симметрии, которые имеются в галите. Атом Fe окружен шестью атомами S по октаэдру, тогда как S окружен только тремя атомами Fe. Связь между Fe — Fe металлическая, между Fe—S—гетерополярная, а между S—S—ковалентная. На плоскостях (100) и (110) располагаются атомы Fe и S, а на (111) — одноименные атомы с металлической или ковалентной связью. Связь  $\perp$  (111), вероятно, гетерополярная. Расстояние S—S=2,10 Å в ради-



Фиг. 190. Структура пирита

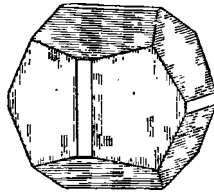
калах  $S_2$ ;  $S-S=3,09 \text{ \AA}$  для  $S$ , принадлежащих разным  $S_2$ ;  $Fe-S = 2,26 \text{ \AA}$ . Состав пирита колеблется от  $FeS_{1.994}$  до  $FeS_{2.033}$ . При недостатке  $S$  их места занимает  $Fe$ .

Дододекаэдр. кл. Наблюдалось больше 400 простых форм, часть которых является вицинальными (полное перечисление форм, отмеченных до 1931 г., дано Токоди<sup>2</sup>; список дополнен Вакером<sup>3</sup> и Абдуллаевым<sup>4</sup>).



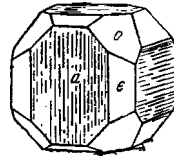
Фиг. 191. Кристалл пирита (Пьемонт, Италия)

По Стрюверу



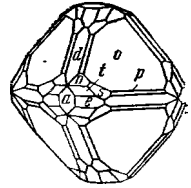
Фиг. 192. Кристалл пирита (Пьемонт, Италия)

По Стрюверу



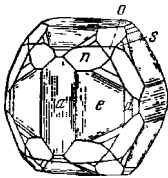
Фиг. 193. Кристалл пирита (Азерб. ССР)

По Абдуллаеву



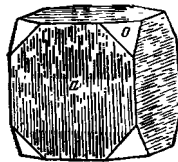
Фиг. 194. Кристалл пирита (Азерб. ССР)

По Абдуллаеву



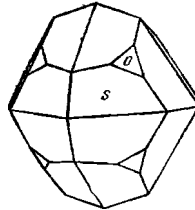
Фиг. 195. Кристалл пирита (Азерб. ССР)

По Абдуллаеву



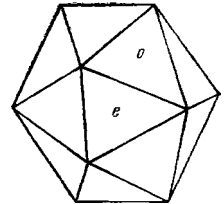
Фиг. 196. Кристалл пирита (Азерб. ССР)

По Абдуллаеву



Фиг. 197. Кристалл пирита (Пьемонт, Италия)

По Стрюверу



Фиг. 198. Кристалл пирита (Пьемонт, Италия)

По Стрюверу

Главные формы:  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $e(210)$ ,  $n(211)$ ,  $p(221)$ ,  $s(321)$ ,  $t(421)$ .

Часто наблюдающиеся формы:  $d(110)$ ,  $m(311)$ ,  $h(410)$ ,  $f(310)$ ,  $g(320)$ ,  $\vartheta(430)$ ,  $v(650)$ ,  $\varepsilon(532)$ ,  $Z(531)$ ,  $e'(120)$ . Характерны вицинальные формы в зонах  $(100) : (010)$ ,  $(210) : (111)$  и  $(100) : (111)$ . Среди пентагон-дододекаэдров значительно преобладает положительный  $(210)$ , из отрицательных чаще всего наблюдается  $(230)$ <sup>5</sup>.

Кристаллы — различного облика: кубического, пентагон-додокаэдрического, реже октаэдрического и др. (фиг. 191—198).

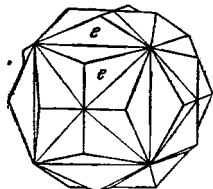
Неравномерное развитие форм приводит к псевдотетрагональному, псевдотригональному и псевдоромбическому облику кристаллов. Имеются указания<sup>6</sup>, что кристаллы кубического облика в общем характерны для пирита метасоматических месторождений, пентагон-додокаэдрического облика — для пирита кварцево-карбонатных и гематитсодержащих жил, для пирита, образующего вкрапленность в песчаниках и др.; более редкие кристаллы октаэдрического облика наблюдаются в зонах дробления и гидротермального изменения.

В Азерб. ССР наибольшее богатство формами характерно для кристаллов из месторождений средних глубин, образовавшихся при средних температурах<sup>4</sup>.

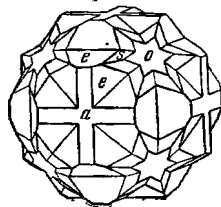
На гранях наблюдается штриховка <sup>4,7</sup>: на (100) || [001] и || [110], на (111) || [011] и [121] на (210) || [001] и [121] и тонкая штриховка на других гранях. От действия кислот на гранях получаются различные характерные фигуры травления (фиг. 199)<sup>8</sup>.



Фиг. 199. Схема фигур травления на гранях кристалла пирита (Березовск, Свердловская обл.)<sup>8</sup>—(610) По Ершову и Ярош



Фиг. 200. Двойник пирита по (110) (Пиренеи Франция) По Дежлазо



Фиг. 201. Двойник пирита (Эльба, Италия) По Стржеверу

Дв. главным образом по (110) и по (111); дв. - - сростания и прорастания (фиг. 200, 201); всего указывалось 48 законов двойникования<sup>9</sup>. Дв. прорастания по (110) образуют иногда фигуру «железного креста».

Отмечались закономерные сростания пирита со сфалеритом, пирротином, галенитом, арсенопиритом, тетраэдритом, марказитом, халькопиритом, бравоитом, кварцем со следующей взаимной ориентировкой: (001) и [110] пирита || (001) и [110] арсенопирита, (010) и [100] марказита, (1010) и [0001] пирротина; (001) и [001] пирита || (111) и [110] галенита или (010) и [101] марказита; (111) и [001] пирита || (111) и [001] тетраэдрита<sup>10</sup>; (001), [110] и [110] пирита || (1011), [1210] и [1012] кварца.<sup>10a</sup>

Физ. Сп. весьма несовершенная по (100) и (111), иногда по (110). Изредка наблюдается отдельность по (111)<sup>11</sup>. Тв. 6—6½. Уд. в. 4,9—5,2 (вычисл. 5,003). Цв. светло-желтый, латунно-желтый, иногда с желтовато-бурой и пестрой побежалостью. Черта зеленовато- или буровато-черная. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

Дефицит S обуславливает более сильный металлический блеск<sup>1</sup>.

Электропроводность различна в зависимости от внутренней структуры и химического состава. При составе, близком к теоретическому, пирит плохой проводник электричества, при недостатке S — хороший проводник. Электропроводность существенно различна и по разным направлениям в кристалле.

Инфракрасный спектр имеет сильную полосу поглощения в области 8—11,2 м; максимум поглощения у 9,9 м, слабые максимумы — около 9,0 м и 11 м<sup>12</sup>.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светло-желтый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 54, для оранжевых — 53,5, для красных — 52,5. По Орселю, для различных длин волн показатель отражения меняется следующим образом:

$\lambda$ , мμ	R	$\lambda$ , мμ	R	$\lambda$ , мμ	R
440	0,372	530	0,542	590	0,552
470	0,470	550	0,556	650	0,520

Изотропен. Некоторые пириты анизотропны<sup>13</sup>.

Очень часто устанавливается зональное строение отдельных зерен. Зональность является отражением изменения физико-химических условий среды, в которой происходит рост кристаллов. В большинстве случаев очень тонкая зональность выявляется только при травлении. Различная степень затравливаемости отдельных зон обусловлена либо их различной кристаллографической ориентировкой, либо наличием примесей в отдельных зонах или загрязнениями, располагающимися по границам отдельных зон.

Установлено, что исчезновение зонального строения может быть вызвано внешними воздействиями. Под влиянием отдельных факторов регионального метаморфизма — воздействия растворов, повышения давления и температуры — может происходить перегруппировка вещества, перекристаллизация или вынос отдельных примесей, что сказывается на внутреннем строении кристаллических зерен и приводит к исчезновению зональности.

**Хим.** Теор. состав из формулы  $FeS_2$ : Fe — 46,55; S — 53,45; Co и Ni изоморфно замещают Fe; As, по-видимому, может входить в состав пирита в количестве до 2,70%<sup>14</sup>.

Нередко пирит из месторождений сульфидных руд содержит примеси Sb, Cu, Au, Ag и др.<sup>15,16</sup>. Присутствие некоторых из указанных элементов обусловлено включениями посторонних минералов, иногда в тонкодисперсном состоянии.

Спектральные анализы обычно обнаруживают в пирите большое количество различных примесей. Имеются указания на то, что пирит из стяжений фосфоритов содержит примеси Ni, Cu, Ti, Sr, Al, Si, Mg, Ca<sup>17</sup>.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	0,21	—	0,04	0,06	0,01	—	2,80	—	—
Zn	—	—	Сл.	—	0,01	—	—	—	—
Fe	44,70	46,37	44,26	46,07	46,11	38,54	38,02	45,20	33,32
Co	Не обн.	—	—	~0,001	0,001	—	—	1,25	13,90
Ni	—	—	0,02	~0,002	Не обн.	6,50	4,40	—	0,19
S	51,30	51,71	50,91	52,93	52,91	51,39	50,77	53,30	52,45
As	0,14	0,67	0,01	0,08	0,08	—	—	—	—
H. o.	—	—	4,66	—	0,73	3,80	2,50	—	—
SiO <sub>2</sub>	3,94	0,68	—	—	—	—	—	0,03	—
Сумма	100,29	99,445*	99,90	99,145**	99,851***	100,23	98,49	99,78	99,86

\* В том числе 0,015% Au.

\*\* В том числе 0,002% Se.

\*\*\* Содержит Ag  $5,6 \cdot 10^{-4}$ , Au  $2,1 \cdot 10^{-5}$ , Te — 0,0002, Se — 0,0039.

1 — Риддерское м-ние (Каз. ССР); анал. Зайцева<sup>18</sup>; 2 — Нагольный кряж (УССР); анал. Самойлов<sup>19</sup>; 3 — Компанейское колчеданное м-ние (Свердловская обл.)<sup>20</sup>; 4 — Мехманшское м-ние (Азерб. ССР); анал. Эфендиев<sup>21</sup>; 5 — Чирагидзорское м-ние (Азерб. ССР), кристаллы — пентагон-додекаэдр; анал. Эфендиев<sup>21</sup>; 6 и 7 — никелистый пирит: 6 — Садбери (Канада); анал. Кер<sup>1</sup>; 7 — Мехерих (ФРГ); анал. Хегеман<sup>21a</sup>; 8 и 9 — кобальтсодержащий пирит: 8 — Франклин (шт. Нью-Джерси, США)<sup>22</sup>; 9 — Гладхаммар (Швеция); анал. Йоханссон<sup>23</sup>.

(Имеются также анализы пирита из других месторождений СССР<sup>24,24a,21</sup>).

**Диагн. исп.** Разлагается с трудом в  $HNO_3$ , выделяя S. В HCl не растворяется.

В полир. пл. обычными реактивами не травится. Структура агрегатов и внутреннее строение зерен хорошо выявляются при помощи насыщенного раствора конц.  $\text{HNO}_3 + \text{CaF}_2$ , а также  $\text{HCl}$  (1 : 5) и порошка  $\text{Zn}$ , который насыщается в каплю, нанесенную на шлиф, раствором  $\text{NH}_4\text{OH}$  при пропускании через него электрического тока.

П. п. тр. на угле горит голубым пламенем, выделяя  $\text{SO}_2$  и переходит в  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  красного цвета. В восст. пл. сплавляется в черный магнитный шарик. В закр. тр. дает возгон  $\text{S}$  и остаток в виде  $\text{FeS}$ .

Повед. при нагр. Т-ра плавл.  $1150^\circ$ , т-ра разложения  $600\text{--}689^\circ$ . Теллота сгорания 1550 мал. кал. Уд. теплоемкость при  $0^\circ$  равна  $0,500 \text{ дж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$ , при  $200^\circ$  —  $0,594 \text{ дж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$  (Берч и др.). Коэф. лин. расп. при  $40^\circ$   $913 \cdot 10^{-8}$  (Дельтер).

Кривая нагревания в атмосфере азота или  $\text{CO}_2$  характеризуется глубоким и острым эндотерм. пиком диссоциации при  $650\text{--}750^\circ$ , нередко наблюдаются очень слабые эндотерм. прогибы при  $500$  и  $600^\circ$ , указывающие на присутствие в пирите некоторого количества продуктов окисления<sup>25</sup>.

Находж. Пирит является самым распространенным сульфидом в земной коре; он встречается в различных породах и рудах, начиная от магматических и кончая осадочными.

Чаще всего пирит встречается в парагенезисе с различными сульфидами — марказитом, халькопиритом, сфалеритом и др.

В магматических горных породах образует мельчайшие вкрапления, которые появляются в результате воздействия постмагматических растворов.

В некоторых пегматитах, магматических сульфидных рудах, хромитовых и титаномагнетитовых рудах также встречается пирит, обычно являющийся более поздним, чем включающий его основной минеральный агрегат.

В контактово-метасоматических месторождениях железа, меди, свинца и цинка пирит сопутствует другим сульфидам, образование которых относится к гидротермальной стадии.

В гидротермальных месторождениях пирит образует наиболее крупные скопления, может находиться в ассоциации с самыми различными минералами (окислами, сульфидами, самородными элементами), встречается в различных количественных соотношениях с ними. В наибольших количествах пирит содержится в месторождениях типа колчеданных залежей, где он слагает сплошные массы; иногда такие руды на  $80\text{--}90\%$  состоят из пирита с подчиненным количеством других минералов — халькопирита, сфалерита, кварца и др. Месторождения пиритовых или богатых пиритом руд как сплошных, так и вкрапленных в СССР<sup>24</sup> находятся на Урале — Блява (Оренбургская обл.), Сибай (Башкирская АССР), Лёвиха (Свердловская обл.), Карабашская группа (Челябинская обл.) и др., на Рудном Алтае (Алтайский край и Каз. ССР) — Змеиногорское, Николаевское, Белоусовское и др.<sup>18</sup>, в Закавказье<sup>21</sup> — Чирагидзор (Азерб. ССР), Шамлуг, Зангезур (Арм. ССР) и др. В других странах подобные месторождения расположены — в Норвегии (Сулительма), Испании (Рио-Тинто), ФРГ (Мегген), Румынии (Родна), Чехословакии (Пезинок) и др.

Присутствие пирита характерно и для многих других гидротермальных метасоматических и жильных медных и свинцово-цинковых месторождений.

В осадочных породах и рудах пирит образует отдельные зерна и их агрегаты, конкреции, тонкие жилки (в месторождениях фосфоритов, угля, железа, марганца, бокситов, медистых песчаников). Нередко в глинистых породах обнаруживаются зоо- и фитоморфозы пирита. Появление

пирита в осадочных толщах связывается с разложением органических остатков в восстановительной среде.

В метаморфических породах пирит часто является новообразованием, возникшим во время метаморфизма.

При повышенном кислородном потенциале или определенном режиме серы в растворах происходит образование пирита за счет пирротина. При высоком парциальном давлении паров серы в восстановительной среде пирит может образоваться за счет магнетита, гематита, а также пироксена, амфибола и других минералов, содержащих Fe.

Обычно образование пирита за счет марказита (полиморфное превращение).

**Изм.** В зоне выветривания пирит разлагается с образованием различных сульфатов и гидроокислов железа; из сульфатов наиболее обычны ярозиты, а из гидроокислов — гидрогетиты. Очень часты псевдоморфозы лимонита по пириту.

**Искусств.** Пирит получается при реакциях между  $H_2S$  и соединениями Fe в газовой фазе и в водных растворах (при  $pH = 7$ )<sup>26</sup>.

В системе  $FeS-ZnS$  с избытком S при высоких температурах возникают твердые растворы пирита со сфалеритом<sup>27</sup>; известны структуры распада таких твердых растворов<sup>28</sup>. Равновесие пирит — пирротин зависит от температуры и парциального давления H,  $H_2S$  или  $SO_2$ . При низком парциальном давлении  $SO_2$  пирит переходит в пирротин, при высоком парциальном давлении  $SO_2$  пирротин переходит в пирит<sup>29</sup>. При низких парциальных давлениях H и при более высоких концентрациях  $H_2S$  существование пирита возможно до 650—700°<sup>30</sup>.

**Практ. знач.** При наличии значительных скоплений используется как сырье для получения серы и серной кислоты. Последняя получается из сернистого газа, который образуется при обжиге пирита в специальных печах. Вредной примесью при этом является мышьяк. Получающиеся в качестве побочного продукта «пиритовые огарки» отчасти используются для получения красок или для выплавки чугуна.

**Отл.** От халькопирита отличается большей твердостью и более светлой окраской в свежем изломе. От марказита и арсенипирита отличается по форме кристаллов. В полир. пл. характерны цвет и высокая твердость; марказит отличается от пирита сильной анизотропией.

Межплоскостные расстояния пирита из Зангезура (по Ковалеву)

Fe-антикатод.  $D = 45,97$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	111	2	3,102	(2,811)	16	420	4	1,208	1,095
2	200 $\beta$	2	(2,973)	2,695	17	421	4	1,179	(1,169)
3	200	8	2,696	(2,444)	18	332	2	1,153	1,045
4	210 $\beta$	2	(2,664)	2,415	19	422	5	1,103	1,000
5	210	8	2,417	2,191	20	511; 333	9	1,040	0,942
6	211	7	2,206	(1,999)	21			1,028	
7	220 $\beta$	1	(2,106)	1,909	22	520		1,013	
8	220	6	1,908	(1,730)	23	521		0,990	
9	311 $\bar{3}$ ; 221; 300	4	1,796	1,628	24	440		0,961	
10	311	10	1,629	(1,477)	25	600		0,907	
11	321 $\beta$	2	(1,592)	1,443	26			0,880	
12	222	3	1,560	(1,414)	27			0,825	
13	230	4	1,498	(1,358)	28			0,817	
14	321	6	1,444	(1,309)	29			0,807	
15	331	3	1,239	(1,123)					



**Разнов.** Никелистый пирит (блюэит и вартонит Эменса) — содержит Ni, часто также в подчиненном количестве Co, замещающие Fe (анализы 6 и 7). Замещение Fe на Ni сопровождается увеличением размеров ячейки<sup>31</sup> и уменьшением твердости; цвет пирита с увеличением содержания Ni изменяется от светло-желтого до серебристо-белого.

Имеющиеся данные анализов подтверждают отсутствие непрерывного ряда смесимости NiS<sub>2</sub> и FeS<sub>2</sub> и говорят о существовании границы между никелистым пиритом и бравоитом<sup>32</sup>.

**Кобальтпирит** (Вернадский, 1910) (кобальтистый пирит) — содержит примесь Co, изоморфно замещающего Fe. Известны пириты, в которых отношение Co:Fe = 1:2,5, однако такое высокое содержание Co устанавливается редко (анализы 8 и 9). Кобальтпириты наблюдались в известняках в месторождении Франклин (шт. Нью-Джерси, США), в пиритовом месторождении Гладхаммар (Швеция), в Корнуэлле (Англия).

### Л и т е р а т у р а

1. Kerr P. F., Holmes R. J., Knox M. S. *Am. Min.*, 1945, 30, No 7—8, 498; Peacock M. A., Smith F. G. *Univ. Toronto Stud., Geol. Ser.*, 1941, № 46, 107; Gordon R. B. *Am. Min.*, 1951, 36, No 11—12, 918; Buerger M. J. *Am. Min.*, 1934, 19, No 1—2, 37; Pabst A. Там же, 1959, 44, No 5—6, 685.
2. Tokody L. *Zs. Kryst.*, 1934, 80, 255.
3. Wacker H. N. *Jb. Min.*, 1933, В.-В. 67 А, 273.
4. Абдуллаев Г. К. *ДАН Аз. ССР*, 1957, 13, № 1, 43; *Кристаллография*, 1957, 2, вып. 2, 307; *Зап. Всес. мин. о-ва*, 1959, 88, № 4, 465.
5. Paulitsch P. *Tscherm. Min., Petr. Mitt.*, 1955, 2, Nr 3, 388.
6. Казлицын Ю. В. *Сб. «Кристаллография»*. Металлургиздат, 1956, вып. 5, 159; Коцик В. А. *Зап. Всес. мин. о-ва*, 1949, 78, № 2, 83; Юшко С. А. *Тр. ИГН АН СССР*, 1940, вып. 19, 1.
7. Smith F. G. *Am. Min.*, 1942, 27, No 1, 1.
8. Ichikawa S. *Am. J. Sci.*, 1929, 17, 245; Ершов В. М., Ярош П. Я. *Тр. Горно-геол. ин-та УФАН СССР*, 1955, вып. 26, 223.
9. Smolar G. *Zs. Krist.*, 1913, 52, 461.
10. Mügge O. N. *Jb. Min.*, 1903, В.-В. 16, 338; Neuhaus A. *Chem. d. Erde*, 1938, 12, 23; Kalb G. *Naturwiss.*, 1951, 38, 560.
- 10а. Мязь Н. И., Франк-Каменецкий В. А., Каменцев И. Е. *Зап. Всес. мин. о-ва*, 1959, 88, № 4, 460.
11. Bachmann H. G. N. *Jb. Min., Monatsh.* 1952, Н. 4, 103.
12. Hunt J. M., Wicherd M. P., Bonham L. C. *Anal. Chem.*, 1950, 22, No 12, 1478.
13. Stanton R. L. *Canadian Mineralogist*, 1957, 6, p. 1, 87.
14. Hoehne K. N. *Jb. Min., Monatsh.*, 4 (As в слезских пиритах); Neuhaus A. *Metall u. Erz.*, 1942, 39, 157; Talluri A. *Soc. Toscana Sci. nat. Atti. Mem.*, 1951, 58, 3 (As в пиритах из Италии).
15. Hawley J. E. *Econ. Geol.*, 1952, 47, 260 (спектр. анализ пирита из золоторудных м-ний Канады); Fleischer M. *Econ. Geol.*, 1955, 50, 999 (обзор по акцессорным и рассеянным элементам в пиритах; библиография).
16. Svasta J., Suleck Z. *Analizy chemiczne pirytow*. Warszawa, Wyd. Geol., 1955, 48.
17. Миропольский Л. М., Говязин Н. М. *Уч. зап. Казанск. гос. ун-та*, 1951, 111, № 6, геол., 3.
18. Вейц Б. И. *Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая*. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 255.
19. Самойлов Я. В. *Минералогия жильных м-ний Нагольного Кряжа*, 1906; Якжин А. А. *Советская геология*, 1945, № 8, 39.
20. Замятин П. М. *Цветные металлы*, 1930, № 8, 1172.
21. Эфендиев Г. X. *Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа*. Изд. АН Азерб. ССР, 1957, 78, 133 и 198 (многочисленные хим. и спектр. анализы, изображения кристаллов, характеристика условий образования пирита и др.).
- 21а. Hegemann F. *Zs. angew. Min.*, 1943, 4, 122 (Co и Ni в пиритах).
22. Kraus E. H., Scott J. D. *Zs. Krist.*, 1907, 44, 144.
23. Johansson K. *Ark. Kemi, Min., Geol.*, 1924, 9, H. 2, No: 8, 2.

24. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 597 (сводка данных по пириту из м-ний СССР).
- 24а. Юрк Ю. Ю., Шнюков Е. Ф. Рудные минералы Криворожской железорудной полосы. Изд. АН УССР, 1958, 5.
25. Цветков А. И., Вальяшихина Е. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1958, вып. 30,3.
26. Rosenthal G. Heidelb. Beitr. Min., 1956, 5, 146.
27. Kullerud G. Norsk Geol. Tidsskr., 1953, 32, No 2, 4.
28. Jankovič S. N. Jb. Min., Monatsh., 1955, H. 9, 224.
29. Allen E. T., Crenshaw J. L., Johnston J. Am. J. Sci., 1912, 33, 203; Allen E. T., Lombard R. H. Там же, 1917, 43, 175.
30. Väyrynen H. Bull. Com. géol. Finlande, 1955, 28, No 118, 31.
31. Грицаенко Г. С., Слудская Н. Н., Айдиньян Н. Х. Зап. Всес. мин. о-ва, 1953, 82, № 1, 49.
32. Бетехтин А. Г., Генкин А. Д. Изв. АН СССР, сер. геол., 1951, № 2, 28.

### Мельниковит Melnikovite

Представляет собой метаколлоидную форму выделения  $FeS_2$ , — слабо раскристаллизованную разновидность пирита или марказита (мельниковит-пирит и мельниковит-марказит)<sup>1</sup>.

Название дано Б. Доссом<sup>2</sup> по месту первоначального обнаружения в глинах у хут. Мельниковых около г. Новоузенска (Саратовская обл.).

Синон. Гель-пирит (Нойхауз, 1942)<sup>3</sup>.

По химическому составу отвечает  $FeS_2$ .

Имеет вид черного плотного или порошковатого вещества<sup>4</sup>, при изготовлении полированных шлифов не поддающегося полировке.

Для мельниковита характерно появление металлического блеска при царапании иглой. Тв. 1—3. Уд. в. 4,2—4,3.

В полпр. пл. часто наблюдаются переходные стадии от почти коллоидного землистого мельниковита к очень тонкокристаллическому метаколлоидному веществу. Последнее несколько лучше полируется, обладает бурным оттенком в отраж. св.; от капли  $HNO_3$  (1 : 1) чернеет.

В гидротермальных месторождениях, богатых сульфидами железа, мельниковит образуется как первичный гипогенный минерал. Весьма характерно появление его в тонких концентрически-зональных почковидных образованиях в парагенетической ассоциации с пиритом, марказитом, иногда с первичными сульфидами Pb, Cu, Zn. При разложении пирротина в гипогенных условиях вследствие изменения концентрации S и O в растворах также возникает мельниковит. Кроме того, мельниковит образуется за счет пирротина в зоне окисления или в зоне цементации, причем всегда вместе с пиритом и марказитом.

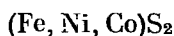
Распространен в осадочных образованиях, главным образом в глинах, в каменных углях, в илах некоторых озер.

Искусственно<sup>5</sup> получается при старении осадка, выпадающего из разбавленных растворов  $Fe^{2+}$  при добавлении  $NH_4HS$  или пропускании  $H_2S$  и добавлении в раствор  $NaOH$  или  $NH_4OH$ . Неустойчив. При нагревании легко окисляется.

### Литература

1. Чухров Ф. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 647; Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1953, 288.
2. Doss B. N. Jb. Min., 1912, B.-B. 33, 662.
3. Neuhaus A. Metall u. Erz, 1942, 39, H. 9, 158 и H. 10, 187.
4. Вейц Б. И. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 257.
5. Lerr H. Econ. Geol., 1957, 52, No 5, 528.

## Бравонит Bravoite

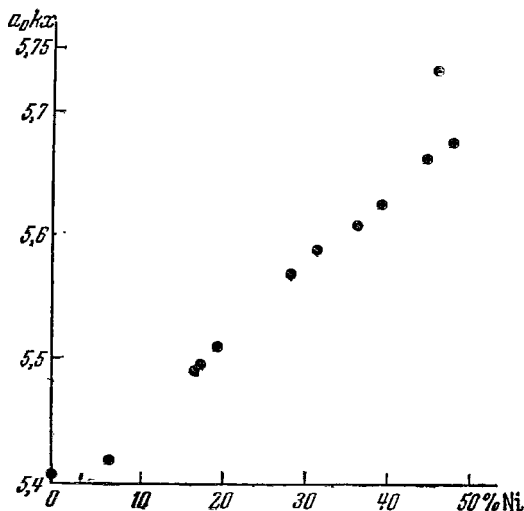


Назван по имени геолога Х. Браво из Лимы (Хилебранд, 1907)<sup>1</sup>.

Синон. Никель-пирит, кобальт-никель-пирит (Хенглейн, 1914)<sup>2</sup>, мехернихит (Кальб — по Спенсеру, 1949), хенглейнит (Рамдор, 1950)<sup>3</sup>. Смесью бравонита с пентландитом является нифесит (Лёфкест и Бенедикс, 1941)<sup>3а</sup>.

Характ. выдел. Отдельные мелкие кристаллы, зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $T_h^6 - Pa3$ ;  $a_0 = 5,50 \text{ \AA}$  (Бэннистер)<sup>4</sup>;  $5,60 \text{ \AA}$  (Слудская)<sup>5</sup>; значение  $a_0$  возрастает в зависимости от содержания Ni (фиг. 202).



Фиг. 202. Зависимость размеров ячейки бравонита от содержания Ni

По Бернарду и Надера

Дидодекаэдр. кл.

Наблюдались формы<sup>6</sup>:  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $g(320)$ ,  $(750)$ .

Для бравонита из Кладно характерны грани  $(100)$  и  $(hk0)$ , угол  $\varphi$  которых колеблется от  $36^\circ 20'$  до  $42^\circ 20'$ .

Физ. Сп. по  $(100)$  — плохо выражена у богатых Fe разностей и более ясная у никельстых. Цв. стально-серый. Уд. в.  $4,31^8 - 4,62^6$ , у богатых Co разностей —  $4,716^3$ . Тв.  $3\frac{1}{2} - 6$  (уменьшается при повышении содержания Ni). Бл. металлический.

Микр. В полир. пл. очень характерна зональность. В зависимости от содержания Ni цвет зон меняется от латунно-желтого (анализ 1) до серо-фиолетового<sup>6</sup> (анализ 2). Отраж. спос. средняя до высокой, наиболее низкая у разностей, богатых Ni.

Хим. Дисульфид главным образом Ni и Fe, иногда со значительным количеством Co. Является членом изоморфного ряда  $\text{NiS}_2 - \text{FeS}_2 - \text{CoS}_2$ . Граница между бравонитом и другими членами ряда проводится условно<sup>10</sup>.

## Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cu	2,80	0,47	—	—	—	—	—	—
Fe	38,02	17,08	22,8	21,15	29,30	29,46	20,68	15,76
Co	Сл.	3,28	10,6	[6,61]	—	—	—	0,26
Ni	4,40	24,73	11,7	17,50	16,69	18,23	24,81	30,62
S	50,77	51,15	53,9	53,70	53,40	52,31	54,51	53,36
Н. о.	2,50	0,40	0,7	1,04	—	—	—	—
Сумма	98,49	97,11	99,7	100,00	99,39	100,00	100,00	100,00

1 и 2—Мехерних: 1—зона латунно-желтой окраски; 2—фиолетовая зона<sup>6</sup>; 3 и 4—Мюзен<sup>2</sup>; 5—Дербишир<sup>4</sup>; 6—Минас-Рагра<sup>1</sup>, пересчитано на 100%; 7—Аляска (США)<sup>8</sup>, пересчитано на 100% за вычетом 20% примесей; 8—Ново-Айдырлинское м-ние<sup>3</sup>—слабо зональный, близкий к вазситу; анал. Арест-Якубович.

**Диагн. исп.** В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  травится, от  $\text{HCl}$  желтеет, налет легко стирается;  $\text{KOH}$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  не действуют.

**Наход.** Встречается в гидротермальных рудных жилах и в магматических медно-никелевых месторождениях; в последних замещает пентландит<sup>11</sup>, вероятно, под действием более поздних гидротермальных растворов. Наблюдался с патронитом в Минас-Рагра (Перу)<sup>1</sup>, с халькопиритом и пиритом в жильном теле, сложенном сидеритом, кварцем и баритом в Мюзене (ФРГ)<sup>3</sup>, с галенитом в Мехернихе (ФРГ), с пиритом, галенитом, кальцитом и марказитом в Дербишире (Англия)<sup>4</sup>. В р-ке Бакаяма (Япония) в окремнелых серпентинитах с опалом, халцедоном, кварцем, миллеритом, хлоантитом, киноварью, магнезитом; возможно, связан с поствулканическими процессами<sup>12</sup>.

Указывается образование бравоита в зоне цементации<sup>7</sup>.

Бравойт в ассоциации с вазситом, пиритом, марказитом, полидимитом, миллеритом и виоларитом наблюдается в сульфидных стяжениях Ново-Айдырлинского месторождения (Оренбургская обл.) в третичных лигнитоносных глинах и выветрелых пелитизированных брекчиях<sup>3</sup>. Такого же типа бравоит установлен в пелосидеритовых конкрециях каменноугольного месторождения Кладно (Чехословакия)<sup>7</sup>. Образуется при повышенном содержании S в растворах<sup>13</sup>.

**Искусств.** В системе  $\text{Ni-Fe-S}$  бравоитовая фаза  $(\text{Fe}_{0,6}\text{Ni}_{0,4})\text{S}_2$  ( $a_0$  5,511) образуется в кислых растворах (~ 1% свободной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) при  $t$ -ре 300<sup>214</sup>.

## Литература

1. Hillebrand W. F. Am. J. Sci., 1907, 24, ser. 4, No 140, 149.
2. Henglein M. Zbl. Min., 1914, 129.
3. Ramdohr P. Erzminerale und ihre Verwachsungen, 1950, 583.
- 3a. Löfquist H., Benedicks C. Svensk Vet. Handl., 1941, 19, No 3, 94 (по реферату в Am. Min., 1942, 27, No 4, 333).
4. Vannister F. A. Min. Mag., 1940, 25, 609.
5. Грицаенко Г. С., Слудская Н. Н., Айдиньян Н. Х. Зап. Всес. мин. о-ва, 1953, 82, № 1, 41.
6. Kalb G., Meyer E. Zbl., Min., 1926, A, 26.
7. Bernard J. H., Padera K. Geologie, 1954, 3, Nr 2, 155.
8. Buddington A. F. Econ. Geol., 1924, 19, No 6, 521.
9. Short M. N., Shannon E. O. Am. Min., 1930, 15, No 1, 1.
10. Kerr P. F. Am. Min., 1945, 30, No 7—8, 433.
11. Scholtz D. Trans. Geol. Soc. South Afrika, 1936, 39, 81.
12. Matsukuna T. J. Japan Assoc. Min., Petr., Econ. Geol., 1943, 29, 167.
13. Бетехтин А. Г. Изв. АН СССР, сер. геол., 1949, № 3, 6.
14. Lundqvist D. Ark. Kem., Min., Geol., 1947, 24 A. H. 1, No 23, 1.

## Вазсит Vaesite



Назван по имени первооткрывателя — минералога Ваэса из Катанги (Кер, 1945)<sup>1</sup>  
Разнов. Селеноваэсит.

**Характ. выдел.** Мелкие кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_h^6$  —  $Pa\bar{3}$ ;  $a_0 = 5,6679 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$ .  
(из Касомпи, Кер)<sup>1</sup>.

Дидодекаэдр. кл.

Кристаллы октаэдрического и кубического облика.

**Физ. Сп. по (100).** Уд. в. (вычисл.) 4,45. Цв. серый. Бл. металлический.

**Хим. Теор. состав:** Ni — 47,79; S — 52,21. Изоморфен с пиритом, бравоитом и катъеритом; является крайним никелевым членом этого ряда, В системе Ni—S установлен как химическое соединение определенного состава<sup>2</sup>. Содержит изоморфные примеси Co и Fe (частично Fe также в виде механической примеси пирита). Кер относит к вазситу минералы ряда пирит — катъерит — вазсит с атомным содержанием 80% и больше Ni.

**Анализы:**

	1	2	3	4	5
Cu	—	—	0,30	0,39	—
Fe	0,95	2,20	1,25	1,37	9,55
Co	—	3,41	3,50	11,12	0,21
Ni	44,58	41,24	42,20	34,05	38,28
S	51,22	53,15	49,99	50,45	51,96
Н. о.	—	—	0,50	0,70	—
Сумма	96,75	100,00	97,74	98,08	100,00

1 и 2 — Касомпи: 1 — анал. Ваэс<sup>3</sup>; 2 — пересчет анализа Леду за вычетом 16,79% примеси, главным образом доломита<sup>1</sup>; 3 и 4 — Шинколобе; анал. Брак<sup>3</sup> (Fe частично в виде примеси пирита); 5 — железистый вазсит; Ново-Айдырлинское м-ние; анал. Арест-Якубович<sup>4</sup>.

**Нахожд.** Наблюдался в виде мелких кристаллов, рассеянных в жильном доломите в Касомпи и в Шинколобе (Бельгийское Конго) с минералом гр. линнеита и с пиритом. В никелевых рудах Ново-Айдырлинского месторождения (Оренбургская обл.) обнаружен в тесных сростаниях с пиритом<sup>4</sup>. Образуется, при высоком содержании S в растворах<sup>5</sup>.

**Искусств.** Получен из смеси порошка NiS с S, при атмосферном давлении и длительном выдерживании при 170—150°<sup>6</sup>, а также в запаянных ампулах при 60—80° из растворов сульфатов Ni и Fe, насыщенных H<sub>2</sub>S (в зависимости от состава исходного раствора образуется чистый вазсит или его железистая разновидность)<sup>7</sup>.

**Разнов.** Селеноваэсит — Ni(S,Se)<sub>2</sub> (Ваэс, 1947)<sup>3</sup>. Стально-серый, в тесной ассоциации с зигенитом, небольшим количеством пирита и молибдена. По шести анализам нечистого материала содержит: S 19,57—35,39; Se 10,10—19,70 и Te 0,30—0,55; отношение S : Se ~ 4 : 1.

Обнаружен при бурении в нижних частях месторождения Шинколобе (Бельгийское Конго); в более высоких частях месторождения наблюдается только зигенит, который, по-видимому, заместил селеноваэсит.

Межплоскостные расстояния вазсита из Катанги<sup>1</sup>

№	hkl	I*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	84	5	3,238	11	331	14	3	1,297
2	200	100	8	2,809	12	420	6	2	1,265
3	210	60	7	2,515	13	421	5	2	1,234
4	211	48	6	2,298	14	332	3	2	1,201
5	220	34	6	1,992	15	242	17	5	1,155
6	221	40	6	1,902	16	333	55	9	1,080
7	311	55	10	1,702	17	520	—	3	1,041
8	222	17	4	1,629	18	521	—	3	1,035
9	230	17	4	1,566	19	440	—	3	1,002
10	231	22	5	1,509					

\* Фотометрическая интенсивность.

## Литература

1. Kerr P. F. Am. Min., 1945, 30, No 7—8, 483; Kerr P. F., Holmes R. J., Knox M. S. Там же, 498.
2. Кузнецов В. Г., Елисеев А. А., Попова З. В. Тезисы докладов 2-го совещания по кристаллохимии. Изд. АН СССР, 1957, 43.
3. Vaes J. P. Bull. Soc. Géol. Belg., 1947, 70, N° 4—6, B227.
4. Грицаевко Г. С. Зап. Всес. мин. о-ва, 1948, 77, № 1, 112.
5. Бетехтин А. Г. Изв. АН СССР, сер. геол., 1949, № 3, 6.
6. de Jong W. F., Willems H. W. Zs. anorg. Chem., 1927, 160, 185.
7. Грицаевко Г. С., Слудская Н. Н., Айдиньян Н. Х. Зап. Всес. мин. о-ва, 1953, 82, № 1, 42.

## Каттьерит Cattierite

CoS<sub>2</sub>

Назван по имени Ф. Каттэ — деятеля горной промышленности Бельгийского Конго (Ker, 1945)<sup>1</sup>.

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $T_h^c$  — Pa3;  $a_0 = 5,5235 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Ker)<sup>1</sup>.

Образует тесные прорастания с минералом ряда линнеита — полидимита.

Физ. Сп. по (100) несовершенная. Уд. в. (вычисл.) 4,80. Цв. розоватый. Бл. металлический.

Хим. Теор. состав: Co — 47,89; S — 52,11. Содержит изоморфные примеси Ni и Fe. Изоморфен с пиритом, бравоитом и вазситом; является крайним кобальтовым членом изоморфного ряда.

Анализы:

	Cu	Fe	Ni	Co	S	SiO <sub>2</sub>	Сумма
1.	0,59	3,27	3,20	41,40	51,32	0,08	99,86
2.	—	3,97	1,53	40,60	53,90	—	100,00

1 и 2 — Шинколобве<sup>1</sup>: 1 — анал. Вазс; 2 — анал. Леду; пересчет анализа за вычетом 16,25% примесей (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> и др.)

Наход. Наблюдался с минералом гр. линнеита в доломитовой жиле в месторождении Шинколобве (Бельгийское Конго). Образование возможно лишь в условиях высокого парциального давления S и низкой концентрации Fe в растворах<sup>2</sup>.

Искусств. Получен в результате длительного нагревания при 150—170° смеси порошка CoS с S при атмосферном давлении<sup>3</sup>.

Межплоскостные расстояния каттерита из Шинколобве<sup>1</sup>

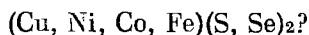
№	hkl	I*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	200	100	8	2,750	10	420	6	2	1,235
2	210	60	8	2,463	11	421	5	2	1,205
3	211	48	7	2,249	12	332	3	1	1,178
4	220	34	6	1,950	13	422	17	6	1,128
5	311	55	10	1,663	14	333	55	10	1,063
6	222	17	3	1,592	15	520	—	2	1,026
7	230	17	4	1,529	16	521	—	2	1,009
8	231	22	6	1,474	17	440	—	3	0,977
9	331	14	3	1,267					

\* Фотометрическая интенсивность.

## Л и т е р а т у р а

1. Kerr P. F. *Am. Min.*, 1945, 30, No 7—8, 483; Kerr P. F., Holmes R. J., Knox M. S. Там же, 498.
2. Бетехтин А. Г. *Изв. АН СССР, сер. геол.*, 1951, № 2, 43.
3. de Jong W. F., Willems H. W. *Zs. anorg. Chem.*, 1927, 160, 185.

## Вилламанинит Villamaninite



Назван по месту находки (Шёлер, Поуэл) <sup>1</sup>.

Недостаточно изучен.

**Характ. выдел.** Кристаллически зернистые агрегаты, мелкие почковидные выделения, мелкие кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_h^6$  —  $Pa\bar{3}$ ;  $a_0 = 5,66 \text{ \AA}$  (Рамдор)<sup>2</sup>. Кристаллы типа кубо-октаэдров.

**Физ. Тв.** 4½. Уд. в. 4,43—4,52. Железно-черный. Бл. неяснометаллический. Черта черная.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серый. Отраж. спос. низкая. Частично в двойникованных кристаллах; аномально слабо анизотропен.

**Хим. Состав:** Cu 18—22; Ni 15—18; Co 6—7; Fe 4—5; S 49—50; Se — 1,5. Растворяется в  $\text{HNO}_3$  с выделением S.

**Диагн. исп.** В полир. пл. травится  $\text{HNO}_3$ , от  $\text{HgCl}_2$  — бурый, стирающийся налет.

**Нахожд.** Встречен в доломитовой жиле вблизи Вилламанина (обл. Леон, Испания).

**Изм.** Замещается агрегатом, состоящим из линнеита, бравоита, халькопирита и не определенного под микроскопом белого изотропного минерала<sup>2</sup>.

## Л и т е р а т у р а

1. Schoeller W. R., Powell A. R. *Min. Mag.*, 1922, 19, No 88, 14.
2. Ramdor P. *Cbl. Min.*, 1937, A, 193; *Erzminerale und ihre Verwachsungen*, 1955, 633.

## ГРУППА ЛАУРИТА

Лаурит  $\text{RuS}_2$  Куб. с.  $a_0$  5,60 Уд. в. 6,23

## Лаурит Laurite

Название дано Вёлером <sup>1</sup> в 1866 г. по женскому имени.**Характ. выдел.** Мелкие кристаллы и округлые зерна.**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_h^6 - Pa3$ ;  $a_0 = 5,601 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Башистер)<sup>2</sup>.

Дидодекаэдр. кл.

Формы  $a$  (100),  $o$  (111),  $'e$  (240),  $n$  (244),  $m$  (344),  $'s$  (324).

Кристаллы октаэдрические (о-в Борнео), кубические и пентагон-додекаэдрические (из Потгитерсрюста).

**Физ. Сп.** по (111) совершенная. Изл. неровный. Тв.  $7\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,99 (вычисл. 6,23). Цв. железно-черный. Порошок темно-серый. Бл. металлический.**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. высокая, по-видимому, близка к таковой пирита.**Хим. Теор. состав:** Ru — 61,33; S — 38,67. Вероятно, содержит Os.**Анализы:**

	Ru	Os	S	Сумма
1.	65,18	[3.03]	31,79	100,00
2.	[67,00]	—	33	100,00

1 — о-в Борнео; навеска 0,3 г; анал. Вёлер<sup>1</sup>; 2 — Потгитерсрюст; навеска 0,00178 г; анал. Хей<sup>2</sup>.**Диагн. исп.** В кислотах нерастворим. П. п. тр. не плавится, выделяет  $\text{SO}_2$ , издает характерный запах.**Находк.** Встречен в платиновых россыпях на о-ве Борнео и в концентратах из руд Потгитерсрюста (Трансвааль, Южная Африка) совместно с кунеритом, брэггитом и сперрилитом.

## Л и т е р а т у р а

1. W ö h l e r F. Ann. Chem., Pharm., 1866, 139, 111.
2. B a n n i s t e r F. A. Min. Mag., 1932, 23, No 188, 195.

## СТРУКТУРА ТИПА МОЛИБДЕНИТА

## ГРУППА МОЛИБДЕНИТА

		Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.
Молибденит	$\text{MoS}_2$	Гексаг.	3,16	12,32	4,99
[Шордизит]	$\text{MoS}_2$	—	—	—	—
Тунгстенит	$\text{WS}_2$	Гексаг.	3,16	12,38	7,71

## Молибденит Molybdenite



Название происходит от греч. μολυβδος (молибдос) — свинец, так как первоначально это название относилось к веществам, содержащим свинец. Позднее под этим названием объединяли графит и молибденит, разница между которыми была установлена в 1778 г. Шееле. Позже название молибденит стало применяться в том же значении, что и в настоящее время (Броньяр, 1807).

**Синон.** Молибденовый блеск (Карстен, 1808), эвтомовый блеск (каталог Эггестона, 1892 г.).



Характ. выдел. Листоватые и чешуйчатые агрегаты; часто тонкорасеянный (различимый только под микроскопом) в кварце. Нередко встречаются сферолитоподобные образования.

Структ. и морф. крист. Гексаг. с.  $D_{6h}^4 - P6_3/mmc$ ;  $a_0 = 3,16$ ;  $c_0 = 12,32 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 3,899$ ;  $Z = 2$  (Брэгг)<sup>1</sup>.

Кристаллическая решетка слоистая (фиг. 203). Слои располагаются по (0001), в связи с чем спайность весьма совершенная<sup>2</sup>. Характерно окружение Мо шестью атомами S по вершинам тригональной призмы с расстояниями Мо—S = 2,35 Å.

Наблюдалась аномальная дифракция электронов, указывающая на полярность оси  $c^3$ .

Дигексаг.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1 : 3,815$  (Дана, 1944).

Главные формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 0001	—	0°00'	$o$ 10 $\bar{1}2$	60°00'	65°35'
$m$ 10 $\bar{1}0$	60°00'	90 00	$p$ 10 $\bar{1}1$	60 00	77 13
$s$ 10 $\bar{1}5$	60 00	41 23	$q$ 30 $\bar{3}2$	60 00	81 24
$t$ 10 $\bar{1}3$	60 00	55 45			

Редкие и недостоверные формы: (11 $\bar{2}0$ ), (10 $\bar{1}8$ ), (10 $\bar{1}4$ ), (50 $\bar{5}4$ ), (11 $\bar{2}4$ ).

Отношение осей Дана (1944) базируется на измерениях Брауна ( $a : c = 1 : 1,9077$ ), но в соответствии с рентгеновскими данными отличается в 2 раза большим значением  $c$ . Символы Дана отличаются от прежних символов Брауна, Хинце, Гольдшмидта и др. в 2 раза большим значением 4-го индекса.

Кристаллы гексагональной формы, таблитчатые по (0001) (фиг. 204, 205), реже — короткопризматические боченовидные (фиг. 206), на стр. 284.

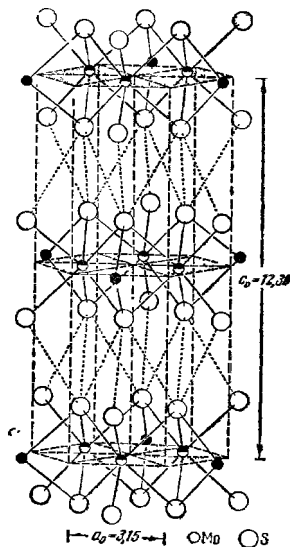
Призматические и пирамидальные грани горизонтально исшириваны, (0001) часто покрыта узором штрихов || ребру с (1011). Известны параллельные сростки по (0001), обуславливающие ступенчатость кристаллов. Отмечались дв. по (0001).

Физ. Сп. по (0001) весьма совершенная. Указывается также спайность по призме<sup>5</sup>. Тв. 1. Гибок, но не упруг. Уд. в. 4,7—4,8 (вычисл. 4,999). На ощупь жирный. Цв. голубовато-серый. Черта голубовато-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Электропроводность вдоль (0001) в  $10^3$  раз больше, чем вдоль оси  $c$ ; с повышением температуры увеличивается<sup>6</sup>. Наблюдался фотоэлектрический эффект<sup>6</sup>. Характерна сильная магнитная анизотропия. Молярная магнитная восприимчивость при комнатной температуре  $\perp c$  равна  $-44 \cdot 10^{-6}$  и почти не зависит от температуры,  $\parallel c - 87,1 \cdot 10^{-6}$  и значительно изменяется при нагревании<sup>7</sup>.

Микр. В инфракрасных лучах одноосный (—),  $n_o = 4,336$ ;  $n_e = 2,03$ ;  $n_o - n_e = 2,301^5$ .

В полир. шл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. для  $Ro$  (в %): для зеленых лучей 36, для оранжевых — 34,5, для красных — 30,5, для  $Re$  соответственно 15,5, 18 и 15. Двуотра-

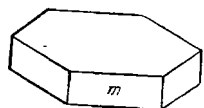


Фиг. 203. Структура молибденита. (параметры в кХ).

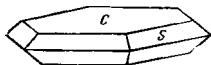
жение сильное: || удлинению (*Ro*) — белый с бледно-сиреневым оттенком, ⊥ удлинению (*Re*) — желтоватый. Сильно анизотропен. При неполностью скрещенных николях обнаруживает неяркий цветной эффект в желтоватых и синеватых тонах.

**Хим.** Теор. состав: Mo — 59,94; S — 40,06.

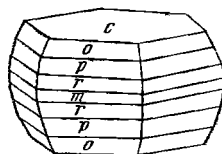
Большинство химических анализов дает почти точно теоретическое соотношение Mo и S, что указывает на большую чистоту минерала. Харак-



Фиг. 204. Кристалл молибденита  
По Аюя



Фиг. 205. Кристалл молибденита (Канада)  
По Мозесу



Фиг. 206. Кристалл молибденита (Пенсильвания, США);  
По Брауну

терно присутствие в молибдените Re в виде изоморфной примеси в количестве до 0,33%<sup>8</sup>. Молибдениты месторождений центральной части Каз. ССР содержат от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $5,6 \cdot 10^{-4}$ % Re; в молибденитах скарнов, высоко- и среднетемпературных молибденовых и молибдено-вольфрамовых месторождений меньше рения, чем в молибденитах относительно низкотемпературных медно-молибденовых месторождений<sup>9</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается горячей  $H_2SO_4$ . Полностью растворим в горячей царской водке.  $HNO_3$  окисляет  $MoS_2$  до  $MoO_3$ . При выпаривании сернокислого раствора молибденита до появления паров  $SO_3$  образуется синее пятно. Разложение молибденита может идти как в кислой, так и в щелочной среде<sup>10</sup>. Частично растворяется при воздействии щелочных бикарбонатных растворов<sup>10</sup>.

В полир. шл. из стандартных реактивов слабо действует только  $HNO_3$ .

П. п. тр. не плавится, окрашивает пламя в желтовато-зеленый цвет. С фосфорной солью дает перл Mo, на угле — налет  $MoO_3$ . В откр. тр. выделяет  $SO_2$  и образует бледно-желтый кристаллический налет  $MoO_3$ .

**Повед.** при нагр. При нагревании до  $1350^\circ$  частично диссоциирует, выделяя S. При  $1650-1700^\circ$  плавится с разложением. При нагревании на воздухе в пределах  $400-600^\circ$  непосредственно окисляется до  $MoO_3$ , минуя стадию образования  $MoO_2$ <sup>11</sup>.

**Нахожд.**<sup>12</sup> Наиболее распространенный минерал молибдена, однако редко образует крупные скопления. Генетически связан с кислыми изверженными породами, главным образом с гранитами и гранодиоритами, в которых иногда встречается в виде мелкой вкрапленности. В незначительных количествах наблюдается в пегматитах. Главные промышленные месторождения молибденита гидротермальные — высокотемпературные и среднетемпературные. Характерен тесный парагенезис молибденита с кварцем.

В гранитных пегматитах молибденит отлагается в позднюю стадию, сопровождается вольфрамитом, касситеритом, висмутином и др. Встречается в Изумрудных коях (Свердловская обл.), в пегматитах р-на Ставангера (Норвегия), в большом количестве — в месторождении Мос (Канада), в касситерито-молибденитовых пегматитах Трансвааля (Южная Африка) и др. Изредка в небольшом количестве наблюдается и в щелочных пегматитах (в Хибинах и Ильменских горах в СССР).

Спутниками молибденита в гидротермальных жилах являются шпидрит, вольфрамит, берилл, калиевые полевые шпаты, слюды, флюорит, иногда турмалин, касситерит, ильменорутил, рутил, висмутин и другие минералы. Для ряда месторождений характерны кварцевые жилы, в которых молибденит является главным рудным минералом (Гутайское в Читинской обл., Умальтинское в Хабаровском крае, Восточный Коунрад и Аиршоку в Каз. ССР, Квеста в шт. Нью-Мексико, США, и др.).

Во многих месторождениях в кварцевых жилах молибденит ассоциируется с вольфрамитом (Белуха и Букука в Читинской обл., Акчатау, Сев. Коунрад и Караоба в Каз. ССР и др.) или с сульфидами меди, железа и цинка (группа Такеллийских месторождений в Тадж. ССР и др.).

В некоторых молибденовых месторождениях молибденит приурочен к системе различно ориентированных прожилков, около которых вмещающие породы грейзенизированы или изменены более слабо. Грейзенизация около рудоносных прожилков характерна для штокверковых молибденовых месторождений Каз. ССР (Джанет и др.). В крупнейшем молибденовом месторождении Клаймакс (шт. Колорадо, США) молибденоносные кварцевые прожилки с очень тонкими выделениями молибденита наблюдаются среди измененных гранитов.

В парагенезисе с кварцем молибденит встречается в пегматитовых скарнах, где в основном приурочен к кварцевым прожилкам (штокверковый тип), секущим скарны (Тырныауз в Кабардино-Балкарской АССР, Лянгар в Узб. ССР, Азегур в Марокко и др.).

Весьма типичны для молибденита месторождения, связанные с вторичными кварцитами. Сюда относятся месторождения типа вкрапленных медно-порфировых руд, в которых молибденит (часто тонкорассеянный) наблюдается в ассоциации с пиритом и халькопиритом (Коунрад и Бошекуль в Каз. ССР, Дастакерт, Агаракское и Каджаранское месторождения в Арм. ССР, Алмалыкское в Узб. ССР, Бингэм в шт. Юта, Чайна в шт. Нью-Мексико (США), Кананеа в Мексике и др.).

Своеобразные коллоидные почковидные агрегаты молибденита в позднем кварце обнаружены в контактово-метасоматическом месторождении Шалым (Кемеровская обл.).

С низкотемпературными гидротермальными образованиями связаны выделения молибденита среди осадочных пород Мансфельдских месторождений (ГДР) и в медистых песчаниках Удоканского месторождения (Читинская обл.)<sup>13</sup>.

**Изм.** В зоне окисления по молибдениту наиболее часто образуются новеллит и ферримолибдит, реже — другие гипергенные минералы молибдена. Новеллит часто наблюдается в псевдоморфозах по молибдениту. Для многих месторождений характерно интенсивное выпелачивание молибденита при гипергенных процессах.

**Искусств.** Получен при взаимодействии S и H<sub>2</sub>S с горячей молибденовой кислотой<sup>14</sup>, сплавлением молибдата аммония с S и карбонатом калия<sup>15</sup>, нагреванием смеси молибдата аммония с избытком S<sup>16</sup>.

**Практ. знач.** Важнейшая руда на молибден, применяемый главным образом для изготовления специальных сортов сталей; используется также в электротехнике, красочном, химическом производствах и др. Попутно из молибденита извлекается рений.

**Отл.** От графита отличается более светлой голубовато-серой чертой и тем, что при действии кашли медного купороса на зерно цинка, положенного на молибденит, не выделяется медь. В отраж. св. в полир. пл. легко отличается по исключительно сильному двуотражению и анизотропии, низкой твердости и более высокой по сравнению с графитом отраж. способности.

Межплоскостные расстояния молибденита из Уэстморленда  
(шт. Нью-Гэмпшир, США) (по Михееву и Дубининой)Fe-антикатод,  $D = 46,00$  мм

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	} 0002		3,0	6,61		22	10 $\bar{1}\bar{9}$	6		1,220	1,106
2			5,0	5,63		23	1128 $\bar{8}$	4		(1,214)	1,098
3	0004 $\beta$	1		(3,37)	3,06	24	2025	6	1,0	1,193	1,081
4	0004	3		3,07	2,78	25	1230 $\bar{8}$	6		(1,139)	1,033
5	10 $\bar{1}0$	2	2,0	2,744	2,487	26	1.0.1.10	5		1,120	(1,015)
6	10 $\bar{1}1$	1	0,5	2,676	2,426	27	1128	10	2,0	1,0983	(0,9955)
7	1013 $\bar{8}$	4	1,0	(2,502)	2,268	28	2027	1		1,0787	(0,9777)
8	10 $\bar{1}3$ ; 0006 $\beta$	9	8,0	(2,267)	2,055	29	2130	10	3,0	1,0329	(0,9363)
9	0006; 10 $\bar{1}4$	10	2,0	2,045	(1,854)	30	0.0.0.12;	5	1,0	1,0208	(0,9253)
10	10 $\bar{1}5\bar{8}$	3		(2,012)	1,823		2028; 1232				
11	1015	10	7,0	1,826	(1,656)	31			2,0	1,002	
12	0008 $\beta$ ; 1122 $\bar{8}$	5		(1,693)	1,535	32			0,5	0,968	
13	10 $\bar{1}6$	5	0,5	1,637	1,484	33			2,0	0,953	
14	1120	4	2,0	1,578	1,431	34			0,5	0,912	
15	0008; 1122	10	6,0	1,534	1,390	35			0,3	0,901	
16	1123; 1017	6	0,3	1,475	1,337	36			2,0	0,894	
17	0009; 2020		0,3	1,365		37			1,0	0,865	
18	2022	8	2,0	1,337	1,212	38			0,5	0,858	
19	2023	5	2,0	1,295	1,173	39			0,2	0,834	
20	2024	6	2,0	1,248	1,131						
21	0.0.0.10	7	0,3	1,228	1,113						

\* Интенсивности, оцененные по способу Харворта для изученного им молибденита из шт. Нью-Джерси (снят при Cu-антикатоде с Ni-фильтром). Первые две линии в области малых углов, наблюдающиеся Харвортом, являются по-видимому, расщепленным отражением плоской сетки (0002) от противоположных сторон столбика.

## Литература

1. Bragg W. L. Atomic Structure of Minerals, 1937, 77.
2. Dickinson R. G., Pauling L. J. Am. Chem. Soc., 1923, 45, 1466;  
Белов Н. В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз, 1947, 124;  
Белов Н. В., Мокеева В. И. Тр. Ин-та крист. АН СССР, 1949, вып. 5, 32.
3. Uyeda R., Miyake S. Acta Cryst., 1957, 10, 53.
4. Brown A. P. Proc. Acad. Nat. Sci., Philadelphia, 1896, 210.
5. Bailly R. Am. Min., 1948, 33, No 9—10, 519; Acta Cryst., 1950, 3, 477.
6. Dutta A. K. Nature, 1947, 159, 477; Athanasiu G. J. Phys., Radium, 1934, 5, Ser. VII, 132.
7. Dutta A. K. Nature, 1945, 156, 240.
8. Geilmann W., Lange G., Barttlingck H. N. Jb. Min., Monatsh., 1948, H. 1—4, 3.
9. Жиров К. К., Иванова Г. Ф. Геохимия, 1959, № 6, 418.
10. Хитаров Н. И. Изв. АН Арм. ССР, 1947, № 8, 63; Усатая Е. С. Зап. Всес. мин. о-ва, 1952, 81, № 4, 298; Рехарский В. И., Крутецкая О. В., Дуброва И. В. Геология рудных м-ний, 1959, № 4, 103.
11. Зеликман А. Н., Беляевская Л. В. Журн. неорг. химии, 1956, 1, № 10, 2239 и 2245.
12. Янишевский Е. М. Минералы СССР, 1940, 2, 321 (описание месторождений молибденита в СССР).
13. Володин Р. Н. Изв. Высш. учебн. зав., геол. и разв., 1958, № 11, 49.
14. Scheele K. W. См. Hintze. Hdb. Min., 1904, 1 (1), 418.
15. Guichard M. Ann. chim., phys., 1901, 23, 552.
16. Meunier M. S. La Nature, 1890, 36, 32, 13.

## Иордизит Jordisite



Впервые описан и назван Корию<sup>1</sup>. Образует порошковатые и плотные массы. Рентгено-аморфный, коллоидный<sup>2</sup>. Режется ножом. Цв. черный и голубовато-черный. Бл. полуметаллический.

Является гелем  $\text{MoS}_2$ . Химические анализы отсутствуют.

Очень редок. Известны единичные находки: в месторождениях Химельсфурст (Фрейберг, ГДР), Рудольф (Блейберг, Австрия)<sup>3</sup>, Кигинс (шт. Орегон, США); в последнем месторождении встречается в тесной ассоциации с кинварью<sup>4</sup>. Обнаружен в составе различных пород угленосных отложений Узбекской ССР наряду с ильземаннитом<sup>5</sup>.

Легко переходит в ильземаннит.

#### Л и т е р а т у р а

1. Согни F. Zs. Chem. Industr. Kolloid., 1909, 4, № 4, 190.
2. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955, 287.
3. Meixner H. Carinthia, 1950, 58—60, 39.
4. Starles L. W. Am. Min., 1951, 36, No 7—8, 609.
5. Петров Н. П., Рубанов И. В., Черневский Н. Н., Абдуллаходжаев А. А. ДАН Узб. ССР, 1959, № 1, 17.

### Тунгстенит Tungstenite



Назван по составу (Уэлс, Батлер, 1917)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** В тонкочешуйчатых, иногда перистых агрегатах.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с  $D_{6h}^4 = P_3, mmc$ ;  $a_0 = 3,157$ ;  $c_0 = 12,384 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 3,922$ ;  $Z = 2$  (Римская-Корсакова, Троянов)<sup>2</sup>.

В кристаллической решетке W окружен шестью S по вершинам тригональной призмы,  $W-S = 2,48 \text{ \AA}$ .

**Физ. Сп.** по (0001). Режется ножом. Тв. (в агрегатах) около  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в.  $7,18^2 - 7,4^1$  (вычисл. 7,71). Цв. свинцово-серый. Черта темно-серая. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в виде чешуйчатых агрегатов, белый с сильными двуотражением и анизотропией. Внутренних рефлексов нет.

**Хим.** Теор. состав: W — 74,16; S — 25,84. В нечистом материале из р-ка Эмма содержится около 60%  $\text{WS}_2$ . Состав тунгстенита из Лянгара с небольшой примесью кварца и шпирита (анал. Алексеева)<sup>2</sup>: W — 73,71; S — 26,20; Fe — 0,35;  $\text{SiO}_2$  — 0,10; сумма — 100,36.

☞ По этим данным анализированный материал содержит: тунгстенита — 98,3%, шпирита — 1,5%, кварца — 0,2%. ☞

По данным спектрального анализа в тунгстените из Лянгара содержатся также Mg и Ag — 0,012%; Ca и Cu — 0,0n%; Mn — 0,00 n%; Mo — 0,000 n%.

**Диагн. исп.** Растворяется в царской водке и в смесях  $\text{HNO}_3 + \text{HF}$ ,  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ . В HCl нерастворим; в  $\text{HNO}_3$  растворяется полностью при нагревании с выделением желтого осадка вольфрамовой кислоты.

В полир. пл. от  $\text{FeCl}_3$  — неоднородная коричневая побежалость, от  $\text{HgCl}_2$  иногда слабый налет. Остальные реактивы не действуют.

**Неплавко.** Окрашивает в голубой цвет перя фосфорной соли. Подкисленный HCl кипящий раствор сплава тунгстенита с содой от металлического Sn или  $\text{SnCl}_4$  становится сначала синим, а затем желто-бурым.

**Нахожд.** Очень редок. Впервые обнаружен в метасоматическом свинцово-серебряном месторождении Эмма (шт. Юта, США) в ассоциации с шпиритом, сфалеритом, галенитом, тетраэдритом, вольфрамитом, аргентитом и кварцем.

В контактово-метасоматическом Лянгарском месторождении (Узб. ССР) обнаружен в виде неполных псевдоморфоз по пселиту среди окварцо-

ванного геденбергитового скарна наряду с кварцем, кальцитом, шеелитом, пирротином, сфалеритом, халькопиритом, пиритом и другими минералами. Образование тунгстенита в Лянгарском месторождении связывается с воздействием на шеелит гидротермальных растворов, содержащих сероводород и окись углерода<sup>2</sup>.

**Искусств.** Получен сплавлением S и W, нагреванием смеси WS<sub>2</sub> и KCN, пропусканием H<sub>2</sub>S или паров S над раскаленной WO<sub>3</sub>, пропусканием паров H<sub>2</sub>S над раскаленным порошком W, нагреванием смеси WO<sub>3</sub> и HgS и другими путями<sup>2</sup>.

**Отл.** От сходного молибденита отличается по реакциям и порошковой грамме.

Межплоскостные расстояния тунгстенита из Лянгара<sup>2</sup>

Cu-антикатод, без фильтра, D = 57,3 мм

№	hkl	I*	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	
1	?	1	4,60	4,15	21	20 $\bar{2}$ 0	7	1,358	(1,226)	
2	0004 $\beta$	5	(3,42)	3,09	22	10 $\bar{1}$ 8	4рш	1,307	(1,180)	
3	0004	9	3,098	(2,80)		20 $\bar{2}$ 3		1,296	(1,170)	
4	10 $\bar{1}$ 0 $\beta$	3	(2,977)	2,687		10 $\bar{1}$ 1 $\beta$		1,286	(1,161)	
5	?	1	2,904	2,621	23	20 $\bar{2}$ 4	8	1,252	(1,130)	
	—	7ш	2,723	(2,458)	24	0.0.0.10	3д	1,235	(1,115)	
6	10 $\bar{1}$ 0		2,689	(2,427)	25	11 $\bar{2}$ 8 $\beta$	3д	(1,227)	1,103	
	10 $\bar{1}$ 1		2,655	(2,396)	26	20 $\bar{2}$ 5	2	1,194	(1,077)	
7	10 $\bar{1}$ 3 $\beta$	1	2,480	2,238	27	20 $\bar{2}$ 6	3	(1,140)	1,029	
8	10 $\bar{1}$ 3	5	2,333	(2,105)		0.0.0.12 $\beta$	28	11 $\bar{2}$ 8	9	1,103
	0006 $\beta$	8ш	2,283	(2,061)	29	20 $\bar{2}$ 9		1	1,076	0,9714
		5	2,234	(2,016)	30	?		1	1,050	0,9480
9	0006	10	2,058	(1,857)	31	0.0.0.12	8	1,030	(0,9300)	
10	10 $\bar{1}$ 4	1	1,999	1,804		21 $\bar{3}$ 0				
	?				20 $\bar{2}$ 8					
11	10 $\bar{1}$ 5	4шр	1,892	(1,708)	32	21 $\bar{3}$ 3	6ш	(1,009)	0,9106	
			1,847	(1,667)		30 $\bar{3}$ 0 $\beta$		(1,002)	0,9098	
			1,802	(1,626)				(0,9962)	0,9091	
12	11 $\bar{2}$ 0 $\beta$	3	(1,750)	1,580	33	20 $\bar{2}$ 9	8	0,9721	(0,8773)	
13	0008 $\beta$	5	(1,704)	1,538		21 $\bar{3}$ 4?				
14	10 $\bar{1}$ 6	1	1,635	(1,476)	34	21 $\bar{3}$ 5	4ш	0,9574	(0,8641)	
15	11 $\bar{2}$ 0	9	1,581	(1,427)						0,9522
16	0008	10д	1,547	(1,393)	35	2.0. $\bar{2}$ .10	2	9,9135	(0,8335)	
17	11 $\bar{2}$ 2	8д	1,526	(1,377)	36	30 $\bar{3}$ 0	6	0,9116	(0,8227)	
18	11 $\bar{2}$ 3	1р	1,500	(1,354)	37	30 $\bar{3}$ 2	6	0,9004	(0,8127)	
			1,470	(1,327)	38	0.0.0.14	3р	0,8827	(0,7967)	
			1,440	(1,300)	39	30 $\bar{3}$ 4	3р	0,8739	(0,7887)	
19	11 $\bar{2}$ 4	5	1,406	(1,269)	40	21 $\bar{3}$ 8	4р	0,8625	(0,7785)	
20	20 $\bar{2}$ 4 $\beta$	2	(1,385)	1,250	41	30 $\bar{3}$ 5	2	0,8547	(0,7715)	

\* ш — широкие линии, р — размытые линии, д — двойные линии.

Л и т е р а т у р а

1. Wells R. C., Butler V. S. J. Wash. Ac. Sci., 1917, 7, 596.
2. Римская-Корсакова О. М., Троянов М. Д. Зап. Всес. мин. о-ва, 1936, 85, № 3, 277.

## СТРУКТУРА ТИПА МАРКАЗИТА

## ГРУППА МАРКАЗИТА

Марказит  $\text{FeS}_2$  Ромб. с.  $a_0$  4,445  $b_0$  5,425  $c_0$  3,388 Уд.в. 4,88

## Марказит Marcasite



Название древнеарабское; первоначально употреблялось для обозначения пирита и марказита.

Синон. Лучистый колчедан, копьевидный колчедан, гребенчатый колчедан, листоватый колчедан, ячешный колчедан, белый железный колчедан, водный колчедан или водный пирит (Агрикола, 1546), полиопирит (Глокер, 1839), гидропирит (Глокер, 1847), кипрозит (Брайтхаупт, 1843), бинарит (Френцель, 1874), частично печенковый колчедан — гепатопирит (Вернер, Брайтхаупт, 1866), частично стиринан — никель-содержащий марказит (Брайтхаупт, 1849). Лонхидит (Брайтхаупт, 1849) и металонхидит (Зандбергер, 1887), по-видимому, смесь марказита с арсенопиритом.

Разнов. Черная порошковая разновидность — мельниковит-марказит (см. стр. 276)

Характ. выдел. Кристаллы копьевидной и таблитчатой формы, конкреции, почковидные, натежные агрегаты и сплошные массы, нередко в тесном срастании с пиритом.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{12} - Pnnt$ ;  $a_0 = 4,445$ ;  $b_0 = 5,425$ ;  $c_0 = 3,388$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8194 : 1 : 0,6245$ ;  $Z = 2$  (Бёргер)<sup>1</sup>.

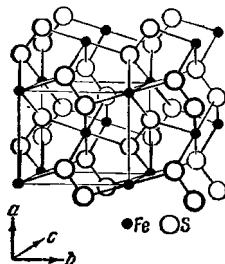
Подобно пириту, в марказите ионы S, располагаясь парами, сильно сближены с образованием группы  $S_2^{2-}$  с гомополярной связью. Расстояние S—S = 2,05 Å. Группы  $S_2^{2-}$  заключены между двумя триадами ионов Fe (фиг. 207) как в пирите, каждый Fe окружен шестью S по вершинам октаэдра с расстоянием Fe—S = 2,3 Å.

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,8194 : 1 : 0,6245$  (Бёргер).

Формы:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
$c$ 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
$b$ 010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
$a$ 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
$g$ 290	15 11	90 00	0 00	74 49	90 00	15 11
$r$ 140	16 53	90 00	0 00	73 07	90 00	16 53
$n$ 270	19 14	90 00	0 00	70 46	90 00	19 14
$v$ 130	22 08	90 00	0 00	67 52	90 00	22 08
$y$ 250	26 01	90 00	0 00	63 59	90 00	26 01
$z$ 120	31 24	90 00	0 00	58 36	90 00	31 24
$w$ 450	44 19	90 00	0 00	45 41	90 00	44 19
$m$ 110	50 40	90 00	0 00	39 20	90 00	50 40
$l$ 011	0 00	31 59	58 01	90 00	0 00	58 01
$e$ 101	90 00	37 19	90 00	52 41	37 19	90 00
$s$ 111	50 40	44 35	58 01	57 07	37 19	63 35
$x$ 122	31 24	36 12	58 01	72 05	20 52	59 44

$sa$ (111) : (100) = 57°07'	$mm$ (110) : $\bar{1}10$ = 78°40'	$es$ (101) : (111) = 26°26'
$sb$ (111) : (010) = 63 35	$ll$ (011) : (0 $\bar{1}1$ ) = 63 58	$ss$ (111) : (111) = 65 46
$ce$ (101) : (101) = 74 38	$rr$ (140) : (140) = 33 46	$ss$ (111) : (111) = 90 00



Фиг. 207. Структура марказита

Много вицинальных граней.

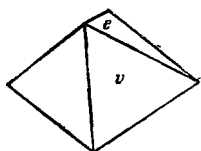
До появления работы Бёргера принималась морфологическая установка Задебека  $a : b : c = 0,7580 : 1 : 1,2122$ ; при перестановке осей  $a, b, c$  Задебека на  $b, c, a$  получается отношение осей  $0,8249 : 1 : 0,6253$ , близкое к рентгеновскому отношению Бёргера. Формула перехода от установки Задебека (З.) к установке Бёргера (Б.)  $010/001/100$ . Соотношение обозначений и символов некоторых форм:

Б. $c\ 001$	$a\ 100$	$b\ 010$	$e\ 101$	$l\ 011$	$m\ 110$	$v\ 130$	$s\ 111$
З. $a\ 100$	$b\ 010$	$c\ 001$	$m\ 110$	$e\ 101$	$l\ 011$	$v\ 013$	$s\ 111$

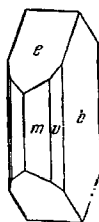
Величина кристаллов иногда достигает нескольких сантиметров. Обычно они таблитчатые по  $(010)$  (фиг. 208), а также остропирамидальные (фиг. 209), реже призматические (фиг. 210) кристаллы. Грани часто искривлены. На  $b(010)$ ,  $m(110)$  и  $v(130)$  часто штриховка вдоль ребра зоны.



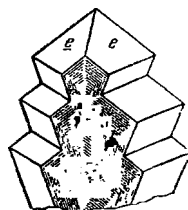
Фиг. 208. Кристалл марказита (Франция) По Лавруа (в установке Бёргера)



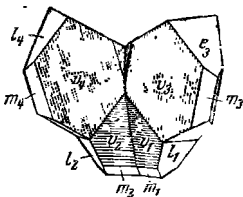
Фиг. 209. Кристаллы марказита (Швеция) По Флинну



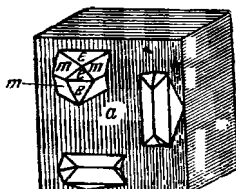
Фиг. 210. Кристалл марказита (Англия) По Грегу и Лелсому (в установке Бёргера)



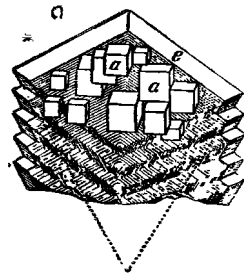
Фиг. 211. Гребенчатый сросток кристаллов марказита По Черману



Фиг. 212. Четверник марказита (Чехословакия) По Гроту



Фиг. 213. Закономерные сростания марказита с пиритом (ГДР) По Задебеку



Фиг. 214. Сростания марказита с пиритом (Чехословакия) По Задебеку

Обычны дв. по  $(101)$  (под углом  $75^\circ$ ) — простые и полисинтетические двойники, пятерники, копьевидные двойники и сложные гребенчатые сростания (фиг. 211); реже дв. сростания по  $(011)$ , пересекающиеся под углом около  $60^\circ$  или образующие между гранями  $(010)$  угол около  $116^\circ$  (фиг. 212).

Отмечались закономерные сростания марказита: 1) с пиритом:  $(100)$  пирита  $\parallel (101)$  и  $(010)$  марказита (фиг. 213, 214); 2) с пирротинном:  $(010)$  марказита  $\parallel (10\bar{1}0)$  пирротина.

Физ. Сп. довольно ясная по  $(101)$ , следы сп. по  $(110)$ . Изл. неровный. Тв. 6—6½. Уд. в. 4,85—4,90 (вычисл. 4,875). Цв. латунно-желтый с сероватым оттенком (более светлый, чем у пирита). Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.



**Мпкр.** В полпр. шл. в отраж. св. желтовато-белый. Отраж. спос. (в %): для желтых лучей 55, для зеленых — 52, для оравжевых — 45,5, для красных — 44,5. Двухотражение в воздухе отчетливое: || *a* — белый с розовато-бурым оттенком, || *b* светло-желтоватый, || *c* — кремово-белый (в иммерсии двухотражение более сильное). Сильно анизотропен с цветным эффектом от зеленого до красновато-фиолетового.

**Хим.** Теор. состав из формулы  $\text{FeS}_2$ : Fe — 46,55; S — 53,45. Иногда наблюдается некоторый дефицит S.

Содержит часто примесь As; отмечаются также примеси Ni, Co, Bi, Sb, Cu.

**Анализы:**

	1	2	3	4
Fe	47,87	46,55	46,4	45,95
As	Не обн.	Сл.	—	—
S	51,96	53,05	53,2	52,60
H. o.	—	—	—	1,52
Сумма	99,83	99,60	99,6	100,07

1 — с. Лядовь (Могилевская обл.) из мергелей<sup>2</sup>; 2 — Джаспер-Каунти (шт. Миссури США), гребенчатые кристаллы; анал. Арбайтер (по Дельтеру); 3 — Ангренское угольное м-ние (Узб. ССР)<sup>3</sup>; 4 — дер. Кузья (Свердловской обл.); анал. Стукалова<sup>4</sup> (оригинал порошкограммы).

**Диагн. исп.** В тонкоизмельченном состоянии разлагается  $\text{HNO}_3$ , выделяя значительное количество серы.

В полпр. шл.  $\text{HNO}_3$  действует слабо и не всегда; остальные реагенты не действуют.

**П. н. тр.** ведет себя подобно пириту.

**Повед. при нагр.** Плавится при температуре 605°. Для дифференциальной кривой нагревания (в атмосфере азота или углекислоты) характерны четкий экзотермический эффект при 530—540°, отвечающий переходу в пирит и эндотермический эффект при 650—750°, как у пирита<sup>5</sup>. В сравнении с пиритом марказит неустойчив и самопроизвольно переходит в пирит. При температуре выше 400° этот переход происходит очень быстро.

**Нахожд.**<sup>2</sup> Менее распространен, чем пирит; в отличие от пирита не образует крупных скоплений. Наблюдается в гипогенных и в гипергенных образованиях. Гипогенный марказит встречается в различных гидротермальных месторождениях, часто как минерал последних стадий минерализации; нередко он наблюдается в друзовых пустотах, иногда в виде почковидных образований и колломорфных агрегатов. Обычно с марказитом ассоциируются пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, пирротин и другие сульфиды (Блява и Яман-Касы в Оренбургской обл., Николаевское на Рудном Алтае); иногда сопутствует реальгару, аурипигменту (Лухуми в Груз. ССР, Джульфа в Азерб. ССР и др.).

В результате окисления иона  $\text{S}^{2-}$  до  $\text{S}_2^{2-}$  гипогенный марказит в ассоциации с пиритом появляется на месте пирротина (Сибай в Башкирской АССР, Михайловское месторождение Читинской обл., Тетюхе в Приморском крае, Монче-тундра в Мурманской обл. и др.). Нередко марказит образуется за счет пирротина и в зоне гипергенеза (Белоканское месторождение в Азерб. ССР, некоторые месторождения Норвегии<sup>6</sup> и др.). Результатом этого процесса является возникновение своеобразных тонкозернистых агрегатов пирита и марказита, сохранивших очертания пластинок пирротина

или следы его плоскостей спайности (отдельности). Такие агрегаты могут быть встречены на значительной глубине в рудах, не обнаруживающих никаких признаков гипергенных изменений<sup>7</sup>. Поскольку наряду с марказитом как при гипогенных, так и при гипергенных процессах нередко образуются пирит и мельниковит, далеко не всегда можно установить, в каких условиях образовался марказит по пирротину. В глинистых, песчано-глинистых или угленосных толщах нередко встречаются стяжения марказита, а также псевдоморфозы его по органическим остаткам. Такие псевдоморфозы особенно характерны для глубоководных бассейнов, где сероводородное брожение вызвано разложением органических остатков.

**Изм.** При процессах метаморфизма в условиях повышенных температур и повышенного давления марказит переходит в пирит. Очень многие конкреции в осадочных породах, сохранившие шестоватое и радиально-лучистое строение агрегатов марказита, при детальном изучении в отраж. св. оказываются состоящими из пирита, что подтверждает неустойчивость марказита и переход его с течением времени в пирит в результате полиморфного превращения.

В зоне окисления дает те же продукты, что и пирит.

**Искусств.** Экспериментальное исследование условий возникновения марказита показало, что он образуется из слабокислых, почти нейтральных растворов, например, при взаимодействии  $H_2S$  и сульфата окисного железа<sup>8</sup>.

**Практ. знач.** Марказит, дающий скопления, может служить сырьем для получения серной кислоты и серы.

**Отл.** Очень сходен с пиритом, отчасти с арсенипиритом. От пирита в кристаллах отличается копьевидной и таблитчатой формой и несколько более светлой окраской. Арсенипирит, в отличие от марказита, имеет более светлую окраску и издает запах чеснока при ударе. Под микроскопом в отраженном свете от сходных минералов отличается сильной цветной анизотропией.

#### Межплоскостные расстояния марказита с Урала<sup>4</sup>

Fe-антиклатод,  $D = 46,01$  мм

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	2	3,428	(3,108)	21	5	1,428	(1,295)
2	2	(2,973)	2,695	22	4	1,365	(1,237)
3	10	2,690	2,438	23	1	(1,315)	(1,192)
4	2	(2,552)	2,313	24	1	(1,312)	(1,189)
5	8	2,412	(2,186)	25	1	(1,298)	(1,176)
6	8	2,314	(2,088)	26	1	(1,275)	(1,155)
7	1	(2,087)	1,893	27	2	1,209	(1,086)
8	2	2,041	(1,859)	28	2	1,204	(1,091)
9	3	(1,938)	1,757	29	3	1,190	(1,078)
10	6	1,908	(1,730)	30	4	1,164	(1,055)
11	1	1,868	1,693	31	1	1,140	(1,033)
12	10	1,754	1,590	32	1	1,120	(1,015)
13	2	1,720	(1,559)	33	1	1,112	(1,008)
14	3	1,689	(1,531)	34	3	1,090	(0,988)
15	3	1,673	(1,517)	35	1	1,071	(0,971)
16	5	1,593	1,444	36	2	(1,052)	0,954
17	1	(1,573)	1,426	37	2	1,031	(0,935)
18	2	(1,531)	(1,388)	38		0,991	
19	2	(1,518)	(1,376)	39		0,957	
20	3	1,499	(1,359)				

*Л и т е р а т у р а*

1. Buerger M. J. Am. Min., 1937, 22, No 1, 48; Zs. Krist., 1937, 97, 504.
2. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 634.
3. Протодьяконова З. М. Зап. Узб. отд. Всес. мин. о-ва, 1951, № 2, 62.
4. Ковалев Г. А. Мат. ЦНИГРИ, 1937, сб. 2, Геохимия, 39.
5. Цветков А. И., Вальяшхгина Е. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1958, вып. 30,3.
6. Foslie S. Norsk Geol. Tidsskr., 1950, 28, N. 2—4, 144.
7. Бетехтин А. Г. Изв. АН СССР, 1949, сер. геол., № 3, 3.
8. Rosenthal G. Heidelb. Beitr. Min., 1956, 5, 146.
9. Allen E. T., Crenshaw J. L., Johnston J. Am. J. Sci., 1912, 33, 169.

**СТРУКТУРА НЕ ВЫЯСНЕНА**

Патронит	VS <sub>4</sub>	Сингония	Уд.в.
Диморфит	As <sub>4</sub> S <sub>8</sub>	?	?
Минерал S	?	Ромб.	2,58
		Тетр.	—

**Патронит Patronite**  
VS<sub>4</sub>

Назван был сначала по имени А. Ризо-Патрона, открывшего месторождение, ризопатронитом (Хьюэт, 1906)<sup>1</sup>, позднее — патронитом (Хиллебранд, 1907)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** Сплошные массы, обычно с механическими примесями. **Структ. и морф. крист.** Сингония не определена.

**Физ.** Изл. неровный до раковистого. Тв. около 2. Уд. в. не определен. Цв. черный или темно-серый. В изломе свинцово-серый, похож на графит, но быстро покрывается побежалостью. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** Под микр. различимы толстотаблитчатые зерна со спайностью; размер зерен 2—4 м.

В полир. пл. в отраж. св. серый. Отраж. спос. небольшая. Сильно анизотропен. Погасание прямое. Внутренние рефлексии не наблюдались.

**Хим.** Теор. состав: V — 28,43; S — 71,57. Формула установлена на основе синтеза и рентгеновских данных<sup>3</sup>. Анализировался лишь загрязненный материал<sup>1,2</sup>.

**Диагн. исп.** В полир. пл. от КОН призрающий налет; HNO<sub>3</sub>, HCl, FeCl<sub>3</sub>, HgCl<sub>2</sub> не действуют. П. п. тр. не плавится. В закр. тр. выделяет S и H<sub>2</sub>S.

**Нахожд.** Найден в районе Минас-Рагра (Перу) в виде жилок в глинистом сланце в ассоциации с кискентом (черное углистое вещество) и самородной серой. В составе руды, содержащей патронит, наблюдаются кварц, карбонаты, бравоит.

**Изм.** При окислении образуются синие выцветы минасрагита, темно-бурые окислы и темно-красный игольчатый хьюэттит.

**Искусств.** Получен в смеси с другими сульфидами V в результате нагревания V в струе H<sub>2</sub>S в запаянной трубке при 400°.

**Практ. знач.** В Минас-Рагра добывается в значительных количествах как ванадиевая руда.

*Л и т е р а т у р а*

1. Hewett F. Eng. a. Min. J., 1906, 82, 385; Bravo J. J. Bol. Soc. Ingen. Lima, 1906, 8, 171.
2. Hillebrand W. F. Am. J. Sci., 1907, 24, 141.
3. Biltz W., Köcher A. Zs. anorg. allgem. Chem., 1939, 241, 324.

**Диморфит Dimorphite**  
As<sub>4</sub>S<sub>8</sub>

Название от греч. δις (дв) и μορφή (морфе) — «двойная форма», т. к. наблюдались кристаллы двух типов (Скакки, 1849)<sup>1</sup>. Кристаллы первого типа Скакки, по-видимому, соответствовали аурипигменту, кристаллы второго типа — искусственному As<sub>4</sub>S<sub>8</sub><sup>2</sup>.

Характ. выдел. Мелкие кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.

Дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,603 : 1 : 0,907$ . (Кренер<sup>3</sup>; Дана, 1944).

Формы:

		$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—		$0^{\circ}00'$	$t$ 021	$0^{\circ}00'$	$61^{\circ}08'$
$b$ 010	$0^{\circ}00'$		90 00	$d$ 101	90 00	56 23
$m$ 110	58 55		90 00	$p$ 111	58 55	60 21
$pm$ (111) : (110) =	$29^{\circ}39'$	$ib$ (021) : (010) =	$28^{\circ}52'$	$pb$ (111) : (010) =	$63^{\circ} 20'$	
$mm$ (110) : (110) =	62 10	$dd$ (101) : (101) =	67 14	$pp$ (111) : (111) =	96 12	

Формула перехода от индексов Скакки для кристаллов 2-го типа к индексам Кренера-Дана: 001, 010, 100. Соотношение символов:

Кренер	$c$ 001	$t$ 021	$d$ 101	$m$ 110	$p$ 111	$b$ 010
Скакки	$c$ 100	$o$ 120	$i$ 101	$e$ 011	$m$ 111	$B$ 010

Кристаллы дипирамидальные (до 0,5 мм), иногда в параллельных срастаниях.

Физ. Сп. не выражена. Тв.  $1\frac{1}{2}$ . Хрупок. Уд. в. 2,58 (искусств. 2,60). Цв. оранжево-желтый. Бл. почти алмазный. Прозрачен или непрозрачен.

Микр.<sup>3</sup> В прох. св. двусный (+). Пл. опт. осей (010).  $Ng = a$ ,  $Nm = b$ ,  $Np = c$ . Двупреломление среднее. Кажущийся угол опт. осей, измеренный в жидкости Туле, —  $2N_a$  равен  $108^{\circ}46'$ . Дисперсия  $r > v$ .

Хим. Теор. состав: As — 75,70; S — 24,30. Состав диморфита из Флегрейских полей<sup>1</sup>: As — 75,45; S — 24,55; сумма — 100,00.

Диагн. исп. Растворяется нацело в  $HNO_3$  (при нагревании) и в сероуглероде. Легко плавится, краснеет, затем буреет, выделяет желтые пары и сгорает без остатка.

Нахожд. Редок. Наблюдался как продукт деятельности фумарол Сольфатары (Флегрейские поля в Италии) вместе с реальгаром, серой, хлоридом аммония и различными сульфатами

Искусств. Получен сплавлением AsS и As с последующей сублимацией, также кристаллизацией из раствора в сероуглероде<sup>2</sup>.

Отл. В отличие от аурипигмента при действии давления не расщепляется на пластинки, а превращается в порошок.

#### Л и т е р а т у р а

1. Scacchi A. Rend. Real. Acad. Sci. Napoli, 1849; Mem. geol. Camp. Napoli, 1849.
2. Schuller A. Math. Termesz. Ertesito, 1894, 12, 255 (по реферату Zs. Krist., 1896, 27, 97).
3. Kienner J. Zs. Krist., 1907, 43, 476.

Минерал  $S^1$  (Mineral S) — сульфид, содержащий, по данным спектрального анализа, Ni, Ge и немного Cu и Fe. Мелкие кристаллики типа пирита, наблюдавшиеся под микроскопом в шлифах из р-ка Тсумеб (Юго-Западная Африка). Тетраг. с.  $a_0 = 6,70$ ,  $c_0 = 9,53 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,422$ . Тв.  $3\frac{1}{2} - 4$ . Отраж. способн. близка к 50%. Порошкограмма сходна с порошкограммой минералов группы линнепта.

Межплоскостные расстояния минерала S.

№	$l$	$\frac{d}{n}$	№	$l$	$\frac{d}{n}$	№	$l$	$\frac{d}{n}$
1	3	4,82	5	5	2,38	9	6	1,68
2	3	3,34	6	2	1,93	10	10	1,54
3	7	2,96	7	2	1,86	11	1	1,46
4	8	2,97	8	2	1,82	12	1	1,43

#### Л и т е р а т у р а

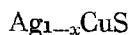
1. Strunz H. Fortschr. Min., 1959, 37, H. 1, 87 (предварительные данные).

## СЛОЖНЫЕ СУЛЬФИДЫ

## СТРУКТУРА ТИПА ШТРОМЕЙЕРИТА

## ГРУППА ШТРОМЕЙЕРИТА

Штромейерит  $Ag_{1-x}CuS$  Ромб. с.  $a_0$  4,06  $b_0$  6,66  $c_0$  7,99 Уд.в. 6,2

Штромейерит *Stromeyerite*

Назван в честь немецкого химика Ф. Штрומайера (*Stromeyer*), впервые анализировавшего минерал (Шепард, 1835).

Синон. Медно-серебряный блеск, серебриво-медный блеск (Хаусман, Штрומайер, 1816), кипаргирит (Глокер, 1847).

**Характ. выдел.** Сплошные плотные массы и неравнозернистые агрегаты; кристаллы очень редки; часты тонкие жилки или пластинки толщиной 0,5—1,0 см.

**Структ. и морф. крист.** Высокотемпературная  $\alpha$ -модификация куб. с.<sup>1</sup>

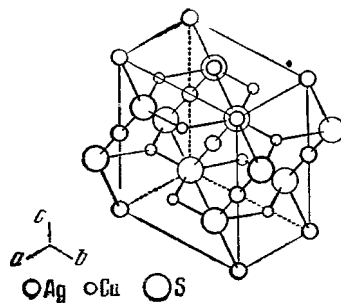
Низкотемпературная  $\beta$ -модификация ромб. с.:  $D_{2h}^{17}$  — *Cmcm* или  $C_{2v}^{12}$  — *Cmc2<sub>1</sub>*;  $a_0 = 4,06$ ;  $b_0 = 6,66$ ;  $c_0 = 7,99$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,6096 : 1 : 1,1997$ ;  $Z = 4$  (Сур)<sup>2</sup>.

Структура кубической  $\alpha$ -модификации не изучена. Кристаллическая решетка ромбической модификации состоит из зигзагообразных цепочек атомов Ag и S, параллельных оси *c*. Плоскости, параллельные (001), представлены чередующимися слоями атомов Ag, расположенных гранецентрированно, и слоями атомов S и Cu в тройной координации (фиг. 215).

Расстояние Ag—S в цепочках 2,40 Å, как в прустите ( $Ag_3AsS_3$ ) и пираргирите ( $Ag_3SbS_3$ ). Углы в цепочках S—Ag—S  $\sim 113^\circ$ , Ag—S—Ag =  $180^\circ$ . Расстояния Cu—S 2,26 Å и 2,29 Å. Структура дефектная, с недостатком атомов Ag; возможно, атомы Cu частично занимают положение атомов Ag (Фрю)<sup>3</sup>.

**Формы:**

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,9668$  (Розе).



Фиг. 215. Структура штромейерита  
По Фрю

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
<i>c</i> (001)	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
<i>b</i> (010)	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
<i>m</i> (110)	59 47	90 00	0 00	30 13	90 00	59 47
<i>u</i> (012)	0 00	25 48	64 12	90 00	0 00	64 12
<i>e</i> (021)	0 00	62 39	27 21	90 00	0 00	27 21
<i>w</i> (114)	59 47	25 39	76 25	68 02	22 33	77 25
<i>p</i> (111)	59 47	62 30	45 58	39 57	58 56	63 29

*mm* (110) : ( $\bar{1}10$ ) = 60°25'

*uc* (012) : (001) = 25 48

*ub* (012) : (010) = 64 12

*ec* (021) : (001) = 62°39'

*wc* (114) : (001) = 25 39

*pc* (111) : (001) = 62 30

*ww* (114) : ( $\bar{1}14$ ) = 43°57'

*ww* (114) : ( $\bar{1}14$ ) = 25 10

Обычные формы (001), (010), (110), (114) с развитой зоной вертикальных призм, которая определяет псевдогексагональный облик кристаллов. Дв. по (110) и (112). Под давлением происходит скольжение по плоскости (201)<sup>4</sup>.

Физ. Сп. не выражена. Изл. полураковистый до раковистого. Хрупок. Тв. 2½—3. Уд. в. 6,15—6,3. Цв. в изломе и черта темно-стально-серые. Бл. сильный металлический, у выветрелого штроейерита матовый. Непрозрачен.

Плохой проводник электричества.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. серовато-белый; в отличие от других серовато-белых минералов обладает отчетливым нежно-сиреневым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 27,5, для оранжевых — 26, для красных — 26. Двухотражение в воздухе очень слабое, заметное на границах зерен; в иммерсии оно усиливается. Сильно анизотропен, погасание прямое и полное. Характерна своеобразная структура олеандровых листьев, обнаруживаемая при скрещенных николях (в протравленных шлифах); ее возникновение объясняется параморфным превращением кубической модификации штроейерита в ромбическую при нагревании и последующем охлаждении.

Хим. Соотношение Ag : Cu близко к 1 : 1, соответственно формула, по данным Фрю, — Ag<sub>x</sub>CuS при x от 0 до 0,1. Теор. состав из формулы AgCuS(x = 0) Ag — 53,05; Cu — 31,49; S — 15,76. Часто содержит Fe, что, возможно, связано с примесью халькопирита; реже отмечается примесь Zn и Pb.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	32,33	30,47	30,64	28,58
Ag	51,72	52,27	48,64	53,96
Fe	0,21	0,33	0,20	0,26
Zn	—	—	3,28	—
Pb	—	—	1,53	—
S	15,58	15,78	16,23	15,51
Н. о.	0,06	—	—	1,55
Сумма	99,90	98,85	100,52	99,86
Уд. в.	6,26	6,255	6,132	6,28

1, 2 — Змеиногорское м-ние (Алтайский край); анал. Пилипенко<sup>5</sup>; 3 — Йеллоу-Пайн (Колорадо, США)<sup>6</sup>; 4 — Бернардино (Калифорния, США)<sup>7</sup>.

Диагн. исп. В HNO<sub>3</sub> растворяется, с HCl образует белый осадок AgCl.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> тускнеет без вскипания; в некоторых зернах иногда проявляются трещинки спайности в одном направлении, иногда единичные двойники, от раствора KCN — коричневый налет; от конц. HCl темнеет и протравливается; от раствора FeCl<sub>3</sub> образуется легко стирающаяся радужная побежалость, выявляется структура; от HgCl<sub>2</sub> пририрует, буреет. KOH не действует; пары HCl дают стирающийся налет.

П. п. тр. легко плавится. На угле дает полуковкий королек. В откр. тр. выделяет SO<sub>2</sub>.

Повед. при нагр. Ромбическая модификация при нагревании до 93° переходит в кубическую<sup>1</sup>.

Находк. В малых количествах встречается сравнительно часто, значительные количества его редки. Образуется главным образом в зоне цементации свинцово-цинковых гидротермальных месторождений<sup>8,9</sup>, од-

нако известен также гидротермальный штроемейрит<sup>5</sup>. В ассоциации со штроемейритом наблюдаются Ag-содержащая блеклая руда, борнит, халькозин, халькопирит, галенит, аргентит, самородное серебро, золото и др. С некоторыми из этих минералов штроемейрит образует мирмекитовые сростания. Известно его образование за счет Ag-содержащей блеклой руды; для некоторых месторождений отмечается наличие на поверхности агрегатов штроемейрита мельчайших выделений серебра, золота и аргентита<sup>5</sup>. К числу месторождений, в которых установлен штроемейрит, относятся в СССР свинцово-цинковые месторождения Алтайского края<sup>5</sup> (Змеиногорское, 2-е Карамышевское, Петровское), колчеданные месторождения Урала (борнито-теннантитовые руды Дзержинского и Первомайского месторождений Карабашской группы Челябинской обл.<sup>10</sup> и месторождения им. III Интернационала Свердловской обл.), за рубежом — Маунт-Лайель Тасмания (Австралия), Сакатекас (Мексика), Пехановец (б. Рудельшталт, Польша), Копьяпо (Чили), Бьютт (шт. Монтана, США), урано-серебряные месторождения Большого Медвежьего озера (Канада), Потоси и др. в Боливии.

Изм. При гипергенном изменении штроемейрита возникают ковеллин и самородное серебро.

Искусств. Получен посредством спрессовывания порошков аргентита и халькозина в соответствующих пропорциях (при комнатной температуре медленно, при 75° — быстро)<sup>1</sup>, или спрессовыванием в соответствующих пропорциях порошков Ag, Cu и S в отношении 0,9 : 1,1 : 1, а также длительным спрессовыванием смесей Ag с халькозином, борнитом или ковеллином при давлении 7000 атм., температуре 250° в течение 48 час.<sup>11</sup>

Отл. От сходного халькозина отличается химической реакцией на Ag. Самым надежным признаком при распознавании штроемейрита в полир. пл. служит появление структуры олеандровых листьев при прямом освещении вольтовой дугой.

#### Межплоскостные расстояния штроемейрита из Канады<sup>2</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	(002)	4	3,98	11	(132)	5	1,75
2	(110)	7	3,46	12	(220)	4	1,73
3	(020)	8	3,33	13	(114)	3	1,70
4	(021)	6	3,07	14	(024), (221)	3	1,69
5	(112)	10	2,61	15	(041)	1	1,63
6	(022)	6	2,55	16	(222)	2	1,58
7	(023)	2	2,10	17	(133)	1	1,57
8	(004)	8	2,07	18	(223)	2	1,45
9	(130)	7	1,99	19	(204)	6	1,42
10	(131)	6	1,89				

#### Л и т е р а т у р а

1. Schwartz G. M. Econ. Geol., 1935, 30, 128.
2. Suhr N. Econ. Geol., 1955, 50, 347.
3. Frueh A. J. Zs. Krist., 1955, 106, Н. 4—5, 299.
4. Mügge O. N. Jb. Min., 1920, 24.
5. Пилипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 373; Вейц Б. И., Покровская И. Б. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 134.
6. Headden W. P. Am. Min., 1925, 10, No 4—6, 41.
7. Melville R. Bull. U. S. Geol. Surv. Washington, 1896, 61, 11.
8. Червяковский Г. Ф. Зап. Всес. мин. о-ва, 1951, 80, № 2, 210.
9. Guild F. N. Econ. Geol., 1917, 12, 309.
10. Ярош Н. Я. Зап. Всес. мин. о-ва, 1951, 80, № 3, 210.
11. Prouvost J. C. R., Paris, 1954, 239, 715; 1955, 241, 217.

## СТРУКТУРА ТИПА КОБАЛЬТИНА

## ГРУППА КОБАЛЬТИНА

		Сингония	$a_0$	Уд. в. (вычисл.)
Кобальтин	CoAsS	Куб.?	5,62	6,20
Герсдорфит	NiAsS	Куб.	5,68	5,82
Коринит	Ni(As,Sb)S	Куб.	5,69	5,99
Виллиамит	(Co,Ni)SbS	Куб.	5,88	6,87
Ульманнит	NiSbS	Куб.	5,92	6,79
[Вольфахит]	Ni(As,Sb)S	Ромб.	—	—
Камиллит	Ni(Sb,Bi)S	Куб.	—	7,04

Кобальтин, герсдорфит и ульманнит относятся к кубической сингонии, имеют структуру, весьма сходную со структурой пирита ( $Z = 4$ ). Места Fe пирита в кобальтине занимает Co, в герсдорфите и ульманните — Ni; вместо пары  $S_2$  на тройных непересекающихся осях малых кубов (см. описание структуры пирита) располагаются группы AsS (соответственно SbS), в связи с чем тройные оси становятся полярными, утрачивается центр симметрии; поэтому герсдорфит и ульманнит принадлежат не к пространственной группе  $T_h^6 - Pa\bar{3}$  пирита (дидокаэдр. кл.), а к пространственной группе  $\bar{T}^4 - P2_1\bar{3}$  (три-тетраэдр. кл.)<sup>1,2</sup>. Рентгенограммы кобальтина приводят к  $T_h^6 - Pa\bar{3}$ , что Бокий и Цинбер предположительно объясняют неупорядоченностью решетки кобальтина. По данным Онорато<sup>2а</sup>, кобальтин является лишь псевдокубическим. Коринит занимает промежуточное положение между герсдорфитом и ульманнитом и может рассматриваться как сурьмяная разновидность герсдорфита или мышьяковая разновидность ульманнита; виллиамит — ульманнит, в котором Ni в значительной части замещен Co. К промежуточным членам ряда герсдорфит — ульманнит принадлежит также вольфахит.

## Кобальтин Cobaltite

## CoAsS

Назван по составу (Бедан, 1832).

Синон. Кобальтовая руда (Валериус, 1747), кобальтовый блеск (Кронштедт, 1758), блестящий кобальт (Хаусман, 1813), кобальтовый колчедан кубический (Глокер, 1831), кобальтит (Дана, 1884).

Разнов. Феррокобальтин; никелистый кобальтин.

Характ. выдел. Зернистые агрегаты, иногда кристаллы.

Структ. и морф. крист. Куб. с.?  $T_h^6 - Pa\bar{3}$ ;  $a_0 = 5,62 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Шикок и Хенри)<sup>1</sup>.

Структура типа пирита, предположительно с неупорядоченной решеткой<sup>2</sup>. Расстояние As — S 2,31  $\text{\AA}$ .

Дидодекаэдр. кл.

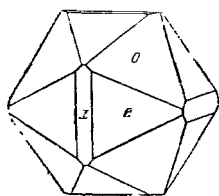
По последним данным Онорато<sup>2а</sup>, кобальтин является моноклинным, псевдокубическим и псевдоромбическим.  $a_0 = b_0 = c_0 = 5,59 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 90^\circ$ .  $C_{2h}^6 - P2_1\bar{b}$ . Co находится в октаэдрической координации, как Fe в пирите, но в отличие от Fe в пирите, в кобальтине 4 Co не равнозначны: 2Co окружены 4S и 2As, остальные 2 Co имеют ближайшими 4 As и 2 S. Оба As и оба S занимают противоположные вершины октаэдра.

Наиболее обычные формы<sup>3,4</sup>:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $c(210)$ ,  $h(410)$ ,  $p(221)$ ,  $s(321)$ ,  $z(432)$ .

Редкие формы:  $g(320)$ ,  $\chi(433)$ ,  $n(211)$ ,  $\omega(522)$ .

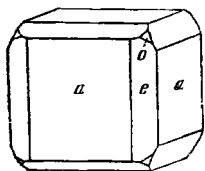


Кристаллы (фиг. 216—218) имеют вид октаэдров, кубов или пентагональных додекаэдров, часто (111) и (210) развиты равномерно<sup>3,4а</sup>. На гранях — штриховка, подобная штриховке кристаллов шрита. Дв. по (110) и по (111) редки.



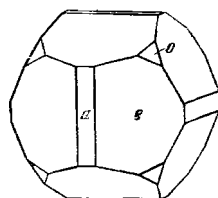
Фиг. 216. Кристалл кобальтина (Тунаберг, Швеция)

По Флинку



Фиг. 217. Кристалл кобальтина (Тунаберг, Швеция)

По Флинку



Фиг. 218. Кристалл кобальтина (Тунаберг, Швеция)

По Флинку]

Физ. Сп. по (100) совершенная. Изл. перовный, до раковистого. Хрупок. Тв. 5½. Уд. в. 6,1—6,4 (вычисл. 6,203). Цв. белый с розовым оттенком, при повышенном содержании никеля — стально-серый с фиолетовым оттенком; богатые железом разновидности — серовато-черные. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен. Хороший проводник электричества.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый с розоватым оттенком. Отраж. спос. (в %) для зеленых лучей 52, для оранжевых — 52,5, для красных — 48. Двуетражение в воздухе незаметно; в иммерсии на границе двойников различается с трудом. Анизотропен, со слабым цветным эффектом. В более крупных зернах ясно видна<sup>3</sup> спайность. Нередко обладает зональным строением<sup>6</sup>. В скрещенных николях обнаруживается пластинчатое строение.

Хим. Теор. состав: Co — 35,41; As — 45,26; S — 19,33. Часть Co замещается Fe и Ni (см. разнов.). Спектроскопически в кобальтине из Дашкесана обнаружены 0,01 Sn, 0,005 In, 0,001 Ga, а также незначительные количества Mo, Ni, Mn, Cu, Pb, Zn<sup>5</sup>.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	—	—	0,08	0,03	—	—	0,01	—	—
Fe	1,17	4,48	2,11	1,48	5,31	3,61	3,26	3,23	4,78
Co	33,84	30,58	31,93	33,51	30,34	30,64	25,85	34,18	29,93
Ni	Сл.	1,33	0,18	0,08	1,66	1,03	5,32	0,01	2,45
As	47,57	43,93	46,38	44,88	41,53	45,73	43,75	45,88	43,09
S	17,64	19,58	18,22	19,69	20,97	18,99	18,81	16,60	18,79
Н.о.	0,11	0,19	0,71	0,25	0,05	—	2,52	—	—
Сумма	100,33	100,09	99,65*	99,97**	99,86	100,00	99,52	99,90	99,04
Уд. в.	6,40	—	6,33	6,37	—	—	—	—	—

\* В том числе 0,04 Те.

\*\* В том числе 0,05 Те.

1—4 Дашкесан: 1 и 2 — анал. Якубович (по Крутову)<sup>6</sup>; в анализе 1 избыток As связан с примесью смальтинна, 3—4 — по Эфендиеву<sup>7</sup>; 5 — Покровское м-ние; анал. Якубович<sup>6</sup>; 6 — Равенторп (Зап. Австралия)<sup>8</sup>; 7 — дер. Ишкпшино,  $a_0 = 5,58 \text{ \AA}$ <sup>6</sup>; 8 — Карагемское м-ние<sup>9</sup>; 9 — Владимирское м-ние<sup>10</sup>.

Диагн. исп. Разлагается горячей  $\text{HNO}_3$  с выделением S и  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; раствор розовый, от  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  — белый осадок.

В полир. пл. при травлении  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  выявляется структура; очень слабо действует  $\text{HNO}_3$  (обогащенный никелем кобальтин из Халиловского р-на и из Владимирского месторождения хорошо травится  $\text{HNO}_3$ ). Остальные реактивы не действуют.

П. п. тр. на угле сплавляется в серый слабомагнитный шарик, выделяя  $\text{SO}_2$  и образуя налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; в откр. тр. —  $\text{SO}_2$  и налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; в закр. тр. почти не меняется или дает незначительный налет.

Повед. при нагр. По данным Флёрке<sup>11</sup>, при нагревании до  $850^\circ$  становится изотропным и остается таковым при охлаждении.

Нахожд. В значительных скоплениях встречается лишь в немногих месторождениях. К высокотемпературным месторождениям кобальтина относятся зоны вкрапленности (фальбанды) и контактово-метасоматические месторождения, в которых он встречается в парагенезисе с пирротитом, халькопиритом, арсенопиритом, сфалеритом, висмутом, молибденитом и др. В месторождении Дашкесан (Азерб. ССР)<sup>5,6,7,12</sup> кобальтин образует неправильные линзы и гнездообразные скопления, отчасти вкрапленность и прожилки в актинолитовом скарне с гранатом, эпидотом, Si-содержащим амфиболом — дашкесанитом, кальцитом, кварцем и др.; в некоторых участках он сопровождается глаукоцитом, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, пиритом и др. В сходных условиях кобальтин встречается в месторождении Саяк (Прибалхашье, Каз. ССР). На Урале — в Покровском месторождении магнетита<sup>6</sup> (Свердловская обл.), а также на Алтае во Владимирском месторождении<sup>10</sup>, кобальтин наблюдается среди магнетитовых рудных скарнов в ассоциации с магнетитом, пиритом, халькопиритом, глаукоцитом и линнеитом. К высокотемпературным месторождениям кобальтина относятся также Скуттеруд и Снарум (Норвегия), Тунаберг, Риддархиттан и Хакансбё (Швеция), Пшечинна (б. Квербах, Польша), Больмораль (Южная Африка), Депречиада (Чили).

В гидротермальных золото-кварцевых жилах кобальтин встречается в месторождениях Болиден в Швеции (много), Кобар и Равенсторп в Австралии и др. К среднетемпературным месторождениям относится Карагемское на Алтае, где кобальтин сопровождается глаукоцитом, данаитом, скуттерудитом и др.<sup>9</sup>. В среднетемпературных жилах Co-Ni-Ag-Bi-U-формации кобальтин встречается в округе Кобальт (Канада) с сафлоритом, скуттерудитом, смальтином, хлоантитом, никелином, герсдорфитом, самородным серебром, аргентитом, доломитом, кальцитом и др.; наблюдается также в Рудных горах (ГДР) — в Аннаберге, Шнееберге. Известны находки кобальтина в массе измененного серпентинита у дер. Ишкнино в Халиловском районе Оренбургской обл.<sup>6</sup> В р-ке Моргенрёте, в р-не Зигена (ФРГ) кобальтин образует гнезда в сидерите, а также вкрапленность в кварце и в глинистом сланце.

Пзм. Отмечено замещение кобальтина смальтином, сфалеритом, халькопиритом, галенитом. В зоне окисления за счет кобальтина возникают эртрин, гетерогенит и другие минералы.

Искусств. Синтез не осуществлен.

Практ. знач. Один из главных минералов, служащих для получения кобальта и его соединений.

Отл. В полир. пл. под микр. отличается высокой твердостью, плохо полируется. В мелких зернах очень сходен с пиритом, но при внимательном наблюдении заметно отсутствие желтого оттенка. Сперрилит имеет более светлую белую окраску. Минералы гр. линнеита, похоже по цвету, мягче и лучше полируются. В отличие от кобальтина арсенопирит не имеет розового оттенка, сильно анизотропен.

Разнов. Феррокобальтин — ferrocobaltite (Дана, 1854) — стальной кобальт (шталькобальт Рамельсберга, 1849) описан как богатая Fe разновидность кобальтина из Зигена (ФРГ).

В р-ке Тийогахара (Япония) наблюдался<sup>13</sup> в виде мелких, хорошо образованных кристаллов с гранями куба, октаэдра и пентагон-додекаэдра. Состав его: Fe — 22,25; Co — 15,31; As — 39,52; S — 22,56; н. о. — 0,57; сумма — 100,21. Найден в прожилках диорит-порфирита на контакте с известняками вместе с халькопиритом, магнетитом, цирротинном и др. По данным Ватанабе, от глаукодота отличается сингонией.

Никелистый кобальтин — nickelcobaltite (Шипкин, 1957), джулукулит — julukulite (Шипкин, 1958), с содержанием до 13,80% Ni<sup>14</sup>. Наблюдался в массе измененного серпентинита в Халиловском р-не Оренбургской обл. (анализ 7), в скарнах Владимирского кобальтового месторождения на Алтае и в кварцево-анкеритовых жилах кобальтового месторождения около оз. Джулу-Куль (Тувинская авт. обл.), (наиболее богат Ni). Состав минерала из Владимирского месторождения<sup>15</sup>: Fe — 4,87; Co — 24,00; Ni — 7,73; As — 46,54; S — 17,50; сумма — 100,64; состав никелистого кобальтина из р-на оз. Джулу-Куль: Cu — 1,05; Fe — 0,55; Co — 26,00; Ni — 7,72; As — 45,52; S — 18,81; н. о. — 0,40; сумма — 100,05; уд. в. соответственно 6,33 и 6,36<sup>14</sup>.

Межплоскостные расстояния кобальтина из округа Кобальт<sup>1</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$
1	111	1	3,27	13	332	1	1,196
2	200	7	2,82	14	422	1	1,146
3	210	10	2,53	15	511; 333	5	1,078
4	211	9	2,29	16	520; 432	3	1,040
5	220	3	1,984	17	521	2	1,025
6	311	9	1,687	18	440	3	0,990
7	222	1	1,616	19	600; 442	1	0,933
8	320	4	1,556	20	610	1	0,921
9	321	5	1,493	21	611; 532	3	0,908
10	400	1	1,400	22	533	1	0,854
11	420	1	1,250	23	630; 542	2	0,835
12	421	2	1,220	24	631	2	0,826

### Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A., Henry W. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947 (1948) No 52, 71.
2. Бокй Г. Б., Циннобер Л. И. Тр. Ин-та крист. АН СССР, 1954, 9, 239.
- 2а. Onorato E. N. Jb. Min., 1957, 91, 41.
3. Flink G. Arkiv. Kemi, Min., Geol., 1908—1910, 3, 60.
4. Кашкай М. А., Абдуллаев Г. К., Ситковский И. Н. Уч. Зап. Азерб. ун-та, геол.-геогр. сер., 1958, № 1, 47 (морфология кристаллов кобальтина из Дашкесанских м-ний).
5. Барсанов Г. П., Боровик С. А. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, 1940, вып. 17, 28.
6. Крутов Г. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1937, 10, 64; Крутов Г. А., Петрова Е. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1956, 29, 69.
7. Эфендиев Г. Х. Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малою Кавказа. Изд. Азерб. АН, 1957, 198.
8. Simpson E. J. Roy. Soc. W. Australia, 1936, 22, 1.
9. Баженов А. И. Науч. докл. высш. школы, сер. геол.-геогр. наук., 1958, № 4, 169.
10. Зильберман Я. Р., Бальтер В. Л., Эренбург Б. Г. Вестн. Зап.-Сиб. и Новосиб. геол. упр. 1958, № 2, 52 (4 анализа).
11. Flörke W. Metall u. Erz, 1923, 20, 197.
12. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 656.
13. Watanabe M. J. Japan. Ass. Min., Petr., 1943, 29, 271.
14. Шипкин Н. Н. ДАН СССР, 1958, 121, № 4, 724.
15. Шипкин Н. Н. ДАН СССР. 1957, 114, № 2, 414.

## Герсдорфит Gersdorffite



Назван по имени Герсдорфа (Австрия) (Лёве, 1843).

Синон. Купферникель (Кзонстедт, 1758), частично никелевый блеск (Шфаф, 1818), мышьяконо-никелевый блеск и никеле-мышьяковый колчедан (Глокер, 1831), дизомоз (Бедан, 1832), серый никелевый колчедан (Брайтхаупт, 1838), частью томбацит (Брайтхаупт, 1838), ямонбит (Кобель, 1844), частью стигман (Брайтхаупт, 1849), плессит (Дава, 1868), добшаунт (Дана, 1868). Соммаругаит — Au-содержащий герсдорфит из Бенца Вихорулуй (б. Резбанья) в Румынии (1878), возможно, является смесью минералов.

Характ. выдел. Кристаллы, зернистые и пластинчатые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $T^4 - P2_13$ ;  $a_0 = 5,68 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Бокий и Цинбер<sup>1</sup> для оригинала анализа 1).  $T_h^6 - Pa3$  по Рамселу и др.<sup>2,3</sup> Величина  $a_0$  колеблется в зависимости от содержания Fe и Co<sup>2,3</sup> (см анализы).

Структура как у кобальтина. Расстояние As — S = 2,25 Å.

Тритетраэдр. кл. Наблюдавшиеся формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $e(210)$ ,  $m(311)$ .

Кристаллы чаще имеют облик октаэдров и кубо-октаэдров, реже — пентагон-додекаэдров. Очень редки дв. по (111). Известны закономерные сростания с клоантитом.

Физ. Сп. по кубу, довольно совершенная. Изл. неровный. Хрупок. Тв. 5 — 5½. Уд. в. 5,6—6,2 (вычисл. 5,82 при Ni : Fe = 3 : 1 и  $a_0$  5,731 Å). Цв. серебристо-белый до стально-серого, серый, наблюдается серовато-черная побежалость. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спсс. (в %): для зеленых лучей 49,5, для оранжевых — 42,5, для красных — 42. Изотропен. Довольно обычны тонкие трещинки спайности и треугольники выкрашивания, как у галенита. Рельеф несколько ниже, чем у ульманнита. Часто наблюдается зональное строение, заметное благодаря различиям в рельефе и цветном оттенке.

Хим. Теор. состав: Ni — 35,41; As — 45,26; S — 19,33; состав несколько колеблется, Ni частично замещается Fe и Co, As частично замещается Sb (ср. коривит). Отношение (Ni, Co, Fe) к (S, As, Sb) колеблется от 1 : 2 до 2 : 3; отношение As : S также непостоянно: Дав<sup>4</sup> различает  $\alpha$ -герсдорфит, в котором  $S > As$  и нет Co, и  $\beta$ -герсдорфит с  $As \geq S$ , обычно содержащий Co.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Fe	6,46	8,22	9,86	15,13	3,69
Co	есть	—	0,94	8,30	8,82
Ni	32,40	26,97	24,14	15,64	19,82
As	40,39	45,35	50,04	52,43	57,54
Sb	—	—	1,24	2,46	2,99
S	16,22	18,98	13,61	5,92	7,55
Н. о.	—	0,61	—	—	—
Сумма	100,10*	100,13	99,83	99,88	100,41
Уд. в.	—	—	—	5,35	6,18
$a_0$	5,68	5,731	—	—	—

\* В том числе Sb, Cu, Co, Ca, Mg—4,63%.

<sup>1</sup>—<sup>28</sup> — месторождения не указаны, оригиналы рентгеновского изучения: 3 — 5 — Добшина (Чехословакия)<sup>2</sup>; 3 — 4 — зональные кристаллы с различным содержанием As в зонах; 5 — наружная часть кристалла.

Диагн. исп. Разлагается горячей  $\text{HNO}_3$  с выделением S и  $\text{As}_2\text{O}_3$ : раствор имеет зеленую окраску, от  $\text{BaCl}_2$  — осадок.

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  образуется побежалость (без вскипания), от  $\text{HgCl}_2$  — бурый налет (отличие от хлоантита), от  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$  и царской водки слегка буреет.  $\beta$ -герсдорфит травится  $\text{HNO}_3$  легче, чем  $\alpha$ -герсдорфит<sup>4</sup>.

П. п. тр. на угле сплавляется в магнитный шарик с выделением  $\text{SO}_2$ , издает чесночный запах; сплав, полученный на угле с бурой, сначала дает реакцию на Fe, затем (с чистой бурой) на Co и Ni. В откр. тр. выделяет  $\text{SO}_2$  и белый налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ , в закр. тр. растрескивается и дает желто-бурый возгон  $\text{As}_2\text{S}_3$ .

Находк. Довольно редок. Обычно гидротермальный. Встречается с арсенидами Ni и Co (никелином, хлоантитом, ульманнитом и др.), обычно сопровождается железистыми карбонатами. Иногда замещает никелин, маухерит, раммельсбергит.

В Каз. ССР в Чимбастауском кобальто-никелевом месторождении герсдорфит, содержащий почти равные количества Co и Ni ( $a_0=5,65$ ), ассоциируется с халькопиритом, гематитом, кварцем, кальцитом и сидеритом (по Крутову). В Бериккульском золоторудном месторождении Кемеровской обл. развивается за счет хлоантита и сопровождается никелином и раммельсбергитом; в Знаменитовском золото-шеелитовом месторождении наблюдается в ассоциации с халькопиритом, пиритом и висмутином<sup>6</sup>. В никеле-серебряном месторождении Акол (Красноярский край), герсдорфит наряду с маухеритом образует графические прорастания с сурьмянистым серебром; маухерит обрастает герсдорфит, отдельные зерна герсдорфита заключены в никелине<sup>7</sup>. Установлен также в Карпинском (б. Богословском) горном округе Свердловской обл. со смальтином и хлоантитом и в долomite<sup>6</sup> в Березовском золоторудном месторождении Свердловской обл.

Встречен в месторождениях ГДР: Гарцгероде (Гарц), Альтенберг (Саксония), Лобенштейн (Тюрингия); в месторождении Добшина (Чехословакия), в некоторых месторождениях Штирии (Австрия), в месторождениях округа Кобальт (Канада) и др.

Изм. Известно замещение герсдорфита никелином, блеклыми рудами, маухеритом. Наиболее обычным продуктом выветривания герсдорфита является аннабергит.

Отл. В шлифах трудно отличим от других изотропных белых арсенидов. Характерными отличительными признаками герсдорфита являются хорошо выраженная спайность и буроватое пятно от  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

Межплоскостные расстояния герсдорфита<sup>8</sup>Cu-антикатоид,  $D = 39,84$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	200 $\beta$	4	(3,163)	2,855	13	332	2	1,218	(1,099)
2	200	6	2,847	(2,570)	14	422	4	1,170	(1,056)
3	210	8	2,557	(2,308)	15	500		1,148	
4	211	6	2,332	(2,105)	16	510; 431	2	1,115	(1,006)
5	220	4	2,020	(1,823)	17	511; 333	6	1,100	(0,9928)
6	221; 300	2	1,898	(1,714)	18	520; 432	6	1,061	(0,9574)
7	311	8	1,725	(1,557)	19	521	4	1,044	(0,9427)
8	222	2	1,641	(1,481)	20	440	6	1,011	(0,9124)
9	320	8	1,582	(1,428)	21	611; 532	6	0,9291	(0,8386)
10	321	6	1,524	(1,375)	22	533	4	1,8756	(0,7903)
11	420		1,270		23	630; 542	4	0,8545	(0,7712)
12	421	4	1,249	(1,127)	24	?		0,834	

## Л и т е р а т у р а

1. Боккий Г. В., Цинобер Л. И. Тр. Ин-та крист. АН СССР, 1954, 9, 239.
2. Ramsdell L. S. Am. Min., 1925, 10, No 7—12, 281; Peacock M. A., Henry W. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 52, 71.
3. Olshausen S. Zs. Krist., 1925, 61, 463.
4. Dunn J. Records Geol. Surv. India, 1937, 72, p. 3, 343.
5. Goll J. Rozpr. České Akad. 1937, 47, S. 3, 1; N. Jb. Min., 1938, 363.
6. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 665.
7. Барсанов Г. П., Погоня Ю. Ф. Изв. АН СССР, сер. геол., 1947, № 2, 110.

## Корнит Corynite

## Ni (As, Sb) S

Назван от греч. *κορύνη* (корине) — булава, по виду скоплений (Цефарович, 1865) <sup>1</sup>.

Синон. Сурьмяно-мышьяковый никелевый блеск, мышьяково-сурьмяный никелевый блеск, мышьяково-сурьмяно-никелевый колчедан.

Характ. выдел. Зернистые агрегаты, <sup>3</sup> почковидные выделения, кристаллы.

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $a_0 = 5,695 \text{ \AA}$  (Михеев). Структура как у кобальтина.

Кристаллы искаженные, с выпуклыми гранями; развита форма (111).

Физ. Сп. по (100) несовершенная. Изл. неровный. Слегка хрупок. Тв. 4—5. Уд. в. 5,99—6,1. Цв. серебрино-белый до стально-серого, наблюдается серая, желтая и синяя побежалость. Черта черная. Бл. металлический.

Хороший проводник электричества <sup>2</sup>.

Хим. Частично Ni замещен Fe и Co; содержание As и Sb колеблется.

## Анализы:

	Ni	Co	Fe	Bi	As	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	28,86	Сл.	1,98	—	37,83	13,45	17,19	99,31	5,994
2.	31,00	2,06	1,68	—	35,00	12,26	18,00	100,00	6,13
3.	31,6	0,7	3,9	0,4	34,9	9,1	17,1	97,7	—

1 и 2 — Ольза<sup>3</sup>; 3 — Четэм<sup>4</sup>.

Диагн. исп. Растворяется в теплой  $\text{HNO}_3$  с выделением S и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

П. п. тр. на угле легко сплавляется, дымит, дает налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  и выделяет  $\text{SO}_2$ ; в восст. пл. — блестящий королек, снаружи черный, внутри белый, хрупкий, немагнитный. В откр. тр. выделяет  $\text{SO}_2$  и белый кристаллический налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; в закр. тр. — сначала налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ , при дальнейшем нагревании — зеркало As.

Наход. Редкий, гидротермальный. Найден в месторождениях Четэм (шт. Коннектикут, США) и Ольза близ Фризаха в Каринтии (Австрия) в виде полусферических скоплений с волокнистым строением в изломе; заключен в зернистом сидерите и в кальците.

Отл. Трудно отличим от герсдорфита и ульманнита, отличается от них по содержанию Sb (в герсдорфите до 3% Sb, в ульманните Sb преобладает над As).

## Межплоскостные расстояния коринта из м-ния Ольза (по Харкорту)

Cu-антикатод, без фильтра

№	<i>hkl</i> *	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	100	9	4,0	2,85	14	510; 431	2	0,3	1,11
2	110	10	6,0	2,55	15	333; 511	7	2,0	1,09
3	111	9	4,0	2,33	16	432; 520	5	1,0	1,06
4	210	3	0,5	2,02	17	521	3	0,5	1,035
5	300	1	0,2	1,91	18	440	7	2,0	1,002
6	311	9	5,0	1,71	19	611; 532	5	1,0	0,924
7	222	3	0,5	1,65	20	533	3	0,5	0,868
8	320	7	2,0	1,57	21	622	2	0,3	0,858
9	31	8	3,0	1,51	22	630; 542	3	0,5	0,848
10	410; 322 (?) 400?	3	0,5	1,40	23	631	3	0,5	0,839
11	41	5	1,0	1,24	24	444	2	0,3	0,820
12	532	3	0,5	1,21	25	640	2	0,3	0,790
13	11	2	0,3	1,16	26	720; 641	2	0,3	0,782

\* Индексировано Михеевым

## Л и т е р а т у р а

1. Zepharovich V. Sitzungsber. Akad. Wiss., Wien, 1865, 51, 117; N. Jb. Min., 1865. 50.
2. Beijerinck F. N. Jb. Min., 1897, В.-В. 11, 436.
3. Meixner H. Carinthia II, 1957, Nr 36, 242.
4. Short M. N. U. S. Geol. Surv. Bull., 1931, No 825, 101.

Виллиамит *Willyamite*  
(Co,Ni)SbS

Назван по местному названию Брокен-Хилла — «Виллиама» (Питман, 1893) <sup>1</sup>. Синон. Сурьянно-никелево-кобальтовый блеск.

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $a_0 = 5,878 \text{ \AA}$  (на основе порошкограммы Харкорта).

Физ. Сп. по кубу совершенная. Изл. неровный. Хрупок. Тв. 5—6. Уд. в. 6,87. Цв. от оловянно-белого до стально-серого. Черта серовато-черная. Бл. металлический.

Хим. Может рассматриваться как ульманнит, в котором Ni в значительной части замещен Co. Содержание Co и Ni колеблется. Теор. состав

## Межплоскостные расстояния виллиамита из Брокен-Хилла (по Харкорту)

Cu-антикатод, без фильтра

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	110	5	1,0	4,15	15	410	1	0,2	1,420
2	111	3	0,5	3,38	16	411; 330	1	0,2	1,384
3	200	5	1,0	2,92	17	420	1	0,2	1,315
4	210	10	6,0	2,62	18	421	3	0,5	1,285
5	111	8	3,0	2,40	19	332	2	0,3	1,255
6	220	2	0,3	2,07	20	510	2	0,3	1,155
7	300; 221	2	0,3	1,97	21	511; 333	2	0,3	1,132
8	310	2	0,3	1,86	22	432; 520	3	0,5	1,095
9	311	7	2,0	1,770	23	521	2	0,3	1,072
10	222	2	0,3	1,700	24	440	1	0,2	1,040
11	320	5	1,0	1,630	25	610	1	0,2	0,968
12	321	5	1,0	1,570	26	533	1	0,2	0,896
13	?	4	0,2	1,530	27	630; 542	1	0,2	0,880
14	400	2	0,3	1,470					

(при Ni : Co = 1 : 1): Ni — 13,94; Co — 13,94; Sb — 56,90; S — 15,22. Состав виллиамита из Брокен-Хилла<sup>1</sup>. Co — 13,84; Ni — 13,44; Sb — 56,71; S — 15,92; сумма — 99,91.

Диагн. исп. П. п. тр. на угле легко плавится. В закр. тр. дает красный налет, в откр. тр. растрескивается.

Нахожд. Найден в м-нии Брокен-Хилл (Новый Южный Уэльс, Австралия) в кальцитовых и сидеритовых жилах с дискразитом.

#### Л и т е р а т у р а

1. Pittman E. S. J. Soc. N. S. Wales, 1893, 27, 366; Zs. prakt. Geol., 1894, 402.

### Ульманнит Ullmannite



Назван по имени И. Ульмана, впервые нашедшего минерал (Фробель, 1843).

Синон. Никелевая сурьмяная руда (Хаусман, 1813), никелевый бурнонит (автор ?, 1863 по Хюю), никелево-сурьмяный блеск, сурьмяно-никелевый блск, сурьмяно-никелевый колчедан, никелево-сурьмяный колчедан.

Характ. выдел. Кристаллы и сплошные массы.

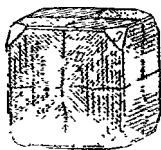
Структ. и морф. крист. Куб. с.  $T^4 - P2_13$ ;  $a_0 = 5,92 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Рамсдел)<sup>1</sup>.

Структура типа пирита и кобальтина; расстояния Sb — S = 2,54  $\text{\AA}^2$ . Тритетраэдр. кл.<sup>3</sup>

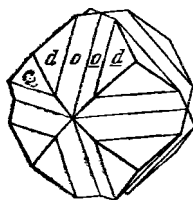
Наиболее развитые формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $e(210)$ ,  $n(211)$ .

Редкие формы: (750), (310), (322), (881), (334), (324); недостоверные —  $p(221)$ , (27.27.1).

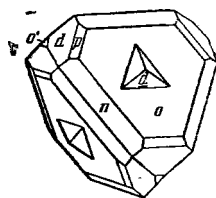
Кристаллы обычно кубические, реже — октаэдрические, додекаэдрические, еще реже — тетраэдрические (фиг. 219—221). Грани куба иштрихованы  $\parallel [110]$ , что выявляет звантиноморфизм кристаллов. Дв. по  $[110]$  спл. срастания (100), изредка дв. по (111) — двойники прорастания, как у флюорита.



Фиг. 219. Двойник ульманнита (Монте-Нарба)  
По Майерсу



Фиг. 220. Двойник ульманнита (Лёллинг)  
По Цефаровичу



Фиг. 221. Двойник ульманнита (Лёллинг)  
По Цефаровичу

Физ. Сп. совершенная по (100). Изл. неровный. Хрупок. Тв. 5—5½. Уд. в. 6,65—6,73 (вычисл. 6,793), колеблется в зависимости от примесей. Цв. стально-серый до серовато-белого. Черта серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества<sup>4</sup>.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 49, для оранжевых — 42, для красных — 42. Данные измерений с фотоэлементом (по Орселю), по-видимому, более правильны: для 460  $\text{m}\mu$  — 54,6, для 580  $\text{m}\mu$  — 55,8, для 660  $\text{m}\mu$  — 57,0. Изотропен, иногда в отдельных образцах анизотропен. Часто наблюдаются зональность и спайность по (100), а также не очень ясная сп. по (110), изредка — треугольники выкраивания, как у герсдорфита.



**Хим. Теор. состав:** Ni — 27,62; Sb — 57,30; S — 15,08. Ni частично замещается Co и Fe (см. виллиамит), Sb замещается As (см. коринит) или Bi (см. каллилит).

**Анализы:**

	1	2	3	4
Cu	0,08	—	—	—
Fe	0,69	0,03	0,17	3,2
Co	—	0,65	Сл.	—
Ni	26,65	27,82	28,17	25,8
As	Сл.	—	0,75	1,0
Sb	55,97	57,43	55,73	54,7
S	15,72	14,02	14,64	15,3
Н. о.	—	—	0,11	—
Сумма	99,11	99,95	99,57	100,00
Уд. в.	—	—	6,73	6,73

1 — Чимташ; анал. Стукалова<sup>5</sup>; 2, 3 — Монте-Нарба; анал. Янаш<sup>6</sup>; 4 — Нью-Брансепет; анал. Смайт<sup>7</sup>; пересчет анализа за вычетом примесей.

**Диагн. исп.** Разлагается теплой  $\text{HNO}_3$  с выделением S и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . В царской водке растворяется с выделением S.

В полир. шл. от  $\text{HNO}_3$  образуется бурый налет. От царской водки чернеет с выделением газа. KCN, HCl,  $\text{FeCl}_3$ , KOH и  $\text{NH}_4\text{OH}$  не действуют.

П. п. тр. на угле дает вскипающий расплав, белый налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . В откр. тр. дает возгон  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  и выделяет  $\text{SO}_2$ , в закр. тр. — слабый белый налет.

**Находж.** Редкий гидротермальный минерал. Встречается в парагенезисе с никелевыми минералами (никелином, герсдорфитом), халькопиритом, сфалеритом, галенитом и другими сульфидами; жильными минералами являются кальцит, сидерит, барит.

В СССР ульманнит установлен в незначительных количествах в медно-никелевом месторождении Чимташ (Киргизская ССР), в Лабинском месторождении (Краснодарский край), в микроскопических выделениях в Хибинских горах (Мурманская обл.)<sup>3</sup>.

В Финляндии наблюдается в парагенезисе с пиритом, сфалеритом, халькопиритом, арсенопиритом, гудмундитом, золотом, теллуридами золота, теллуробисмутитом, буланжеритом, бурнонитом и тетраэдритом<sup>8</sup>. Красивые кристаллы в кальците известны из Монте Нарба (Сардиния). Встречен также в месторождениях: Гзсенбах и Ландескрене (Вестфалия, ФРГ), Гарцгероде на Гарце и Лобенштейн в Тюрингии (ГДР), Вальденштейн и Лёллинг в Каринтии (Австрия), Корбьер (Франция), Нью-Брансепет (Англия)<sup>7</sup> и в ряде других месторождений.

**Изм.** В Вальденштейне наблюдались псевдоморфозы по ульманниту порошкватого, белого или зеленого вещества состава: Sb — 52,44; O — 16,15; CaO — 13,52; NiO — 3,27; FeO — 3,13; MgO — 0,24;  $\text{H}_2\text{O}$  — 11,26; сумма — 99,98.

**Отл.** Похож на герсдорфит, под микр. чуть тверже и светлее; отличается химически (содержанием Sb вместо As) и по порошковой диаграмме. Для отличия от сходных в полир. шл. арсенидов Co и Ni служит реакция на S; кроме того, ульманнит немного желтее и светлее. Минералы гр. линнеита имеют меньшую твердость и отличаются розовым оттенком.

Межплоскостные расстояния ульманнита (по Харкорту)  
Cu-антикатоде, без фильтра

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	110	5	1,0	4,15	17	421	3	0,5	1,290
2	111	1	0,2	3,40	18	332	2	0,3	1,260
3	200	5	1,0	2,94	19	500; 430	2	0,3	1,159
4	210	10	8,0	2,64	20	333; 511	2	0,3	1,135
5	211	8	3,0	2,41	21	?	1	0,2	1,120
6	220	3	0,5	2,08	22	432; 520	3	0,5	1,098
7	300; 221	3	0,5	1,98	23	521	2	0,3	1,080
8	310	3	0,5	1,87	24	440	3	0,5	1,045
9	311	8	3,0	1,78	25	433; 530	1	0,2	1,015
10	222	1	0,2	1,701	26	600; 422	1	0,2	0,988
11	320	5	1,0	1,640	27	610	1	0,2	0,971
12	321	3	0,5	1,580	28	532; 661	2	0,3	0,958
13	400	1	0,2	1,475	29	533	1	0,2	0,898
14	410; 322	2	0,3	1,430	30	622	1	0,2	0,888
15	411; 330	2	0,3	1,390	31	630; 642	2	0,3	0,880
16	420	1	0,2	1,315	32	720; 641	2	0,3	0,811

## Л и т е р а т у р а

1. Ramsdell L. S. Am. Min., 1925, 10, No 9, 281; сходные данные у Пижока и Хенри: Peacock M. A., Henry W. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., No 44, 47 и там же, 1947, No 52, 71. См. также Takéuchi Y. Mineral. J., Japan, 1957, 2, No 2, 90.
2. Боккий Г. В., Циннобер Л. П. Тр. Ин-та крист. АН СССР, 1954, 9, 239.
3. Miers H. A. Min. Mag., 1891, 9, 211.
4. Beijerinck F. N. Jb. Min., 1897, В.-В. 11, 436.
5. Дуброва П. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 694.
6. Jannasch P. N. Jb. Min., 1887, 2, 169.
7. Smythe J. A. Min. Mag., 1947, 28, No 198, 173.
8. Saksela M. Bull. Comm. Géol. Finl., 1947, No 140, 199.
9. Uhlik F. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 1871, 61, 7.

## Вольфахит Wolfachite



Назван по местности (Зандбергер, 1869)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Лучистые агрегаты, мелкие кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Синг.<sup>2</sup> Наблюдались формы: *b*(010), *m*(110) и (*0kl*).

**Физ. Сп.** не отмечалась. Изл. неровный. Очень хрупок. Тв. 4—5. Уд. в. 6,372. Цв. серебряно-белый до оловянно-белого. Черта черная. Бл. металлический. Не прозрачен.

Хороший проводник электричества.

**Хим.** По составу близок к указанной формуле; содержит Fe, роль которого неясна. Имеется единственный анализ<sup>2</sup> вольфахита из Вольфаха с примесью галенита и дискразита:

Ag	Pb	Fe	Co	Ni	As	Sb	S	Сумма
0,12	1,32	3,71	Следы	29,53	38,46	13,17	14,43	100,74

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub> с выделением S и белого осадка окислов As и Sb. Легко сплавляется в хрупкий магнитный шарик, выделяя окислы As и Sb.

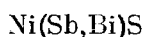
**Наход.** Наблюдался в виде кристаллических корочек и прожилков вместе с никелином, дискразитом и галенитом в кальцитово-железной жиле около Вольфаха (Баден, ФРГ).

Современными методами не проверен, соотношение с минералами группы кобальтина не вполне ясно.

## Л и т е р а т у р а

1. Sandberger F. N. Jb. Min., 1869, 313.
2. Petersen T. Ann. Phys., 1869, 137, 397.

## Каллилит Kallilite



Назван от греч. *καλλι* (калли) — хороший (*schön*) и *λίθος* (литос) — камень (Stein) по названию местности Шёнштейн (Ласпейрес, 1891) <sup>1</sup>.

Синон. Висмута-сурьмяно-никелевый блеск.

Характ. выдел. Зернистые выделения.

Структ. и морф. крист. Куб. с. Тритетраэдр. кл.? Кристаллы кубического облика.

Физ. Сп. по (100) довольно отчетливая. Уд. в. 7,011. Цв. синевато-серый. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хим. Может рассматриваться как ульманнит, в котором значительная часть Sb замещена Bi. Состав каллилита из Шёнштейна (среднее из трех анализов Ласпейреса): Ni — 26,94; Co — 0,89; Fe — 0,28; Bi — 11,76; As — 2,02; Sb — 44,94; S — 14,39; сумма — 101,22.

Диагн. исп. Легко растворим в царской водке; медленно растворяется в горячей HCl (отличие от ульманнита) с образованием H<sub>2</sub>S и выпадением небольшого количества S.

Нахожд. Редкий минерал. Отмечался в кварцсодержащих сидеритовых жилах Вестфалии (ФРГ) в нескольких месторождениях: Фридрих около Шёнштейна (с миллеритом), Баутенберг в Бурбахе (с халькопиритом, галенитом и блеклой рудой), Айнзидель около Зигена (с пиритом).

## Л и т е р а т у р а

1. Laspeyres H. Zs. Krist., 1891, 19, 12.

## СТРУКТУРА ТИПА АРСЕНОПИРИТА

## ГРУППА АРСЕНОПИРИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в
Арсенопирит	FeAsS	Монокл.?	9,53	5,66	6,43	90°	6,23
Глаукодит	(Co,Fe)AsS	Ромб.	9,64	5,74	6,68	90	6,43
Гудмундит	FeSbS	Монокл.	10,06	5,94	6,69	90	6,93

## Арсенопирит Arsenopyrite



Назван по составу: «мышьяковый пирит» (Глокер, 1847).

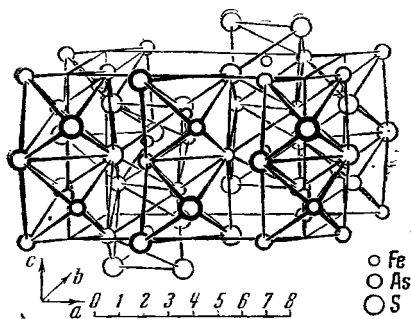
Синон. Миспикель (Агрикола, 1546), мышьяковый камень (Валернус, 1750), мышьяковый колчедан (Вернер, 1789), даларнит (Брайтхаупт, 1835), плиннан (Брайтхаупт, 1846), арсеномарказит (Шэлер, 1930), тальгеймит (Брайтхаупт, 1866).

Разнов. Данаит.

Характ. выдел. Кристаллы, звездчатые сростки, шестоватые и зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.?  $C_{2h}^5$  —  $P2_1/c$ . Ранее считался ромбическим. Бёргер установил, что структура арсенопирита моноклидная, отнесение к ромбической сингонии объясняется двойниковой природой кристаллов.  $a_0 = 9,53$ ;  $b_0 = 5,66$ ;  $c_0 = 6,43$  Å;  $\beta = 90^\circ$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,684 : 1 : 1,136$ ;  $Z = 8$  (Бёргер)<sup>1</sup>.

По последним данным Моримото<sup>1a</sup> — трикл. с.  $C_1$  —  $P1$ .



Фиг. 222. Структура арсенопирита

Каждый атом Fe окружен тремя атомами S и тремя атомами As, расположенными по вершинам искаженного октаэдра. Атомы As окружены по вершинам искаженных тетраэдров тремя Fe и одним S, атомы S — по вершинам искаженных тетраэдров тремя Fe и одним As (фиг. 222). S и As связаны в радикалы S — As с весьма укороченным расстоянием S — As, что свидетельствует о ковалентной связи между ними, аналогично связи S — S в марказите<sup>1</sup>.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 1,6833 : 1 : 1,1400$ ;  $\beta = 90^\circ$  (на основе измерений Ардруни<sup>2</sup> в установке Бёргера).

Распространенные формы:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_2$	$\rho_2$
c 001	—	0°00'	0°00'	90°00'
b 010	0°00'	90 00	—	0 00
a 100	90 00	90 00	90 00	90 00
r 140	8 26	90 00	90 00	8 26
$\beta$ 130	11 12	90 00	90 00	11 12
u 120	16 32	90 00	90 00	16 32
m 110	30 43	90 00	90 00	30 43
q 210	49 55	90 00	90 00	49 55
e 012	0 00	29 41	0 00	60 19
n 101	90 00	34 07	34 07	90 00
o 111	30 43	52 59	34 07	46 39
g 212	49 55	41 31	34 07	64 44

$$\begin{array}{lll}
 mm(110) : (\bar{1}10) = 61^\circ 26' & mn(101) : (\bar{1}01) = 68^\circ 13' & oo(111) : (\bar{1}\bar{1}1) = 48^\circ 08' \\
 uu(120) : (\bar{1}20) = 33 05 & ee(012) : (0\bar{1}2) = 59 22 & oo(111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 86 42
 \end{array}$$

Менее обычные формы:

$\zeta$ 180	$\varphi$ 430	$\tau$ 610	$x$ 113	$w$ 362	$A$ 315	$Z$ 414
$\rho$ 250	$\iota$ 320	$\mu$ 403	$v$ 112	$d$ 527	$f$ 311	$h$ 616
$t$ 230	$k$ 410	$\nu$ 703	$B$ 125	$p$ 832	$i$ 416	

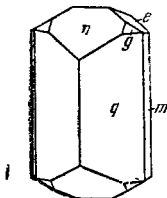
Формула перехода от ромбической установки Ардруни ( $a : b : c = 0,6773 : 1 : 1,1882$ ) к моноклидной Бёргера  $010/00^{1/2}/100$ . Сопоставление символов главных форм:

Бёргер	c 001	a 100	b 010	n 101	m 110	e 012	u 120	o 111
Ардруни	a 100	b 010	c 001	m 110	n 012	e 101	u 014	o 112

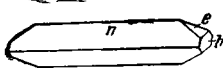
Кристаллы призматические, вытянутые по оси  $c$  (фиг. 223, 224), реже по оси  $b$  (фиг. 225), иногда короткопризматические (фиг. 226). Часто гра-



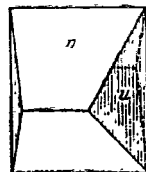
Фиг. 223. Кристалл арсенопирита (Франция)  
По Лакруа]



Фиг. 224. Кристалл арсенопирита (Франкония, США)  
По Дана, 1944



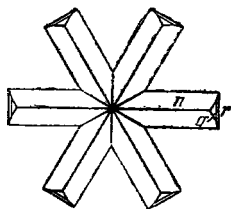
Фиг. 225. Кристалл арсенопирита (Корнуэлл, Англия)  
По Шереру



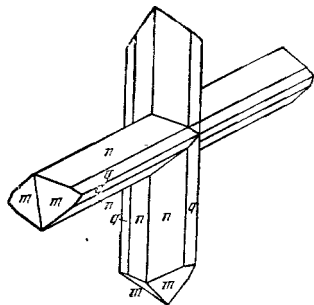
Фиг. 226. Кристалл арсенопирита (Франкония, США)  
По Дана, 1944

ни исптрихованы: призматические — вдоль оси  $c$ , грани  $(101) \parallel$  ребрам  $(101) : (012)$  и  $(101) : (110)$ .

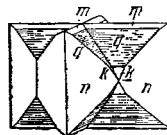
Дв. по  $(100)$  и по  $(001)$  обуславливают псевдоромбический вид кристаллов; дв. ерастания и прорастания — по  $(101)$ , крестообразные двойники и звездчатые тройники — по  $(012)$  (фиг. 227—229).



Фиг. 227. Тройник арсенопирита по  $(012)$  (Эльзас, Франция)  
По Бюкингу



Фиг. 228. Двойник арсенопирита по  $(101)$  (Тургмантал, Швейцария)  
По Шереру



Фиг. 229. Двойник арсенопирита по  $(101)$  (Бинненталь, Швейцария)  
По Арипуни

Физ. Сп. по  $(101)$  отчетливая, по  $(010)$  несовершенная. Излом неровный. Хрупок. Тв.  $5\frac{1}{2}$ —6. Уд. в. 5,9—6,29 (вычисл. 6,23). Цв. серебристо-оловянно-белый до стально-серого в изломе. Часто желтая побежалость. Черта серовато-черная, иногда с очень слабым фиолетовым или бурым оттенком. Бл. металлический. Непрозрачен.

Проводник электричества. Обнаруживает пирозлектрические свойства<sup>3</sup>.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос.<sup>4</sup> (в %): для зеленых лучей  $R_g$  51,0,  $R_m$  47,94,  $R_p$  47,02, для оранжевых соответственно — 51,55, 51,55 и 50,47, для красных — 50,74, 50,04 и 49,88. Двуотражение

в воздухе практически не заметно, с иммерсией — слабое. Отчетливо анизотропен с цветным эффектом в розоватых и зеленоватых тонах.

В полир. пл. часто наблюдаются миметические двойники, лучше всего заметные в разрезах  $\parallel (010)$ ; такие двойники похожи на зональные кристаллы, но зональность обнаруживается лишь травлением. Иногда встречаются псевдогексагональные тройники по (012). Известны сростания с лёллингитом и сафлоритом, а также с блеклыми рудами.

Хим. Теор. состав: Fe — 34,30; As — 46,01; S — 19,69. Нередко содержит в виде изоморфной примеси Co. Существует ряд: арсенопирит (до 3% Co) — данаит (до 12% Co) — глаукоdot (больше 12% Co). As, устанавливаемый иногда в небольшом избытке, может быть, частью замещает S и Fe (возможность такого замещения доказана Бёргером<sup>1</sup>, который установил трехвалентность Fe в арсенопирите). Ni, как и Co, замещает Fe. Ag, Au, Cu, Pb, Bi и Sb содержатся в виде механических примесей. Практическое значение может иметь примесь Au.

Анализы (см. также ниже анализы данаита):

	1	2	3	4	5	6	7	8
Fe	33,81	34,25	34,74	34,95	36,51	32,48	34,04	31,42
Co	—	не обн.	сл.	—	0,03	1,16	—	3,07
Ni	—	не обн.	0,11	—	0,01	—	—	—
As	44,90	44,98	39,44	42,97	45,54	48,72	43,82	45,77
Sb	—	—	1,43	—	—	—	—	—
Bi	—	1,43*	—	—	0,01	—	—	—
S	20,50	18,72	22,30	20,64	18,45	18,80	20,95	19,74
SiO <sub>2</sub>	0,80	—	2,02	—	—	—	0,87	—
H. о.	—	0,47	—	0,28	—	—	—	—
Сумма	100,01	99,85	100,28**	99,45***	100,55****	101,16	99,68*****	100,00
Уд. в.	—	—	—	—	6,1	6,223	6,088	—

\* Механическая примесь самородного висмута.

\*\* В том числе 0,24 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

\*\*\* В том числе 0,61 CaO.

\*\*\*\* Au 0,0003.

\*\*\*\*\* В том числе 0,004 MnO.

1 — Садон (Северо-Осетинская АССР)<sup>5</sup>; 2 — Сохондинское м-ние (Читинская обл.)<sup>6</sup>; 3 — м-ние Ближняя Журавка (Нагольный хряк, УССР)<sup>7</sup>; 4 — Запорожское м-ние (Читинская обл.) ( $a_0=6,44$ ;  $b_0=9,52$ ;  $c_0=5,63\text{Å}$ ); анал. Хитаров<sup>8</sup>; 5 — СССР, оригинал порошковой пробы; анал. Книпович; 6 — Франклин (шт. Нью-Джерси, США); оригинал исследований Бёргера; анал. Саливан<sup>1</sup>; 7 — Нода-Тамагава (преф. Ивате, Япония)<sup>9</sup>; 8 — Нордмаркен (Швеция); анал. Пуханссон<sup>10</sup>.

Диагн. исп. Разлагается HNO<sub>3</sub> с выделением S.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> и царской водки выявляется структура. Такое же действие оказывают щелочной раствор H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2—3 части KOH и 1 часть 30%-ной H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) и щелочной спиртовой раствор перманганата. HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub>, KOH, HgCl<sub>2</sub> не действуют. П. п. тр. на угле плавится, образуется белый налет As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в восст. пл. дает магнитный корольек томпаково-бурого цвета. В откр. тр. выделяется SO<sub>2</sub> и образуется белый возгон As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в закр. тр. — красный налет As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> и блестящее кольцо As.

Повед. при нагр. В отсутствие воздуха при  $t > 650^\circ$  арсенопирит распадается на пирротин и As или на пирит и лёллингит — продукты, точно установленные рентгенометрически Лакешом<sup>11</sup>. Уд. теплоемкость при 55° 0,43 дж·г<sup>-1</sup>·град.<sup>-1</sup> (Берч и др.).

Наход. Арсенопирит является одним из наиболее распространенных первичных минералов мышьяка в рудных месторождениях. Образуется в широком интервале температур, встречается в пегматитах и в гидротермальных месторождениях — от высокотемпературных до низкотемпературных.

Подавляющее количество арсенопирита содержится в рудах месторождений, образовавшихся при высоких и средних температурах, более редок он в низкотемпературных месторождениях.

Арсенопирит, образовавшийся при высоких температурах, наиболее обычен в арсенопирито-кварцевых жилах. Кроме того, входит в состав руд месторождений Sn, W, Bi, Cu и др., ассоциируясь с кварцем, пиритом, полевыми шпатами, слюдами, карбонатами, турмалином и иногда с бериллом, топазом, вольфрамитом и др. Для среднетемпературных месторождений характерно нахождение вместе с арсенопиритом сернистомышьяковых минералов (теннантит, энаргит и др.).

Примерами высокотемпературных и среднетемпературных гидротермальных жильных месторождений арсенопирита в СССР<sup>8</sup> являются: золоторудные месторождения Урала — Кочкарское и Джетыгаринское (Челябинская обл.); в Забайкалье — Дарасунское (Читинская обл.), где арсенопирит содержит Au и встречается в хорошо образованных кристаллах и гребенчатых агрегатах с пиритом, сфалеритом, халькопиритом, буланжеритом и другими сложными сульфидами; на Кавказе — Ценское месторождение (Груз. ССР) с последовательно проявившимися фазами оруденения — молибдено-вольфрамовой, турмалино-арсенопиритовой, арсенопиритовой, медно-пирротиновой, свинцово-цинковой, сурьмяной; в Средн. Азии — месторождение Такели (Тадж. ССР) с двумя фазами минерализации — кварцевой с арсенопиритом, пирротином, сфалеритом, блеклой рудой и карбонатной или более низкотемпературной кварцевой с галенитом, буланжеритом, бурнонитом.

К контактовым месторождениям, в рудах которых ту или иную роль играет арсенопирит, относятся: Дашкесан (Азерб. ССР)<sup>11а</sup>, ряд месторождений Зеравшанского хребта (Тадж. ССР) — Мосриф, Маргузор и др., месторождения Ольховско-Чибжижекской интрузии (Красноярский край) и др.

Примером метасоматических месторождений в известняках может служить Брпчмулла (Чаткальский хребет, Каз. ССР), где арсенопирит ассоциируется с кварцем, пирротином, пиритом, висмутином, и месторождение Учмчак (Таласский Алатау, Киргизская ССР), в котором совместно с арсенопиритом наблюдаются пирит, пирротин, халькопирит.

Из зарубежных месторождений наиболее известным и крупным является колчеданное месторождение Болиден (Швеция), арсенопирит которого богат Au.

К редко встречающимся низкотемпературным месторождениям, в которых отмечается арсенопирит, относится Никитовское (УССР), где арсенопирит находится в ассоциации с киноварью и антимонитом.

Изм. Известны псевдоморфозы по арсенопириту галенита, халькопирита, пирита, а также гематита (крушит или крушилит по Томсону, 1836). Кутина<sup>12</sup> описал интересный случай замещения внутренних частей кристаллов арсенопирита сфалеритом, халькопиритом, пирротином и кварцем. В зоне окисления арсенопирит обычно дает скородит, реже птитцит, фармакоспидерит и другие минералы.

**Искусств.** Получен: при взаимодействии сульфата Fe, сульфоарсенита Na и избытка бикарбоната Na при t-ре 400°<sup>13</sup>; путем перекристаллизации арсенопиритового порошка в растворе Na<sub>2</sub>S при t-ре ~80°<sup>14</sup>; при продолжительном воздействии H на арсенат Fe при высоких температуре и давлении<sup>15</sup>.

**Практ. знач.** Арсенопиритовые руды являются основным сырьем для получения многочисленных соединений мышьяка, используемых в сельском хозяйстве, медицине, кожевенном и красочном производствах и т. д. Арсенопирит, содержащий повышенное количество Co или Au, используется для добычи этих металлов

**Отл.** Характерными диагностическими признаками арсенопирита являются форма кристаллов, высокая твердость, чесночный запах при ударе молотком или истирании.

Под микр. в полир. пл. от сходного лёллингита отличается несколько большей твердостью; лёллингит более легко травится  $\text{HNO}_3$ . Минералы группы саффорита, раммельсбергита мягче, белее и отличаются при помощи качественных химических испытаний на Ni и Co. От гудмундита арсенопирит отличается большей твердостью и менее сильным двуотражением.

**Разнов.** Данаит — *danaite* (Хэйес, 1833) — Co-содержащий арсенопирит (от 3 до 12% Co) (вермонтит Брайтхаупта, 1866).

Анализы:

	Fe	Co	Ni	As	S	Сумма
1.	27,05	7,02	Не обн.	45,56	19,25	98,88
2.	33,93	6,81	—	38,40	20,75	99,89
3.	27,26	8,71	—	46,93	17,10	100,00
4.	33,54	5,36	0,40	40,66	19,93	99,89
5.	33,82	4,94	—	42,61	18,63	100,00

1 — Дашкесанское м-ние (Азерб. ССР)<sup>11а</sup>; 2 — Сулительма (Норвегия)<sup>1</sup>; 3 — р-к Хэйнес - Стелайт (шт. Айдахо, США)<sup>16</sup>; 4 — р-к Феникс-Принс (Южн. Родезия)<sup>17</sup>; 5 — Карагемское м-ние (Алтайский край)<sup>18</sup>.

#### Межплоскостные расстояния арсенопирита (по [Михееву])

Fe-антикатод, без фильтра,  $D = 46,00 \text{ мм}^*$

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	210	3	3,669	(3,325)	19	323	2	1,508	(1,367)
2	202 $\beta$	3	(2,933)	2,659	20	214	4	1,477	1,339
3	020	3	2,843	(2,577)	21		2	1,429	(1,295)
4	310; 012	1	2,783	(2,522)	22		4	1,391	(1,261)
5	202	10	2,662	(2,413)	23		8	1,338	1,213
6	311	2	2,559	(2,320)	24		4	1,300	(1,178)
7	220	9	2,443	(2,217)	25		4	1,276	(1,156)
8	212	9	2,412	(2,186)	26		7	1,224	(1,109)
9	410	5	2,206	(1,999)	27		3	1,184	(1,074)
10	122	4	2,078	(1,884)	28		3	1,155	1,049
11	013; 321	5	2,001	(1,814)	29		3	1,135	1,026
12	222	6	1,943	(1,761)	30		5	1,113	1,008
13	510; 412	10	1,817	(1,647)	31		6	1,107	1,004
14	230; 421	7	1,758	(1,593)	32		1	1,088	1,987
15	313	5	1,698	(1,539)	33		6	1,073	0,972
16	032	8	1,629	(1,477)	34		8	1,049	0,951
17	422	7	1,594	(1,445)	35		8	1,046	0,949
18	014; $\bar{6}10$	7	1,541	(1,396)	36		6	1,027	0,931

\* Оригинал хим. анализа 5 (стр. 312).

#### Л и т е р а т у р а

1. B u e r g e r M. J. Zs. Krist., 1936, 94, 425; 1936, 95, 83; 1937, 97, 504.
- 1a. M o r i m o t o N. Carnegie Inst. Washington, 1958, Year Book 57, 246.
2. A r z r u n i A. Zs. Krist., 1878, 2, 430.
3. B ä c k s t r ö m H. Zs. Krist., 1888, 17, 425.
4. M a l m q u i s t D. Bull. Geol. Inst. Upsala, 1935, 26, 1.



5. Захаров Е. Е. Тр. Ин-та прикл. мин., 1930, 58, вып. 46, 118.
6. Чупилин И. И. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 670 (подробное описание месторождений арсенопирита в СССР).
7. Юшко С. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1948, 23, 211, 222.
8. Ковалев Г. А. Мат. Центр. н.-и. геол.-разв. ин-та. Геохимия, 1937, сб. № 2, 59.
9. Kitahara J. J. Geol. Soc. Japan, 1952, 58, 545.
10. Johansson K. Zs. Krist., 1928, 68, 87.
11. Lukesh J. S. Am. Min., 1940, 25, No 8, 539.
- 11а. Эфендиев Г. Х. Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. Азерб. АН, 1957, 205 (детальная характеристика арсенопирита из Дашкесана, хим. анализы).
12. Kutina J. N. Jb. Min., Abhandl., 1953, 86, H. 1, 86.
13. Sénarmont H. Ann. Phys., 1851, 32, 170.
14. Doelter C. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1890, 11, 319.
15. Ипатьев В. Н. Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, 1926, 58, 664.
16. Shannon E. U. S. Nat. Mus. Bull., 1926, No 131, 144.
17. Barlow N. E. Occas. Papers Nat. Mus. S. Rhodesia, 1941, No 10, 1.
18. Баженов А. И. Научн. докл. высш. школы, сер. геол.-геогр. наук, 1958, № 4, 169 (детальная характеристика данаита из Карагемского м-ния).

### Глаукодот Glaucodote (Co,Fe)AsS

Назван от греч. γλαυκός (глаукос) — синий, так как употреблялся при изготовлении синего кобальтового стекла—смальты (Брайтхаупт и Платнер, 1849).

Синон. Кобальто-мышьяковый колчедан (Велер, 1838) и частично кобальтосодержащий колчедан (Шерер, 1837), аконтит (Брайтхаупт, 1835). Аллоклаз, или аллоклазит; из Оравицы (Чермак, 1866; Дана, 1868) был описан как висмутистый глаукодот, но оказался высококобальтистым глаукодотом без висмута; первоначально изучался загрязненный материал.

**Характ. выдел.** Кристаллы или зернистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $a_0 = 6,68$ ;  $b_0 = 4,82$ ;  $c_0 = 5,74$  Å;  $Z = 8$  (де Йонг)<sup>1</sup>. Решетка близка к решетке арсенопирита, соответственно, при перестановке осей и удвоении значения  $b_0 : a_0 = 9,64$ ,  $b_0 = 5,74$ ,  $c_0 = 6,68$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,679 : 1 : 1,164$ . В отличие от арсенопирита глаукодот, по рентгеновским данным Фергусона<sup>2</sup>, является ромбическим; некоторые особенности рентгенограмм заставляют думать, что истинная ячейка имеет вдоль оси  $b$  (установки де Йонга) в 6 раз больший размер (Михеев).

$a : b : c = 1,6795 : 1 : 1,1531$  (Дана, 1944).

Наиболее обычные формы<sup>3</sup>:

	Ф	Р	Ф <sub>2</sub>	Р <sub>2</sub>
$c$ 001	—	0°00'	0°00'	90°00'
$q$ 230	21 39	90 00	90 00	21 39
$m$ 110	30 46	90 00	90 00	30 46
$l$ 210	49 58	90 00	90 00	49 58
$e$ 012	0 00	29 56	0 00	60 04
$J$ 101	90 00	34 26	34 26	90 00
$v$ 112	30 46	33 50	18 55	61 25
$g$ 212	49 58	41 51	34 26	64 36

$mm$  (110) :  $(\bar{1}10) = 61^\circ 32'$

$ll$  (210) :  $(\bar{2}10) = 99^\circ 56'$

$ee$  (012) :  $(0\bar{1}2) = 59^\circ 51'$

$JJ$  (101) :  $(\bar{1}01) = 68^\circ 52'$

$va$  (112) : (100) =  $73^\circ 27'$

$ga$  (212) : (100) =  $59^\circ 17'$

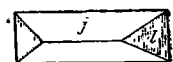
Менее обычные формы:

$b$ 010	$r$ 120	$t$ 610	$\alpha$ 111	$i$ 416
$a$ 100	$k$ 410	$p$ 106	$\beta$ 214	$h$ 616

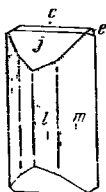
Установка Бёргера-Дана отличается от прежних установок Льюиса, Гольдшмидта и др. ( $a : b : c = 0,6855 : 1 : 1,1908$ ) перестановкой осей. Формула перехода от символов Гольдшмидта (Гл.) к символам Дана-Бёргера (Д.-Б.)  $010/001_2/100$ . Сопоставление символов главных форм:

Гл.	c 001	b 010	a 100	m 110	s 012	l 011	e 101	x 112	g 111
Д.-Б.	b 010	a 100	c 00	J 101	m 116	l 210	e 012	α 111	g 212

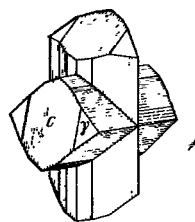
Кристаллы (до 2 см) призматического облика вытянуты по оси  $c$  или по оси  $b$  (фиг. 230, 231). Грани призм  $(h0l)$  исстрихованы  $\parallel$  оси  $c$ , призм



Фиг. 230. Кристаллы глаукодота (Хакансбё) По Флинку (в установке Дана-Бёргера)



Фиг. 231. Кристаллы глаукодота (Хакансбё) По Флинку (в установке Дана-Бёргера)



Фиг. 232. Двойник глаукодота по (012) (Хакансбё) По Флинку

$(h0l)$   $\parallel$  оси  $b$ . Дв. по (101) и крестообразные двойники или тройники по (012) (фиг. 232). Образует тесные прорастания с кобальтином и халькопиритом.

**Физ.** Сп. совершенная по (010), слабее по (101). Изл. неровный. Хрупок. Тв. 5. Уд. в. 6,06—6,17 (вычисл. 5,90— при Fe : Co = 2 : 1, по де Йонгу, и 6,15 — при Fe : Co = 1 : 1, по Фергусону). Цв. серовато-оловянно-белый до красновато-серебряно-белого. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый, отраж. спос. сравнительно высокая (несколько выше, чем у арсенопирита). Анизотропен.

**Хим.** Соотношение Co : Fe колеблется от 1 : 2 до 6 : 1. При Co : Fe = 1 : 2 теор. состав : Fe — 22,72; Co — 11,99; As — 45,72; S — 19,57; при отношении 2 : 1 теор. состав : Fe — 11,28; Co — 23,85; As — 45,47; S — 19,40; при 6 : 1 содержит : Fe — 4,82; Co — 30,53; As — 45,27; S — 19,38.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Fe	19,60	18,74	16,23	12,83	13,90	5,33	17,18
Co	16,68	16,06	19,26	21,21	27,08	31,64	20,42
Ni	—	—	0,02	Сл.	0,03	—	Сл.
As	44,01	45,29	44,93	45,88	39,65	42,97	44,29
S	20,18	18,74	18,89	19,38	19,25	20,59	17,90
Н. о.	0,20	0,93	1,01	0,83	0,29	0,09	—
Сумма	100,67	99,76	100,34	100,13	100,20	100,72*	99,97
Уд. в.	6,064	5,95	—	—	—	6,166	—
Co : Fe	0,806	0,812	1,12	1,57	1,84	5,62	1,13

\* В том числе 0.10% Bi.

1 — Хакансбё; анал. Грэхэм<sup>4</sup>; 2 — 5 — Дашкесанское м-ние<sup>5,6</sup>; анал. Якубович; 6 — Оравица; анал. Лочка; был описан под названием «аллоклаз»<sup>7</sup>; 7 — Карагемское м-ние<sup>8</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается  $\text{HNO}_3$  с выделением S, раствор имеет розовую окраску.

В полпр. пл. травится  $\text{HNO}_3$  и царской водкой (карагемский от конц.  $\text{HNO}_3$  лишь слегка бурет). При травлении  $\text{NH}_4\text{OH}$  с электрическим током обнаруживается зональное строение отдельных зерен.

**П. п. тр.** ведет себя аналогично арсенопириту.

**Нахожд.** Сравнительно редкий минерал. Встречается в гидротермальных месторождениях в ассоциации с кобальтином, арсенопиритом, пиритом, пирротинном, халькопиритом, хлоритами, кварцем, кальцитом, цеолитами и др.

В СССР найден в Дашкесанском месторождении (Азерб. ССР) в составе кобальтовых руд, в Покровском месторождении (Свердловская обл.), в Карагемском месторождении (Алтайский край) и др. Большие кристаллы (до 2 см), частью двойникованные, найдены в Хакансбё (Швеция) в ассоциации с кобальтином и в прорастании с халькопиритом. В Уаско (Чили) глаукоdot в трещинах хлоритовых сланцев ассоциируется с аксинитом, кобальтином и халькопиритом. В Оравице (Румыния) глаукоdot заключен в кальците, сопровождается золотом (в виде проволочек), арсенопиритом, висмутином и халькопиритом; лучистые агрегаты призматических (длиной 20—30 мм и шириной 2—3 мм), сильно исптрихованных кристаллов напоминают аналогичные агрегаты антимонита. Глаукоdot найден также в ряде месторождений США, Норвегии, Тасмании и других стран.

**Изм.** При выветривании образуются эритрин, скородит, питтицит.

**Практ. знач.** Может служить рудой на Co.

**Отл.** От арсенопирита отличается большим содержанием Co, дает при выветривании «кобальтовые цветы» (эритрин). В полпр. пл., в отличие от арсенопирита, слабее травится  $\text{HNO}_3$ , мягче, легче полируется, обладает более слабыми эффектами анизотропии; сходный по отраж. спос. и твердости кобальтин отличается розовым оттенком, не травится  $\text{HNO}_3$ .

Межплоскостные расстояния глаукодота из Хакансбё (по Харкорту)

Со-антикатод									
№	hkl	I	I'	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_x}{n}$
1	210	5	1,0	3,72	11	032	8	3,0	1,635
2	020	2	0,3	2,96	12		5	1,0	1,59
3	310; 012	5	1,0	2,84	13		3	0,5	1,555
4	202	9	5,0	2,72	14		3	0,5	1,53
5	220; 212	10	8,0	2,45	15		2	0,3	1,415
6	410	3	0,5	2,18	16		3	0,5	1,380
7	013; 321	2	0,3	2,02	17		6	1,0	1,345
8	222	3	0,5	1,94	18		3	0,3	1,270
9	510; 412	9	4,0	1,82	19		8	2,0	1,210
10		5	1,0	1,75					

#### Л и т е р а т у р а

1. de Jong W. Physica, 1926, 6, 325.
2. Ferguson R. B. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, № 51, 41; Am. Min., 1947, 32, No 3—4, 199.
3. Flink G. Ark. Kemi, Min., Geol., 1908—1910, 3, N:o 11, 78.
4. Thomson E. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1930, 29, 75 и 79.
5. Крутов Г. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1937, 10, 133.
6. Эфендиев Г. X. Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. Аз. АН, 1957, 203.
7. Krenner J. S. Cbl. Min., 1929, A, 39.
8. Баженов А. И. Научн. докл. высш. школы, сер. геол.-геогр. наук, 1958, № 4, 169.

## Гудмундит Gudmundite



Назван по местности Гудмундсторп в Швеции (Иоханссон, 1928) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** В отдельных кристаллах и агрегатах.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^5$  —  $P2_1b$ ;  $a_0 = 10,06$ ;  $b_0 = 5,94$ ;  $c_0 = 6,69$  Å;  $\beta = 90^\circ 00'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,6817 : 1 : 1,134$ ;  $Z = 8$  (Бёргер) <sup>2</sup>.

Изоструктурен с арсенопиритом. Каждый атом Fe окружен 3 Sb и 3 S по искаженному октаэдру; октаэдры имеют общие ребра Sb — Sb и S — S и образуют цепочки, параллельные оси  $c$ , с чем связано удлинение кристаллов по этой оси <sup>2</sup>.

**Призмат. кл.**;  $a : b : c = 1,6852 : 1 : 1,1340$ ;  $\beta = 90^\circ 00'$  (Дана, 1944 на основе измерений Иоханссона).

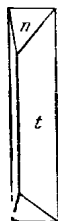
**Формы:**

	Ф	Р		Ф	Р
$b$	010	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$g$ 210	$49^\circ 53'$ $90^\circ 00'$
$t$	230	21 35	90 00	$n$ 101	90 00 33 56
	$nn (101) : (\bar{1}01) = 67^\circ 52'$			$tt (230) : (\bar{2}30) = 43^\circ 10'$	

Кристаллы значительно вытянуты по оси  $c$  (фиг. 233). Дв. срastания и прорастания по (101).

**Физ. Сп.** не наблюдалась. Изл. неровный. Тв. 6. Уд. в. 6,72 (Дана, 1944) (вычисл. 6,93). Цв. серебрино-белый. Черта черная. Бл. металлический, сильный. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. высокая (выше, чем у арсенопирита). Двухотражение значительно более отчетливое, чем у других членов группы арсенопирита <sup>3</sup>, от белого до розоватого, особенно отчетливое в иммерсии; гудмундит из Канады не обнаруживает двухотражения <sup>4</sup>. Сильно анизотропен с отчетливым цветным эффектом. Иногда заметны двойники. Отмечались: мирмекитоподобные срastания с пирротинном на границе с блеклой рудой — образования, связанные с разложением блеклой руды; пидиобласты в галените; выделения в реакционной кайме между брейтгауптитом и халькопиритом и др. <sup>5,6</sup>.



Фиг. 233. Кристалл гудмундита (Гудмундсторп)

По Дана, 1944

**Хим. Теор. состав** Fe — 26,83; Sb — 57,76; S — 15,41. Состав гудмундита из Гудмундсторпа (анал. Иохансон) <sup>1</sup>: Fe — 26,79; Ni — сл.; Sb — 57,31; S — 15,47; сумма — 99,57.

**Диagn. исп.** При травлении в полир. пл. положительно действует лишь  $HNO_3$ : образуется бурый налет, после смывания — серо-бурое пятно, при продолжительном травлении (2 мин.) — серо-черное пятно <sup>7</sup>. На гудмундит из Сейнейоки (Финляндия) действует также  $KOH$ . <sup>3</sup>

**Находж.** По-видимому, в малых количествах довольно распространенный минерал, который, несомненно, во многих случаях ошибочно принимается за арсенопирит. Является поздним гидротермальным минералом многих сурьмяных месторождений, богатых железом. Встречается также в колчеданных рудах с наложенной Sb-минерализацией. Наблюдается в ассоциации с блеклыми рудами, со сложными сульфидами Sb и Pb, арсенопиритом, молибденитом, пирротинном, халькопиритом и др. Образуется в условиях некоторого дефицита Sb по сравнению с Fe непосредственно из растворов при низких температурах или в результате замещения или разложения более ранних минералов — тетраэдрита, пирротина, пирита, бурнонита и др. <sup>3</sup>. В СССР установлен в арсенопиритовом мест-

рождении Ак-Джилга (Кирг. ССР). Впервые встречен в Гудмундсторпе (Швеция). В значительных количествах обнаружен в Брокен-Хилле (Австралия). Наблюдался также в Йеллоунайфе (Канада), в Никко (Япония), в Сулителме (Норвегия), около Аргента (Трансвааль, Южная Африка) во Властеевице (Чехословакия)<sup>7</sup> и в других месторождениях.

Отл. От арсенопирита отличим по реакции на Sb. В полир. пл. обладает заметно более сильным двуотражением, чем арсенопирит, более низкой твердостью; по рельефу одинаков с пирротинном.

Межплоскостные расстояния гудмуцита из Властеевице<sup>7</sup> (Cu — антикатод, Ni = фильтр, D = 57,4 мμ): 2,530 (9); 1,909 и 1,409 (7); 1,616 (5); 2,796, 1,713, 1,458 и 1,282 (3); 2,200, 1,839, 1,367 и 1,342 (2); 2,247, 2,680, 2,631, 1,768 и 1,694 (1).

#### Л и т е р а т у р а

1. Johansson K. Zs. Krist., 1928, 68, 87.
2. Buerger M. J. Zs. Krist., 1936, 95, 90; 1939, 101, 290.
3. Saksela M. Bull. Comm. Géol. Finl., 1947, N:o 140, 209.
4. Sampson E. Econ. Géol., 1941, 36, 175.
5. Ramdohr P. Cbl. Min., 1937, A, 204.
6. Willemse J. Trans. Geol. Soc. Africa, 1943, 45, 27.
7. Zák L. Bull. Intern. Acad. Tchèque Sci., 1953, ann. 52, 449.

### СТРУКТУРА ТИПА АКАНТИТА

#### ГРУППА АРГИРОДИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Аргиродит	$\text{Ag}_8\text{GeS}_6$	Рсмб.	14,96	12,24	6,82	5,59
Канфильдит	$\text{Ag}_8\text{SnS}_6$	Ромб.	—	—	—	6,24

Аргиродит и канфильдит являются крайними членами изоморфного ряда. Кристаллографические, физические, химические свойства, структура, а также условия образования как крайних, так и промежуточных членов изоморфного ряда очень близки.

#### Аргиродит *Argyrodite*



#### Канфильдит *Canfieldite*



Названия: аргиродит — от греч.  $\alpha\rho\rho\acute{\rho}\acute{o}\delta\epsilon\iota\varsigma$  (аргиродес) — серебро-содержащий (Вайсбах, 1886), канфильдит — по имени горного инженера Канфильда из Дувра (Пенфилд, 1894).

Синон. Частично броньярдит (Дамур, 1849).

Характ. выдел. Сплошные массы, гроздевидные корки, шаровидные радиально-лучистые агрегаты, реже кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $a_0 = 14,96$ ;  $b_0 = 12,24$ ;  $c_0 = 6,82$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,222 : 1 : 0,557$ ;  $Z = 4$  (для аргиродита) (Хилер, 1940)<sup>1</sup>. Структура близка к структуре акантита.

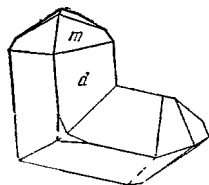
Возможно, существует высокотемпературная модификация кубической сингонии с  $a_0 \sim 6,74$  при  $Z = 1$  или  $a_0 \sim 13,49$  при  $Z = 8$ <sup>1</sup>.

Морфологическая установка неоднократно менялась. Дана (1868) рассматривал аргиродит как моноклинный с формами  $m$  (110),  $f$  ( $\bar{1}03$ ),  $q$  ( $\bar{1}01$ ),  $k$  (601),  $o$  (011),  $r$  (232)?,  $n$  ( $\bar{6}91$ )?; Вайсбах сначала (1886) считал аргиродит моноклинным, а затем кубическим (1894 г.); по Гольдшмидту (1897) и Дана (1944) — кубический.

Формы (при отнесении аргиродита к кубической сингонии):  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $n(211)$ ,  $m(311)$ .

Кристаллы октаэдрические, додекаэдрические или представляют комбинации октаэдра и додекаэдра. Кристаллы канфильдита иногда с искаженными формами. Обычны дв. по шпинелевому закону — по (111), часто коленчатые (фиг. 234), а также повторные двойники прорастания и тройники. У канфильдита грани (110) иногда покрыты бороздами или пситрихованы, возможно, в результате двойнигования.

Физ. Сп. не выражена. Изл. неровный до раковистого. Хрупки. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,1—6,3 (вычисл. на основе параметров решетки аргиродита: у аргиродита — 5,593, канфильдита — 6,238). Цв. черный с синеватым или фиолетовым оттенком, в свежем изломе стальнo-серый с красным до фиолетового оттенком. Черта серовато-черная, блестящая. Бл. сильный металлический. Неизлучающ.



Фиг. 234. Двойник аргиродита (Химельс-фюрст)  
По Вайсбаху

Микр. В полпр. пл. в отраж. св. светло-серые со слабо заметным фиолетовым оттенком. Отраж. снос. (в %): для желтых лучей около 25, для зеленых — 24,5, для оранжевых — 21, для красных — 18,5. Двухотражение в воздухе очень слабое, в иммерсии усиливается, заметно лишь на границе зерен. Анизотропия видна на границе зерен, лучине — в иммерсии; цветной эффект очень слабо заметен. Внутренних рефлексов нет.

Хим. Теор. состав аргиродита: Ag — 76,51; Ge — 6,44; S — 17,05; теор. состав канфильдита: Ag — 73,49; Sn — 10,14; S — 16,37. Ge и Sn изоморфно замещают друг друга.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Ag	75,28	74,72	75,56	75,78	74,10
Fe	0,33	0,66	—	—	0,21
Zn	—	0,22	—	—	—
Hg	—	0,31	—	—	—
Ge	6,18	6,93	5,94	3,65	1,82
Sn	—	—	0,82	3,60	6,94
S	17,50	17,13	17,46	16,92	16,22
Sb	0,36	—	—	—	—
Сумма	99,65	99,97	99,78	99,95	99,29
Уд. в.	—	6,085—6,111	—	—	—

1—4 — аргиродит; 1 — Фрейберг; анал. Дёринг<sup>2</sup>; 2 — Фрейберг; анал. Винклер<sup>3</sup>; 3 — Коллечака; анал. Крюл<sup>4</sup>; 4 — Чокая; анал. Крюл<sup>4</sup>; 5 — канфильдит; Ауллагас; анал. Пенфилд<sup>5</sup>.

Диагн. исп. Канфильдит разлагается конц.  $\text{HNO}_3$ , после добавления горячей воды выделяется метаоловянная кислота.

В полпр. пл. от KCN тускнеют (выявляется структура), от  $\text{HgCl}_2$  — радужная, трудно удаляющаяся пленка; от KOH тускнеют; кроме того, от  $\text{HNO}_3$  канфильдит медленно буреет; аргиродит при действии  $\text{Pb}(\text{CN})_2$  и KCN дает светло-коричневый отпечаток. При световом травлении путем сильного освещения иногда выявляется зональное строение.

П. н. тр. на угле легко плавятся с образованием палета из окислов Sn и Ge. При дальнейшем нагревании канфильдит дает королек Sn. В закр. тр. выделяется S; при высокой температуре аргиродит дает возгон сульфида Ge, который сливается в желтые шарики.

**Наход.** Аргиродит и канфилдит редкие минералы, встречаются обычно в небольших количествах, по-видимому, как продукты наиболее поздних этапов гидротермальной деятельности; не исключена возможность их образования и при гипергенных процессах. Установлены в серебряных и свинцово-цинковых месторождениях в ассоциации с самородным серебром, аргентитом, пираргиритом, стефанитом, сфалеритом, арамайцитом, касситеритом и др. Встречены в Карском свинцово-цинковом месторождении (Магаданская обл.), в месторождении Чат-Карагай в Таласском Алатау (Киргизская ССР)<sup>6</sup>, в р-ке Химельсфюрст около Фрейберга (ГДР), в ряде месторождений Боливии: в Ля Пас (кристаллы канфилдита величиной до 13 мм), Колкечака (оловосодержащий аргиродит), Порко (встречаются додекаэдры величиной до 6 см), Чокая, Ауллагас. Канфилдит недавно найден также в Тасмании (Австралия).

**Отл.** В шлифах сходны с фаматинитом, люционитом, энаргитом, германитом, борнитом. От всех этих минералов отличаются более низкой твердостью. От фаматинита, люционита, энаргита отличаются также значительно более слабой анизотропией, а от германита и борнита — наличием анизотропии. Кроме того, борнит имеет более яркую окраску.

Межплоскостные расстояния аргиродита из Химельсфюрста<sup>1</sup>  
Fe-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	112	3	3,207	16	921; 324	1	1,560
2	040	8	3,053	17	832; 063	6	1,519
3	302; 401	6	2,807	18	144; 504	6	1,481
4	520	7	2,723	19	480	3	1,417
5	402	1	2,525	20	860	3	1,379
6	412; 232; 050	2	2,451	21	290; 10.2.2	1	1,338
7	432; 213	2	2,141	22	325	4	1,314
8	060	10	2,042	23	045; 292	6	1,289
9	061; 323	5	1,956	24	245	6	1,227
10	800	10	1,869	25	525; 174; 682; 12.0.1	4	1,217
11	801; 632	5	1,797	26	355; 664	10	1,158
12	433; 452	1	1,760	27	944; 306	3	1,109
13	642; 603	1	1,681	28	13.10.4; 075; 745	3	1,076
14	124	1	1,631	29	7.10.0; 506	3	1,062
15	840; 314	3	1,598				

Л и т е р а т у р а

1. Hiller J. E. Zbl. Min., 1940, A, Nr 6, 140
2. Kolbeck F. Cbl. Min., 1908, 331.
3. Winkler J. J. prakt. Chem., 1886, 34, 189.
4. Moritz H. N. Jb. Min., 1933, B.-B. 66, 196.
5. Penfield S. L. Am. J. Sci., 1894, 47, 451.
6. Бродин Б. В. Зап. Всес. мин. о-ва, 1959, 88, № 2, 144.

СТРУКТУРА ТИПА ПИРАРГИРИТА

ГРУППА ПИРАРГИРИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд.в.	
Прустит	Ag <sub>3</sub> AsS <sub>3</sub>	Триг.	10,76	—	8,66	—	5,62
Пираргирит	Ag <sub>3</sub> SbS <sub>3</sub>	Триг.	11,06	—	8,73	—	5,82
[Ксантоконит]	Ag <sub>3</sub> AsS <sub>3</sub>	Монокл.	11,99	6,21	31,88	90°30'	5,53
[Пиростильпнит]	Ag <sub>3</sub> SbS <sub>3</sub>	Монокл.	12,18	15,84	6,24	90 00	5,97

Смесимость  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$  и  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ , по-видимому, очень ограничена; прустит обычно содержит незначительную примесь  $\text{Sb}$ , пираргирит — лишь немного  $\text{As}$ . Внешне оба минерала трудно различимы; нередко, особенно в старой литературе, оба описывались под общими названиями красной серебряной руды, рубиновой обманки, *Rothgültigerz*, *Ruby Silver*, *Red Silver* и др.

Ксантоконит по составу отвечает пруститу и является моноклинной полиморфной модификацией  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ; возможно, он изоструктурен с пиростильпнитом, который диморфен с тригональным пираргиритом.

## Прустит Proustite



Назван по имени французского химика И. Пруста (Бедан, 1832).

Синон. Светлая красная серебряная руда, мышьяковая красная руда, мышьяковая серебряная обманка; частично: красное серебро, рубиновое серебро, рубиновая обманка (Моос, 1804), браардит (Честер, 1896).

Характ. выдел. Зернистые агрегаты, зерна, кристаллы.

Структ. и морф. крист. Триг. с.  $C_{3v}^6$  —  $R\bar{3}c$ ;  $a_{rh} = 6,86\text{Å}$ ,  $\alpha = 103^\circ 27'$ ;  $Z=2$ ;  $a_h = 10,76$ ;  $c_h = 8,66\text{Å}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 0,804$ ;  $Z = 6$  (из Шнееберга, по Харкеру)<sup>1</sup>.

Структура аналогична структуре пираргирита (см. ниже).

Дитриг.-пирамид. кл.  $a : c = 1 : 0,8039$  (Майерс)<sup>2</sup>.

Обычные формы<sup>2,3,4</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$-m\ 0\bar{1}10$	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$\alpha\ 25\bar{7}3$	$16^\circ 06'$	$62^\circ 38'$
$m\ 10\bar{1}0$	$60\ 00$	$90\ 00$	$S\ 3.7.\bar{1}0.4$	$17\ 00$	$67\ 19$
$a\ 11\bar{2}0$	$30\ 00$	$90\ 00$	$d\ 12\bar{3}2$	$19\ 06$	$50\ 50$
$h\ 31\bar{4}0$	$46\ 06$	$90\ 00$	$M\ 3587$	$21\ 47$	$42\ 52$
$\tau\ 41\bar{5}0$	$49\ 06$	$90\ 00$	$\psi\ 4377$	$34\ 43$	$38\ 53$
$e\ 01\bar{1}2$	$0\ 00$	$24\ 54$	$p\ 4371$	$34\ 43$	$79\ 57$
$s\ 02\bar{2}1$	$0\ 00$	$61\ 41$	$y\ 32\bar{5}1$	$36\ 35$	$76\ 07$
$u\ 10\bar{1}4$	$60\ 00$	$13\ 04$	$f\ 5388$	$38\ 13$	$39\ 05$
$r\ 10\bar{1}1$	$60\ 00$	$42\ 52$	$\gamma\ 5382$	$38\ 13$	$58\ 23$
$z\ 10.0.\bar{1}0.1$	$60\ 00$	$83\ 51$	$t\ 21\bar{3}4$	$40\ 53$	$31\ 33$
$p\ 11\bar{2}3$	$30\ 00$	$28\ 11$	$v\ 21\bar{3}1$	$40\ 53$	$67\ 51$
$P\ 15\bar{6}2$	$8\ 57$	$52\ 16$	$w\ 31\bar{4}5$	$46\ 06$	$33\ 48$
$E\ 13\bar{4}1$	$13\ 54$	$73\ 22$	$N\ 41\bar{5}3$	$49\ 06$	$54\ 48$
$R\ 5.14.\bar{1}9.9$	$14\ 42$	$63\ 54$			

$$ee\ (01\bar{1}2) : (1\bar{1}02) = 42^\circ 46'$$

$$uu\ (10\bar{1}4) : (1\bar{1}04) = 22^\circ 35'$$

$$va\ (21\bar{3}1) : (11\bar{2}0) = 24^\circ 34'$$

$$ss\ (02\bar{2}1) : (2\bar{2}01) = 99\ 22$$

$$vv\ (21\bar{3}1) : (2\bar{3}11) = 74\ 39$$

$$vm\ (21\bar{3}1) : (10\bar{1}0) = 28\ 56$$

$$rr\ (10\bar{1}1) : (1101) = 72\ 12$$

$$vv\ (21\bar{3}1) : (31\bar{2}1) = 35\ 18$$

$$ra\ (10\bar{1}1) : (11\bar{2}0) = 53\ 54$$

Редкие формы:  $(0001)$ ,  $(60\bar{6}1)$ ,  $(03\bar{3}2)$ ,  $(07\bar{7}2)$ ,  $(16\bar{7}1)$ ,  $(23\bar{5}2)$ ,  $(54\bar{9}1)$ ,  $(52\bar{7}9)$ ,  $(31\bar{4}2)$ ,  $(51\bar{6}7)$ .

Кроме того известен ряд недостоверных форм (см. Дана, 1944).

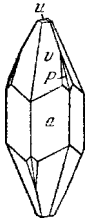
Кристаллы призматические или короткостолбчатые по оси  $c$ , нередко ромбоэдрического или скаленоэдрического облика (фиг. 235—237), последние чаще, чем у пираргирита.

Дв. обычны: по  $(10\bar{1}4)$  — тройники и сложные двойники срастания, по  $(10\bar{1}1)$  — сопровождаются третьим кристаллом, сдвойнированным по  $(10\bar{1}4)^2$ ; редки дв. по  $(01\bar{1}2)$  и по  $(0001)$ .

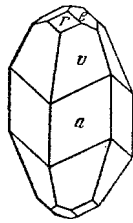
Физ. Сп. по  $(10\bar{1}1)$  довольно отчетливая. Изл. раковистый, до неровного. Хрупок. Тв. 2—2½. Уд. в. 5,55—5,64 (вычисл. 5,62). Цв. ярко-



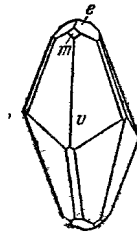
красный (как у киновари), под действием света становится более темным (до черного). Черта кирпично-красная. Бл. алмазный. Просвечивает.



Фиг. 235. Кристалл прустита (Чаньярсилло) По Штрэнгу



Фиг. 236. Кристалл прустита (Чаньярсилло) По Штрэнгу



Фиг. 237. Кристалл прустита (Сардиния, Италия) По Дакиарди

Уд. электр. сопротивление высокое. Максимальный фотоэлектрический эффект — 2 при  $\lambda$  539 м $\mu$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>5</sup>.

Микр. В шл. в прох. св. красный. Плеохроизм: по *No* — кроваво-красный, по *Ne* — карминово-багряно-красный;  $n_o = 2,9789$ ;  $n_e = 2,7113$ ;  $n_o - n_e = 0,2676$  (Li);  $n_o = 3,0877$ ;  $n_e = 2,7924$ ,  $n_o - n_e = 0,2953$  (Na).

В полир. шл. в отраж. св. серовато-белый с голубоватым оттенком. Отраж. снос. (в %): для зеленых лучей 28, для оранжевых — 21,5, для красных — 20,5. Двухотражение отчетливое, значительно усиливающееся в иммерсии: *Ro* светлее, голубовато-серый > *Re* темнее, синевато-серый. Сильно анизотропен (анизотропия маскируется интенсивными внутренними рефлексам). Характерны кроваво-красные до кирпично-красных внутренние рефлекссы.

Наблюдалось пластинчатое двойникование; известны мирмекитовые сростания с галенитом.

Хим. Теор. состав: Ag — 65,42; As — 15,14; S — 19,44.

Обычно содержит небольшое количество Sb, которая частью изоморфно замещает As, частью входит в состав примеси пираргирита. Содержание Fe, Co, Pb в некоторых анализированных пруститах, по-видимому, связано с механическими примесями галенита, смальтина, пирита и др.

Анализы:

	1	2	3	4
Ag	65,10	65,37	65,06	64,50
Sb	—	0,39	1,41	3,62
As	15,03	14,81	13,85	12,54
S	19,52	19,24	19,64	19,09
Сумма	99,65	99,81	99,96	99,75
Уд. в.	5,555	5,59	5,638	—

1—4 Чаньярсилло: 1 — анал. Ретвпш<sup>6</sup>; 2 — кристаллы; анал. Прайор<sup>2</sup>; 3 и 4 — анал. Прайор<sup>7</sup>.

Диагн. исп. Разлагается  $HNO_3$  с выделением S.

В полир. шл. травится царской водкой; KCN действует слабее, чем на пираргирит,  $FeCl_3$ , наоборот, сильнее.  $HNO_3$  и  $HCl$  не действуют. Данные относительно действия KOH противоречивы. HJ выявляет структуру.

П. п. тр. на угле при нагревании издает чесночный запах, образуется белый налет  $As_2O_3$  (в присутствии Sb также налет  $Sb_2O_3$ ); с содой на угле дает королек Ag. В закр. тр. легко плавится и дает темно-коричневый возгон  $As_2S_3$ , по мере охлаждения переходящий в красный.

**Повед. при нагр.** Уд. теплоемкость при  $50^\circ$   $0,34 \text{ дж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$  (Берч и др.). Искусственный прустит конгруентно плавится при  $490^\circ$ .

**Нахожд.** Менее распространен, чем пираргирит. Как и последний, встречается главным образом в свинцово-цинково-серебряных гидротермальных месторождениях; образуется лишь при бедности растворов сурьмой. Является одним из поздних минералов рудных жил, частью первичным, частью вторичным, образующимся за счет других минералов серебра — стефанита, аргентита и др. В карбонатно-кварцевых жилах сопровождается блеклыми рудами, пираргиритом, аргентитом, самородными серебром и мышьяком, ксантоконитом и другими минералами. Наблюдается также в ассоциации с арсенидами Ni и Co. В СССР в небольшом количестве отмечался в ряде месторождений Урала, Казахстана, Средней Азии и др.<sup>8</sup>. Встречен также в месторождениях Шнееберг, Аннаберг, Мариенберг (Саксония, ГДР), Виттихен (Шварцвальд, ФРГ), Яхимов (Чехословакия), Чаньярсилло (Чили), Кобальт (Канада), в р-не Дофине (Франция), в ряде серебряных рудников Мексики и др.

**Изм.** Заменяется самородным серебром, аргентитом, реже — кераргиритом.

**Искусств.** Получен в запаянной стеклянной трубке при взаимодействии сульфоарсенита натрия (в присутствии карбоната натрия) и солей серебра (Сенармон), при взаимодействии  $AsS$  и раствора соли серебра в глицерине при  $\sim 150^\circ$  и атмосферном давлении<sup>9</sup>, в стальных бомбах — при нагревании смесей Ag и  $As$  с  $Na_2S \cdot 9H_2O$  или с  $K_2S \cdot 9H_2O$ <sup>10</sup>. Является одной из фаз системы  $Ag_2S - As_2S_3$ <sup>11</sup>.

**Практ. знач.** Совместно с другими минералами входит в состав серебряных руд.

**Отл. См.** пираргирит.

Межплоскостные расстояния прустита из м-ния Кобальт  
(по Харкорту)

№	I	I'	$\frac{d_x}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_x}{n}$
1	10	6,0	3,20	7	2	0,3	1,73
2	7	2,0	2,75	8	2	0,3	1,64
3	9	4,0	2,53	9	2	0,3	1,57
4	3	0,5	2,27	10	2	0,3	1,52
5	3	0,5	2,08	11	2	0,3	1,43
6	5	1,0	1,94				

#### Л и т е р а т у р ь

- Harker D. J. Chem. Phys., 1936, 4, 381. См. также H o c a r t R. C. R., Paris, 1937, 205, 68.
- Miers H. A. Min. Mag., 1888, 8, No 37, 39.
- Parsons A. L. Min. Mag., 1916, 17, No 82, 309.
- Tokody L. Cbl. Min., 1930, A, Nr 3, 117; Acta Geol. Acad. Sci. Hung., 1953, 2, f. 1/2, 185.
- Bergman L., H ä n s l e r J. Zs. Phys., 1936, 100, 62; Athanasiu G. J. Phys., Radium, 1934, 5, Ser. VII, 132.
- Rethwisch E. N. Jb. Min., 1886, B.-B. 4, 31.
- Miers H. A., Prior G. Min. Mag., 1887, 7, 196.
- Шадрин Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 428.
- Weil R. C. R., Paris, 1951, 233, 633.
- B é l a n d R. Econ. Geol., 1948, 43, 119; Реасок М. А. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 51, 85.
- Jaeger F. M., Klooster H. S. Zs. anorg. Chem., 1912, 78, 245.

Пираргирит Pyrrargyrite



Назван от греч. πῦρ (пир) — пламя в соответствии с цветом и ἀργυρός (аргирос) — серебро — по составу (Глокер, 1831).

Синон. Темная красная серебряная руда, азрозит (Зельб, 1805), сурьмяно-серебряная обманка (Глокер, 1831), аргиритроз (Беда, 1832), частично: красное серебро, рубиновое серебро, рубиновая обманка (Моос, 1804), браардит (Честер, 1896).

Характ. выдел. Зернистые агрегаты, часто кристаллы.

Структ. и морф. крист. Триг. с.  $C_{3v} - R\bar{3}c$ ;  $a_{rh} = 7,01 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 103^\circ 59'$ ;  $Z = 2$  (Окар)<sup>1</sup>;  $a_h = 11,06$ ;  $c_h = 8,73 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 0,789$ ;  $Z = 6$  (Харкер)<sup>2</sup>.

Атомы S образуют бесконечные тройные спирали, вытянутые || оси с. Атомы Ag находятся в двойной координации, как в Ag<sub>2</sub>S. Спирали соединены между собой атомами Sb (в прустите — As) в плоскопирамидальные группы SbS<sub>3</sub>. Каждый S связан с 2 Ag и 1 Sb (As). Право- и левонаправленные спиральные системы взаимно вдвинуты<sup>2</sup>.

Дитриг.-пирамид. кл.;  $a : c = 1 : 0,7892$  (Майерс)<sup>3</sup>.

Наиболее обычные формы<sup>4</sup>:

Нижние	Верхние	φ	ρ	Верхние	φ	ρ
	$-m \ 01\bar{1}0$	0°00'	90°00'	$\omega \ 23\bar{5}8$	23°25'	26°25'
	$a \ 11\bar{2}0$	30 00	90 00	$\sigma \ 32\bar{5}4$	36 35	44 48
	$m \ 10\bar{1}0$	60 00	90 00	$\gamma \ 32\bar{5}1$	36 35	75 52
	$\beta \ 21\bar{3}0$	40 54	90 00	$Y \ 7.4.\bar{1}1.6$	38 57	55 40
	$e \ 01\bar{1}2$	0 00	24 30	$t \ 21\bar{3}4$	40 54	31 05
	$s \ 02\bar{2}1$	0 00	61 15	$v \ 21\bar{3}1$	40 54	67 28
	$u \ 10\bar{1}4$	60 00	12 50	$w \ 31\bar{4}5$	46 06	33 18
$\bar{p}$	$11\bar{2}\bar{3}$	30 00	27 45	$\varphi \ 41\bar{5}6$	49 06	34 50
$q$	$16\bar{7}\bar{1}$	7 35	80 30	$X \ 11.1.\bar{1}2.1$	55 41	84 34
	$d \ 12\bar{3}2$	19 06	50 19			

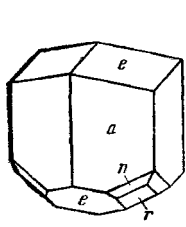
$rc \ (10\bar{1}4) : (0004) = 42^\circ 20'$	$\bar{p}\bar{p} \ (11\bar{2}\bar{3}) : (21\bar{1}\bar{3}) = 26^\circ 56'$	$tt \ (21\bar{3}4) : (31\bar{2}4) = 19^\circ 27'$
$ra \ (10\bar{1}4) : (11\bar{2}0) = 54 \ 19$	$va \ (21\bar{3}4) : (11\bar{2}0) = 24 \ 54$	$tt \ (21\bar{3}4) : (2\bar{3}14) = 39 \ 30$
$rr \ (10\bar{1}4) : (1\bar{1}01) = 71 \ 22$	$ia \ (21\bar{3}4) : (11\bar{2}0) = 60 \ 15$	$yy \ (32\bar{5}1) : (5\bar{2}31) = 45 \ 20$
$uu \ (10\bar{1}4) : (1\bar{1}04) = 22 \ 11$	$ya \ (32\bar{5}1) : (11\bar{2}0) = 15 \ 34$	$yy \ (32\bar{5}1) : (3\bar{5}21) = 70 \ 37$
$ee \ (01\bar{1}2) : (1\bar{1}02) = 42 \ 05$	$vv \ (21\bar{3}1) : (31\bar{2}1) = 35 \ 12$	$qq \ (16\bar{7}1) : (1\bar{7}61) = 14 \ 51$
$ss \ (02\bar{2}1) : (2\bar{2}01) = 98 \ 48$	$vv \ (21\bar{3}1) : (2\bar{3}11) = 74 \ 25$	

Менее обычные формы<sup>4</sup>:

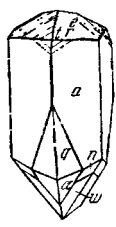
Нижние	Верхние	Нижние	Верхние	Нижние	Верхние	Нижние	Верхние
	$\tau \ 41\bar{5}0$		$p \ 11\bar{2}3$	$\bar{x}$	$24\bar{6}1$		$H \ 7.4.\bar{1}1.15$
	$L \ 71\bar{8}0$		$k \ 11\bar{2}1$		$l \ 45\bar{9}5$	$\bar{Y}$	$7.4.\bar{1}1.6$
$\bar{e}$	$01\bar{1}2$	$\bar{Q}$	$4.20.\bar{2}4.11$	$\bar{\varphi}$	$41\bar{5}6$		$G \ 5.3.\bar{8}.11$
$\bar{s}$	$02\bar{2}1$	$\bar{v}$	$15\bar{6}1$	$\bar{n}$	$41\bar{5}3$		$\gamma \ 53\bar{8}2$
	$\Gamma \ 07\bar{7}2$	$\bar{N}$	$2.9.\bar{1}1.2$	$\bar{w}$	$31\bar{4}5$		$T \ 32\bar{5}7$
$\bar{f}$	$f \ 05\bar{5}1$	$\bar{F}$	$4.15.\bar{1}9.4$	$\bar{\psi}$	$31\bar{4}2$	$\bar{y}$	$32\bar{5}1$
$\bar{u}$	$10\bar{1}4$	$\bar{U}$	$2.7.\bar{9}.2$		$S \ 52\bar{7}9$	$\bar{W}$	$W \ 7.5.\bar{1}2.2$
	$I \ 50\bar{5}8$		$C \ 13\bar{4}7$		$V \ 12.5.\bar{1}7.10$		$D \ 4.3.\bar{7}.10$
	$b \ 7.0.\bar{7}.10$	$\bar{b}$	$13\bar{4}4$	$\bar{R}$	$R \ 7.3.\bar{1}0.4$		$B \ 4.3.\bar{7}.6$
	$A \ 30\bar{3}4$	$\bar{B}$	$13\bar{4}1$	$\bar{i}$	$21\bar{3}4$		$p \ 43\bar{7}1$
$\bar{r}$	$r \ 10\bar{1}1$		$h \ 2.5.\bar{7}.12$		$g \ 21\bar{3}2$		$\pi \ 9.7.\bar{1}6.2$
$\bar{\Pi}$	$30\bar{3}2$	$\bar{\alpha}$	$\alpha \ 25\bar{7}3$	$\bar{v}$	$21\bar{3}1$		$Z \ 54\bar{9}1$
	$T \ 50\bar{5}2$		$v \ 12\bar{3}5$	$\bar{j}$	$j \ 9.5.\bar{1}4.10$		
	$o \ 11\bar{2}6$	$\bar{d}$	$12\bar{3}2$	$\bar{i}$	$\zeta \ 9.5.\bar{1}4.4$		

Кроме того, известно 115 редких и недостоверных форм (см. Дана, 1944).

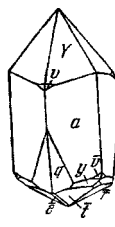
Кристаллы призматические, незначительно удлиненные по оси  $c$ , различного облика (фиг. 238 — 240).



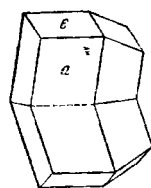
Фиг. 238. Кристалл пираргирита (Андреасберг)  
По Майерсу



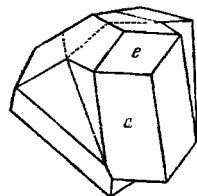
Фиг. 239. Кристалл пираргирита (Андреасберг)  
По Шустеру



Фиг. 240. Кристалл пираргирита (Фрейберг)  
По Дана, 1944



Фиг. 241. Двойник пираргирита по  $(10\bar{1}4)$  (Фрейберг)  
По Хайнигеру



Фиг. 242. Двойник пираргирита по  $(10\bar{1}4)$  (Андреасберг)  
По Ниггли

Кристаллы гемипэдрического развития с гранями разных форм на верхнем и нижнем концах кристалла у пираргирита наблюдаются реже, чем у прустита; кристаллы последнего обычно беднее формами. На гранях  $a(1120)$  пираргирита обычна штриховка  $\parallel$  ребру  $[1105]$ .

Дв. очень обычны: 1) наиболее распространены дв. по  $(10\bar{1}4)$  (фиг. 241, 242) с плоскостью срастания  $\parallel$  или  $\perp (10\bar{1}4)$ , иногда полисинтетические; 2) дв. ось  $[11\bar{2}0]$ , пл. срастания  $(0001)$ , в результате чего утрачивается внешний гемиморфизм кристаллов; 3) дв. по  $(10\bar{1}1)$  у пираргирита более редкие, чем у прустита; 4) дв. по  $(0112)$  — редки; 5) недостоверны дв. по  $(0118)$  и по  $(0221)$ .

Физ. Сп. по  $(10\bar{1}4)$  довольно отчетливая, по  $(01\bar{1}2)$  несовершенная. Изл. раковистый до неровного. Очень хрупок. Тв.  $2-2\frac{1}{2}$ . Уд. в.  $5,77-5,86$  (вычисл.  $5,82$ ). Цв. черный, темно-серый. Черта пурпурно-красная. Бл. алмазный. Прозрачен только в очень тонких осколках.

Плохой проводник электричества. Максимальный фотоэлектрический эффект —  $0,1$  при  $\lambda 571$  м $\mu$  (чувствительность серого Se принята за  $100$ )<sup>5</sup>.

Микр. В очень тонких шлифах в проходящем свете темно-красный. Одноосный (—).  $n_o = 3,084$ ;  $n_e = 2,881$  (Li) (по Деклазо).

Волынский высказал сомнение в точности этих определений, так как двуотражение, вычисленное на основе показателей преломления, не согласуется с визуальной оценкой двуотражения в полир. шлифах.

В отраж. св. в полир. пл. белый с синевато-серым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей  $32,5$ , для оранжевых —  $27$ , для красных —  $24,5$ . Двуотражение в воздухе отчетливое. Сильно анизотропен (анизотропия лучше наблюдается в воздухе, так как в иммерсии она маскируется внутренними рефлексам). Сильные внутренние рефлекс светлого или темно-карминово-красные со слегка фиолетовым оттенком.

Наблюдаются двойники роста и пластинчатые двойники давления; нередко травлением выявляется зональное строение.

**Хим. Теор. состав:** Ag — 59,76; Sb — 22,48; S — 17,76; часто содержит небольшую изоморфную примесь As. Наличие Fe, Co и Pb обычно связано с механическими примесями. В некоторых образцах из Колкечака (Боливия) спектроскопически установлен Ge<sup>6</sup>.

**Анализы:**

	Ag	Zn	As	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	59,75	—	—	22,45	17,81	100,01	5,82
2.	59,82	—	0,08	22,00	17,82	99,72	5,852
3.	59,85	0,15	1,75	20,51	17,67	99,93	5,82

1 — Андреасберг (ФРГ)<sup>8</sup>; 2 — Сэкэрымб (Румыния)<sup>7</sup>; 3 — Британская Колумбия (Канада)<sup>8</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается HNO<sub>3</sub> с выделением S и Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

При травлении в полир. пл. от KCN образуется светло-коричневый налет, после смывания — оранжево-желтое пятно. В царской водке вскипает, становится пестрым и покрывается черным налетом, после стирания которого остается светло-коричневое пятно. От KOH быстро образуется пестрая побежалость, от HgCl<sub>2</sub> медленно образуется светло-коричневый, легко стирающийся налет. FeCl<sub>3</sub> действует слабо; не действуют конц. HNO<sub>3</sub> и конц. HCl. Для структурного травления применяется HJ.

В закр. тр. легко плавится, дает красноватый возгон оксисульфида Sb, в откр. тр. выделяет сернистую кислоту и Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. На угле сплавляется в шарик, образуется белый налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. С содой на угле в восст. пл. дает королек Ag.

**Повед. при нагр.** Плавится при 486°. Коэф. лин. расширения в пределах 40—41°  $\perp$  с 0,2012 · 10<sup>-4</sup>,  $\parallel$  с 0,91 · 10<sup>-6</sup> (по Ниггли). Уд. теплоемкость при 50° 0,32 дж · г<sup>-1</sup> · град<sup>-1</sup> (Берч и др.).

**Находк.** Распространенный серебросодержащий минерал; крупных скоплений, однако, обычно не образует. Встречается главным образом в гидротермальных свинцово-цинково-серебряных месторождениях так называемой благородной кварцево-кальцитовой формации, а также в серебряно-кобальто-никелевых месторождениях. Образование его обычно связано с последними стадиями гидротермального процесса. Во многих месторождениях встречается в ассоциации с галенитом, самородным серебром, сложными сульфидами сурьмы и свинца, а также с пруститом. В галените нередко образует мельчайшие кашлевидные включения, возникновение которых, может быть, связано с распадом твердого раствора. В некоторых пираргиритах наблюдаются мелкие включения аргентита неясного происхождения.

Часто является вторичным минералом, образовавшимся путем замещения фрейбергита и других блеклых руд, миаргирита, стефанита; нередко разбивается по галениту, иногда по пириту и смальтину.

Гипогенный пираргирит характерен для глубоких горизонтов месторождений Фрейберга (ГДР), месторождения Андреасберг (ФРГ) и многих других; гипергенный — для верхних горизонтов месторождений Мексики.

В СССР наблюдается<sup>9</sup> в небольших количествах в Безьянском (Якутская АССР), Первооблагодатном (Свердловская обл.) и др. месторождениях. Встречен также в месторождениях: Сэкэрымб (б. Нагиаг, Румыния), Прибрам, Яхимов, Банска Штивница и Кремница (Чехословакия), Сакатекас и Гуанахуато (Мексика), Чаньярсилло (Чили), Колкечака (Боливия), Кобальт (Онтарио, Канада), отмечается также в Австрии (в Восточных Альпах<sup>10</sup>) и в других странах.

**Изм.** Замещается полибазитом, аргентитом. При гипергенных изменениях иногда за счет пираргирита возникают самородное серебро и серебряная чернь.

**Искусств.** Получен в запаянной трубке действием  $H_2S$  на раствор, содержащий  $Ag$  и  $Sb$  в присутствии карбоната натрия при длительном нагревании до  $150^\circ$ , а также при нагревании  $SbCl_3$  и  $Ag_2S$  в конц. растворе  $Na_2S$ . Отвечает одному из соединений, получаемых в системе  $Ag_2S-Sb_2S_3$  (68,6%  $Ag_2S$ , 31,4%  $Sb_2S_3$ )<sup>11</sup>.

**Практ. знач.** Входит в состав серебряных руд совместно с другими простыми и сложными сульфидами серебра и серебросодержащим галенитом; является одним из главных минералов серебра.

**Отл.** От прустита трудно отличим без химической реакции; некоторое различие имеется лишь в цвете черты, более темной у пираргирита.

В полир. шл. пираргирит сходен со многими минералами  $Ag$  — пруститом, миаргиритом, полибазитом, самсонитом и др. Для пираргирита характерен синеватый оттенок красных внутренних рефлексов, а для прустита — оранжевый оттенок. Прустит встречается реже и обычно там, где нет  $Sb$ -содержащих минералов. Миаргирит в полир. шл. несколько светлее пираргирита и реже обнаруживает внутренние рефлекссы; у полибазита внутренние рефлекссы менее яркие, без синеватого оттенка; у самсонита анизотропия более слабая.

От внешне сходных киновари, куприта и землистого гематита пираргирит отличим по парагенезису и качественным реакциям.

Межплоскостные расстояния пираргирита  
из р-на Фрейберга (по Харкорту)

№	$I$	$I'$	$\frac{d_\alpha}{\mu}$	№	$I$	$I'$	$\frac{d_\alpha}{\mu}$
1	7	2,0	3,35	10	5	1,0	1,750
2	9	5,0	3,20	11	6	1,0	1,680
3	10	7,0	2,79	12	6	1,0	1,600
4	10	6,0	2,55	13	3	0,5	1,530
5	5	1,0	2,26	14	2	0,3	1,458
6	5	1,0	2,12	15	3	0,5	1,402
7	5	1,0	2,00	16	3	0,3	1,350
8	5	1,0	1,960	17	5	1,0	1,262
9	5	1,0	1,865	18	3	0,3	1,210

#### Л и т е р а т у р а

1. H o s a r t R. C. R., Paris, 1937, 205, 68.
2. H a r k e r D. J. Chem. Phys., 1936, 4, 381.
3. M i e r s H. Min. Mag., 1888, 8, 39 (кристаллография, хим. анализы).
4. Д а н а, 1944 (по неопубликованным данным Унгемаха).
5. B e r g m a n L., H ä n s l e r J. Zs. Phys., 1936, 100, 62; A t h a n a s i u G. J. Phys., Radium, 1934, 5, Ser. VII, 132.
6. P a r i s h J. Econ. Geol., 1928, 23, 666.
7. L o t z k a J. Zs. Krist., 1915, 54, 185.
8. S t a p l e s L. W., W a r r e n H. V. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 29.
9. Ш а д л у н Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 440.
10. M e i x n e r H. Heidelb. Beitr. Min., Petr., 1950, 2, H. 3, 195.
11. J e n s e n E. Avhandl. Norske Vid. Akad., Oslo, I Mat.-Nat. Kl., 1947, No 2, 3.

#### К с а н т о к о н и т X a n t h o s o n i t e

$Ag_3AsS_3$

‘Назван Брайтхауптом (1840) ксантоков, от греч. ξανθός (ксантос) — желтый и κόνις (ковис) — порошок; по Дана (1868) — ксавтоконит.  
Синон. Риттингерит (Ципе, 1852).

**Характ. выдел.** Отдельные кристаллы и почковидные скопления.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. (псевдоромбический);  $C_{2h}^6 - F2/d$ ;  $a_0 = 11,99$ ;  $b_0 = 6,21$ ;  $c_0 = 31,88 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 90^\circ 30\frac{1}{2}'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,9307 : 1 : 5,1323$ ;  $Z = 16$  (Пикок)<sup>1</sup>.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 1,9307 : 1 : 5,1323$ ;  $\beta = 91^\circ 13'$  (Пикок).

Формы <sup>2,3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	$90^\circ 00'$	$1^\circ 13'$	$q$ 111	$27^\circ 43'$	$80^\circ 06'$
$a$ 100	$90^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$Q$ $\bar{1}11$	$-27^\circ 21'$	$80^\circ 04'$
$m$ 110	$27^\circ 32'$	$90^\circ 00'$	$p$ 115	$28^\circ 31'$	$49^\circ 07'$
$d$ 101	$90^\circ 00'$	$69^\circ 27'$	$P$ $\bar{1}15$	$-26^\circ 35'$	$48^\circ 37'$
$D$ $\bar{1}01$	$-90^\circ 00'$	$69^\circ 09'$	$u$ 113	$28^\circ 06'$	$62^\circ 28'$
$n$ 013	$0^\circ 43'$	$59^\circ 25'$	$z$ 112	$27^\circ 54'$	$70^\circ 48'$

$am$  (100) : (110) =  $62^\circ 28'$

$cp$  (001) : (115) =  $49^\circ 00'$

$cq$  (001) : (111) =  $72^\circ 58'$

$cn$  (001) : (013) =  $59^\circ 41'$

$cP$  (001) : ( $\bar{1}15$ ) =  $49^\circ 16'$

$cQ$  (001) : ( $\bar{1}11$ ) =  $80^\circ 24'$

$cd$  (001) : (101) =  $68^\circ 14'$

$cm$  (110) : ( $\bar{1}10$ ) =  $55^\circ 04'$

Кроме того, Майерсом<sup>2</sup> и Токоди<sup>3</sup> установлено несколько форм, которые в установке Пикок, возможно, отвечают символам  $r(1.1.10)$ ,  $R(\bar{1}.1.10)$ , (117), ( $\bar{1}17$ ), (114), ( $\bar{1}14$ ), (113). Рентгеновское отношение осей Пикок близко к морфологическому Майерса  $a : b : c = 1,9187 : 1 : 1,0152$  ( $1,0152 = 5,076 : 5$ ), основанному на измерении плоских сигналов. Формула перехода от установки Майерса и Токоди к установке Пикок:  $100/010/005$ .

Кристаллы мелкие ( $\sim 1$  мм), таблитчатые по (001)' (рис. 243), часто с ромбическими очертаниями. Иногда тонкопластинчатые, удлиненные по оси  $b$ . Дв. по (001), имеют вид псевдоромбических кристаллов.

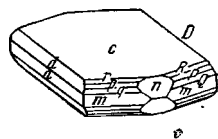
**Физ.** Сп. по (001). Изл. полураковистый. Хрупок. Тв. 2—3. Уд. в. 5,54 (вычисл. 5,53). Цв. темный карминово-красный до темно-оранжевого и бурого, в тонких осколках оранжево-желтый до лимонно-желтого. Черта оранжево-желтая. Бл. алмазный, иногда на гранях (001) перламутровый.

**Микр.** В пл. в прох. св. желтый. Плеохроизм неясный. Пл. опт. осей  $\perp$  (010). Двуосный (—).  $N_g = b$ ;  $N_p$  — почти  $\perp$  (001).  $2E$   $125^\circ$ . Дисперсия сильная  $r < v$ .  $n(\text{Na}) \approx 3$ . Сильное дупреломление.

**Хим.** Теор. состав: Ag — 65,42; As — 15,14; S — 19,44. Анализ ксантоконита из Химельсфюрста<sup>2</sup>: Ag — 65,15; As — 14,93; S — 19,07; сумма — 99,15.

**Диагн. исп.** П. п. тр. на угле плавится, образуется налет  $\text{As}_2\text{S}_3$ . При сплавлении с содой дает королек Ag. При осторожном нагревании в закр. тр. становится темно-красным; по охлаждении первоначальный цвет восстанавливается.

**Наход.** Редкий гидротермальный минерал. В Яхимове (Чехословакия) встречается вместе с пруститом, кварцем и слюдой; иногда на аргентопирите (описан как риттингерит). В р-ке Химельсфюрст (Фрейберг, ГДР) ксантоконит образует почковидные скопления на кальците, ассоциируется с пруститом; в Румынии в Сэкэрымбе (б. Нагнаг) и в Бая Сприе (б. Фельшебанья) наблюдается в кварцевых жилах с доломитом, самородным мышьяком, пруститом, пиритом и халькопиритом. В р-ке Ла-Роз (Кобальт, Ка-



Фиг. 243. Кристалл ксантоконита (Ла-Роз) По Пикоку

нада) обнаружены полусферические корочки мелких светло-желтых кристаллов ксантоконита с включениями прустита. В ассоциации с пруститом известен также в других месторождениях (Польша, Франция, Чили, США).

**Искусств.** Получен в виде кристаллов вместе с пруститом при  $t=335-400^\circ$  и давлении ниже 900 атм из смеси Ag, As и S в концентрированных растворах полисульфидов Na и K, при атомных отношениях Ag : As в пределах 0,10—2,5<sup>4</sup>.

**Отл.** От прустита отличается по форме кристаллов и цвету черты (у прустита черта кирпично-красная).

#### Межплоскостные расстояния ксантоконита из Яхимова<sup>1</sup>

Си-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	202; $\bar{1}11$ ; 111	3	5,49	17	1	1	1,916
2	$\bar{1}15$ ; 115	1	4,20	18	2	1	1,872
3	$\bar{2}06$ ; 008; 206	3	4,01	19	1	1	1,823
4	$\bar{3}11$ ; 311	3	3,37	20	3	1	1,766
5	020	4	3,13	21	1	1	1,693
6	022	1	3,06	22	1	1	1,645
7	400; $\bar{1}19$	10	2,99	23	1	1	1,601
8	$\bar{4}04$	7	2,81	24	1	1	1,547
9	222; $\bar{3}17$	2	2,71	25	1	1	1,488
10	0.0.12	1	2,63	26	1	1	1,459
11		1	2,56	27	1	1	1,376
12		2	2,46	28	1	1	1,270
13		2	2,23	29	1	1	1,219
14		4	2,13	30	1	1	1,196
15		2	2,09	31	1	1	1,115
16		3	1,980				

#### Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A. Min. Mag., 1950, 29, No 211, 346.
2. Miers H. A. Min. Mag., 1893, 10, 185.
3. Tokody L. Cbl. Min., 1930, A, 117; Acta Geol. Acad. Sci. Hung., 1953, 2, f. 1/2, 185; Shannon E. V. Am. Min., 1928, 13, No 9, 469.
4. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 51, 85; Bédard R. Econ. Geol., 1948, 43, No 2, 119.

### Пиростильнит Pyrostilpnite



Назван от греч. πῦρ (пир) — огонь и στίλβος (стильное) — блестящий, в соответствии с цветом и блеском (Дана, 1868).

Синон. Огненная обманка (Брайтхауит, 1832), пирохролит (Адам, 1869), пирохротит (Брайтхауит — Френцель, 1874).

**Характ. выдел.** Кристаллики, сноповидные агрегаты, игольчатые выделения.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^5-P2_1/c$ ;  $a_0=12,18$ ;  $b_0=15,84$ ;  $c_0=6,24 \text{ \AA}$ ;  $\beta=90^\circ 00'$ ;  $a_0:b_0:c_0=0,7685:1:0,3941$ ;  $Z=8$  (Пикок, 1950)<sup>1</sup>.

**Призмат. кл.**;  $a:b:c=0,7685:1:0,3941$ ;  $\beta=90^\circ 00'$  (Пикок).



Формы:

	φ	ρ		φ	ρ
<i>c</i> 001	—	0°00′	<i>t</i> 151	14°35′	63°50′
<i>b</i> 010	0°00′	90 00	<i>s</i> 141	18 01	58 54
<i>a</i> 100	90 00	90 00	<i>r</i> 131	23 27	52 11
<i>k</i> 230	40 56	90 00	<i>q</i> 121	33 03	43 14
<i>m</i> 210	68 59	90 00	<i>T</i> 151	−14 35	63 50
<i>d</i> 101	90 00	27 09	<i>S</i> 141	−18 01	58 54
<i>D</i> 101	−90 00	27 09	<i>R</i> 131	−23 27	52 11
<i>p</i> 111	52 27	32 54	<i>Q</i> 121	−33 03	43 14
<i>P</i> 111	−52 27	32 54			

<i>mm</i> (210) : (210) = 42°02′	<i>sb</i> (141) : (010) = 35°29′	<i>rR</i> (131) : (131) = 36°39′
<i>dD</i> (101) : (101) = 54 18	<i>rb</i> (131) : (010) = 43 32	<i>rr*</i> (131) : (131) = 92 54
<i>pb</i> (111) : (010) = 70 40	<i>sS</i> (141) : (141) = 30 43	<i>qQ</i> (121) : (121) = 43 51
<i>qb</i> (121) : (010) = 54 58	<i>ss*</i> (141) : (141) = 109 02	<i>qq*</i> (121) : (121) = 70 05

\* Соответственно *SS*, *RR*, *QQ*.

Недостовверные формы: (110) и (120).

До 1950 г. кристаллографические данные основывались на измерениях Людеке<sup>2</sup>, который вывел отношение  $a : b : c = 0,3547 : 1 : 0,1782$ ;  $\beta = 90^\circ 00'$ . Как показал Пикок, Людеке ошибочно обозначил грани, служившие основой для его вычислений, как  $o(191)$  и  $o'(\bar{1}91)$ , тогда как они отвечали (181) и ( $\bar{1}81$ ) в установке самого Людеке — (141) и ( $\bar{1}41$ ) новой установки. На основе нового пересчета данных измерений Людеке получается морфологическое отношение осей, близкое к рентгеновскому:  $a : b : c = 0,3991 : 1 : 0,2005$  ( $2a : b : 2c = 0,798 : 1 : 0,400$ ). Формула перехода от установки Людеке к установке Пикока:  $100/0^{1/2} 0/001$ .

Кристаллы таблитчатые по  $b(010)$ , удлинённые по оси  $c$  (фиг. 244 и 245). Грани вертикальных призм с вертикальной штриховкой; на  $b(010)$  и на остальных гранях штриховки  $\parallel$  ребрам  $(101) : (010)$  и  $(\bar{1}01) : (010)$ .

Дв. очень распространены; дв. ось  $[001]$ , плоскость срастания  $(010)$ , резе  $(100)$ . Обычны субпараллельные сростки кристаллов.

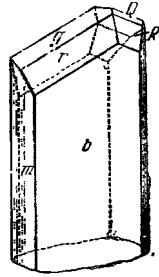
Физ. Сп. по  $(010)$  совершенная. Изл. раковистый. В тонких листочках несколько гибок. Тв. 2. Уд. в. 5,94 (вычисл. 5,97). Цв. оранжево-красный. Черта оранжево-желтая. Бл. алмазный, на  $(010)$  перла мутровый. Просвечивает.

Микр. В полир. шл. в проход. св. оранжево-желтый. Двусосный, опт. знак не установлен. Пл. опт. осей по Пикоку  $(010)$ , по Людеке  $\perp (010)$ .  $cNp = 8-11^\circ$ . Вследствие двойникования нет полного погасания.  $n$  и  $n'$  и двупреломление исключительно высокие. В полир. шл. в отраж. св. сходен с пруститом и пираргиритом и практически не отличим от ксантоконита. Минераграфически охарактеризован недостаточно. Характерны желтоватые внутренние рефлексы.

Хим. Теор. состав: Ag — 59,76; Sb — 22,48; S — 17,76. Состав пиростильпнита из Андреасберга (анал. Хампе<sup>2</sup>): Ag — 59,44; Sb — 22,30; S — 18,11; сумма — 99,85.

Диагн. исп. Разлагается  $HNO_3$  с выделением S и  $Sb_2O_3$ . Очень легко плавится.

Нахожд. Очень редок. Найден совместно с другими минералами Ag — мларгиритом, пираргиритом и др. — всего в нескольких месторож-



Фиг. 244. Кристалл пиростильпнита (Андреасберг) По Пикоку



Фиг. 245. Кристалл пиростильпнита (Андреасберг) По Людеке

дениях: в Пршибраме (Чехословакия), Андреасберге (ФРГ), Рэндсбёрге\* (шт. Калифорния, США), Колкечака (Боливия), Чаньярсилло (Чили) и др. Обычно образует выделения на карбонатах или выполняет трещинки в них; относится к относительно низкотемпературным минералам.

Межплоскостные расстояния пиростильнитита из Пршибрама<sup>1</sup>

Cu-антикатод,  $\lambda_{\alpha} = 1,5374kX$

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	020	1	8,02	12	260; 440	6	2,42
2	200	1	6,22	13		1	2,33
3	210	1	5,74	14		1	2,27
4	311; 240	2	3,32	15		1	2,17
5	141	5	3,22	16		2	2,11
6	321; 002	3	3,11	17		2	2,09
7	012; 400	1	3,05	18		1	1,975
8	410	1	2,99	19		5	1,890
9	331; 420	10	2,84	20		5	1,875
10	151; 212	1	2,74	21		2	1,819
11	060; 430	6	2,64	22		2	1,799

Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A. Min. Mag., 1950, 29, No 211, 346.
2. Luedecke O. Zs. Krist., 1882, 6, 570.
3. Murdoch J. Am. Min., 1941, 26, No 2, 130.

СТРУКТУРА ТИПА ЛОРАНДИТА

ГРУППА ЛОРАНДИТА

	Синг.	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.	
Лорандит	TlAsS <sub>2</sub>	Монокл.	12,27	11,34	6,11	104°12'	5,53

Лорандит Lorandite



Назван по имени физика Лоранда из Будапешта (Кренвер, 1895)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. В кристаллах.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^5 - P2_1/a$ ;  $a_0 = 12,27$ ;  $b_0 = 11,34$ ;  $c_0 = 6,11$  Å;  $\beta = 104^\circ 12'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,083 : 1 : 0,539$ ;  $Z = 8$  (Дана, 1944).

Структура лорандита характеризуется наличием сложных винтообразных цепочек AsS<sub>2</sub>, параллельных оси  $b$ , связанных атомами Tl<sup>1a</sup>.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 1,087 : 1 : 0,539$ ;  $\beta = 104^\circ 16'$  (Дана, 1944).  
Обычные формы:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	90°00'	14°16'	$A$ $\bar{2}01$	-90°00' 37°33'
$m$ 110	43 30	90 00	$s$ $\bar{1}11$	-25 30 30 51
$q$ 210	62 13	90 00	$v$ $\bar{3}11$	-67 10 54 15
$p$ 011	25 15	30 47	$l$ $\bar{3}21$	-49 54 59 08
$C$ 201	90 00	51 56		

$ca$ (001) : (100) = 75°44'	$Cm$ (201) : (110) = 57°11'	$sl$ ( $\bar{1}11$ ) : ( $\bar{3}21$ ) = 32°44'
$Ca$ (201) : (100) = 38 04	$cm$ (001) : (110) = 80 41	$ss$ ( $\bar{1}11$ ) : ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) = 55 25
$CA$ (201) : ( $\bar{2}01$ ) = 89 29	$sm$ ( $\bar{1}11$ ) : (110) = 79 39	$mq$ (110) : (210) = 18 43

Менее обычные формы:

$b$	010	$M$	130	$n$	045	$y$	111	$w$	$\bar{2}41$	$i$	$\bar{7}22$
$a$	100	$e$	120	$Z$	024	$r$	221	$\zeta$	$\bar{1}22$	$f$	$\bar{4}11$
$u$	140	$\epsilon$	320	$\beta$	$\bar{1}05$	$k$	121	$x$	$\bar{4}32$		

Недостовверные формы:

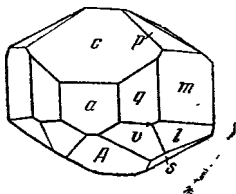
( $\bar{8}55$ ), ( $\bar{1}0.8.5$ ), ( $9.\bar{1}3.4$ ), ( $\bar{1}8.5.5$ ), ( $\bar{1}6.3.3$ ), ( $\bar{1}5.4.4$ ).

Установка Пикока-Дана (1944) отличается от прежних установок Креннера<sup>1</sup> ( $a : b : c = 0,853:1:0,685$ ;  $\beta = 89^\circ 43'$ ) и Гольдшмидта<sup>2</sup> ( $a : b : c = 1,087:1:1,078$ ;  $\beta = 104^\circ 16'$ ). Формулы перехода от установки Креннера к установке Пикока  $\bar{2}02/0\bar{2}0/101$ , от установки Гольдшмидта к установке Пикока  $\bar{2}02/0\bar{2}0/001$ . Соотношение символов главных форм по Пикоку-Дана (П.-Д.), по Креннеру (К) и Гольдшмидту (Г.):

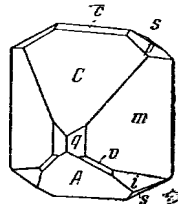
П.-Д.	$c$ 100	$a$ 100	$m$ 110	$C$ 201	$A$ $\bar{2}01$	$p$ 011	$s$ $\bar{1}11$
К.	$d$ 101	$t$ $\bar{1}01$	$x$ $\bar{1}2\bar{1}$	$c$ 001	$a$ 100	$p$ 111	$s$ 321
Г.	$d$ 101	$t$ 100	$x$ 110	$\bar{c}$ $\bar{2}01$	$a$ 001	$p$ 212	$s$ 112

Кристаллы величиной до 1 см, таблитчатые по (201), короткопризматические и др. (фиг. 246, 247).

Физ. Сп. по (100) совершенная; по ( $\bar{2}01$ ) очень хорошая, по (001) хорошая. Гибок. При слабом надавливании раскалывается на спайные пластинки и волокна. Тв. 2—2½. Уд. в. 5,529 — 5,533. (вычисл. 5,53). Цв. кошенильно-красный до карминово-красного, с поверхности — часто черновато-свинцово-серый; иногда покрыт охряно-желтым порошком. Черта темная вишнево-красная. Бл. алмазный. Мелкие кристаллы прозрачные до просвечивающих. Фотоэлектрический эффект меньше 0,01 (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>3</sup>.



Фиг. 246. Кристалл лорандита (Аллхар) По Пикоку



Фиг. 247. Кристалл лорандита (Аллхар) По Пикоку!

Микр. В пл. в прох. св. кошенильно-красный. Слабый плеохроизм: по  $N_g$  — оранжево-красный, по  $N_m$  — пурпурно-красный<sup>4</sup>. Двусный (+) (?). Пл. опт. ос.  $\perp$  (010).  $N_g = b$ ;  $N_p$  почти =  $a$ . Удлинение на спайных пластинках (+).  $n_g$  значительно больше 2,72;  $n_p > 2,72$  (Li). Двупреломление очень сильное.  $2V$  большой. Дисперсия  $r > v$  сильная.

В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый с голубоватым оттенком. Отраж. снос. (в %): для зеленых лучей 29,5, для оранжевых — 23, для красных — 20. Двуетражение слабое. Сильно анизотропен. Наблюдаются красные внутренние рефлексы.

Хим. Теор. состав: Tl — 59,46; As — 21,87; S — 18,67.

Анализы лорандита из Аллхара:

	Tl	As	S	Н.о.	Сумма
1.	59,76	22,30	18,99	—	101,05
2.	58,75	21,65	19,26	0,08	99,74

1 — анал. Лочка<sup>5</sup>; 2 — анал. Янаш<sup>6</sup>

Диагн. исп. Разлагается  $HNO_3$  с выделением S.

П. п. тр. легко плавится, окрашивая пламя в изумрудно-зеленый цвет, и легко улетучивается. В закр. тр. сплавляется в черную блестящую массу и дает возгоны TlS, AsS и  $As_2O_3$  в виде черных, оранжевых и белых колец.

Нахожд. Редкий гидротермальный минерал. Найден в сурьяномышьяковом месторождении Аллхар (Греция) в виде кристаллов на реаль

гаре<sup>1,7</sup> в ассоциации с марказитом и мельниковит-пиритом, а также в р-ке Рэмблер (шт. Вайоминг, США) на плотном пирите с баритом, аурипигментом и реальгаром<sup>8</sup>.

**Искусств<sup>9</sup>.** Получен при взаимодействии  $H_2S$ ,  $TiSO_4$  и  $H_3AsO_3$  в растворе, подкисленном  $H_2SO_4$ , а также при действии на порошок  $Ti$  кипящего раствора  $Na_2S_2O_3$ .

**Отл.** От врбаита, также найденного в месторождении Аллхар, отличается кристаллографически (врбаит — ромб. с.), по цвету и по уд. весу. От кермезита, киновари, куприта, прустита, пираргирита отличается по качественным реакциям и оптическим свойствам.

Межплоскостные расстояния лорандита из Аллхара (по Михееву)

Fe-антикатод,  $D=140$  мм

№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	3	5,94	5,39	32	7	1,676	(1,519)
2	2	5,26	4,76	33	6	1,656	1,499
3	2p	(4,05)	3,67	34	6	1,628	1,476
4	4	(3,92)	3,56	35	6p	1,598	1,449
5	3	3,74	3,39	36	2p	1,551	1,405
6	5	3,67	(3,33)	37	6	1,524	(1,379)
7	9	3,56	(3,22)	38	8p	1,483	1,344
8	5	(3,26)	2,961	39	5p	1,467	1,330
9	7	(3,17)	2,870	40	7p	1,436	(1,300)
10	10	2,963	(2,865)	41	1	1,421	(1,288)
11	10	2,869	(2,600)	42	1	1,417	(1,280)
12	5	2,744	(2,487)	43	1	1,401	(1,270)
13	7	2,627	(2,381)	44	6	1,386	(1,253)
14	8	2,419	(2,192)	45	4	1,364	(1,237)
15	6	2,364	2,142	46	3p	(1,345)	1,219
16	2	2,326	2,108	47	6ш	1,326	1,202
17	3	2,294	2,079	48	3p	1,313	(1,190)
18	3p	2,225	2,016	49	2p	1,301	(1,179)
19	3	2,190	(1,985)	50	3p	(1,243)	1,126
20	3	2,094	1,898	51	7p	1,227	1,112
21	3	2,069	1,875	52	7p	1,219	(1,105)
22	8	2,037	1,847	53	2p	1,207	1,094
23	2p	1,992	1,806	54	2ш	1,189	(1,078)
24	1	1,971	1,784	55	7p	1,166	1,057
25	5	(1,935)	1,754	56	3ш	1,152	1,046
26	2	(1,907)	1,729	57	1p	1,142	1,035
27	5	1,868	(1,694)	58	7p	1,126	(1,020)
28	8	1,849	(1,676)	59	6p	1,110	(1,006)
29	6p	1,793	1,625	60	6p	1,100	0,997
30	9	1,754	(1,590)	61	2p	1,090	0,988
31	6	1,729	(1,567)	62	7p	1,077	0,976
				63	7p	1,068	0,967

Л и т е р а т у р а

1. Krenner J. Math. term. tud. Értesítő, 1895, 13, 258; Zs. Krist., 1897, 27, 98.
- 1a. Zemann A., Zemann J. Acta Cryst., 1959, 12, 1002.
2. Goldschmidt V. Zs. Krist., 1898, 30, 275 и 294.
3. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
4. Tokody L. Zs. Krist., 1923, 59, 83.
5. Loczka J. Zs. Krist., 1904, 39, 523.
6. Jannasch P. Zs. Krist., 1904, 39, 123.

7. Barić L. Schweiz. min. petr. Mitt., 1958, 38, Н. 2, 248.  
 8. Rogers A. Am. J. Sci., 1912, 33, 105.  
 9. Gunning. Chem. Jahresber., 1869, 237.

## СТРУКТУРА ТИПА БЛЕКЛЫХ РУД

## ГРУППА ЛАУТИТА

Лаутит CuAsS Ромб. с.  $a_0$  3,79  $b_0$  5,48  $c_0$  11,49 Уд. в. 4,77

## Лаутит Lautite

## CuAsS

Назван по месторождению Лаута в Саксонии (Френцель, 1881)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Кристаллы, волокнистые, столбчатые, лучистые и мелкозернистые агрегаты.

Структ. морф. крист. Ромб. с.;  $a_0 = 3,79$ ;  $b_0 = 5,48$ ;  $c_0 = 11,49$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,691 : 1 : 2,097$ ;  $Z = 4$  (Вейл и Окар)<sup>2</sup>.

Структура<sup>2а</sup> отвечает искаженной структуре алмаза, в которой Cu, As и S занимают каждый одну треть положений атомов С алмаза. Атом Cu имеет ближайшими 3S и 1As, атом As—1Cu и 1S, атом S—3Cu и 1As.

Рентгеновское отношение осей отличается от морфологического в 2 раза большим значением  $c$ , что приводит к более сложным символам (третий индекс в 2 раза больше).

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,6912 : 1 : 1,0452$  (Дюрфельд)<sup>3</sup>.

Главные формы:

	φ	ρ		φ	ρ
$c$ 001	0°00'	0°00'	$e$ 101	90 00	56 31
$b$ 010	0 00	90 00	$w$ 122	35 53	52 13
$o$ 230	43 58	90 00	$g$ 232	43 58	65 20
$θ$ 032	0 00	57 28	$l$ 323	65 16	59 01
$f$ 305	90 00	42 13	$n$ 321	65 16	78 40

$eg$ (101) : (232) = 40°51'	$ee$ (101) : (101̄) = 66°58'	$go$ (232) : (230) = 24°40'
$gθ$ (232) : (032) = 39 07	$θθ$ (032) : (032̄) = 65 04	$wo$ (122) : (230) = 38 31
		$eo$ (101) : (230) = 54 37

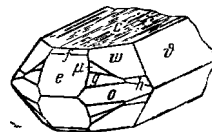
Второстепенные, редкие и недостоверные формы:

$x$ 221	φ 3.30.10	132	μ 6.10.9	$s$ 50.45.32	τ 621
$t$ 10.10.13	$i$ 9.30.20	$h$ 243	587	$k$ 15.10.8	$v$ 414

Кристаллы мелкие — короткопризматические и таблитчатые по (001)<sup>2</sup> (фиг. 248). На грани (001) штриховка || оси  $a$ . Крестообразные двойники и тройники по (110).

Физ. Сп. по (001) хорошая, хуже по (021) и плохая по (110)<sup>4</sup>. Хрупок. Тв. 3—3½. Уд. в. 4,53—4,91 (вычисл. 4,77). Цв. черный до стально-серого с красноватым оттенком. Черта черная. Бл. металлический до полуметаллического. Непрозрачен.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. серовато-белый с буро-фиолетовым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 32, для оранжевых — 28, для красных — 27. Анизотропен, с цветным эффектом:



Фиг. 248. Кристалл лаутита (Габе-Готес) По Дюрфельду

в продольных сечениях заметны синие тона, в поперечных сечениях — фиолетово-бурые. Внутренние рефлексy очень слабые.

Хим. Теор. состав: Cu — 37,20; As — 44,04; S — 18,79. Часть Cu замещается Ag (до 12%), а часть As — Sb.

Анализы:

	Cu	Ag	Fe	As	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	36,10	Сл.	—	45,66	—	17,88	99,64	4,91
2.	38,33	0,90	0,09	41,87	1,36	17,38	99,93	4,85
3.	37,07	—	—	44,53	—	18,30	99,90	4,53

1—2 Лаута: 1 — анал. Френцель<sup>1</sup>; 2 — анал. Винклер<sup>5</sup>; 3 — р-к Габеготес; анал. Дюр<sup>4</sup>.

**Диagn. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

В полир. шл. травится KCN и слабо — HgCl<sub>2</sub>.

П. п. тр. сильно растрескивается, легко сплавляется в блестящий королек и издает чесночный запах. В закр. тр. после растрескивания дает зеркало As.

**Нахожд.** Редок. Впервые найден в месторождении Лаута близ Мариенберга (Саксония, ГДР) вместе с самородным мышьяком, пруститом, пиритом, халькопиритом, блеклыми рудами, галенитом и баритом; мелкие кристаллы покрывают стенки пустот в халькопирите. В р-ке Габеготес близ Сент-Мари-о-Мин (Эльзас, Франция) лаутит обнаружен в ассоциации с самородными мышьяком и висмутом, теннантитом, лёллингитом, раммельсбергитом, пруститом и кварцем.

**Отл.** Макроскопически и микроскопически очень похож на энаргит. В отличие от последнего в полир. шл. в отраж. св. имеет более серую окраску, менее резко выраженные анизотропию и двуотражение; спайность у лаутита в шлифах не видна.

#### Л и т е р а т у р а

1. Frenzel A. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1881, 3, 515; 1882, 4, 97; 1894, 14, 125.
2. Weil R., Hocart R. C. R., Paris, 1939, 209, 444.
- 2a. Dornberger-Schiff K., Hühne K. Тезисы доклада, Федоровская сессия по кристаллографии. Изд. АН СССР, 1959, 39.
3. Dürrfeld V. Mitt. Geol. Landesanst. Elsass-Löthr., 1909, 7, 121; Zs. Krist., 1913, 51, 635.
4. Dürr L. Mitt. Geol. Landesanst. Elsass-Löthr., 1907, 6, 249; Zs. Krist., 1909, 47, 202.
5. Weisbach A. N.Jb. Min., 1882, 2, 251.

#### ГРУППА БЛЕКЛЫХ РУД

##### Теннантит — Тетраэдрит *Tennantite* — *Tetrahedrite*

Изоморфный ряд минералов с общей формулой  $A_{12}X_4S_{13}$ , где  $A$  — в основном Cu, реже — Ag, Zn, Fe или Hg;  $X$  — As и Sb, частично — Bi. Крайние главные члены ряда:

		$a_0$	Уд. в.
Теннантит	$\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$	10,21	4,61
Тетраэдрит	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	10,34	4,99

В природе наиболее распространены промежуточные члены ряда — блеклые руды —  $\text{Cu}_{12}(\text{Sb}, \text{As})_4\text{S}_{13}$ .

Название теннит дано по имени английского химика С. Тенана, изучавшего состав минералов (Филипс, 1819), тетраэдрит — по форме кристаллов (Хайдинггер, 1845), блеклая руда (фальэри) — из-за тусклого блеска на несвежем изломе.

Синон. теннитита: мышьяковая блеклая руда, частично медная блеклая руда, медная обманка (Брайтхаупт, 1823), юлианит (Вебский, 1871),  $\beta$ -энаргит или зеленый энаргит (Шнайдерхен, 1922) — вторичный по энаргиту. Синон. тетраэдрита: сурьмянистая блеклая руда, серая медь, серая медная руда, медная блеклая руда — частично, черная руда — частично, панабаз (Бедан, 1832), клиноэдрит (Брайтхаупт, 1866), нешаулит (Паддингтон, 1854), фалит (Брайтхаупт, 1866), студерит (Феленберг, 1864), филлит (Кенгот, 1855), павонадо (Раймонди, 1878). Ствилотит (ствилотит, Кобель, 1865) — частью тетраэдрит, частью смесь тетраэдрита и джемсонита (Милтон, Аксельрод, 1951).

Разнов. Аргентотеннит, заидберггерит, биннит, анцивит, ферротеннит, фрейбергит, швацит, ферротетраэдрит, фригидит, голдфиллит.

**Характ. выдел.** Сплошные массы, средне- и мелкозернистые до почти плотных; окрашенные зерна в рудах и породах; кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_d^3$  —  $I\bar{4}3m$ ;  $a_0$  колеблется в зависимости от состава: размер элементарной ячейки увеличивается от теннитита к тетраэдриту по мере замещения мышьяка сурьмой, а также при замещении меди серебром и ртутью; у тетраэдрита  $a_0 = 10,34 \text{ \AA}$ ;  $Z = 2$ ; у теннитита  $a_0 = 10,21 \text{ \AA}$ ; у Ag-содержащего тетраэдрита —  $10,42 \text{ \AA}$  (Махачки, 1928)<sup>1</sup>, у Fe-содержащего теннитита (биннита)  $10,21 \text{ \AA}$  (Полинг, Найман)<sup>2</sup>, у Hg-содержащих чешских тетраэдритов при содержании 6,2% Hg и 0,047% Ag —  $a_0 = 10,368 \text{ \AA}$ , при 9,0% Hg и 0,0747% Ag —  $a_0 = 10,38 \text{ \AA}$ , при 17,2% Hg и 0,104% Ag —  $a_0 = 10,453 \text{ \AA}^3$ .

Структура сложная (фиг. 249), сходная со структурой сфалерита<sup>1,2</sup> при удвоенном ребре элементарного куба; ячейка блеклой руды состоит из восьми ячеек типа сфалерита. У половины тетраэдров  $\text{Cu}_2\text{S}$  сфалеритоподобной структуры отсутствует четвертая вершина, т. е. половина атомов Cu имеет четверную координацию, а половина — тройную. Четверные S в тетраэдрах собраны тройками вокруг катионов As или Sb.

Структура аналогична таковой содалита<sup>4</sup> при замене атомов Na на атомы As и Sb, атомов O — на S, а (Si, Al) — на Cu. Атомы Cu, находящиеся в координации 3, располагаются в полостях решетки совместно с избыточными атомами S, которые занимают центры полостей и окружены шестью Cu. Соответственно структурная формула, по Полингу,  $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$  —  $\text{Cu}_6^{\text{III}}\text{Cu}_6^{\text{IV}}\text{As}_4^{\text{III}}\text{S}_{12}\text{S}$  (римские цифры показывают координационное число).

Гексатетраэдр. кл. Формы (наиболее распространены  $a, d, o, o', n$ )<sup>5</sup>:

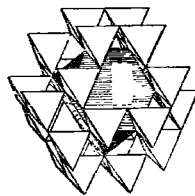
$a$ 100	$o'1\bar{1}1$	$\beta$ 322	$\mu$ 411	$n'\bar{1}1$	$r$ 332	$s$ 321
$d$ 110	$e$ 210	$n$ 211	$\omega$ 511	$\mu'4\bar{1}1$	$p$ 221	$s'3\bar{2}1$
$o$ 111	$f$ 310	$m$ 311	$\varphi$ 611	$\varphi'6\bar{1}1$	$r'3\bar{3}2$	

Менее обычны: (533), (744), (922), (811), (552), (431), (631), (521).

Кроме того, известен ряд редких и малодостоверных форм (см. Дана, 1944). Кристаллы большей частью тетраэдрического облика (фиг. 250—252), значительно реже октаэдрического или кубического (фиг. 253 и 254).

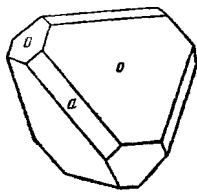
Дв. по (111) довольно обычны — двойники прорастания (фиг. 255), часто также повторные (фиг. 256).

Образуют ориентированные сростания с взаимно параллельными осями со сфалеритом, галенитом, халькопиритом (по Мюге), со станнином (по Спенсеру). При сростании с халькопиритом и сфалеритом грани положительных тетраэдров одного минерала парал-



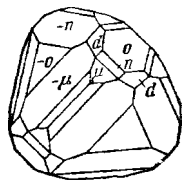
Фиг. 249.  
Структура  
блеклых руд  
По Белову

лельны граням отрицательных тетраэдров другого; в сростаниях с сфалеритом наблюдается также параллельная ориентировка одноименных граней<sup>6</sup>.

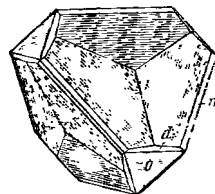


Фиг. 250. Кристалл блеклой руды (месторождение неизвестно)

По Преслу

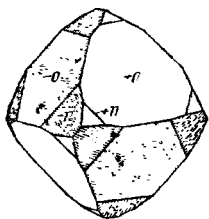


Фиг. 251. Кристалл блеклой руды (Березовск, Свердлов. обл.) По Бремееву



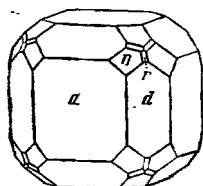
Фиг. 252. Кристалл блеклой руды (Ботес, Румыния)

По Зимани



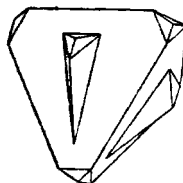
Фиг. 253. Кристалл блеклой руды (Дофинэ, Франция)

По Спенсеру



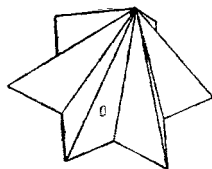
Фиг. 254. Кристалл блеклой руды (Бинненталь, Швейцария)

По Шрауфу



Фиг. 255. Двойник блеклой руды (месторождение неизвестно)

По Черяку



Фиг. 256. Двойник блеклой руды (месторождение неизвестно)

По Хайдингеру

Физ. Сп. отсутствует. Изл. раковистый, неровный до занозистого. Довольно хрупки. Тв. 3—4 (теннантит тверже тетраэдрита). Уд. в. 4,4—5,1<sup>7</sup> — более высокий у серебросодержащих и ртути содержащих разновидностей<sup>8</sup>; уд. в. тетраэдрита (вычисл. 4,99) выше, чем уд. в. теннантита (вычисл. 4,61). Цв. стально-серый до железно-черного. Черта стально-серая до железно-черной, иногда с буроватым, а у теннантита — с вишнево-красным оттенком. Бл. металлический или полуметаллический, на несвежем изломе тусклый. Непрозрачны.

Микр. В инфракрасных лучах изотропны. Прозрачность уменьшается по мере увеличения содержания Fe. Пок. прел. теннантита и тетраэдрита от 3,128 до 2,914, в среднем 3,014, возможно, несколько увеличивается в соответствии с повышением содержания Sb<sup>7</sup>.

В полир. пл. в отраж. св. серовато-белые со слегка зеленоватым или буроватым оттенком, в зависимости от состава. Отраж. спос. невысокая:

Лучи	Тетраэдрит (Венгрия)	Теннантит (Тсумб, Юго-Зап. Африка)	Фрейбергит (Фрейберг, ГДР)
Зеленые	27	29,5	29
Оранжевые	24	24	23
Красные	20,5	21,5	21

Изотропны. Характерны темные буровато-красные и красные внутренние рефлексы, более красные у теннантитов, более густые у тетраэдритов.



Хим. Изоморфный ряд с крайними членами — тетраэдритом (теор. состав: Cu — 45,77; Sb — 29,22; S — 25,01) и теннантитом (теор. состав: Cu — 51,57; As — 20,26; S — 28,17). Cu изоморфно замещается Zn, Fe, Ag (до 1—2%), реже — Hg, также Ni, Co; As и Sb иногда замещаются Bi; S в незначительной части — Se (до 0,13% Se, анализы 8 и 29), также Te (в голдфилдите 17% Te, анализ 35). В образцах из Японии отмечено содержание Sn (до 3,21%, анализ 34); небольшое количество Sn содержится в некоторых блеклых рудах Урала. Наличие Pb (старые анализы) объясняется неоднородностью анализированного материала и не подтверждается современными данными. Известны блеклые руды, содержащие Ge (0,14%, анализ 8). Спектроскопически установлены также Cd, Ga, Te; в Hg-содержащем тетраэдрите из Рудабаньи (Венгрия) — In<sup>3</sup>.

Анализы: <sup>8</sup>

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	53,24	46,03	49,83	41,65	35,72	41,94	42,03	44,50	42,76
Ag	—	—	1,87	—	13,65	—	1,24	0,02	—
Zn	0,23	—	—	2,33	6,90	4,39	7,76	7,28	6,28
Ge	—	—	—	—	—	—	—	0,14	—
Pb	—	—	0,17	—	0,86	—	—	0,35	Нет
Fe	1,58	3,37	1,11	4,11	0,42	0,52	0,62	0,62	2,07
Co	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—
As	18,29	19,85	19,04	13,68	17,18	21,90	19,80	18,76	15,98
Sb	—	1,47	—	20,04	0,13	1,33	—	Сл.	5,20
S	26,54	29,24	27,60	17,98	25,04	27,90	28,08	27,58	27,71
Se	—	—	—	—	—	—	—	0,06	—
H. о.	0,23	—	—	—	—	2,28	—	0,06	—
Сумма	100,11	100,00	99,62	99,79	99,90	100,26	99,53	99,37	100,00
Уд. в.	4,746	—	4,62	4,42	—	—	4,61	—	—
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cu	42,05	40,91	35,72	43,68	40,57	36,57	41,29	39,46	37,02
Ag	0,04	0,23	0,04	—	0,03	3,25	—	0,10	2,92
Zn	6,09	4,85	—	2,88	1,61	0,054	3,42	1,92	2,80
Hg	—	0,80	—	—	1,52	—	—	—	—
Pb	—	—	—	—	—	—	—	—	Сл.
Fe	1,48	2,57	6,51	4,81	4,53	4,76	3,37	3,77	2,34
Co	—	—	1,20	—	—	Сл.	—	—	—
As	12,57	9,03	11,44	8,32	5,07	1,80	1,63	0,06	—
Sb	10,87	15,77	2,19	12,73	20,60	30,21	23,92	29,35	29,22
Bi	—	—	13,07	—	—	—	—	—	—
S	27,12	26,34	29,10	25,32	25,21	24,02	25,28	24,88	24,88
H. о.	—	—	—	0,65	0,75	—	—	0,24	—
Сумма	100,22	100,50	99,27	98,39	99,89	100,664	98,91	99,78	99,18
Уд. в.	4,597	4,738	—	—	4,651	4,889	—	4,839	4,693

1—12 теннантиты: 1 — Кукс-Китчен (Корнуэлл, Англия); анал. Кречмер<sup>2</sup>; 2 — Джекказган (Каз. ССР), пересчет за вычетом 8,34% н. о.; анал. Нестерова<sup>10</sup>; 3 — Бинненталь (Швейцария); анал. Прайор<sup>5</sup>; 4 — Файтч (Штирия, Австрия); анал. Дутлер (анализ Рюбера и Фрэ из того же месторождения считается неверным)<sup>11</sup>; 5 — Моли-Джипсон (шт. Колорадо, США); анал. Пейфилд<sup>12</sup>; 6 — Кавказ; анал. Стукалова<sup>13</sup>; 7 — Бинненталь, кристаллы кубического облика; анал. Прайор<sup>14</sup>; 8 — Тсумб (Юго-Зап. Африка)<sup>15</sup>; 9 — Александровское м-ние (Каз. ССР); анал. Сендерова<sup>16</sup>; пересчет за вычетом 4,39% н. о.; 10 — Сан-Лоренцо в Сантьяго (Чили); анал. Кречмер<sup>2</sup>; 11 — Грос-Когель (Австрия); анал. Кречмер<sup>2</sup>; 12 — Кремница (Чехословакия); анал. Браунс<sup>17</sup>.

13—35 тетраэдриты: 13 — Березовск (Свердловская обл.); анал. Книпович<sup>16</sup>; 14 — Этёсбанья (Венгрия); анал. Пакозди<sup>18</sup>; 15 и 16 — Нагольный кряж (УССР); 15 — по Лазаренко<sup>19</sup>; 16 — по Юшко<sup>20</sup>; 17 — Добшина (Чехословакия); анал. Пакозди<sup>18</sup>;

	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Cu	37,70	45,39	35,54	29,99	30,56	17,85	18,06	35,12	37,85
Ag	Сл.	—	6,20	12,74	15,26	25,25	26,40	—	Сл.
Zn	3,87	—	3,31	2,49	Сл.	3,03	3,59	—	4,78
Hg	—	—	—	—	—	—	—	12,15	—
Pb	—	0,11	—	0,25	0,05	0,44	0,44	—	1,46
Fe	5,13	1,32	3,86	3,29	3,51	6,68	5,30	1,14	3,05
As	Сл.	Сл.	5,54	0,58	Сл.	1,55	1,20	—	4,98
Sb	26,81	28,85	20,38	26,42	27,73	21,20	21,17	25,65	19,62
S	16,49	24,48	25,63	23,71	23,15	22,86	22,91	21,61	24,72
H. o.	—	—	—	—	—	1,09	0,84	3,92	0,78

Сумма	100,00	100,15	100,46	99,47	100,26	99,95	99,91	99,59	97,24
Уд. в.	—	4,921	4,80	4,769	5,047	5,02	4,94	4,962	—

	28	29	30	31	32	33	34	35
Cu	39,20	39,16	37,75	33,83	33,30	30,04	31,25	33,49
Ag	—	Сл.	0,11	1,37	1,70	—	Сл.	0,18
Au	—	—	—	—	—	—	—	0,51
Zn	5,21	4,87	6,51	—	5,32	0,59	—	—
Hg	0,09	—	—	—	0,75	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	3,21	—
Pb	—	—	0,71	—	0,83	0,26	Сл.	—
Bi	—	—	0,53	4,55	—	—	—	6,91
Fe	2,55	2,00	1,10	6,40	2,66	9,83	4,27	—
Co	—	0,23	—	4,21	—	—	—	—
Ni	—	—	—	Сл.	2,49	3,46	—	—
As	2,59	1,68	—	6,98	4,48	1,50	5,28	0,68
Sb	24,48	15,71	18,66	14,72	23,44	28,82	28,41	19,26
S	14,18	14,48	14,61	26,40	23,83	24,48	26,17	21,54
Se	—	0,13	—	—	—	—	—	—
Te	—	—	—	—	—	—	—	17,00
H. o.	—	0,95	—	—	0,26	—	1,18	2,0

Сумма	98,30	99,21	99,98	98,46	99,06	98,98	99,77	101,57
Уд. в.	—	4,781	5,079	4,9	4,779	—	—	—

18 — Хержа (Румыния); анал. Пакозди<sup>18</sup>; 19 — р-к Гипотик (шт. Айдахо, США); анал. Шенон<sup>21</sup>; пересчет за вычетом кварца; 20 — Бур д' Уазан (Франция), кристаллы; анал. Прайор<sup>5</sup>; 21 — Зыряновское м-ние (Каз. ССР); анал. Пилпенко<sup>22</sup>; 22 — Уанчага (Болгария); анал. Кречмер<sup>9</sup>; 23 — Вольфак (ФРГ); анал. Прайор<sup>5</sup>; 24 и 25 фрейбергит; р-к Хайленд-Бел (Британская Колумбия, Канада); анал. Уильямс<sup>28</sup>; 26 — швацит; Альсосайо (Венгрия); анал. Пакозди<sup>18</sup>; 27 — Дарасун (Читинская обл.); анал. Кипович<sup>24</sup>; 28 — Нагольный край (УССР)<sup>23</sup>, кристаллы; 29 — Богоявленский р-к (Алтайский край); анал. Пилпенко<sup>22</sup>; 30 — Хорхаузен (ФРГ); анал. Кречмер<sup>9</sup>; 31 — Фрейленштадт (ФРГ); анал. Хилгер<sup>25</sup>; 32 — Мюльзен (ФРГ); анал. Кречмер<sup>9</sup>; 33 — фригидит; Фриджидо (Италия); анал. Манассе<sup>26</sup>; 34 — Кутосан (Хоккайдо, Япония)<sup>27</sup>; 35 — голдфиллит; Голдфилл (шт. Невада, США)<sup>28</sup>.

Диагн. исп. Разлагаются  $\text{HNO}_3$  с выделением S, сурьмяные разности выделяют S и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . Нацело разлагаются в царской водке.

В полнр. р-н.  $\text{HNO}_3$  преимущественно действует на железистые разности, Ag- и Hg-содержащие травятся  $\text{HNO}_3$ , KCN, меньше — KOH. Смесь конц.  $\text{KMnO}_4$  + конц. KOH +  $\text{H}_2\text{O}_2$  (6%) действует на сурьмяные

и не действует на мышьяковые разности. Лучшие структурные реагенты:  $4 \text{ см}^3 \text{ HNO}_3 + 9 \text{ см}^3 \text{ HCl} + 5\text{--}12 \text{ см}^3 \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$  или  $\text{Cl}_2\text{O}_3$  (50%) + HCl.

П. п. тр. очень легко плавятся, на угле дают серый королек, обычно реагирующий на Cu, и налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  или  $\text{As}_2\text{O}_3$  (характерный чесночный запах). В закр. тр. — темно-красный налет  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  или желтый до бурокрасного налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; швацит в закр. тр. с содой и углем дает капельки Hg.

**Наход.** Блеклые руды довольно широко распространены, но редко образуют самостоятельные крупные скопления. Встречаются в гидротермальных месторождениях самого различного генезиса в весьма различных парагенетических ассоциациях. Нередко присутствуют в высокотемпературных месторождениях, значительно распространены в месторождениях умеренных температур; реже встречаются в эпitherмальных месторождениях.

Состав не всегда указывается, что затрудняет сопоставление условий образования блеклых руд. Тетраэдрит в общем значительно более распространен, чем теннантит. Состав блеклой руды в известной мере отражает геохимический тип месторождения. На территории Советского Союза<sup>16, 29</sup> в вольфрамовых, золоторудных и сурьмяно-ртутных месторождениях чаще наблюдается тетраэдрит, в колчеданных — теннантит. Серебросодержащие разности встречаются преимущественно в свинцово-цинковых месторождениях, обогащенные цинком — в медно-цинковых.

Чаще всего блеклые руды наблюдаются в среднетемпературных медных и свинцово-цинковых месторождениях в тесном парагенезисе с халькопиритом или со сфалеритом и галенитом. Возрастные соотношения блеклых руд с указанными минералами различны, часто блеклые руды являются несколько более поздними; иногда в одном месторождении блеклые руды нескольких генераций имеют разный состав. Очень часты мельчайшие включения блеклой руды в галените. В золоторудных месторождениях блеклые руды нередко находятся в тесной ассоциации с халькопиритом и пиритом, а на Урале также и с айкинитом, бурновитом и др. Реже блеклые руды наблюдаются в месторождениях олова и вольфрама в парагенезисе с арсенопиритом, вольфрамитом, касситеритом, станнином, пирротинном, сфалеритом и другими минералами. В сурьмяно-ртутных месторождениях блеклые руды сопровождаются киноварью, антимонитом, реальгаром, буланжеритом и др. Отмечены также блеклые руды во флюоритовых жилах с баритом (Средн. Азия); барит, как жильный минерал, заключающий блеклые руды, вообще нередок.

Блеклые руды являются характерными минералами многих колчеданных месторождений, но обычно играют второстепенную роль в составе руд; характерна их ассоциация с халькопиритом. Теннантит (по Шнайдерхёну — зеленый энаргит) нередко замещает энаргит.

**Изм.** В соответствии с разным составом блеклых руд продукты их изменения очень разнообразны. В гипергенных условиях замещаются халькозином, ковеллином. Отмечались псевдоморфозы халькопирита, бурнонита и сфалерита по блеклой руде.

При выветривании блеклых руд образуются куприт, малахит, азурит, лимонит, вторичные минералы сурьмы (стибиконит, валентинит и др.) или мышьяка (различные арсенаты) и другие минералы. При изменении швацита возникает киноварь.

**Искусств.** В запаянной трубке кристаллы получают при красном калении при взаимодействии  $\text{H}_2\text{S}$  с  $\text{AsCl}_3$  или  $\text{SbCl}_3$  и с хлоридами Cu, Ag, Fe, а также при нагревании смеси  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{H}_2\text{S}$ . Образуются в системе Cu — Sb — As — S<sup>30</sup>.

**Практ. знач.** Входят в состав медных руд как спутники халькопирита и других медных минералов. При переработке медных руд, со-

державших теннантит, при крупном производстве как побочный продукт может получаться мышьяк.

**Отл.** Макроскопически характерны хрупкость, блеклый тон окраски на несвежем изломе, форма кристаллов. Под микр. в полир. пл. отличается изотропностью, оливковым оттенком и красными внутренними рефлексамми. От сходных в очень мелких зернах стефанита, полибазита, мпаргирита и т. п. отличаются большей твердостью и изотропностью. Бурнонит обычно светлее, имеет более голубой оттенок, отличается анизотропностью.

**Разнов.** по составу очень многочисленны, но не четко разграничены.

**Разнов. теннантита:**

**Ag-содержащий** — аргентотеннантит (анализ 5) — более редок, чем соответствующий сурьмяный минерал. Синон.: фредриктит (фредриктит; Шегрен, 1880).

**Zn-содержащий** — зандбергерит (частично) (Брайтхаупт, 1866) с 4—9% Zn (анализы 6—11). Синон.: медзянкит (miedziankite)<sup>21</sup>.

**Ag-Zn-содержащий** — биннит, кристаллы из Бинненталя (Швейцария). Синон.: купробиннит (Деклуазо, 1855).

**Bi-содержащий** — аннивит (Кенгот, 1855) с Bi, замещающим As и Sb (анализ 12). Синон.: висмутовая блеклая руда (Патерсон, 1870), ринонит (Браунс, 1870).

**Fe-содержащий** — ферротеннантит из Японии с 10,90% Fe (Харада, 1936; по Дана, 1944).

**Разнов. тетраэдрита:**

**Ag-содержащий** — фрейбергит (Кенгот, 1853) с содержанием от нескольких процентов до 17% Ag (анализы 21—23); необычно высоко содержание Ag во фрейбергите из Британской Колумбии (анализы 24—25). Наблюдается в свинцово-цинковых месторождениях. Синон.: серебряная блеклая руда (Хаусман, 1847), афтонит (Сванберг, 1847), полителит (Кобель, 1853), лейкаргирит (Вайсбах, 1875).

**Hg-содержащий** — швацит (шватцит; Кенгот, 1853) Редок (анализ 26). Синон.: ртутная блеклая руда (Глокер, 1847), спаннолит (Кобель, 1853), гермевит (Брайтхаупт, 1866).

**Zn-содержащий** — зандбергерит (частично) (Брайтхаупт, 1866), с содержанием от 4—5 и до 9,26% Zn (анализы 27—30). Наблюдается в свинцово-цинковых месторождениях. Синон.: цинковая блеклая руда.

**Fe-содержащий** — ферротетраэдрит. Обычно содержит не свыше 9% Fe (анализ 31). В кошпите (Дакиарди, 1873) 13,08% Fe при уд. в. 4,713.

**Ni-содержащий** — фригидит (Дакиарди, 1881) из Тосканы (Италия) с 7,55% Ni при 12,67% Fe и уд. в. 4,8; содержание Ni колеблется (анализы 32, 33). Синон.: никелевая блеклая руда.

**Sn-содержащий** из р-ка Кутосан (Япония) с 3% Sn (анализ 34).

**Te-содержащий** — голдфилдит (Рэнсом, 1909)<sup>28</sup>. Темно-свинцово-серый из р-ка Моухок (Голдфилд в шт. Невада, США). Уд. в. не определен. Анализ 35 для не вполне однородного материала. Содержит 17% Te.

Не проверены новыми исследованиями на оригиналах первичного изучения свинецсодержащие блеклые руды, в которых, видимо, имеются включения галенита: малиновскит (Раймонди, 1876), фурнетит (Мэн, 1860); клейит (Тейлор, 1859) — по видимому, продукт изменения какого-то минерала. Требуют проверки также Со-содержащие блеклые руды — кобальтовая блеклая руда (Зандбергер, 1865) с содержанием до 4% Со и др.

Фалькенхайнит из Яхимова (Шарицер, 1890) — смесь, содержащая 13,16% кварца, 12,77% доломита и, очевидно, тетраэдрит.

Ренюлит (ренюлит) (Дакиарди, 1883) — вероятно, цинксодержащий теннантит, близкий к бинниту. Кулебрит (Брук, 1836) частью, видимо, блеклая руда, частью смесь ее с другими сульфидами. Эритроконит (Адам, 1869) оказался смесью теннантита с халькозинном.

Межплоскостные расстояния теннантита и тетраэдрита<sup>32</sup>

№	hkl	Теннантит		Тетраэдрит	
		I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	222	10	2,94	10	3,00
2	400	6	2,55	6	2,60
3	411; 330	4	2,40	4	2,45
4	510; 431	4	2,00	4	2,04
5	521	4	1,862	4	1,900
6	440	10	1,803	10	1,839
7	433; 530	2	1,749	2	1,784
8	600; 442	2	1,700	2	1,734
9	611; 532	2	1,654	2	1,687
10	622	8	1,537	8	1,568
11	444	2	1,472	2	1,502
12	710; 550; 543	2	1,443	2	1,471
13	800	2	1,274	2	1,301
14	653	2	1,219	2	1,243
15	831; 750; 743	2	1,185	2	1,209
16	911; 753	4	1,170	—	—
	662	—	—	4	1,193
17	921; 761; 655	2	1,100	2	1,122
18	930; 851; 754	2	1,075	2	1,096
19	844	4	1,041	4	1,061

## Л и т е р а т у р а

1. Machatschki F. Zs. Krist., 1928, 68, 204.
2. Pauling L., Neuman E. W. Zs. Krist., 1934, 88, 54.
3. Bouška V. Rozpr. ČSAV, Rada mat.-přirod., 1956, 66, S. 13, 1; Sborn. Slavika Českosl. Akad. Ved., 1956, 43; см. также Kral R. Geologie, 1959, H. 4, 410.
4. Белов Н. В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз. Изд. АН СССР, 1947, 191.
5. Еремеев П. В. Зап. Мин. о-ва, 1868, 3, 106 и 1885, 20, 324 и др.; Prior G., Spencer L. Min. Mag., 1900, 12, 184; Ungemach H. Bull. Soc. fr. Min., 1909, 32, 377.
6. Mügge O. N. Jb. Min., 1903, В.-В. 16, 339; Spencer L. Min. Mag., 1907, 14, 327; Никитин В. В. (Nikitin) Zs. Krist., 1929, 69, 482.
7. Vaillu R. Am. Min., 1948, 33, No 9—10, 527.
8. Лазаренко Е. К. Мин. сб. Львовск. геол. о-ва, 1956, № 10, 204 (сводка анализов блеклых руд из разных месторождений); Вейц Б. М., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических м-ний Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 302 (сводка анализов алтайских блеклых руд); Эфендиев Г. X. Гидротермальный рудный комплекс с.-в. части Малого Кавказа. Изд. АН Азерб. ССР, 1957, 80 (анализы тетраэдрита); Назму А. I. Tscherm. min. petr. Mitt., 1957, 6, Nr 3, 238 (4 анализа блеклых руд из Восточных Альп); Bernard J. H. Rozpr. ČSAV, Rada mat.-přirod., 1957, 67, S. 3, 1 (изоморфные замещения); Нестерова Ю. С. Изв. АН СССР, сер. геол., 1960, № 1, 82 (хим. изучение).
9. Kretschmer F. Zs. Krist., 1911, 48, 484 (хим. изучение).
10. Чухров Ф. В. Рудные месторождения Джезказгано-Улутавского района в Казахстане. Изд. АН СССР, 1940, 16.
11. Dittler E. Sbl. Min., 1942, A, Nr 10, 182.
12. Penfield S. L. Am. J. Sci., 1892, 44, 18.
13. Магакьян И. Г. Зап. Всес. мин. о-ва, 1952, 81, № 4, 251.
14. Prior G. Min. Mag., 1916, 15, 385.
15. Kriesel F. W. Chem. Ztng., 1924, 48, 961; Min. Abstr., 1926, 3, 59.
16. Радкевич Е. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 497 (сводка данных, соображения о генезисе).
17. Petersen T. N. Jb. Min., 1870, 590.
18. Rákosdy V. Acta Min. Petr. Szeged, 1949, 3, 30 (хим. изучение венгерских блеклых руд).
19. Лазаренко Е. К. ДАН СССР, 1941, 31, № 5, 475.
20. Юшко С. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1948, 23, 225.

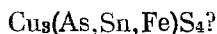
21. Shappon E. V. U. S. Nat. Mus. Bull., 1926, No 131, 1.
22. Филипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 399.
23. Staples A. B., Warren H. V. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 29.
24. Смирнов С. С. Изв. Главн. геол.-разв. упр., 1930, 49, № 2, 240.
25. Hilger A. N. Jb. Min., 1865, 586.
26. Manasse E. Att. soc. tosc., 1906, 22, 81 (по реферату в Zs. Krist., 1908, 44, 661).
27. Kinoshita K., Takimoto T. J. Japan Assoc. Min., Petr., Econ. Geol., 1944, 31, 1 (по реферату Chem. Abstr., 42, 64).
28. Ransome F. L. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 1909, 66, 116; Thompson R. M. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 77.
29. Ярош Н. А. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 302.
30. Gaudin A. M., Dicke G. Econ. Geol., 1939, 34, 49.
31. Morosevitz J. Sprav. Polsk. Inst. Geol., 1923, 2, 1.
32. Waldo A. W. Am. Min., 1935, 20, No 8, 575.

## ГРУППА КОЛУСИТА

		Сингония	$a_0$	$c_0$
[Колусит]	$\text{Cu}_3(\text{As}, \text{Sn}, \text{Fe})\text{S}_4^?$	Куб.	10,608	—
[Германит]	$\text{Cu}_3(\text{Fe}, \text{Ge})\text{S}_4$	Куб.?	10,585	—
[Реньерит]	$(\text{Cu}, \text{Fe})_3(\text{Fe}, \text{Ge})\text{S}_4$	Тетраг.	5,33	10,48

Состав минералов этой группы и принадлежность их к минералам со структурой типа блеклых руд требуют уточнения. Германит и реньерит, подобно колуситу, описывались как минералы кубической сингонии; Мёрдок (1953) считал реньерит богатой железом разновидностью германита. Леви и Пруво (1957) пришли к заключению, что оба эти минерала псевдокубические — тетрагональные; авторы подчеркивают различия между германитом и реньеритом, но отмечают сходство рентгенограмм обоих с рентгенограммами халькопирита и станнина и высказывают предположение о сходстве их структур. Штрунц (1959) указывает на аналогию реньерита с люцитом, германита — с теннантитом и считает минералы диморфными.

## Колусит Colusite



Назван по месту первой находки на участке Колуса месторождения Бьютт в шт. Монтана (Лэндон и Моджилнор, 1933)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Зернистые агрегаты, кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_d^3 - \bar{I}43m^?$ ;  $a_0 = 10,608 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (Мёрдок, для оригинала анализа № 2)<sup>2</sup>. Предположительно структура

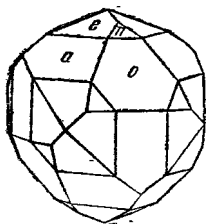
близка к структуре блеклых руд.

Гексатетраэдр. кл. Формы:  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $e(210)$ ,  $n(211)$ , возможно также  $a(100)$ ,  $(1\bar{1}1)$  и  $(1\bar{1}2)$ . Кристаллы тетраэдрического и более сложного облика (фиг. 257). Известны двойники.

**Физ.** Сп. не наблюдается. Изл. неровный, до занозистого. Хрупок. Тв. 3—4. Уд. в.  $4,20^1$ ,  $4,50^3$  (вычисл.  $4,434$ ). Цв. бронзовый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полпр. шл. в отраж. св. розовато-кремовый. Изотропен. Характерно зональное строение зерен.

Образует тесные прорастания с тетраэдритом, ковеллином, энаргитом и др.



Фиг. 257. Кристалл колусита (Бьютт)

По Вольфе

Хим. Состав требует уточнения. Возможно, что в оригиналах анализов имелась механические примеси. Опубликованные Лэндоном и Моджиспором анализы «колусита», по-видимому, не относятся к колуситу<sup>2</sup>.

Анализы:

	Cu	Fe	Sn	V	As	Sb	S	Te	H. o.	Сумма
1.	47,99	1,09	6,71	2,18	9,54	0,19	30,65	1,26	—	99,71
2.	46,9	3,6	5,8	?	8,40	0,64	19,2	0,4	0,9	95,84

1 и 2 — Бьютт: 1 — анал. Гоньер<sup>3</sup>; 2 — анал. Мёрдок<sup>2</sup>; по данным спектрального анализа содержит много V.

Диагн. исп. В полпр. пл. от HNO<sub>3</sub> медленно бурет, выявляется зональное строение (по Мёрдоку, от HCl бурет).

Нахожд. Очень редок. Наблюдался на различных горизонтах ниже уровня 350 м в месторождении Бьютт (шт. Монтана, США), где отлагался в кварцево-пиритовую стадию раньше энаргита, борнита, халькозина и халькопирита, с которыми находится в тесной ассоциации<sup>4</sup>. Обнаружен также в Рэд-Маунтин (шт. Колорадо, США).

Межплоскостные расстояния колусита из месторождения Бьютт<sup>2</sup>  
Cu-антикатод и Co-антикатод (средние значения)

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	001	1	11,88	27	025; 234	1	1,98
2		1	11,00	28	044	8	1,88
3		1	9,99	29	035; 334	1	1,82
4	011	1	7,46	30	006; 244	1	1,773
5		1	6,80	31	116; 235	1	1,72
6		1	6,65	32	226	6	1,60
7	111	1	6,07	33	136	1	1,56
8	002	2	5,30	34	444	1	1,53
9	012	2	4,75	35	017	1	1,495
10	112	2	4,33	36	156; 237	1	1,35
11	013	2	3,36	37	008	2	1,323
12	113	1	3,21	38	266	2	1,22
13	222	10	3,075	39	238	1	1,206
14	023	1	2,96	40	048	1	1,19
15	123	1	2,83	41		3	1,084
16	004	4	2,66	42	159; 377	2	1,023
17	014	1	2,56	43		1	0,9921
18	033; 114	1	2,50	44		1	0,9411
19		1	2,476	45		1	0,9394
20	113	1	2,41	46		1 <sub>III</sub>	0,9245
21	024	1	2,38	47		2 <sub>III</sub>	0,8979
22	124	1	2,32	48		4 <sub>III</sub>	0,8432
23	233	1	2,26	49		1	0,8396
24	005	1	2,12	50		1	0,8108
25	015; 134	1	2,08	51		1	0,8074
26	115	1	2,018				

#### Л и т е р а т у р а

1. Landon R. E., Mogilnogo A. H. Am. Min., 1933, 18, No 11—12, 528 (первое всестороннее описание с анализами Гросса, которые, по-видимому, не относятся к колуситу).
2. Murdoch J. Am. Min., 1953, 38, No 9—10, 794.
3. Bergman H., Gonuer F. A. Am. Min., 1939, 24, No 6, 377 (всестороннее описание).
4. Nelson R. Am. Min., 1939, 24, No 6, 369.

## Германит Germanite



Назван по содержанию германия (Пуфаль, 1922)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Микроскопически мелкие зерна, зернистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с. ?  $T_d^3$  —  $I\bar{4}3m$  (Ламбо)<sup>2</sup>,  $a_0 = 10,585 \text{ \AA}$  (Мёрдок)<sup>3</sup>. Предположительно<sup>4</sup> является псевдокубическим. Кристаллы неизвестны.

**Физ.** Сп. нет. Хрупок. Тв. 4. Уд. в. 4,46—4,59 (вычисл. 4,30). Цв. серый с темно-красным оттенком. Черта темно-серая до черной. Бл. металлический. Неупруг. Непрозрачен.

Уд. электр. сопротивление низкое. Немагнитен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. коричнево-розовый, светлый серовато-розовый с фиолетовым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 22, для оранжевых — 21,5, для красных — 21,5. Изотропен. Внутренние рефлексы не наблюдались. Легко полируется. Отмечались ориентированные сростания германита с пиритом. Образует тесные взаимные прорастания с теннантитом.

**Хим.** В чистом виде не анализировался. Отношение Fe : Ge близко к 1 : 1, содержание Fe колеблется от 4,56 до 8,39, Ge — от 8,70 до 10,96, Ga — от 0,76 до 1,99%<sup>4</sup>.

Анализы германита, содержащего примеси:

	Cu	Zn	Ga	Ge	Fe	Pb	S	As	Сумма
1.	42,12	3,93	1,85	10,19	7,80	0,96*	31,27	1,37	99,49
2.	45,40	2,61	0,74	6,20	7,22	0,69	31,34	5,03	99,98**
3.	39,44	3,56	—	7,04	10,70	0,26	31,44	4,86	98,98***

\* По данным спектрального анализа 0,5—0,1% Pb.

\*\* Включая 0,75% SiO<sub>2</sub>.

\*\*\* Включая 1,68% SiO<sub>2</sub>.

1—3 — Тсумб; 1 — с небольшой примесью галенита; анал. Клем<sup>5</sup>; 2 — с примесью 20% теннантита; анал. Пуфаль<sup>1</sup>; Ga по данным Кризеля<sup>6</sup>; 3 — с примесью 17% пирита, 5% теннантита и 1% других примесей; анал. Тод<sup>7</sup>.

Спектроскопически определены (в %)<sup>8</sup>: 0,01—0,005 Ag (или 0,006 Ag + Au)<sup>4</sup>; 0,03 Mo; 0,05—0,01 Cd; 0,01—0,005 Tl; 0,5—0,1 Pb; 0,001 V; 0,5—0,1 Sb.

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

В полир. пл. травится HNO<sub>3</sub> и FeCl<sub>3</sub>; другие реактивы не действуют. От смеси HNO<sub>3</sub> (1 : 2) с небольшим количеством KClO<sub>3</sub> и конц. HCl энергично выделяется Cl и резко выявляются контуры зерен.

П. п. тр. растрескивается и с трудом плавится.

**Находж.** Гидротермальный. Найден в значительном количестве только в Тсумбе (Юго-Зап. Африка), в тесной ассоциации с галенитом, теннантитом и сфалеритом; сопровождается реньеритом. В виде мелких выделений установлен в ассоциации с энаргитом и теннантитом в Дастакертском месторождении (Арм. ССР)<sup>8</sup>, с людонитом — в шлифах руд из колчеданно-свинцово-цинкового месторождения Каз. ССР<sup>9</sup>.

**Изм.** В Тсумбе замещается теннантитом и реньеритом<sup>10</sup>.

**Отл.** В полир. пл. в отраж. св. от энаргита и людонита отличается изотропностью, от борнита — более светлой окраской (борнит и реньерит более оранжевые).



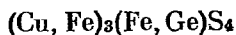
Межплоскостные расстояния германита из Теумеба<sup>3</sup>  
Cu-антикатод и Co-антикатод (средние значения)

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1		1	11,46	24	135	1	1,791
2	001	1	10,13	25	006; 244	1	1,766
3		1	8,77	26	116; 235	1	1,72
4	011	1	7,50	27	226	7	1,596
5		1	7,02	28	136	1	1,562
6		1	6,25	29	444	1	1,527
7	111	1	6,11	30	017	1	1,502
8	002	1	5,31	31	117; 155	1	1,479
9	012	1	4,74	32	127; 255; 336	1	1,442
10	112	2	4,32	33	156; 237	1	1,343
11	022	1	3,73	34	008	2	1,323
12		1	3,42	35	266	3	1,214
13	013	1	3,34	36	048	1	1,184
14	222	10	3,054	37	448	4	1,080
15	023	1	2,96	38	666; 2.2.10	2	1,019
16	123	1	2,83	39		2	1,005
17	004	4	2,64	40		1	0,9369
18	033; 114	1	2,49	41		1	0,9358
19	024	1	2,37	42		1 <sub>m</sub>	0,9287
20	233	1	2,255	43		1 <sub>m</sub>	0,9171
21	224	1	2,16	44		3 <sub>m</sub>	0,8950
22	015; 134	1	2,083	45		1	0,8080
23	044	8	1,87	46		1	0,8063

## Л и т е р а т у р а

1. Pufahl O. Metall u. Erz, Halle, 1922, 19, 324.
2. Lambot H. Bull. Soc. Géol. Belg., 1950, 73, № 3—7, 183.
3. Murdoch J. Am. Min., 1953, 38, No 9—10, 794.
4. Lévy C., Prouvost J. Bull. Soc. fr. Min., 1957, 80, № 1—3, 59.
5. Moritz H. N. Jb. Min., 1933, B.-B. 67 A, 124.
6. Kriesel F. W. Metall u. Erz, Halle, 1922, 20, 257.
7. Thomson E. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1924, No 48, 961.
8. Карамян К. А. Зап. Арм. отд. Всес. мин. о-ва. 1959, вып. 1, 101.
9. Смирнов Ф. Л., Яковлев Л. И. Тр. Мин. музея АН СССР, 1959, вып. 10, 80.
10. Selar C. B., Geier V. H. Econ. Geol., 1957, 52, No 6, 612.

## Реньерит Renierite



Назван по имени бельгийского геолога Ренье (Ваэс, 1948)<sup>1</sup>. Первоначально был описан как «борнит оранжевый».

**Синон.** Железистый германит.

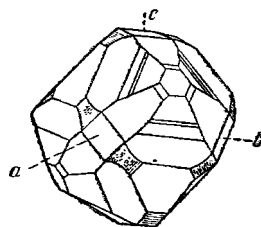
Наблюдающиеся в шлифах руд из многих месторождений выделения «оранжеборнита» частично могут оказаться реньеритом.

**Характ. выдел.** Мелкие зерна (частью веретеновидные) и кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с., псевдокубический.  $a_0 = 5,33$ ,  $c_0 = 10,48$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,97$  (Левы и Пруво)<sup>2</sup>.

**Формы** (в кубической установке)<sup>3</sup>: (100), (110), (111), ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) и тетраэдры (hkk) и (hhl) (фиг. 258).

Кристаллики реньерита образуют включения в халькопирите, сфалерите, галените, теннантите, борните и халькозине. Очертания зерен часто округлые. Величина их — до 1,5 мм.



Фиг. 258. Кристалл реньерита (рудник Леопольд) По Ваэсу

Физ. Сп. не наблюдалась. Тв. 4—4½. Уд. в. 4,3—4,5. Цв. бронзовый, слегка желтоватый. Бл. металлический. Неупрозрачен. Магнитен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. бронзовый, слегка оранжевый. Отраж. спос. такая же, как у борнита. Двухотражение в оранжево-бурых тонах, отчетливо заметно только в иммерсии. Анизотропен. Наблюдаются полисинтетические двойники. Легко полпруется.

Хим. Состав достоверно не изучен.

Анализы:

	Cu	Zn	Ga	Ge	Fe	S	As	Сумма	Уд. в.
1.	41,63	3,53	—	7,75	13,73	31,51	0,87	99,02	4,31
2.	42,05	3,94	—	6,37	13,78	31,69	0,79	98,62	—
3.	43,81	—	0,55	6,00	12,08	31,28	4,72	98,44	—

1—2—р-к Леопольд; anal. Брак<sup>1</sup>; 3—Тсумеб (оригинал рентгеновского изучения)<sup>3</sup>.

Диагн. исп. При растворении в конц. HNO<sub>3</sub> выпадает белый осадок, растворимый в воде и дающий реакцию на Ge. В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> (1 : 2) + KClO<sub>3</sub> + конц. HCl выявляется структура.

Повед. при нагр. При нагревании до 170° не изменяется.

Наход. Очень редкий гидротермальный минерал. Ассоциируется с борнитом, теннантитом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Найден в р-ке Леопольд (Кипуши, Бельгийское Конго) и в Тсумебе (Юго-Зап. Африка), где замещает германит<sup>4</sup>. Образует сростания с галенитом, пиритом, германитом и борнитом. Установлен в ассоциации с энаргитом и теннантитом в рудах медно-молибденового Дастакертского месторождения (Арм. ССР)<sup>5</sup>.

Изм. Замещается халькозином.

Отл. Под микр. в полир. пл. от борнита и германита отличается наличием двойников, желтовато-оранжевым оттенком окраски, анизотропностью и магнитностью. Характерным отличительным признаком может служить быстрое появление побежалости у борнита, в то время как у реньерита она не наблюдается.

#### Межплоскостные расстояния реньерита из Тсумеба<sup>3</sup>

Cu-антикатод и Co-антикатод (средние значения)

№	hkl	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1		1	11,72	18	024	1	2,386
2	001	1	10,25	19	233	1	2,255
3		1	8,96	20	224	1	2,163
4	011	1	7,50	21	005	1	2,13
5	111	1	6,05	22	015; 134	1	2,075
6	002	1	5,30	23	115	1	2,03
7	012	1	4,80	24	044	8	1,87
8	112	2	4,31	25		1	1,858
9	022	1	3,75	26	035; 334	1	1,816
10	003	1	3,55	27	116; 235	1	1,722
11	013	1	3,34	28	226	6	1,595
12	222	10	3,06	29	136	1	1,56
13	023	1	2,96	30	444	1	1,529
14	123	1	2,82	31	017	1	1,497
15	004	3	2,65	32	117; 155	1	1,473
16	014	1	2,56	33	127; 255; 336	1	1,444
17	033; 114	1	2,50	34		1	1,435

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
35	4+5; 037; 227	1	1,395	42	666; 2.2.10	1	1,020
36	008	1	1,325	43	0.3.10	1	1,016
37	266	3	1,214	44		1	0,9395
38	048	1	1,194	45		1	0,9360
39		2	1,083	46		1	0,9340
40	448	1	1,080	47		1ш	0.8958
41	159; 377	1	1,022				

## Литература

1. Vaes J. F. Ann. Soc. Géol. Belg., Bull., 1948—1949, 72, N° 1—2, 19.
2. Lévy C., Prouvost J. Bull. Soc. fr. Min., 1957, 80, N° 1—3, 59; Strunz H. Fortschr. Min., 1959, 37, Nr 1, 87.
3. Murdoch J. Am. Min., 1953, 38, No 9—10, 794.
4. Sclar C. V., Geier V. H. Econ. Geol., 1957, 52, No 6, 612.
5. Карамян К. А. Зап. Арм. отд. Всес. мин. о-ва, 1959, вып. 1, 101.

## СТРУКТУРА ТИПА СУЛЬВАНИТА

## ГРУППА СУЛЬВАНИТА

Сульванит  $\text{Cu}_3\text{VS}_4$  Куб. с.  $a_0$  5,38 Уд. в. 3,9

## Сульванит Sulvanite

 $\text{Cu}_3\text{VS}_4$ 

Назван по составу: суль — от Sulphur (сера), ван — от Vanadium (ванадий) (Гойдер, 1900).

Разнов. Арсеносульванит.

Характ. выдел. Сплошные выделения, редко — кристаллы.

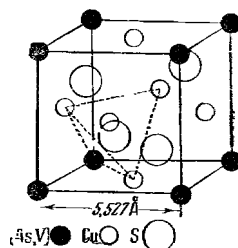
Структ. и морф. крист. Куб. с.  $T_d^1 - P\bar{4}3m$ ;  $a_0 = 5,381 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Поллинг и Хултгрэн, 1933)<sup>1</sup>.

Структура сульванита<sup>2</sup>, так же как сфалерита и халькошрита, представляет кубическую плотнейшую упаковку. Половина тетраэдрических пустот занята катионами, но мотив укладки другой, в связи с чем элементарный куб не гранецентрированный, как у сфалерита, а примитивный. Ориентировка V-тетраэдров противоположна ориентировке Cu-тетраэдров. Все 6 ребер V-тетраэдра общие с Cu-тетраэдрами, чего нет в решетке сфалерита (фиг. 259). Гексатетраэдр. кл. Кристаллы несовершенные, несколько удлиненные в одном направлении<sup>3</sup>. Формы  $a(100)$ ,  $\bar{d}(110)$ , а также  $o(111)$ .

Физ. Сп. по (100) совершенная. Изл. раковистый или неровный. Хрупок. Тв.  $3\frac{1}{2}$ . Уд. в. 3,84—4,01 (вычисл. 3,94). Цв. бронзово-желтый, наблюдается темно-стально-серая побежалость. Черта черная или черно-серая. Бл. металлический, иногда тусклый. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. желтовато-белый или темно-красно-желтый. Отраж. спос. (в %) для зеленых лучей 28, для оранжевых — 25,5, для красных — 25,5. Изотропен. Внутренних рефлексов нет. Характерно выкрашивание по спайности в виде треугольников, как у галенита.

Хим. Теор. состав: Cu — 51,55; V — 13,78; S — 34,67. Содержит изоморфную примесь As, замещающего V; по-видимому, существует изоморф-



Фиг. 259. Структура сульванита По Михееву

ный ряд  $\text{Cu}_2\text{VS}_4$ — $\text{Cu}_2\text{AsS}_4$ , крайний мышьяковый член которого еще не известен; промежуточным членом ряда является арсеносульванит<sup>4</sup>. Cu частично изоморфно замещается Zn<sup>5</sup>.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	51,20	52,27	52,27	50,52	53,71	51,73	53,80	48,84	46,65
Zn	—	—	—	—	0,31	1,63	—	—	—
S	34,60	34,49	34,14	35,10	32,52	32,69	34,48	33,14	31,66
As	—	—	—	—	—	—	7,80	12,80	11,67
V	14,20	13,24	13,59	14,38	13,46	13,95	3,92	4,16	5,20
H. o.	—	—	—	—	—	—	—	1,01	3,82
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	99,00
Уд. в.	—	3,98—4,01	—	—	3,84	—	—	4,20	4,04

1—6 сульванит: 1—3 Бёрэ-Бёрэ: 1 — авал. Врис<sup>6</sup>; пересчет на 100% за вычетом примесей; 2 — пересчет средних данных из двух анализов Шульце<sup>7</sup> за вычетом 6,45% жильных минералов и 1,04%  $(\text{Fe,Al})_2\text{O}_3$ ; 3 — анал. Гойдер<sup>8</sup>; пересчет на 100% после вычитания 6,32% жильных минералов; 4 — Люфюнгф; пересчет на 100% анализа Молле<sup>9</sup> за вычетом 7,52%  $\text{SiO}_2$ ; содержит следы Fe, Ca, Mg; 5 — Талдык; анал. Соловьян; пересчет анализа на 100% за вычетом 3,90% кварца<sup>5</sup>; 6 — Курумсак; анал. Поток; пересчет на 100% за вычетом 2,40% примеси кварца, глинистого вещества и карбоната<sup>6</sup>; 7—9 арсеносульванит: 7 — Лебедино м-ние; пересчет неполного анализа за вычетом  $\text{SiO}_2$ <sup>10</sup>; 8 и 9 — Монголия; анал. Стукалова<sup>4</sup>, Fe, Ag, Sb и Bi не обнаружены.

Диагн. исп. В полир. пл. обычными реактивами не травится. Для диагностики минерала применяются микрохимические реакции на V и Cu. На арсеносульваните капля KCN через 1 мин. становится розовой.

В закр. тр. дает возгон S.

Наход. Очень редкий минерал гидротермальных месторождений и некоторых месторождений неясного генезиса. В Казахской ССР в горах Каратау и Таласский Алатау встречается в кварцевых прожилках, секущих глинисто-антракосолитовые сланцы (месторождения Талдык и Курумсак); сопровождается роскоэлитом, апатитом, галенитом, пирротином, иногда золотом<sup>5</sup>. Установлен на Сев. Кавказе в борнитсодержащих рудах в тесной ассоциации с энаргитом<sup>5а</sup>. Наблюдался в известняке в Бёрэ-Бёрэ в Южной Австралии; в кальцитовой брекчии около Меркура (шт. Юта, США); в доломите месторождения Люфюнгф в Бельгийском Конго<sup>9</sup>.

Изм. При выветривании легко изменяется и покрывается налетами малахита, азурита и вторичных минералов Cu, V и As.

Межплоскостные расстояния сульванита  
из р-ка Эдлвейс (Южная Австралия) (XRDC)\*

№	hkl	<i>l</i>	$\frac{d_c}{n}$	№	hkl	<i>l</i>	$\frac{d_c}{n}$
1	310	8	3,39	11	800	6	1,351
2	222	8	3,11	12	820; 644	5	1,306
3	321	4	2,88	13	662	5	1,238
4	400	6	2,70	14	752	2	1,221
5	420	7	2,41	15	840	2	1,203
6	510	6	2,11	16	842	4	1,175
7	440	10	1,910	17	844	8	1,101
8	600	6	1,795	18	10.2.2; 666	4	1,038
9	622	7	1,625	19	10.4.0; 864	4	1,000
10	640	6	1,496				

\* 1944, II, 3094.

**Искусств.** Получен из смеси Cu и S с сульфидом V при нагревании в запаянной кварцевой трубке<sup>11</sup>.

**Разнов.** Арсеносульфанит — arsenosulvanite (Бетехтин, 1941)<sup>4</sup> с преобладанием As над V. Установлен в тесной ассоциации с борнитом в Лебедином золоторудном месторождении на Алдане (Якутская АССР<sup>10</sup>), в Монголии. Содержит As до 13%; As : V до 2 : 1. Для образца с Алдана (анализ 7)  $a_0 = 5,22 \text{ \AA}$ , для образца из Монголии (анализ 8)  $a_0 = 5,267$ , уд. в. 4,01—4,2. Порошковая диаграмма арсеносульфаниита отличается от таковой сульфаниита выпадением всех отражений со смешанными индексами.

**Межплоскостные расстояния арсеносульфаниита из Монголии (по Михееву)**

Fe-антикатод,  $D = 46,00 \text{ мм}$

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	111 $\beta$	4	(3,339)	3,027	9	400 $\beta$	1/2	(1,448)	1,313
2	111	9	3,034	(2,750)	10	331 $\beta$	1/2	(1,328)	1,204
3	100	3	2,627	(2,381)	11	400	5	1,314	(1,191)
4	220 $\beta$	5	(2,048)	1,856	12	331	7	1,207	(1,094)
5	220	10	1,859	(1,685)	13	420; 422 $\beta$	2	1,180	(1,070)
6	311 $\beta$	3	(1,746)	1,583	14	511 $\beta$ ; 333 $\beta$	1	(1,111)	1,007
7	311	9	1,584	(1,486)	15	422	9	1,074	(0,9737)
8	222	1	1,518	(1,376)	16	511; 333	7	1,014	0,9189

*Л и т е р а т у р а*

1. Pauling L., Hultgren K. Zs. Krist., 1933, 84, 20 (кристалл из Юты; дана модель структуры, отличающаяся от предложенной Михеевым).
2. Михеев В. В. Зап. Мин. о-ва, 1941, 70, № 2, 165. См. также Белов Н. В. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1952, № 6, 30.
3. Schempff C. A., Schaller W. T. Am. Min., 1931, 46, No 12, 557.
4. Бетехтин А. Г. Зап. Мин. о-ва, 1941, 70, № 2, 161.
5. Анкинович Е. А. Изв. АН Каз. ССР, сер. геол., 1958, вып. 1, 29.
- 5а. Смирнов Ф. Л. Тр. Мин. музея АН СССР, 1959, вып. 10, 171.
6. de Jong W. Zs. Krist., 1928, 68, 524.
7. Schultze H., Steinmetz H. Zs. Krist., 1911, 49, 640.
8. Goyder G. A. J. Chem. Soc., 1900, 77, 1094.
9. Jamotte A. Bull. Soc. Belg. Géol., 1938, 48, N° 3, 500.
10. Петровская Н. В. ДАН СССР, 1941, 12, № 6, 427.
11. Lundquist D., Westgren A. Svensk Kem. Tidskr., 1936, 48, 241.

**СТРУКТУРА ТИПА ХАЛЬКОПИРИТА**

**ГРУППА ХАЛЬКОПИРИТА**

	Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.	
Халькопирит	CuFeS <sub>2</sub>	Тетраг.	5,25	10,32	4,28.
[Халькопирротин]	CuFeS <sub>2</sub> +nFeS	—	—	—	—
Галлит	CuGaS <sub>2</sub>	Тетраг.	5,65	10,32	4,40
Станнин	Cu <sub>2</sub> FeSnS <sub>4</sub>	Тетраг.	5,47	10,75	4,44

**Халькопирит Chalcopyrite**



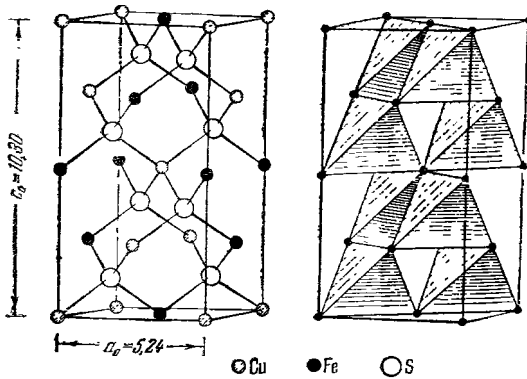
Назван от греч. *χαλκός* (халькос) — медь и *πῦρ* (пир) — огонь (Бедан, 1832).

**Синон.** Медный колчедан, желтая медная руда, тованит (Миллер-Брук, 1852), купропирит (Уэри, 1920). Измененным халькопиритом является гомихлин (Брайтхаупт, 1858). Барнгардтит (барнхардтит; Гент, 1855) — смесь халькопирита с другими минералами.

**Характ. выдел.** Зернистые массы или отдельные зерна, иногда кристаллы и их группы; сравнительно редки скрытокристаллические почковидные агрегаты.

Структ. и морф. крист. Тетраг. с.  $D_{2d}^{12} - I \bar{4}2d$ ;  $a_0 = 5,25$ ;  $c_0 = 10,32 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,966$ ;  $Z = 4$  (Полинг и Брокуэй)<sup>1</sup>.

Структура сходна со структурой сфалерита. Если считать Cu и Fe эквивалентными, то решетка халькопирита будет точно отвечать решетке сфалерита. Тетрагональный характер решетки является результатом чередования Fe- и Cu-тетраэдров по закону четверной зеркально-поворотной оси; благодаря этому чередованию параметр по оси c по сравнению со сфалеритом оказывается удвоенным. Каждый атом S окружен четырьмя атомами металла (2Cu + 2Fe) по углам почти правильного тетраэдра; каждый атом металла окружен 4S (фиг. 260). Расстояния Cu — S 2,32, Fe—S 2,20. Cu и Fe, по-видимому, не имеют фиксированных положений, и составу ячейки отвечает как  $Cu^{1+}Fe^{3+}S_2$ , так и  $Cu^{2+}Fe^{2+}S_2$ .



Фиг. 260. Структура халькопирита

Тетраг.-скаленоэдр. кл.;  $a : c = 1 : 1,9705$  (на основе измерений Хайдингера, в установке Полинга)<sup>1</sup>.

Наиболее обычные формы<sup>2</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c\ 001$	—	$0^\circ 00'$	$p\ 112$	$45^\circ 00'$	$54^\circ 20'$
$a\ 100$	$90^\circ 00'$	$90\ 00$	$-p\ \bar{1}12$	$-45\ 00$	$54\ 20$
$m\ 110$	$45\ 00$	$90\ 00$	$r\ 334$	$45\ 00$	$64\ 26$
$g\ 103$	$90\ 00$	$33\ 18$	$t\ 111$	$45\ 00$	$70\ 16$
$e\ 10\bar{2}$	$90\ 00$	$44\ 35$	$y\ 136$	$18\ 26$	$46\ 05$
$h\ 304$	$90\ 00$	$55\ 53$	$\chi\ 1\bar{2}4$	$16\ 34$	$47\ 46$
$z\ 101$	$90\ 00$	$63\ 06$			
$d\ 118$	$45\ 00$	$19\ 12$			
$pp\ (11\bar{2}) : (\bar{1}12) = 70^\circ 08'$		$gg\ (103) : (013) = 45^\circ 41'$		$pm\ (112) : (110) = 35^\circ 40'$	
$ee\ (10\bar{2}) : (01\bar{2}) = 59\ 31$		$zz\ (101) : (011) = 78\ 11$		$pe\ (112) : (102) = 35\ 04$	

Более редкие формы:

$W\ 130$	$T\ 305$	$\pi\ 103$	$X\ 708$	$x\ 116$	$\varphi\ 774$	$-d\ \bar{1}18$	$\delta\ 156$
$i\ 7.0.12$	$Q\ 508$	$\epsilon\ 7.0.10$	$\lambda\ 119$	$n\ 114$	$u\ 221$	$-u\ \bar{2}\bar{2}1$	$\tau\ 134$

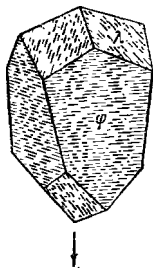
Кроме того, известно около 100 вицинальных и малодостоверных форм, из числа которых более простые символы имеют (полный список см. Дана, 1944):

105	308	405	302	301	$\bar{1}16$	$\bar{3}34$	152	123	231	$\bar{1}24$
104	205	506	201	338	$\bar{1}14$	$\bar{1}11$	132	121	$\bar{1}42$	$\bar{1}23$

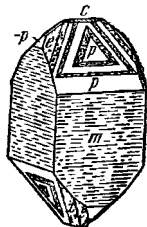
Формула перехода от прежней псевдокубической установки Хайдингера  $a : c = 1 : 0,98525$  к рентгеновской Полинга  $100/010/002$  (третий индекс всех форм умножается на 2).

Облик кристаллов большей частью псевдотетраэдрический или псевдооктаэдрический при равном развитии положительных и отрицательных

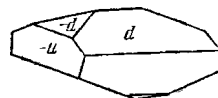
тетрагональных тетраэдров; также дипирамидальный и скаленоэдрический. Наиболее развиты обычно грани  $p(112)$  со штриховкой  $\parallel$  ребрам  $(112)$ :  $(101)$  и  $(112)$ :  $(102)$  или матовые, реже встречаются  $p(\bar{1}12)$  — гладкие, блестящие (фиг. 261—263).



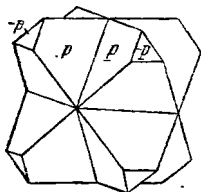
Фиг. 261. Кристалл халькопирита (Френч-Крик, США)  
По Пенфилду



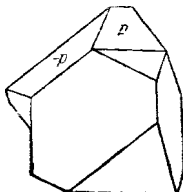
Фиг. 262. Кристалл халькопирита (Френч-Крик, США)  
По Пенфилду



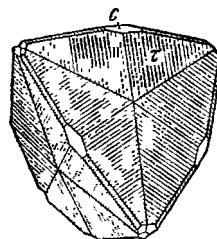
Фиг. 263. Кристалл халькопирита (Эйленвилл, США)  
По Задебу



Фиг. 264. Двойник халькопирита по  $[001]$  (Фрейберг, ГДР)  
По Хайдингеру



Фиг. 265. Двойник халькопирита по  $(112)$  (Медзянка, Польша)  
По Задебу



Фиг. 266. Тройник халькопирита по  $(102)$  (Корнуэлл, Англия)  
По Флетчеру

Обычно наблюдаются двойники (фиг. 264—266). Преимущественно развиты дв. по  $(112)$  с пл. срастания  $(112)$  или перпендикулярной к ней (двойники срастания и прорастания, пятерники, полисинтетические двойники); реже дв. по  $(102)$  и сложные двойники прорастания с дв. осью  $[001]$  и пл. срастания  $(110)$ . Тонкие полисинтетические, часто изогнутые двойники возникают при динамических воздействиях.

Известны параллельные срастания со сфалеритом и тетраэдритом (в связи со сходством структур), а также почти параллельные срастания с пиритом, кобальтином и галенитом. Часто халькопирит нарастает на тетраэдрит, а иногда тетраэдрит его обволакивает.

Физ. Сп. по  $(112)$  и  $(101)$  несовершенная. Изл. раковистый до неровного. Тв. 3—4. Уд. в. 4,1—4,3 (вычисл. 4,283). Довольно хрупок. Цв. латунно-желтый, золотисто-желтый, нередко пестрая побежалость. Черта зеленовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества. Уд. сопротивление значительно снижается по мере повышения температуры.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. желтый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 41,5, для оранжевых — 40,5, для красных — 40. Двуотражение незаметно. Обладает слабой анизотропией с цветным эффектом. В зернистых агрегатах при скрещенных николях или путем структурного

травления обычно обнаруживается полисинтетическое двойникование отдельных зерен.

Хим. Теор. состав: Cu — 34,56; Fe — 30,52; S — 34,92. Обычно присутствие примесей Ag, Au, Ti, Se, Te и др.<sup>3</sup>

Анализы<sup>4</sup>:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	34,32	33,0	35,4	34,9	33,25	30,02	33,40	33,23	34,30
Ag	0,0005	—	0,04	0,03	—	0,33	—	0,005	0,003
Mn	Сл.	—	—	—	0,02	—	—	—	—
Fe	29,99	31,36	30,1	30,0	30,46	35,20	30,67	31,00	30,95
Zn	—	—	—	—	0,45	—	—	0,23	—
Sn	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—
Pb	—	—	—	—	0,06	Сл.	—	Не обн.	—
S	35,24	35,4	35,1	34,4	34,72	34,50	34,50	35,04	33,98
Se	—	Нет	—	0,01	—	—	—	0,003	0,003
Te	—	Сл.	—	Сл.	—	—	—	Не обн.	—
SiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	0,38	—	1,04	—	—
Сумма	99,55	99,80	100,64	99,34	99,79*	100,05	99,61	99,508	99,26**

\* В том числе Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—0,09; CaO—0,05; MgO—0,31.

\*\* В том числе As—0,03.

1 — м-ние им. III Интернационала (Свердловская обл.); анал. Рудницкая<sup>5</sup>; по данным спектрального анализа содержит Si, Ca, As, Mg, Ti, Ag, Zn, Co, Al, Pb, In, Mo; 2 — Зырянское м-ние, крупнокристаллический, из жил в кварците, чистый; анал. Максимова<sup>6</sup>; 3 — Заводинское м-ние; мелкозернистый из сплошной сульфидной руды, чистый; анал. Зайцева<sup>6</sup>; 4 — Александровское м-ние на Рудном Алтае (Каз. ССР); крупнозернистый, из вкрапленной руды в кварце, чистый; анал. Зайцева и Шустер<sup>6</sup>; 5 — Нагольно-Тарасовское м-ние (УССР); анал. Лазарев<sup>7</sup>; As, Sb, Cd и SO<sub>2</sub> не обнаружены; 6 — Нагольно-Тарасовское м-ние; анал. Лазаренко<sup>8</sup>; спектральным анализом установлены Mg, Si, следы As, Sb, Pb, Zn, Sn, Co, Ni, Ge, Ga, Mn, Ca, Al; 7 — Волковское м-ние (Свердловская обл.); анал. Нестерова<sup>9</sup>; 8 — Кедабекское м-ние (Азерб. ССР); содержит 3,5·10<sup>-5</sup>% Au; анал. Эфендиев<sup>10</sup>; 9 — Дашкесанское м-ние (Азерб. ССР); анал. Эфендиев<sup>10</sup>; по данным спектрального анализа содержит 0,1% Zn, 0,001% Sn.

Диагн. исп. Растворяется в HNO<sub>3</sub> с выделением S. В HCl не растворяется.

В полир. пл. очень слабо травится HNO<sub>3</sub> и KCN. Структурные особенности агрегатов хорошо выявляются при травлении парами царской водки, парами конц. HCl + CrO<sub>3</sub>, а также раствором KMnO<sub>4</sub> + KOH или HNO<sub>3</sub> + KClO<sub>3</sub>.

П. п. тр., растрескиваясь, сплавляется в магнитный королек. На угле с содой дает королек Cu. В закр. тр. — возгон S.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. 1000°. Коэф. лин. расширения до 40°, в среднем 0,000017 (Ниггли). На дифференциальной кривой нагревания в атмосфере азота или углекислоты — острый эндотерм. пик с максимумом при 560° и два незначительных по величине эндотермических прогиба, связанных с переходом в другие модификации<sup>11</sup>.

При высоких температурах образуется кубическая разновидность, изоструктурная со сфалеритом<sup>12</sup>. При температуре выше 250° халькопирит удерживает в твердом растворе CuFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (кубанит), при понижении температуры последний обособляется.

Наход. Встречается в различных магматогенных месторождениях, известен также как минерал некоторых осадочных пород.

В наиболее высокотемпературных месторождениях, связанных с основными или ультраосновными породами, встречается либо в ассоциации с пирротинном и пентландитом — Монче-тундра (Мурманская обл.), Сад-



бери (Канада), Рингерик (Норвегия), либо в ассоциации с борнитом во вкрапленных медных рудах в габбро — Волковское месторождение (Свердловская обл.)<sup>9</sup>.

В контактово-метасоматических месторождениях, приуроченных к контактам гранитоидов и карбонатных пород, халькопирит наблюдается среди скарнов (гранатовых, пироксено-гранатовых и др.); ассоциируется с пиритом, пирротинном, иногда с арсенопиритом или со сфалеритом и галенитом, магнетитом, кобальтином и др.; таковы Турьинские и Гумешевское месторождения в Свердловской обл., месторождения Саянской группы в Каз. ССР, Клифтон-Моренси и Бисби в шт. Аризона (США), ряд месторождений Мексики, Японии и других стран.

Наиболее высокотемпературными жильными месторождениями, в рудах которых встречается халькопирит, являются некоторые месторождения вольфрамовой и молибденовой формаций; таковы, например, месторождения Караоба, Восточный Коунрад, Северный Коунрад и др. в Каз. ССР. В кварцевых жилах Корнуэлла (Англия) халькопирит наблюдается в ассоциации с касситеритом.

К высокотемпературным месторождениям, образовавшимся на малой глубине, относится месторождение Браден в Чили; в ассоциации с халькопиритом здесь наблюдаются турмалин, кварц, пирит, борнит, теннантит, молибденит, сидерит, родохрозит, ангидрит, редко — галенит, сфалерит, энаргит, гюбнерит.

К группе среднетемпературных месторождений, в рудах которых в существенных количествах наблюдается халькопирит, относятся кварцево-сульфидные месторождения жильного типа, месторождения типа сульфидных залежей, типа медистых песчаников, а также месторождения вкрапленных и вкрапленно-прожилковых медных руд.

К кварцево-сульфидным жильным месторождениям, богатым халькопиритом, принадлежат Успенское месторождение в Каз. ССР, Кафанское месторождение в Арм. ССР, Бьют в шт. Монтана (США).

В месторождениях типа колчеданных залежей халькопирит наблюдается главным образом в ассоциации с пиритом, сфалеритом, отчасти с блеклой рудой, галенитом, из нерудных — с кварцем, баритом, кальцитом; таковы месторождения: им. III Интернационала, Лёвиха, Карпупинское и Дегтярское (Свердловская обл.), Блява и Яман-Касы (Оренбургская обл.), Сибай (Башкирская АССР) и др. на Урале, вне СССР — Рио-Тинто в Испании, Бор в Югославии.

Свинцово-цинковые и медно-цинковые месторождения, в рудах которых содержится халькопирит, наряду с галенитом, сфалеритом, пиритом и другими минералами, многочисленны в Каз. ССР на Рудном Алтае (Белоусовское, Зырянское, Риддерское, Заводинское и др.).

В месторождениях типа медистых песчаников халькопирит является главным минералом, но обычно тесно ассоциируется с борнитом, халькозином, блеклой рудой (месторождения этого типа, одними исследователями относятся к гидротермальным, другими — к осадочным). Крупнейшим представителем месторождений типа медистых песчаников в СССР является Джебказган (Каз. ССР)<sup>10</sup>; того же типа богатейшие месторождения имеются на территории Бельгийского Конго (Катанга) и Северной Родезии.

В месторождениях вкрапленных и вкрапленно-прожилковых медных руд, связанных с кислыми, изверженными породами, халькопирит ассоциируется с пиритом, отчасти с энаргитом, блеклой рудой, молибденитом. К крупнейшим месторождениям этого типа относятся Коунрад (Каз. ССР), Алмалык (Узб. ССР), Бингем (шт. Юта, США).

Нахождение халькопирита в осадочных отложениях различного возраста отмечено в различных районах. Образование халькопирита в оса-

дочных породах связывается с сероводородным брожением; в некоторых случаях вместе с ним обнаруживаются органические остатки. Халькопирит обнаружен в девонских отложениях Татарской АССР<sup>14</sup> (в известняках, алевролитах, аргиллитах) в ассоциации с пиритом, сфалеритом, кварцем в тонких трещинках и порах. Установлено наличие халькопирита в силурийских фосфоритах Подолии (УССР)<sup>15</sup>.

В очень редких случаях халькопирит образуется в зоне вторичного сульфидного обогащения медных месторождений.

**Изм.** В ранние стадии гипергенного изменения в зоне вторичного сульфидного обогащения халькопирит замещается борнитом, халькозином, ковеллином; продуктами выветривания халькопирита являются сульфаты Cu и Fe, малахит, азурит, куприт, хризоколла, лимонит, реже — бродантит, атакамит, элит и другие минералы.

**Искусств.** Мелкие кристаллики халькопирита в форме тетрагональных тетраэдров получены действием H<sub>2</sub>S на слабо нагретую смесь 2CuO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также при обработке сероводородной водой смеси карбоната меди и Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> в закр. тр. (по Дёльтеру), действием слабощелочного раствора CuCl<sub>2</sub> на кристаллы K<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>S<sub>4</sub> (в отсутствие воздуха).

**Практ. знач.** Халькопирит — самый распространенный сульфид меди и главный медный минерал большинства медных руд.

**Отл.** В сплошных массах похож на пирит, но обладает более желтым цветом и меньшей твердостью. В отличие от золота хрупок. От кубанита и миллерита отличается по форме кристаллов. Под микр. халькопирит настолько характерен, что его трудно спутать с другими минералами, однако в очень мелких зернах и при отсутствии возможности непосредственного сравнения с другими сульфидами может быть принят за кубанит, миллерит, пирит, золото. Кубанит более кремовый, более анизотропен; миллерит и пирит имеют и более высокую отражательную способность, первый более твердый и изотропен, второй — сильно анизотропен и двуотражает; золото значительно ярче, обладает своеобразным блеском при скрещенных николях.

Межплоскостные расстояния халькопирита (по Вальдо)<sup>16</sup>

№	hkl	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	112	10	7,0	3,03	14	6			0,834
2	200; 004	6	0,2	2,61	15	2			0,802
3	220	10	4,0	1,855	16	2			0,799
4	312	10	1,0	1,586	17	2			0,759
5	224	6	0,2	1,515	18	4			0,739
6	400	6	0,5	1,320	19	2			0,706
7	008	6		1,294	20	2			0,698
8	332	8	0,5	1,205	21	2			0,683
9	424	8	0,5	1,074	22	2			0,647
10	336; 512	2		1,010	23	2			0,622
11	440	4		0,930	24	2			0,614
12	531	4		0,892	25	2			0,606
13		4		0,882					

#### Л и т е р а т у р а

- Pauling L., Brockway L. Zs. Krist., 1932, 82, 188. Ближайшие данные получены Gross Pr., Gross N. N. Jb. Min., 1923, В.-В.48, 113; Kobayashi S., Takahashi K. Proc. Acad. Sendai, 1934, 10, 498.
- Oebike J. F. Zs. Krist., 1924, 60, 502; Mauritz B. Там же, 504; Унгеман (по Дана, 1944); Tokody L. N. Jb. Min., 1936, 1, 532 и др.
- Fleischer M. Econ. Geol., 1955, 50, 995 (сводка данных спектральных анализов).

4. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 351 (анализы, сводка данных по изучению халькопирита из месторождений СССР).
5. Лазаренко Е. К. Минералогия медно-никелевых месторождений Среднего Урала. Изд. Львов. гос. ун-та, 1947, 88.
6. Вейц Б. И. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 197.
7. Якжин А. А. Тр. ИГН АН СССР, 1952, вып. 65, 47.
8. Лазаренко Е. К. Зап. Мин. о-ва, 1946, 75, № 4, 337.
9. Кашин С. А. Тр. ИГН АН СССР, 1948, вып. 91, 23.
10. Эфендиев Г. Х. Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. Азерб. АН, 1957, 69 и 190 (хим. и спектральные анализы).
11. Цветков А. И., Вальяншина Е. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1958, вып. 30,3; Hiller J. E., Probsthain K. Zs. Krist., 1956, 108, 108.
12. Doppau G., Kullerud G. Carnegie Inst. Washington, 1958, Year Book, 57, 246.
13. Сатпаева Т. А. Минералогические особенности м-ний типа медистых песчаников. Изд. АН Каз. ССР, 1958, 16.
14. Миропольский Л. М. ДАН СССР, 1951, 81. № 3, 457.
15. Мальновский Ф. М. Зап. Всес. Мин. о-ва, 1955, 84. № 1, 30.
16. Waldo A. W. Am. Min., 1935, 20, No 8, 575.

**Халькопирротин**<sup>1</sup>—chalcopyrrotite. Представляет твердый раствор  $\text{CuFeS}_2 + n\text{FeS}$  в соотношениях от 1 : 1 до 1 : 6.

Структура не изучена, но, очевидно, сходна со структурой высокотемпературного халькопирита, так как с последним халькопирротин выше 450° обнаруживает неограниченную смесимость.

Куб. с. О свойствах известно очень мало. Тв. несколько выше, чем у халькопирита. В отраж. св. под микр. по цвету сходен с пирротинном и кубанитом; очень быстро покрывается пленкой. Обычно изотропен.

Искусственно был получен при температурах >240° из смеси халькопирита с пирротинном, кубанита с пирротинном и из кубанита. При более низких температурах неустойчив, но иногда сохраняется при закалке. Борхерт<sup>2</sup> установил, что во включениях, наблюдаемых в сфалерите, при очень медленном охлаждении халькопирротин распадается на халькопирит и пирротин (между 255 и 235°), при медленном охлаждении распадается на кубанит + пирротин или халькопирит + пирротин + кубанит, а твердый раствор халькопирротина с высоким содержанием  $\text{CuFeS}_2$  распадается на халькопирит + валлериит.

Встречается в магматических, пегматито-пневматолитовых, контактово-метасоматических и в высокотемпературных относительно близповерхностных гидротермальных образованиях.<sup>1</sup>

Примеры месторождений, в рудах которых установлен халькопирротин: Печенга и Монче-Тундра (Мурманская обл.), Овифак (Гренландия), Сан-Христоф (Саксония, ГДР), Боева Рупе (р-н Пирина, Болгария) и др.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P. Die Erzminerale u. ihre Verwachsungen. Berlin, 1955, 420.
2. Borchert H. Chem. d. Erde, 1934, 9, 145.

### Галлит Gallite



Назван по составу (Штрунц, Гайер, Зелигер, 1958)<sup>1</sup>; предварительно<sup>2</sup> был описан как «минерал О».

**Характ. выдел.** Мелкие ксеноморфные зерна (1—2 мм) и микроскопические выделения.

**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с  $D_{2d}^{12} — \overline{I}42d$ ;  $a_0 = 5,25$ ;  $c_0 = 10,32 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,966$ ;  $Z = 4^3$ .

Изоструктурен с халькопиритом.

П. микр. заметны двойники по (112). Образует ориентированные сростания со сфалеритом и халькопиритом.

**Физ.** Отдельность по (001). Тв. 3—3½. Уд. в. несколько больше 4,2 (вычисл. 4,40). Цв. серый. Черта серо-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серо-белый с буроватым или фиолетово-серым оттенком. Отраж. спос. в воздухе около 26%, в иммерсии около 13%. Двуотражение заметно по краям зерен и двойников. Анизотропен. Внутренние рефлексы не наблюдались.

**Хим.** Теор. состав: Cu — 32,19, Ga — 35,32, S — 32,49. Среднее из двух анализов (анал. Райнер) за вычетом 29,4 и 32,4% примеси реньерита, теннангита, галенита и др.: Cu — 28,9, Zn — 4,5, Ga — 32,3, Fe — 3,8, Pb — 2,6, S — 27,9, сумма 100,0.

**Наход.** Обнаружен в составе реньеритовых и германитовых руд р-ка Тсумеб (Юго-Зап. Африка) и в реньерите р-ка Кипуши (Бельгийское Конго). В Тсумебе является одним из ранних минералов, выделился частью наряду со сфалеритом в виде ксеноморфных зерен и содержит включения сфалерита в виде продуктов распада твердых растворов ZnS в CuGaS<sub>2</sub>; в основном же представляет продукт распада сфалерита, в котором образует микроскопически мелкие включения.

**Изм.** Замещается теннангитом, галенитом и др.

**Искусств.** Получен путем пропускания сероводорода в течение 48 часов при 400° над эквимолекулярной смесью Cu<sub>2</sub>O и Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и при продолжительном растирании в агатовой ступке эквимолекулярных количеств Cu<sub>2</sub>S и Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub> с последующим 12-ти часовым нагреванием в вакууме при 900—1000°<sup>4</sup>.

#### Межплоскостные расстояния галлита из Тсумеба<sup>1</sup>

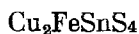
Fe-антикатод, K $\alpha$ -излучение, D=57,3 мм

№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$
1	112	10	3,064	11	400	3	1,338
2	200	3	2,696	12	008	2	1,3126
3	004	2	2,643	13	332	3	4,2261
4	220	4	1,898	14	413; 325; 316	5	1,2139
5	204	7	1,876	15	420	1	1,1968
6	222	1	1,780	16	424	6	1,0881
7	312	6	1,611	17	228	4	1,0778
8	303; 116; 215	4	1,584	18	512	3	1,0287
9	224	1	1,537	19	503; 336	2	1,0231
10	206?	1	1,475	20	1.1.10	2	1,0104

#### Литература

1. Strunz H., Geier B. H., Seeliger E. N. Jb. Min., Monatsh., 1958, H. 11/12, 241.
2. Strunz H., Söhne G., Geier B. H. N. Jb. Min., Monatsh., 1958, H. 4, 85.
3. Strunz H. Fortschr. Min., 1959, 37, H. 1. 87.
4. Hahn H., Frank F., Klinger W., Meyer A. D., Störger G. Zs. anorg. Chem., 1953, 271, 153.

#### Станнин Stannite



Название от латин. stannum — олово (Бедан, 1832). Открыт Клапротом в 1787 г. Синон. Оловянный медный блеск (Брайтгаупт, 1823), станнит (Дана, 1868), оловянный колчедан (Вернер, 1789), оловянный пирит (Кируэн, 1796), касситероламприг (Френцель, 1896), колокольная руда, болшвианит (Паули, 1923). Плюмбостаннит (Раймонди, 1878) — по-видимому, смесь станнина с галенитом (Грамон, 1895).

Разнов. Кёстерит; станнин<sup>2</sup> I, II, III, IV,<sup>1</sup> изостаннин<sup>2</sup>.

Характ. выдел. Зернистые массы или мелкие включения в других минералах. Кристаллы редки.

Структ. и морф. крист. Тетраг. с.  $D_{2d}^{11} - I\bar{4}2m$ ;  $a_0 = 5,47$ ;  $c_0 = 10,747 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,964$ ;  $Z = 2$  (Брокуэй)<sup>3</sup>.

Кристаллическая решетка станнина близка к таковой халькопирита и сфалерита. При допущении тождественности атомов Sn, Cu и Fe в решетке станнина его структура может считаться тождественной структуре сфалерита. Тетрагонализация (и удвоение параметра по оси  $c$ ) соответствует закономерному чередованию тетраэдров трех типов.

Тетраг.-скаленоэдр. кл.;  $a : c = 1 : 1,9666$  (Дана, 1944),

Формы<sup>4</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$[\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	0°00'	$d$ 118	45°00'	19°10'
$a$ 100	90°00'	90 00	$n$ 114	45 00	34 48
$m$ 110	45 00	90 00	$-n$ $\bar{1}14$	-45 00	34 48
$w$ 130	18 26	90 00	$p$ 112	45 00	54 16
$v$ 120	26 34	90 00	$-p$ $\bar{1}12$	-45 00	54 16
$e$ 102	90 00	44 31	$t$ 111	45 00	70 13
$z$ 101	90 00	63 02	$u$ 123	26 34	55 42
$x$ 302	90 00	71 16			

$$em (102) : (110) = 60^\circ 18'$$

$$pc (112) : (001) = 54^\circ 16'$$

$$tp (111) : (112) = 15^\circ 57'$$

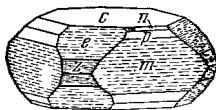
$$zc (101) : (001) = 63 02$$

$$ne (114) : (102) = 29 43$$

$$up (123) : (112) = 15 09$$

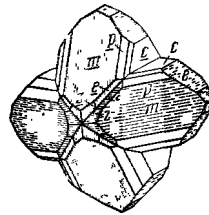
Морфологическая установка Спенсера, Альфельда и др.<sup>4</sup> ( $a : c = 1 : 0,9827$ ) отличается от принятой здесь и у Дана (1944) рентгеновской установки в 2 раза меньшим значением  $c$ . Формула перехода от морфологической установки Спенсера к рентгеновской установке Брокуэя:  $100/010/002$  (третий индекс символов всех форм удваивается).

Хорошо образованные кристаллы встречаются редко. Они имеют псевдотетраэдрическую или более сложную форму (фиг. 267). Кристаллы из Забайкалья представляют собой комбинацию  $p(112)$ ,  $-p(\bar{1}12)$  и  $c(001)$ <sup>5</sup>,



Фиг. 267. Кристалл станнина (Сан-Хосе, Боливия)

По Спенсеру



Фиг. 268. Двойник станнина по (102) (Сан-Хосе, Боливия)

По Спенсеру

удлиненны вдоль одного из направлений [110]. Размер кристаллов колеблется от 2 мм до 5 см (Боливия, Забайкалье). На гранях заметна штриховка. Положительные пирамиды блестящие и гладкие, отрицательные — чаще тусклые и неровные. Дв. по (111), а также двойники прорастания по (102) (фиг. 268). Некоторые сдвойникованные кристаллы имеют псевдооктаэдрический облик.

**Физ.** Сп. по (110) и (001) несовершенная. Хрупок. Изл. неровный. Тв. 3—4. Уд. в. 4,30—4,52 (вычисл. 4,437). Цв. стально-серый с оливково-зеленым оттенком, иногда железно-черный; наблюдается синеватая побелость. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. светло-серый или серовато-белый с характерным оливково-зеленым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 23, для оранжевых — 21, для красных — 19, в иммерсии сильно снижается. Двухотражение незаметно. Анизотропен, однако анизотропия в некоторых случаях очень слабо заметна. В иммерсии эффекты анизотропии отчетливее и часто дают возможность распознавать внутреннюю структуру. В диагональных положениях по отношению к николям заметны фиолетовые, зеленоватые и серые цветные эффекты. Внутренние рефлексии отсутствуют.

При низких температурах станнын может содержать в твердом растворе очень мало  $\text{CuFeS}_2$  и  $\text{ZnS}$ , тогда как в кубической разновидности (в изостаннине)<sup>2</sup> при высоких температурах оба эти соединения могут содержаться в значительных количествах; при понижении температуры твердый раствор распадается с обособлением халькопирита и сфалерита.

Орсель<sup>6</sup> выделяет разновидность станнына желтовато-коричневого цвета с резко выраженной анизотропией и сильной дисперсией и высказывает предположение, что этот минерал либо представляет собой полиморфную модификацию, мало отличающуюся по структуре от нормального станнына, либо образует твердый раствор с другим двойным сернистым соединением  $\text{Cu}$  и  $\text{Fe}$ , возможно, с «оранжевым борнитом» (оранжборнитом). По Леви<sup>7</sup>, порошкограмма желтого станнына идентична таковой обычного станнына. Станнын более коричневого цвета (Циновец в Чехословакии; Била Апачета в Боливии), при больших увеличениях оказывается неоднородным и состоит из двух компонентов: более темного, слабо анизотропного или изотропного, и зеленоватого, сходного с обычным станныном; их взаимное расположение указывает на распад кубического минерала. В обоих компонентах содержится немного халькопирита.

Известны также весьма тонкие микроклиноподобные решетки двойникования, возможно, возникающие при полиморфных превращениях. Часто наблюдаются пластинчатые и полисинтетические двойники.

**Хим.** Теор. состав:  $\text{Cu}$  — 29,58;  $\text{Fe}$  — 12,99;  $\text{Sn}$  — 27,61;  $\text{S}$  — 29,82. Примеси ( $\text{Zn}$  — до 11%,  $\text{Cd}$  — до 1,5%,  $\text{Pb}$  — до 2%;  $\text{Ag}$  — до 1%,  $\text{Sb}$  — до 3%,  $\text{In}$  — до 1% и более) связаны, по-видимому, с мельчайшими включениями других минералов, так как почти во всех станнынах наблюдается эмульсионная вкрапленность сфалерита, халькопирита, редко — кубанита и др.

Анализы:

	1	2	3	4	5
$\text{Cu}$	28,27	29,38	31,52	27,42	29,00
$\text{Zn}$	4,22	0,02	—	0,25	0,75
$\text{Fe}$	11,83	13,89	12,06	14,55	13,75
$\text{Sn}$	25,35	27,20	27,83	26,08	27,50
$\text{S}$	29,91	28,77	28,59	29,76	29,00
Н. о.	—	0,62	—	0,85	—
Сумма	99,92*	99,88	100,00	98,91	100,00
Уд. в.	—	—	4,45	4,365	4,495

\* Включая 0,05  $\text{CaO}$  и 0,29  $\text{SiO}_2$ .

1 — Баджирасвка (Читинская обл.); анал. Степан<sup>5</sup>; 2 — Оруро (Боливия); анал. Альфельд<sup>8</sup>; 3 — Сан-Хосе (Боливия); пересчет за вычетом 8,53% андорита; анал. Прайор<sup>9</sup>; 4 — р-к Митубисобира (Япония); анал. Такимото<sup>10</sup>; 5 — Вета-дель-Эстаньо (Боливия); анал. Цислер<sup>11</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в  $\text{HCl} + \text{KClO}_3$ , в  $\text{HNO}_3$  разлагается, выделяя  $\text{S}$  и  $\text{SnO}_2$ ; раствор приобретает синий цвет, что служит отличием станнина от сходных с ним блеклых руд.

В полир. пл. от конц.  $\text{HCl}$ , а также от конц.  $\text{HNO}_3$ —пестрый налет;  $\text{HCl}$  (1 : 1),  $\text{KCN}$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{KOH}$  не действуют. Структурное травление (по Райнхаймеру) достигается щелочным раствором перманганата калия в течение 3—10 сек.; получающийся при этом коричнево-красный налет растворяется в  $\text{HCl}$ . Очень отчетливая структура мономинеральных участков выявляется травлением  $\text{HNO}_3$  (1 : 1).

П. п. тр. на угле плавится, белея с поверхности и образуя около пробы белый налет  $\text{SnO}_2$ ; с содой и бурой дает слабо ровкий королек сплава  $\text{Cu}$  и  $\text{Fe}$ . В откр. тр. выделяет  $\text{SO}_2$ , в закр. тр. растрескивается и дает очень слабый взгон.

**Находж.** Из всех минералов олова, за исключением касситерита, станнин наиболее распространен, но обычно встречается в небольших количествах. Относится к типичным гидротермальным минералам. Встречается в месторождениях различных типов, например, в пегматитах (Этыка в Читинской обл.), высокотемпературных оловорудных месторождениях (Онон и Этыка в СССР, Корнуэлл в Англии, Циновец в Чехословакии), вольфрамитовых месторождениях (Букука и Белуха в Читинской обл.), сульфидно-касситеритовых месторождениях (Эге-Хая в Яна-Адычанском бассейне Якутской АССР, Сталинское в Приморском крае, Хагчеранга в Читинской обл.), свинцово-цинковых месторождениях (Синанча в Приморском крае, месторождения Южной Боливии) и др.

Парагенезис во многом обусловлен генетическим типом месторождений, в которых встречается станнин. В большинстве месторождений спутниками станнина являются касситерит, халькопирит, сфалерит, пирит, арсенопирит, пирротин, блеклая руда, висмутин, значительно реже — галенит, кубанит, сульфостаннаты, сложные сульфиды свинца и серебра и другие минералы. Станнин в виде продуктов распада встречается в некоторых богатых железом сфалеритах.

По Альфельду<sup>8</sup>, боливийский станнин высокотемпературных месторождений содержит в качестве продуктов распада сфалерит и халькопирит. Станнин среднетемпературных месторождений чаще содержит только халькопирит или более мелкие выделения сфалерита. Низкотемпературные станнины обычно лишены продуктов распада.

В некоторых образованиях коллоидного происхождения (возможно, продуктах раскристаллизации геля станнина) обнаруживаются своеобразные графические сростания халькопирита и касситерита; причиной их возникновения за счет станнина может являться изменение парциального давления кислорода<sup>12</sup>.

По времени выделения станнин в большинстве случаев более поздний, чем касситерит, пирит, арсенопирит, энаргит; часто обособляется совместно со сфалеритом, халькопиритом, но в некоторых месторождениях образовался позже их, иногда раньше блеклых руд и других сложных сульфидов.

**Изм.** В зоне окисления станнин дает метаоловянную кислоту, при дегидратации которой образуется гипергенный касситерит<sup>13,14</sup>, или различные гидроокислы олова и их смеси с другими окислами<sup>5</sup>. При гипергенном изменении на месте станнина иногда образуются сложные агрегаты, содержащие касситерит, марказит, ковеллин и др. С поверхности некоторые кристаллы станнина бывают покрыты «рубашкой» вторичных минералов толщиной до 1 мм.

**Искусств.** Получен в виде черного тонкокристаллического вещества в запаянных толстостенных стеклянных трубках, наполненных  $3\text{N}$  раствором  $\text{Na}_2\text{S}_6$ ,  $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$ , сернистой медью и сернистым оловом, которые

выдерживались в течение 6—8 час. в автоклаве при давлении около 25 атм и при 220—225°. Повышение концентрации щелочи приводило к удержанию в жидкой фазе повышенных количеств Cu и особенно Sn<sup>15</sup>. Получен также<sup>7</sup> в результате нагревания халькопирита и борнита с SnCl<sub>4</sub> в запаянной трубке (легче развивается по борниту); на границе халькопирита и станнина наблюдалась каемка минерала, сходного с «желтым станнином» Орселя.

**Практ. знач.** В некоторых месторождениях станнин встречается в значительных количествах и может служить рудой на олово (Боливия, Тасмания).

**Отл.** По внешнему виду может быть принят за минералы группы блеклой руд; под микр. в отраж. св., в отличие от них, имеет более низкую отраж. способность, анизотропен, обладает своеобразным коричневато-оливковым оттенком, отличается также отношением к реактивам.

[Межплоскостные расстояния станнина<sup>1</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	112 β	4	3,385	3,068	12	400	3	1,353	1,227
2	112	8	3,064	2,777	13	008	2	1,333	1,208
3	200	1	2,662	2,413	14	332	6	1,234	1,118
4	220 β	3	2,080	1,886	15	420	1	1,211	1,097
5	220	10	1,888	1,712	16	424 β	1	1,143	1,036
6	312 β	1	1,835	1,663	17	424	8	1,103	1,000
7	116 β	2	1,795	1,627	18	228	5	1,097	0,994
8	312	7	1,618	1,467	19	336	5	1,044	0,946
9	116	6	1,607	1,456	20	512	2	1,041	0,944
10	224	1	1,570	1,424	21	1.1.10	2	1,032	0,936
11	552	1	1,553	1,408					

**Разнов.** Кёстерит — kesterite<sup>16</sup> (Соболева) — Cu<sub>2</sub>(Zn,Fe)SnS<sub>4</sub>. Является Zn-содержащим станнином. Зерна и несовершенные кристаллы. Кристаллы изометрические или толстотаблитчатые по (001). Наблюдались формы: (001), (100), (110), (111), (111), (112); грани дипирамид покрыты горизонтальной штриховкой. Уд. в. 4,54—4,59. Цв. железно-черный, иногда синеватая побежалость. Черта бархатно-черная. Бл. металлический, на спайных сколах — стеклянный. В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый с буроватым оттенком Анизотропен, с цветными эффектами.

<sup>1</sup>Анализы минерала из м-ния Кёстер:

	Cu	Ag	Zn	Mn;	Fe	Sn	S	H.o.	Сумма
1.	30,56	0,005	11,16	0,09	1,68	25,25	28,40	—	98,05*
2.	26,69	0,49	10,32	—	2,62	31,80	27,58	0,36	99,88**

\* В том числе Sb — 0,90.

\*\* В том числе In — 0,021.

1—анал. Носков<sup>16</sup>; 2—анал. Новороссова<sup>17</sup>.

Наблюдается в месторождении Кёстер (Якутская АССР) в кварцево-сульфидном прожилке, секущем грейзенизированный аляскит. Сопровождается халькопиритом, халькозином, блеклой рудой и др. Образует также вкрапленники и кристаллы в амблигонитовой жиле. В грейзенизированных аляскитах Арга-Ыннах-Хайского массива (Якутская АССР) — в виде зернистых скоплений (заместил касситерит). В зоне окисления неустойчив, замещается арандизитом, халькозином, ковеллином, деревянистым оловом, азуритом, малахитом, купритом, переходит в землистые и гелевидные продукты зеленого цвета.



Кроме обычного станнина, Рамдор<sup>1</sup> выделяет еще четыре минерала, предположительно относимые им к станнину:

**Станнин? I.** В полир. пл. буровато-розовый, сильно анизотропен<sup>1</sup>, обладает двуотражением, более богат Cu, чем обычный станнин. Формула его, по-видимому,  $Cu_3Fe_2SnS_6$ . Распадается на халькопирит ( $CuFeS_2$ ) и обычный станнин ( $Cu_2FeSnS_4$ ). Судя по порошковой диаграмме, обладает гексагональной решеткой, очень близкой к вюрцитовой:  $a_0 \sim 3,84$ ;  $c_0 \sim 12,6 \text{ \AA}$ .

Межплоскостные расстояния станнина? I<sup>1</sup>  
Fe-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	0004 $\beta$	3	3,365	3,050	10	0008	2	1,553	1,408
2	0004	9	3,080	2,791	11	20 $\bar{2}$ 4	2	1,480	1,341
3	10 $\bar{1}$ 2	1	3,000	2,720	12	21 $\bar{3}$ 2 $\beta$	2	1,349	1,223
4	10 $\bar{1}$ 3	4	2,674	2,424		11 $\bar{2}$ 8 $\beta$			
	10 $\bar{1}$ 4 $\beta$	4				21 $\bar{3}$ 2	4	1,232	1,117
5	10 $\bar{1}$ 4	1	2,377	2,155	13	11 $\bar{2}$ 8	4	1,232	1,117
6	11 $\bar{2}$ 0 $\beta$	5	2,087	1,892	14	21 $\bar{3}$ 3	2	1,206	1,093
	0006	5			15	0.0.0.12 $\beta$	1?	1,138	1,031
7	11 $\bar{2}$ 0	10	1,894	1,717		30 $\bar{3}$ 0	8	1,097	0,994
8	10 $\bar{1}$ 6	3	1,785	1,618	16	3032	8	1,097	0,994
9	11 $\bar{2}$ 4	8	1,618	1,467	17	1.1.2.10	5	1,034	0,937
						0.0.0.12			

**Станнин? II.** В полир. пл. буровато-серый, изотропный, по свойствам промежуточный между станнином и сфалеритом. Обладает решеткой, сходной с решеткой сфалерита.

**Станнин? III.** В полир. пл. похож на станнин с серовато-розовым оттенком; анизотропен, с изотропными участками. По порошковой диаграмме очень близок к станнину? I ( $a_0 = 3,85$ ;  $c_0 = 12,65 \text{ \AA}$ ), но двуотражение меньше.

**Станнин? IV.** Изотропен. По цвету и отраж. способности очень сходен с обыкновенным станнином, по порошковой диаграмме близок к блеклым рудам;  $a_0 = 10,35 \text{ \AA}$ .

Межплоскостные расстояния станнина? IV<sup>1</sup>  
Fe-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	111	3	5,859	5,311	14	700; 632;	2	1,468	1,331
2	220	1	3,596	3,259		550; 710			
3	222 $\beta$	2	3,425	3,104	15	800	3	1,285	1,165
4	222	10	3,112	2,821	16	555; 751	2	1,195	1,083
5	400 $\beta$	2	2,844	2,575	17	662	1	1,180	1,070
6	400	6	2,559	2,320	18	840	2	1,156	1,047
7	333 $\beta$	1	2,167	1,964	19	753; 911	3	1,147	1,039
8	422	1	2,101	1,905	20	930	1	1,085	0,984
9	333	6	1,982	1,797	21	932; 844	6	1,055	0,956
	440 $\beta$	6			22	853; 770	2	1,043	0,945
10	440	8	1,815	1,645		950; 943;			
11	531	2	1,747	1,584	23	951; 666	2	1,001	0,907
12	622	3	1,570	1,424					
13	444	2	1,489	1,349					

Как обычный станнин, так и упомянутые четыре минерала, в отдельных случаях, по-видимому, образуются в процессе распада какого-то высокотемпературного минерала, близкого станнину.

Станнины? I и II широко распространены не только в оловорудных месторождениях, но встречаются и в некоторых медных месторождениях. Станнины? III и IV были установлены лишь в месторождении Каргуайколло (Боливия).

Изостаннин—*isostannite* (Кларингбулл Хей)<sup>2</sup>— минерал состава станнина, кристаллизующийся в куб. с., вероятно, тождественный со станнином II или станнином IV.

Обнаружен в образцах из Корнуэлла (Англия), Циновца (Чехословакия), Вера-Кармен (Боливия), Сноуфлэйк (Британская Колумбия, Канада). Недостаточно изучен.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P. Abhandl. Preuss. Akad. Wiss., Math.-Nat. Kl., 1944, Nr 4, 1; Die Erzminerale u. ihre Verwachsungen. Berlin 1955, 422.
2. Claringbull G. F., Heu M. H. Min. Mag., 1956, No 232; Min. Abstr., 13, No 1, 34.
3. Brockway L. O. Zs. Krist., 1934, 89, 434.
4. Spencer L. Min. Mag., 1901, 13, No 59, 54; Ahlfeld F., Himmel H., Schroeder R. Zbl. Min., 1935, 161 (кристаллы из Огуро).
5. Григорьев Ив. Ф., Доломанова Е. И. Тр. Мин. музея АН СССР, 1952, вып. 4, 65.
6. Orsel J. Bull. Soc. fr. Min., 1943, 60, 437.
7. Lévy C. Bull. Soc. fr. Min., 1956, 79, 383.
8. Ahlfeld F. N. Jb. Min., 1934, B.-B. 68 A, 268.
9. Spencer L. Min. Mag., 1901, 13, 61; Zs. Krist., 1908, 45, 475.
10. Takimoto K. Japan J. Geol., 1944, 19, 195.
11. Stelzner A. Zs. Deutsch. geol. Ges., 1897, 49, 131.
12. Радкевич Е. А. Изв. АН СССР, сер. геол., 1952, № 2, 80.
13. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 543.
14. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1955, 274.
15. Федермеер Д. Л., Стрелкин М. Ф. Рефераты научно-исследовательских работ за 1940 г. ОГГН, Изд. АН СССР, 1941, 74.
16. Киселев А. И. Матер. по геол. и полезн. ископ. северо-востока СССР, 1948, вып. 3, 113.
17. Иванов В. В., Пятенко Ю. А. Зап. Всес. мин. о-ва, 1959, 88, № 2, 165.

#### ГРУППА ФАМАТИНИТА

		Сингония	$a_0$	$c_0$	Уд. в.
Люционит	$\text{Cu}_3\text{AsS}_4$	Тетраг.	5,28	10,44	4,5
Фаматинит	$\text{Cu}_3\text{SbS}_4$	Тетраг.	5,38	10,76	4,7

Люционит и фаматинит — крайние члены изоморфного ряда<sup>1</sup>. Почти чистые крайние члены этого ряда наблюдались в месторождениях, где оба минерала обнаружены впервые; промежуточные члены, по-видимому, более распространены, чем собственно люционит или фаматинит. Тесные прорастания минералов этой группы с другими минералами и связанная с этим сложность выделения однородного материала для химических анализов по-видимому, являются причиной различий в данных анализов люционита и фаматинита, чем обусловлена разная трактовка природы этих минералов различными авторами.

## Люционит Luzonite



Назван по о-ву Лусон (Luzon) (Филиппины) (Вайсбах, 1874). Первоначально был описан под названием бурого колчедана (Церенер, 1869).

**Характ. выдел.** Зернистые агрегаты, отдельные мелкие зерна.

**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с., псевдокубический. Диморфен с энаргитом.  $D_{2d}^{11} - I\bar{4}2m$ ;  $a_0 = 5,28$ ;  $c_0 = 10,44 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,98$ ;  $Z = 2$  (Ватанабе)<sup>2</sup>. Структура типа халькопирита; атомы Cu и As занимают положения, отвечающие положениям Zn в сфалерите<sup>3</sup>.

**Физ. Сп. пе** наблюдалась. Тв. 3—3½. Уд. в. люционита из Японии<sup>4</sup> 4,48, с Филиппин<sup>1</sup> — 4,380 (вычисл. 4, 5). Цв. розовато-серый. Черта черная. Бл. металлический (более сильный, чем у энаргита). Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. светло-серый с коричневато-розоватым оттенком, несколько светлее энаргита. Отраж. спос. умеренная, но несколько больше, чем у энаргита (в %): для зеленых лучей 25, для оранжевых — 23,5, для желтых — 25. Двуотражение заметно в воздухе. Анизотропен с пестрым цветным эффектом. Очень характерно пластинчатое двойниковое строение. Обычно наблюдается в тесном прорастании с шпритом, блеклыми рудами, халькопиритом и др.

**Хим.** По составу отвечает энаргиту. Теор. состав: Cu — 48,42; As — 19,02; S — 34,56.

**Анализы:**

	Cu	Fe	Zn	As	Sb	Bi	S	Н.о.	Сумма
1.	44,30	0,70	Сл.	11,00	10,40	1,5	30,80	0,70	100,3*
2.	47,55	0,26	—	17,07	1,46	—	32,63	0,97	99,94

\* В том числе  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0,9; н. о. —  $\text{SiO}_2$

1—р-к Тэйн; анал. Минато<sup>4</sup>; 2—р-к Манкаян; анал. Гонпер<sup>1</sup>.

**Диагн. исп.** В полир. пл.  $\text{HNO}_3$  и KCN дают налет, действуют медленно. HCl,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{HgCl}_2$  и KOH не действуют.

**Находж.** Встречается в очень малых количествах в среднетемпературных, главным образом медных месторождениях. Обычно наблюдается совместно с энаргитом в ассоциации с блеклой рудой, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, баритом и др. Установлен в СССР в Каджаранском медно-молибденовом месторождении на Кавказе, в некоторых медноколчеданных месторождениях Урала, в колчеданных рудах Майкаина и др. в Каз. ССР<sup>5</sup>; впервые был найден в р-ке Манкаян на о-ве Лусон (Филиппины), встречается на о-ве Тайвань (КНР), в р-ке Тэйн на о-ве Хоккайдо (Япония), где преобладает над энаргитом, и в других местах.

**Изм.** Переходит в энаргит. Замещается блеклой рудой, халькозином. При выветривании люционита возникают арсенаты меди.

**Отл.** Похож на энаргит, но имеет более светлую окраску в полированных шлифах; кроме того, отличается от энаргита пластинчатым двойникованием. Межпл. расстояния см. на стр. 366.

*Л и т е р а т у р а*

1. Gaines R. V. Am. Min., 1957, 42, No 11—12, 766.
2. Watanabe M. Sci. Repts. Tohoku Univ., 3 Ser., 1951, 4, 33.
3. Hocart R., Weiler, C. R., Paris, 1947, 225, 194.
4. Minato H., Takano Y., Muraoka H. Sci. Papers Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo, 1954, 4, No 2, 155.
5. Шадлун Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 534; Смирнов Ф. Л., Яковлев Л. И. Тр. Мин. музея АН СССР, 1959, вып. 10, 80; Смирнов Ф. Л., там же, 171.

Межшоскостные расстояния людонита из р-ка Манкаян  
и богатого сурьмой людонита из р-ка Тэйн<sup>1</sup>

Си-антикатод, без фильтра,  $D = 35$  мм

№	М-ние Манкаян			М-ние Тэйн		
	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	(112)	6		6		3,08
2	(112)	10	3,01	10	3,08	
3	(200)			2		2,670
4	(200); (004)	2	2,658	6	2,665	
5	(220)	6		6		1,887
6	(220)	10	1,861	10	1,886	
7	(204)	8	1,849	8	1,878	
8	(312)	2		5		1,605
9	(312)	9	1,591	8	1,606	
10	(116)	6	1,585	6	1,593	
11	(224)	1	1,524	2	1,537	
12	(400)			1		1,333
13	(400)	1	1,315	4	1,333	
14	(008)	1	1,308	3	1,321	
15	(332)	3	1,205	6	1,218	
16	(316)	3	1,201	3	1,212	
17	(420)			2	1,191	
18	(336)	1		1		1,025
19	(424)	6	1,074	6	1,084	
20	(228)	4	1,071	3	1,079	
21	(512)	2	1,017	3	1,027	
22	(336)	4	1,010	5	1,024	
23	(1.1.10)			2	1,016	
24	(440)	1	0,930	3	0,942	
25	(408)	1	0,926	2	0,932	
26	(532); (516)			4	0,903	
27	(3.1.10)			3	0,894	

Фаматинит Famatinite



Назван по месту пересей находки Сьерра-де-Фаматина в Аргентине (П. Гельцер, 1873).

Синон. Сурьмянистый людонит, стиблюдонит (Стефанович, 1903).

Характ. выдел. Плотные и зернистые массы, корки мелких кристаллов, мелкие зерна.

Структ. и морф. крист. Тетраг. с.  $D_{2d}^{11}$  —  $I\bar{4}2m$ ;  $a_0 = 5,38$ ;  $c_0 = 10,76$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 2,00$ ;  $Z = 2$  (Гэйнс)<sup>1</sup>.

Структура типа халькоширита. Изоструктурен с людонитом ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ). Тетраг.-скаленоэдр. кл.;  $a : c = 1 : 2,000$  (Гэйнс)<sup>2</sup>.

Формы:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	0°00'	$p$ 112	45°00'
$m$ 110	45°00'	90 00	$t$ 111	45 00
$e$ 102	90 00	45 00	$s$ 132	18 26
$Z$ 101	90 00	63 26		72 27

Недостовверные формы:  $q(1.1.10)$ ,  $u(1.3.12)$ ,  $v(125)$ . Дв. по (112).

Измерения Рата (1880) и Шенона (1917), по-видимому, выполнены на кристаллах энаргита, а не фаматинита.

Образует прорастания и ориентированные сростания с энаргитом<sup>3</sup>.

Физ. Сп. (104) хорошая, по (100) заметная. Изл. неровный. Довольно хрупок. Тв. 3½. Уд. в. 4,52—4,66 (вычисл. 4,699). Цв. медно-красный до фиолетово-красновато-серого, быстро тускнеет. Черта черная. Непрозрачен.

Микр. В полпр. шл. в отраж. св. серовато-розоватый с фиолетовым оттенком. Двухотражение в воздухе незначительное, в иммерсии заметное; при наличии двойников более ясное. Сильно анизотропен. Внутренних рефлексов нет. Двойники характерны.

Хим. Теор. состав: Cu — 43,27; Sb — 27,63; S — 29,10. Изоморфен с люционитом —  $Cu_3AsS_4$ ; промежуточные по составу члены ряда более распространены, чем почти чистые крайние члены.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	44,72	42,98	43,48	43,94
Ag	—	—	0,188	—
Au	—	—	0,0008	—
Zn	0,59	—	—	—
Fe	0,67	0,26	1,65	0,48
S	29,40	28,97	31,90	30,86
As	3,84	3,31	9,90	9,08
Sb	21,44	24,36	12,65	13,19
Bi	—	—	0,10	1,79
Н. о.	—	—	—	0,17
Сумма	100,66	99,88	99,86	99,51
Уд. в	4,57	—	—	4,660

1 и 2 — фаматинит, Сьерра-де-Фаматина (Аргентина): 1 — среднее из двух анализов Зиверта<sup>4</sup>; 2 — анал. Гоньер<sup>2</sup>; 3 и 4 — промежуточные члены ряда люционита-фаматинита: 3 — Лауран (Боливия); анал. Герценберг<sup>5</sup> (по-видимому, содержал примесь пирита); 4 — Голдфилд (США); анал. Гоньер<sup>2</sup>.

Диagn. исп. В полпр. шл. от  $HNO_3$ , KCN и от царской водки (при незначительном вскипании) слабые, легко стирающиеся налеты. Остальные реактивы не действуют.

П. п. тр. на угле дымится, дает черный хрупкий металлический король и налет окисла Sb, в откр. тр. — белые пары, в закр. тр. растрескивается, выделяет S, при сильном нагревании также  $Sb_2S_3$ .

Нахожд. Редкий. В ряде месторождений наблюдается в ассоциации с энаргитом, борнитом, теннантитом. Помимо Сьерра-де-Фаматина в Аргентине, встречается в Усенском медном месторождении в Каз. ССР, в колчеданных месторождениях Урала, в месторождениях Боливии, Перу, в золоторудных жилах с самородным висмутом и пиритом в Голдфилде (шт. Невада, США). В незначительном количестве обнаружен в низкотемпературных сурьмяно-ртутных месторождениях, в частности на Урале<sup>6</sup> и в Средн. Азии<sup>7</sup>.

Искусств. Представляет одну из фаз системы  $Sb - Cu - S^8$ .

Отл. Под микр. более розовый, чем энаргит; от борнита и германита отличается анизотропностью.

## Л и т е р а т у р а

1. Gaines R. V. Am. Min., 1952, 37, No 3—4, 291.
2. Gaines R. V. Am. Min., 1957, 42, No 11—12, 766.
3. Harcourt G. Am. Min., 1937, 22, No 5, 517.
4. Stelzner A. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1873, 243.
5. Ahlfeld F., Reyes J. Mineralogie von Bolivien. Berlin, 1938, 35.
6. Ивантшин М. Н. Тр. Горно-геол. ин-та УФАН, 1944, вып. 4, 23.
7. Шадлун Т. Н. Минералы СССР: Изд. АН СССР, 1940, 2, 537.
8. Gaudin A. M., Dicke G. Econ. Geol., 1939, 34, 49.

## СТРУКТУРА ТИПА КУБАНИТА

## ГРУППА КУБАНИТА

Кубанит  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  Ромб. с.  $a_0$  6,46  $b_0$  11,12  $c_0$  6,23 Уд. в. 4,0

## Кубанит Cubanite

 $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ 

Назван по местности — о-ву Куба (Чепмен, 1868).

Синон. Кубан (Брайтхаупт, 1843), чальмерзит—хальмерзит (Хусак, 1902). По-видимому, кубанитом является барраканит (купропирит)  $\text{CuFe}_2\text{S}_4$ ? (Шнайдер, 1895). Луникит (Палмунен, 1939) — кубанит с примесью пирротина, халькопирита и сфалерита<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Обычно в виде отдельных зерен и пластинок, очень редко в кристаллах.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{16}$  — *Pctn*;  $a_0 = 6,46$ ;  $b_0 = 11,12$ ;  $c_0 = 6,23$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,581 : 1 : 0,560$ ;  $Z = 4$ . (Азаров, Бёргер)<sup>2</sup>.

Атомы S образуют почти идеальную плотнейшую упаковку. Атомы Fe и Cu находятся в тетрадрах. Атомы  $S_1$  окружены по тетраэдру двумя Cu и двумя Fe, атомы  $S_2$  — по деформированному тетраэдру тремя Fe и одним Cu. Предположительно атомы Fe связаны попарно, что может быть причиной ферромагнитности минерала<sup>2</sup>.

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,5611$  (Хлавач)<sup>3</sup>.

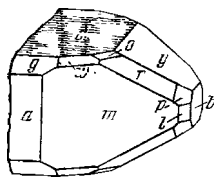
Формы<sup>2-3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	—	0°00'	<i>g</i> 101	90°00'	43°57'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	<i>d</i> 201	90 00	62 35
<i>a</i> 100	90 00	90 00	<i>t</i> 112	59 48	29 09
<i>l</i> 130	29 48	90 00	<i>w</i> 111	59 48	48 07
<i>m</i> 110	59 48	90 00	<i>s</i> 221	59 48	65 51
<i>e</i> 012	0 00	15 41	<i>p</i> 131	29 48	62 44
<i>y</i> 011	0 00	29 18	<i>o</i> 122	40 39	36 29
<i>h</i> 032	0 00	40 05	<i>r</i> 121	40 39	55 57
<i>f</i> 102	90 00	25 44			

*rm* (121) : (110) = 38° 29'      *yy* (011) : (0 $\bar{1}$ 1) = 58°36'      *ga* (101) : (100) = 46°02'  
*pm* (131) : (110) = 41 13      *lm* (130) : (110) = 30 00      *ra* (121) : (100) = 57 20

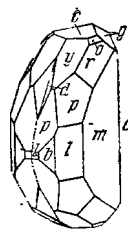
Первоначальная установка Хусака (1902) и Пэлэча (1907) была изменена Хлавачем, который взаимно переставил оси *a* и *b* и принял форму (133) за (111). Формула перехода от установки Хусака-Пэлэча к установке Хлавача: 010/300/001.

Кристаллы довольно мелкие (до 5 мм). Облик их характеризуют формы  $c$ ,  $m$ ,  $y$  (фиг. 269). На  $c(001)$  штриховка  $\parallel$  оси  $b$ . Обычны дв. по (110) и (130) (фиг. 270), а также четверники и шестерники.



Фиг. 269. Кристалл кубанита (Садбери)

По Пинкю



Фиг. 270. Двойник кубанита (Садбери)  
По Пинкю

Физ. Сп. или отдельность по (001) и (110). Изл. раковистый. Тв.  $3\frac{1}{2}$ —4. Уд. в. 4,03—4,169; для чистого кристалла из Садбери — 4,101 (вычисл. 4,003). Цв. бронзово-желтый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Высокая магнитная восприимчивость в направлении оси  $b$ ; по осям  $a$  и  $c$  почти немагнитен<sup>6</sup>.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. кремово-розовый. Отраж. снос. (в %): для зеленых лучей 41, для оранжевых — 41, для красных — 39. По данным измерений с фотоэлементом для белого света — 44,0 (Мозес, по Рамдору). Наблюдается двуотражение. Сильно анизотропен.

Характерны вроски пластинчатых сдвойникованных выделений кубанита в халькопирите.

Хим. Теор. состав: Cu — 23,4; Fe — 41,2; S — 35,4.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Cu	22,88	23,57	23,52	23,30	23,91
Zn	—	—	—	0,03	Сл.
Fe	41,41	41,24	41,14	41,23	40,95
Ni	—	—	—	0,11	0,06
S	35,35	36,00	35,30	34,81	35,06
Сумма	99,64	100,81	99,96	99,99*	100,14**
Уд. в.	4,101	—	4,04		

\* В том числе  $\text{SiO}_2$  — 0,51.

\*\* В том числе  $\text{SiO}_2$  — 0,16.

1 — Садбери (Канада); анал. Ятсевич<sup>5</sup>; 2 — Тунаберг (Швеция); анал. Бэндинг<sup>7</sup>; 3 — Аляска; анал. Джонсон<sup>8</sup>; 4 — р-к Каманши (Япония)<sup>9</sup>; 5 — р-к Омине (Япония)<sup>9</sup>.

Диагн. исп. В полир. пл. обычными реагентами не травится; после длительного травления действует  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ; иногда очень медленно. Слабо травится КОН.

П. п. тр. на угле сплавляется в магнитный королек. Сплав с содой реагирует на Cu и Fe.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. 910—920°. При высоких температурах кубанит образует твердый раствор в халькопирите. Распад твердого раствора происходит при 250—300°; образуются пластинчатые выделения кубанита в халькопирите. Присутствие кубанита свидетельствует, что халькопирит, его содержащий, мог образоваться при температурах выше 300°. Таким образом, кубанит может служить «геологическим термометром».

Находч. Встречается обычно в очень небольших количествах в тесной парагенетической ассоциации с халькопиритом, главным образом в пирротиновых рудах, преимущественно в более высокотемпературных месторождениях, в частности в медно-никелевых месторождениях типа Садбери, в контактово-метасоматических месторождениях (среди скарнов),

в виде единичных мелких выделений в колчеданных рудах, в некоторых среднетемпературных жильных месторождениях, часто в продуктах распада среди сфалерита.

В СССР известен в рудах Монче-тундры (Мурманская обл.), Норильска (Красноярский край), Тетюхе (Приморский край), Турьинских (Свердловская обл.) и других месторождений. В виде хорошо образованных кристаллов первоначально был обнаружен в золоторудных кварцевых жилах Морро-Вельо в Минас-Жераис (Бразилия), позднее в р-ке Фруд в Садбери (Канада); наблюдается в рудах Кавельторпа и Тунаберга (Швеция), во многих месторождениях Японии<sup>9,10</sup>, на Аляске.

Изм. В позднейшие стадии формирования месторождений под влиянием изменившихся физико-химических условий кубанит, по-видимому, становится неустойчивым и может разлагаться на пирротин и халькопирит. Известно также разложение его с образованием пирита и ковеллина. При гипергенных процессах дает различные вторичные минералы Cu и Fe.

Искусств. Получается при медленном охлаждении расплава, по составу отвечающего смеси халькопирита и пирротина. Образуется в результате диффузии в твердом состоянии между халькопиритом и ковеллином<sup>10</sup>.

Практ. знач. Входит в состав некоторых медных руд.

Отл. В отраж. св. сходен с пирротинном, от которого отличается меньшей твердостью и несколько большей отражательной способностью, от халькопирита — более сильной анизотропией и розовым оттенком.

Эталонные порошкограммы кубанита, приводимые Вальдо<sup>12</sup> и Харкортон, различны, и, вероятно, характеризуют разные вещества.

#### Л и т е р а т у р а

1. Saksela M. Bull. Comm. Géol. Finlande, 1951, No 154, 191.
2. Azaroff L., Buerger M. J. Am. Min., 1955, 40, No 3—4, 213; Buerger M. J. Am. Min., 1947, 32, No 7—8, 415.
3. Hlawatsch C. Zs. Krist., 1910, 48, 205; Hussak E. Cbl. Min., 1902, 69.
4. Palache C. Am. J. Sci., 1907, 24, 249.
5. Peacock M. A., Jitsevitch G. M. Am. Min., 1936, 21, No 1, 55.
6. Свешников Г. Б. Геофизические методы поисков полезных ископаемых. Госгеолыздат, 1954, 52; Hiller J. E. Fortsch. Min., 1955, 33, H. 2, 167.
7. Kalb G., Bendig M. Cbl. Min., 1923, 643.
8. Johnson A. Econ. Geol., 1917, 12, 519.
9. Takeuchi T., Nambu M. J. Japan Assoc. Min., Petr., Econ. Geol., 1958, 42, No 3, 101; Sci. Rep. Tohoku Univ., 1958, Ser. 3, 6, No 1, 1.
10. Такаутти, Намбу, Сайто. Реф. журн. Геология, 1956, реф. 8601.
11. Sugaki A., Tashiro C. Sci. Rep. Tohoku Univ., 1956, Ser. 3, 5, No 2, 201.
12. Waldo A. W. Am. Min., 1935, 20, No 8, 575.

### ИСКАЖЕННАЯ СТРУКТУРА ТИПА ГАЛИТА

#### ГРУППА ТИЛЛИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Тиллит	$PbSnS_2$	Ромб.	4,05	4,29	11,35	6,5
[Монтезит]	$PbSn_4S_3?$	—	—	—	—	—

#### Тиллит Teallite



Назван по имени английского геолога Д. Тила (Прайор, 1904)<sup>1</sup>.

Синон. Пуффалит (Альфельд, 1925). Цинкитиллит (Альфельд, 1926) — тиллит, загрязненный вуртцитом и сфалеритом (Альфельд, Мориз, 1933)<sup>2</sup>.



**Характ. выдел.** Пластинчатые кристаллы с почти квадратными очертаниями или агрегаты, состоящие из тонких листочков с неправильными очертаниями.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{16} - Pnma$ ;  $a_0 = 4,05$ ;  $b_0 = 4,29$ ;  $c_0 = 11,35 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,944 : 1 : 2,647$ ;  $Z = 2$  (Хофман)<sup>3</sup>. Изоструктурен с герценбергитом (SnS).

Рентгеновская установка была принята в справочнике Дана (1944); гониометрическое отношение осей по Альфельду, принятое ниже, отличается от рентгеновского в 2 раза меньшим значением  $c$ , что приводит к более простым символам граней (третий индекс в рентгеновской установке в 2 раза больше).

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,971 : 1 : 1,335$  (Альфельд)<sup>4</sup>.

Формы<sup>1,4</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$	001	—	$d$	101	$90^\circ 00'$
$M$	110	$15^\circ 50'$	$e$	201	$90^\circ 00'$
$f$	011	0 00	$o$	111	$45^\circ 55'$
$C$	305	90 00	$p$	221	$45^\circ 55'$
$B$	405	90 00			$75^\circ 22'$

$oc (111) : (001) = 62^\circ 26'$        $oo (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 75^\circ 46'$        $oo (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 79^\circ 29'$

Главные формы  $c(001)$  и  $o(111)$ , часто также наблюдается  $d(101)$ .

Недостовверные формы:  $a(100)$ ,  $y(021)$ ,  $n(112)$ ,  $t(211)$ .

Кристаллы таблитчатые по  $c(001)$ , псевдотетрагональные, нередко значительно деформированы — скручены и изогнуты. На  $c(001)$  мозаичное строение.

**Физ.** Сп. по  $(001)$  совершенная. Гибок, но не эластичен. Тв. 2. Уд. в. 6,36 у оригинала хим. анализа 1 (вычисл. 6,57). Цв. светло-серый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый с кремовым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 41, для оранжевых — 38,5, для красных — 36. Двухотражение заметно в воздухе только на границе зерен, в иммерсии выражено немного резче. Отчетливо анизотропен, с очень четким цветным эффектом, изменяющимся от сипевато-серого до темно-коричнево-фиолетового. Внутренние рефлекссы не наблюдаются. Полируется хорошо. При скрещенных николях отчетливо выявляется двойниковое строение.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 53,05; Sn — 30,51; S — 16,44. Обычно содержит примеси Fe или Zn. Частично Pb изоморфно замещается Sn в так называемых «оловянных тиллитах» — промежуточных членах ряда тиллит — герценбергит<sup>5</sup>. Спектральным анализом в тиллите устанавливается иногда и ряд других элементов (Ag, Ge, Bi и др.)<sup>2</sup>. Анализы см. на следующей странице.

**Диагн. исп.** Легко разлагается горячей конц. HCl и HNO<sub>3</sub>.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub>, HCl, FeCl<sub>3</sub>, KOH образуется коричневый налет.

В закр. тр. дает небольшой взгон S.

**Нахожд.** Относится к числу малораспространенных минералов. Лишь в отдельных месторождениях Боливии, где тиллит был найден впервые, он встречается иногда в значительных количествах и может быть отнесен к числу главных минералов. Известен исключительно в гидротермальных сульфидно-касситеритовых месторождениях небольших глубин, в которых ассоциируется с вуртцитом, сфалеритом, галенитом, пиритом, касситеритом и сульфидами сложного состава — буланжеритом, джемсонитом, франкеитом и др. Из жильных минералов спутниками тиллита являются кварц и карбонаты.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Fe	0,20	0,16	—	0,9	2,9
Zn	—	1,08	—	2,0	3,9
Sn	30,39	30,06	37,9	41,1	43,4
SnO <sub>2</sub>	—	—	1,8	0,5	1,5
Pb	52,98	51,25	40,8	36,2	25,5
S	16,29	17,16	17,2	18,8	20,9
H. o.	—	—	1,6	0,2	1,0
Сумма	99,86	99,71	99,3	99,7	99,1

1—5— Боливия; 1—анал. Прайор<sup>1</sup>; 2— Монсеррат; анал. Крюл (небольшая примесь вюртцита)<sup>6</sup>; 3—5— «оловянные тиллиты»: 3— Колкечака; 4— Каргуайколло; 5— Канделария, анал. Берндт<sup>6</sup>.

В СССР в значительных количествах тиллит обнаружен только в месторождении Большая Спнанча в Приморском крае, где его пластинчатые выделения почти полностью разложены с образованием галенито-касситеритовых агрегатов<sup>7,8</sup>.

В ничтожных количествах, представляющих в большинстве случаев лишь минералогический интерес, тиллит встречен в Смирновском оловянно-свинцово-цинковом месторождении<sup>9</sup>, в Кадаинском и Явленском свинцово-цинковых месторождениях Читинской обл.<sup>10</sup>; отмечался в Средн. Азии в тесном сростании с франкеитом, ассоциируется с касситеритом, станнином, галенитом, сфалеритом<sup>11</sup>.

Изм. При усилении роли кислорода в рудообразующих растворах легко разлагается с образованием галенита и касситерита в виде тонкозернистых агрегатов, в которых галенит и касситерит присутствуют примерно в равных количествах и образуют тончайшие прорастания<sup>7,8</sup>.

В зоне окисления по тиллиту образуются касситерит и англезит или церуссит; в одном из месторождений Боливии в качестве продукта окисления тиллита был обнаружен гохшильдит в ассоциации с церусситом и водными окислами железа.

Отл. В полир. пл. сходен с франкеитом, от которого отличается лишь несколько более высокой отражательной способностью, немного более резкой анизотропией и яркими окрасками при скрещенных николях. От других похожих на него в шлифах пластинчатых рудных минералов отличается слабым двуотражением.

#### Л и т е р а т у р а

1. Prior G. Min. Mag., 1904, 14, No 63, 21.
2. Ahlfeld F., Moritz H. N. Jb. Min., 1933, В.-В. 66 А, 191.
3. Hoffman G. Zs. Krist., 1935, 92, А, 161.
4. Ahlfeld F., Himmel H., Kleber W. Sbl. Min., 1935, А, Nr 8, 225.
5. Berndt F. N. Jb. Min., Monatsh., 1954, Н. 9, 200.
6. Ahlfeld F. Econ. Geol., 1936, 31, No 1, 48.
7. Алявдин В. Ф., Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 311.
8. Радкевич Е. А. Изв. АН СССР, сер. геол., 1948, № 3, 131.
9. Полякова О. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 18, 46.
10. Читаева Н. А. Сб. научн. трудов Моск. ин-та цветных металлов и золота, 1957, № 27, 358.
11. Мацокина-Воронич Т. М. Зап. Узб. отд. Всес. Мин. о-ва, 1954, вып. 6, 117.

Монтезит — montesite<sup>1</sup>. Рассматривается как сульфид Pb и Sn—PbSn<sub>2</sub>S<sub>5</sub>,—промежуточный между тиллитом и герценбергилом. Серобелый. Тв. 2½—3. Уд. в. 5,66. Теор. состав: Sn — 56,37; Pb — 24,60; S — 19,03. Анализ минерала с примесью касситерита: Ag — 0,52;

Fe — 0,46; Sn — 52,40; Pb — 23,80; S — 18,7; Sb — 0,80; O — 1,10; н. о. — 0,90; сумма — 98,68.

Найден в р-ке Липес-Хуайко около Окури (Боливия).

Изучен недостаточно.

## Литература

1. Herzenberg R. Publ. Tecn. Inst. Boliviano Ingen. Minas y geol., 1949, 5 (по рефератам Min. Mag., 1950, 29, No 208, Abstr. 11, 10 и Chem. Abstr., 1950, 44, 1365).

## ГРУППА МИАРГИРИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Углы	Уд. в.
Миаргирит $AgSbS_2$	Монокл.	13,20	4,40	12,86	$\beta$ 98°37'	5,29
Арамайонт $Ag(Sb,Bi)_2S_3$	Трикл.	7,74	8,84	8,32	$\alpha$ 100 22 } $\beta$ 90 00 } $\gamma$ 103 54 }	5,62
[Матильдит] $AgBiS_2$	Ромб.	3,93	4,05	5,67		6,9
[Павонит] $AgBi_3S_5$	Монокл.	13,35	4,03	16,34	94 30	6,79

Миаргирит и матильдит в результате нагревания переходят в триклинные псевдокубические модификации. При высоких температурах все три минерала между собой изоморфны, имеют неупорядоченную структуру и близкие псевдокубические ячейки; размеры последних, согласно порошкограмм, близки к размерам ячейки галенита. Размеры элементарных ячеек и структуры низкотемпературных модификаций этих трех минералов различны (Грэхэм, 1951).

	Миаргирит		Арамайонт		Матильдит	
	Монокл.	Псевдокуб.	Трикл.	Псевдокуб.	Ромб.	Псевдокуб.
$a$	13,197	5,829	7,736	5,68	3,926	5,643
$b$	4,399	5,829	8,837	5,68	4,054	5,643
$c$	12,856	5,482	8,317	5,63	5,673	5,673
$\alpha$	90°00	88°58'	100°22½'	86°42'	90°00'	90°00'
$\beta$	98 37½'	91 02	90 00	91 33	90 00	90 00
$\gamma$	90 00	82 02	103 54	94 08½'	90 00	88 10
$Z$	8	2	6	2	1	2

Миаргирит *Miargyrite*

Назван от греч. *meion* (мейон) — меньше и *argyros* (аргирос) — серебро, так как минерал содержит меньше Ag, чем пираргирит (Роше, 1829).

Синон. Серебряно-сурьмяный блеск, гипаргирит (Брайтхаупт, 1832), кенготтит (Хайдинггер, 1856).

Характ. выдел. Кристаллы, зерна и сплошные выделения.

Структ. и морф. крист. Низкотемпературная модификация монокл. с.  $C_{2h}^6 - C2/c?$ ;  $a_0 = 13,197$ ;  $b_0 = 4,399$ ;  $c_0 = 12,856$  Å;  $\beta = 98^\circ 37\frac{1}{2}'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 3,00 : 1 : 2,923$ ;  $Z = 8$  (Хофман)<sup>1</sup>.

Высокотемпературная модификация псевдокубическая;  $a_0 = b_0 = 5,829$ ;  $c_0 = 5,482$  Å;  $a = 88^\circ 58'$ ;  $\beta = 91^\circ 02'$ ;  $\gamma = 82^\circ 02'$ ;  $Z = 2$  (Грэхэм)<sup>2</sup>.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 2,9945 : 1 : 2,9095$ ;  $\beta = 98^\circ 37'$  (Льюис)<sup>3</sup>.

Распространенные формы (Дана, 1944; Кутина<sup>4</sup>):

		Ф	Р		Ф	Р	
<i>c</i>	001	90°00'	8°37'	<i>Ю</i>	521	41°02'	82°37'
<i>b</i>	010	0 00	90 00	<i>d</i>	311	46 49	76 46
<i>a</i>	100	90 00	90 00	<i>φ</i>	411	54 31	78 43
<i>β</i>	013	8 53	44 28	<i>f</i>	922	57 32	79 33
<i>ω</i>	011	2 59	71 04	<i>x</i>	$\bar{1}22$	— 6 39	71 09
<i>m</i>	101	90 00	48 36	<i>ξ</i>	$\bar{2}13$	—27 26	47 32
<i>o</i>	$\bar{1}01$	—90 00	39 43	<i>χ</i>	$\bar{2}12$	—29 44	59 10
<i>h</i>	<i>i</i> $\bar{1}3$	26 18	47 15	<i>σ</i>	$\bar{2}11$	—31 55	73 44
<i>t</i>	111	21 18	72 15	<i>g</i>	$\bar{3}13$	—40 35	51 56
<i>A</i>	$\bar{1}11$	—15 56	71 43	<i>i</i>	$\bar{3}11$	—43 52	76 05
<i>k</i>	124	15 19	56 27	<i>γ</i>	$\bar{4}14$	—48 48	47 50
<i>s</i>	211	36 03	74 28				

$$mc (101):(001) = 39°58'$$

$$oc (\bar{1}01):(001) = 48 21$$

$$kc (124):(001) = 54 36$$

$$ic (111):(001) = 69 19$$

$$sc (211):(001) = 69 32$$

$$dc (311):(001) = 70°34'$$

$$oc (011):(001) = 70 50$$

$$ka (124):(100) = 77 18$$

$$ta (111):(100) = 69 45$$

$$sa (211):(100) = 55 28$$

$$dd (311):(\bar{3}\bar{1}1) = 83°33'$$

$$tt (111):(\bar{1}\bar{1}1) = 125 04$$

$$ss (211):(\bar{2}\bar{1}1) = 102 21$$

$$kk (124):(\bar{1}24) = 107 01$$

## Менее обычные формы:

$\Delta$	210	<i>n</i>	301	$\Gamma$	133	<i>Q</i>	735	<i>D</i>	711	<i>G</i> :	$\bar{3}14$
<i>u</i>	320	<i>T</i>	$\bar{1}06$	<i>K</i> :	2.6	<i>Y</i>	11.5.5	<i>P</i>	15.2.2	$\psi$	$\bar{4}13$
<i>W</i>	1.0.12	<i>M</i>	$\bar{1}03$	<i>J</i>	233	<i>P</i>	524	<i>C</i>	811	<i>H</i>	$\bar{4}11$
<i>G</i>	105	<i>u</i>	$\bar{2}03$	<i>X</i>	122	<i>ε</i>	522	<i>ч</i>	11.1.1	$\pi$	$\bar{5}15$
<i>χ</i>	104	<i>R</i>	$\bar{2}01$	<i>r</i>	121	<i>I</i>	315	<i>U</i>	13.1.1	<i>p</i>	$\bar{6}16$
$\theta$	103	<i>N</i>	$\bar{3}01$	<i>O</i>	324	<i>S</i>	312	<i>я</i>	18.1.1	$\tau$	$\bar{8}18$
<i>B</i>	205	<i>K</i>	112	<i>U</i>	322	<i>V</i>	623	<i>W</i> :	$\bar{2}33$	<i>z</i>	$\bar{9}13$
$\lambda$	102	<i>i</i>	$\bar{1}13$	<i>i</i> :	533	<i>F</i>	511	<i>α</i>	$\bar{5}44$	<i>q</i>	$\bar{1}2.1.3$
<i>L</i>	703	<i>z</i>	137	<i>E</i>	212	$\eta$	611	$\zeta$	$\bar{2}15$		

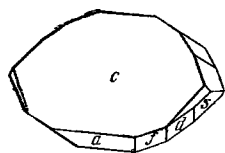
Кроме того, известны 16 редких и малодостоверных форм (см. Дана, 1944).

Наиболее развиты: *c*(001), *a*(100), *o*( $\bar{1}01$ ), *t*(111), *s*(211); для месторождения Кутна гора (Чехословакия), кроме того, характерны *k*(124),  $\gamma$ (414)<sup>4</sup>, для месторождения Бройнсдорф (ГДР) —  $\omega$ (011), *d*(311), *g*(313)<sup>6</sup>. Кристаллы обычно таблитчатые по *c*(001) (фиг. 271, 272), а также таблитчатые по *o*( $\bar{1}01$ ) (фиг. 273); часто очень богаты формами (фиг. 274, 275). На *a*(100) обычна штриховка || оси *b* и || ребрам (100):(111) и (100):(1 $\bar{1}1$ ). Иногда на *a*(100) штриховка под углом 40° к направлению оси *b*; эта штриховка воспроизводится на (100) в течение нескольких минут травлением конц. КОН<sup>4</sup>. Кристаллы нарастают друг на друга и обнаруживают сложные формы роста<sup>3</sup>. Дв. по  $\xi$ ( $\bar{2}13$ ) и *i*(311)<sup>4</sup>.

Физ. Сп. по (010) несовершенная, а также по (100) и (101). Изл. полураковистый, до неровного. Хрупок. Тв. 2 — 2 $\frac{1}{2}$ . Уд. в. 5,1 — 5,30 (вычисл. 5,29). Цв. железно-черный до стально-серого, в тонких осколках кроваво-

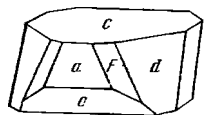
красный. Черта вишнево-красная. Бл. металлический до алмазного, Почти непрозрачен.

Отрицательный фотоэлектрический эффект  $< 0,01$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>6</sup>.



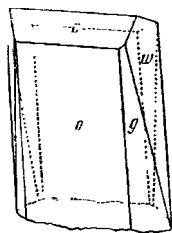
Фиг. 271. Кристалл миаргирита (Паренос, Мексика)

По Вайсбаху



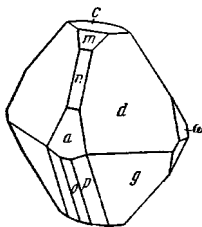
Фиг. 272. Кристалл миаргирита (Бройнсдорф, ГДР)

По Шепарду



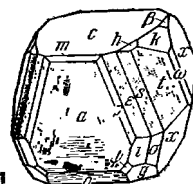
Фиг. 273. Кристалл миаргирита (Потоси, Боливия).

По Вайсбаху.



Фиг. 274. Кристалл миаргирита (Бройнсдорф, ГДР)

По Науману



Фиг. 275. Кристалл миаргирита (Сака-текас, Мексика)

По Иклу

**Микр.** В пл. в прох. свете темный, кроваво-красный. Двуосный (+).  $n_p \geq 2,72$  (Li). Двупреломление очень высокое.

В полир. пл. в отраж. св. голубовато-белый или белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 33, для оранжевых — 29, для красных — 28. Двухотражение зависит от сечения, изменяется от белого до светло-серо-белого и беловато-серого. Сильно анизотропен. Цветные эффекты хорошо проявляются лишь в диагональном положении: коричнево-желтый, густо-черно-синий до бело-серого. Внутренние рефлексы густо-красные, в воздухе наблюдаются редко, в иммерсии отчетливы.

**Хим.** Теор. состав: Ag—36,72; Sb—41,45; S—21,83. Устанавливается незначительная изоморфная примесь As; имеются также примеси Cu и Pb.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Cu	—	0,50	—	2,6	0,02
Ag	37,06	35,28	36,71	33,9	36,20
Fe	—	0,25	Сл.	1,0	0,56
Pb	—	1,76	—	0,6	0,95
As	0,79	—	—	Сл.	Сл.
Sb	41,13	39,46	41,15	40,5	42,46
S	21,50	20,66	21,68	21,9	19,27
Н.о.	—	—	—	—	0,80
Сумма	100,48	97,91	99,54	100,5	100,26
Уд.в.	—	—	5,077	5,20	—

1 — Андреасберг; анал. Екинс<sup>7</sup>; 2 — Бая Сприе; анал. Сипёч<sup>8</sup>; 3 — Пршибрам; анал. Андреаш<sup>9</sup>; 4 — Татаси; анал. Прайор<sup>10</sup>; 5 — Рэндсбёрг; анал. Шенон<sup>11</sup>.

Диагн. исп. Разлагается конц.  $\text{HNO}_3$  с выделением S и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

В полир. пл. от KCN слабый коричневый налет; царской водкой травится со вскипанием; от KOH быстро появляется побежалость.  $\text{HNO}_3$  иногда оказывает слабое действие, HCl и  $\text{FeCl}_3$  не действуют.

П. н. тр. на угле очень легко плавится в серый шарик; после продолжительного нагревания в окисл. пл. дает блестящий королек Ag. В откр. тр.—сернистые пары и налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , в закр. тр. растрескивается, плавится и дает налет оксисульфида Sb.

Повед. при нагр. Плавится при  $519^\circ$ . При  $381^\circ$  переходит в псевдокубическую модификацию.

Нахожд. Довольно часто встречается в гидротермальных кварцевых и карбонатных жилах, богатых серебросодержащими минералами. Наиболее обычные спутники миаргирита: галенит, сфалерит, арсенопирит, пираргирит, стефанит, фрейбергит, полибазит, бертьерит, дискразит, штернбергит и др.

Отмечалось наличие миаргирита в Змеиногорском месторождении (Алтайский край)<sup>12</sup>, в Безымянском месторождении (Якутская АССР)<sup>13</sup>; в очень хороших кристаллах (богатые комбинации граней) встречен в Бройндорфе (Саксония, ГДР)<sup>5</sup>, а также в месторождении Кутна гора (Чехословакия)<sup>4</sup>; наблюдался в Андреасберге (Гарц, ФРГ), в Бая Сприе (б. Фельшбания, Румыния), в ряде месторождений Боливии (Татаси и др.), Мексики, Перу, США (Рэндсбёрг, шт. Калифорния и др.).

Изм. Известны псевдоморфозы пирита и марказита по миаргириту.

Искусств. Получается при нагревании смесей AgCl и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  или AgCl и  $\text{KSbO}_3$  в атмосфере  $\text{H}_2\text{S}$  или в воде, содержащей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ; получается также сплавлением  $\text{Ag}_2\text{S}$  и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  в соответствующих количественных соотношениях<sup>14</sup>.

Отл. При микроскопическом изучении в отраж. св. может быть легко пропущен. Очень похож на фрейбергит, по сравнению с которым заметно мягче, несколько светлее и анизотропен; в отличие от полибазита лучше полируется, имеет более высокую отраж. способность, более сильную анизотропию, у него отсутствуют характерные для полибазита лейстоподобные сечения; по сравнению со стефанитом обладает внутренними рефлексами, имеет меньшую твердость, иные цвета двуотражения; от штромейрита отличается наличием внутренних рефлексов.

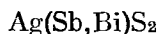
Межплоскостные расстояния миаргирита из Саксонии<sup>2</sup>  
Cu-антикатод

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	9	3,443	17	2	1,544	33	1	1,100
2	2	3,178	18	1	1,488	34	1	1,085
3	2	3,091	19	1	1,445	35	1	1,076
4	10	2,877	20	1	1,415	36	1	1,062
5	8	2,739	21	1	1,368	37	1	1,003
6	1	2,205	22	1	1,327	38	1	0,987
7	4	2,005	23	1	1,311	39	1	0,975
8	4	1,963	24	1	1,280	40	1	0,955
9	3	1,909	25	1	1,263	41	1	0,924
10	1	1,799	26	2	1,246	42	1	0,902
11	2	1,792	27	1	1,229	43	1	0,896
12	1	1,714	28	1	1,224	44	1	0,878
13	3	1,682	29	1	1,162	45	1	0,867
14	1	1,657	30	1	1,144	46	1	0,843
15	1	1,624	31	1	1,126	47	1	0,823
16	2	1,586	32	1	1,106	48	1	0,795

Литература

1. Hofmann W. Ber. Preuss Akad., 1938, 55, 111 (по реферату N. Jb. Min., 1938, 1, 562).
2. Graham A. R. Am. Min., 1951, 36, No 5—6, 436.
3. Lewis W. J. Zs. Krist., 1884, 8, 545.
4. Kutina J. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1952, 32, 160; Bull. Intern. Acad. Tchèque Sci., Cl. mat. nat., 1953, Ann. 52 (1951), 2, 463 (морфология).
5. Rosicky V. Bull. Acad. Sci. Bohème, 1912, 17, 26; Rozpr. Česk. Akad., 1912, 21, T. 2, 1 (морфология).
6. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
7. Weisbach A. N. Jb. Min., 1880, 2, 109.
8. Siroëz L. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1877, 1, 217.
9. Rumpf J. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1881, 4, 185.
10. Spencer L. J. Min. Mag., 1907, 14, 340.
11. Shannon E. V. Proc. U. S. Nat. Mus., 1928, 74, No 21, 1.
12. Пилипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 261 и 397.
13. Смирнов С. С., Константинов М. М., Борисов Г. И. Проблемы советской геологии, 1935, № 12, 1116.
14. Jensen E. Avhandl. Norske Vid. Akad., Oslo, I Mat.-Nat. Kl., 1947, No 2, 3 (изучение системы  $Ag_2S - Sb_2S_3$ ). См. также: Pelabon H. C. R., Paris, 1903, 134, 1450; Jaeger F. M., Klooster H. S. Zs. anorg. Chem., 1912, 78, 245.

Арамайонт Aramaoite



Назван по имени Ф. А. Арамайо — директора р-ка в Боливии, где минерал был установлен в 1925 г. (Спенсер, 1926)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Агрегаты пластинок, редко — кристаллы.

Структ. и морф. крист. Низкотемпературная модификация трикл. с;  $a_0=7,736$ ;  $b_0=8,837$ ;  $c_0=8,317$  Å;  $\alpha=100^\circ 22' 1/2'$ ;  $\beta=90^\circ 00'$ ;  $\gamma=103^\circ 54'$ ;  $a_0:b_0:c_0=0,875:1:0,944$ ;  $Z=6$  (Грэхэм)<sup>2</sup>

Высокотемпературная модификация псевдокубическая;  $a_0=b_0=5,68$ ;  $c_0=5,631$  Å;  $\alpha=86^\circ 42'$ ;  $\beta=91^\circ 33'$ ;  $\gamma=94^\circ 08' 1/2'$ ;  $Z=2$  (Грэхэм)<sup>2</sup>.

Пинакоид. кл.;  $a:b:c=0,8753:1:0,9406$ ;  $\alpha=100^\circ 22'$ ;  $\beta=90^\circ 00'$ ;  $\gamma=103^\circ 54'$  (Берман и Уулф)<sup>3</sup>.

Главные формы:

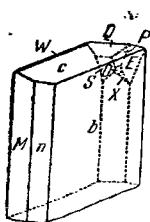
	φ	ρ		φ	ρ
<i>c</i> 001	0°00'	10°41'	<i>v</i> 023	0°00'	40°14'
<i>b</i> 010	0 00	90 00	<i>w</i> 011	0 00	49 35
<i>a</i> 100	75 52	90 00	<i>E</i> $\bar{2}01$	-99 19	65 20
<i>M</i> $\bar{1}\bar{1}0$	123 39	90 00	$\Phi$ $\bar{1}21$	-29 37	65 18
<i>u</i> 012	0 00	34 17	<i>S</i> $\bar{1}21$	-152 23	66 40
<i>ab</i> (100):(010) = 75°52'		<i>Mb</i> ( $\bar{1}\bar{1}0$ ):( $\bar{1}10$ ) = 56°20'		<i>cM</i> (001):( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 95°54'	
<i>aM</i> (100):( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 47 47		<i>Mn</i> ( $\bar{1}\bar{1}0$ ):(320) = 74 28		<i>wb</i> (011):(010) = 40 24	
<i>mb</i> (110):(010) = 40 32		<i>ca</i> (001):(100) = 87 24		<i>ub</i> (012):(010) = 55 43	
<i>nb</i> (320):(010) = 49 11		<i>cb</i> (001):(010) = 79 19		<i>cE</i> (001):( $\bar{2}01$ ) = 67 30	

Менее обычные формы:

<i>m</i> 110	<i>W</i> $0\bar{1}1$	$\pi$ $\bar{1}11$	<i>P</i> $\bar{1}11$	<i>X</i> $\bar{3}21$	<i>Y</i> $\bar{3}\bar{1}1$
<i>n</i> 320	<i>D</i> $\bar{1}01$	$\Sigma$ $\bar{3}32$	$\gamma$ $\bar{1}32$	<i>R</i> $\bar{2}12$	$\psi$ $\bar{2}11$
<i>L</i> $\bar{2}\bar{3}0$	$\rho$ $\bar{1}\bar{1}2$	<i>T</i> $\bar{2}21$	<i>Q</i> $\bar{1}22$	<i>O</i> $\bar{2}\bar{1}1$	

Кристаллы тонкопластинчатые по (010) со штриховкой по [100] и [001] (фиг. 276). Дв. по ( $\bar{1}01$ ).

Физ.<sup>4</sup> Сп. по (010) совершенная, по (100) хорошая, по (001) плохая; иногда отдельность по  $\bar{1}01$ . Тв. 2½. Легко режется, гибок, не упруг. Уд. в. 5,602 (вычисл. 5,624). Цв. железно-черный. Черта черная. Бл. на плоскости совершенной спайности сильный металлический. Непрозрачен или почти непрозрачен.



Фиг. 276. Кристалл арамайойта (Боливия)

По Берману и Уулфу

Микр. В прох. св. темно-красный. Погасание относительно трещинок спайности по (010)—4°.

В полир.пл. в отраж. св. лишь немного темнее галенита. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 35, для оранжевых — 31, для красных — 28. Двухотражение заметно в воздухе. Анизотропен. Внутренние рефлексы наблюдаются редко. В иммерсии заметны двойники.

Хим. Теор. состав: Ag — 34,77; Bi — 14,02; Sb — 30,55; S — 20,66.

Состав арамайойта из р-ка Анимас (анал. Маунтин)<sup>1</sup>: Cu — 0,53; Ag — 34,74; S — 20,87; Sb — 29,95; Bi — 13,75; сумма — 99,84.

Нахожд. Очень редкий минерал. Впервые установлен в р-ке Анимас (Боливия) в серебряно-оловянных рудах в виде агрегатов широких пластинок (8 × 6 см) вместе с галенитом, тетраэдритом и другими серебряными минералами. Обнаружен также в Серро-де-Паско (Перу).

#### Межплоскостные расстояния арамайойта<sup>2</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	Cu-ангитатод			
				№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	012	2	3,43	14	420	1	1,578
2	022; $\bar{2}20$	4	3,21	15	$\bar{4}24$ ; $\bar{4}04$	1	1,413
3	210	1	3,15	16	060	2	1,402
4	$\bar{2}1\bar{2}$ ; $\bar{2}02$ ; 030	10	2,806	17		1	1,345
5	$\bar{2}32$	2	2,048	18		1	1,294
6	222	1	2,015	19		1	1,283
7	$\bar{2}4\bar{2}$	1	1,967	20		1	1,270
8	$\bar{2}3\bar{2}$ ; $\bar{4}10$	3	1,940	21		1	1,239
9	$\bar{2}14$ ; 204	1	1,757	22		1	1,154
10	042	1	1,738	23		1	1,135
11	$\bar{2}3\bar{4}$ ; 024; $22\bar{4}$ ; $\bar{2}50$ ; $\bar{4}22$	2	1,705	24		1	1,086
12	402; $\bar{4}3\bar{2}$ ; 052; 240	1	1,668	25		1	1,071
13	044; $\bar{4}40$	1	1,614				

#### Л и т е р а т у р а

1. Spenser L. S. Min. Mag., 1926, 21, No 115, 161.
2. Graham A. R. Am. Min., 1951, 36, No 5—6, 436 (сходные данные получены Берманом и Уулфом, а также Яртли).
3. Bergmann H., Wolfe C. W. Min. Mag., 1939, 25, No 167, 466.
4. Yardley K. Min. Mag., 1926, 21, No 115, 163.

### Матильдит Matildite



Назван по находению в р-ке Матильда в Перу (Дакиарди, 1883).

Синон. Висмутовое серебро (Зельб, 1793), шапбахит (Кенгот, 1853), серебряно-висмутовый блеск (Рамельсберг, 1877), пленаргирит (Зацдбергер, 1882), перувит (Пфлюкер, 1883), морокочит (Хэди, 1883), аргентобисмутит—аргентобисмутит (Гент, 1885). Аляскаит (Кёвиг, 1881) — смесь матильдита, айкинита, тетраэдрита и халькопирита<sup>1</sup>.



**Характ. выдел.** Тонкие призматические кристаллики, а также плотные выделения, зернистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Низкотемпературная модификация ромб. с.;  $a_0 = 3,926$ ;  $b_0 = 4,054$ ;  $c_0 = 5,673$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,968 : 1 : 1,399$ ;  $Z = 1$ . Высокотемпературная модификация псевдокубическая;  $a_0 = b_0 = 5,643$ ;  $c_0 = 5,673$  Å;  $\alpha$  и  $\beta = 90^\circ 00'$ ;  $\gamma = 88^\circ 10'$ ;  $Z = 2$ . (Грэхэм для искусств.<sup>2</sup>, см. также у Рамдора<sup>3</sup>).

Кристаллы призматические, значительно удлиненные по оси  $c$ , с вертикальной штриховкой.

**Физ.** Сп. вет. Изл. неровный. Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,92 (вычисл. 6,90, для псевдокубической модификации — 6,43). Бл. металлический. Цв. серый, железно-черный. Черта серая. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. по измерениям с фотоэлементом — 44%, близка, по-видимому, к отраж. спос. галенита, так как минерал лишь с иммерсией становится чуть светлее галенита. Двуотражение в воздухе с трудом устанавливается на границе зрен, в иммерсии также слабое. Анизотропен. Внутренних рефлексов нет.

Очень характерна сложная и тонкая пластинчатая двойникованность в нескольких направлениях, вероятно, как результат параморфного превращения кубической модификации (шалбахита) в ромбическую (матильдит). В промежутках между пластинками наблюдается галенит, образование которого связывается с распадом твердого раствора ( $\text{AgBiS}_2 - \text{PbS}$ ) при переходе высокотемпературной модификации в низкотемпературную. Для образцов из Шалбаха характерно обрастание матильдитовых агрегатов галенитом в виде скелетоидных кристаллов.

**Хим.** Теор. состав: Ag — 28,33; Bi — 54,84; S — 16,83. Обычно содержит Pb благодаря примеси галенита.

Анализы:

	Ag	Au	Pb	Bi	S	Se	Сумма
1.	27,93	—	—	54,83	17,24	—	100,00
2.	26,39	—	4,06	52,89	16,66	—	100,00
3.	21,86	0,84	—	58,50	16,28	2,52	100,00

1 — Перу; среднее из трех анализов Рамельсберга<sup>4</sup> после вычитания 2,58—8,00% примеси галенита; 2 — Колорадо; анал. Гевт<sup>5</sup>; 3 — р-к Нишизава (Япония); пересчет за вычетом жильных минералов; анал. Кодера<sup>6</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в  $\text{HNO}_3$  (при наличии Pb — с образованием осадка  $\text{PbSO}_4$ ).

В полир. шл. от  $\text{HNO}_3$  вскипает с образованием черного пятна, от  $\text{HCl}$  — черное пятно, от  $\text{FeCl}_3$  — светло-бурое пятно.  $\text{KCN}$ ,  $\text{KOH}$  и  $\text{HgCl}_2$  не действуют.

П. п. тр. на угле очень легко сплавляется в серый шарик, дает королек Ag и валет  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

**Повед. при нагр.** При нагревании выше  $210^\circ$  ромбическая модификация обратимо переходит в псевдокубическую. При высоких температурах  $\text{AgBiS}_2$  образует твердые растворы с  $\text{PbS}$  (см. стр. 188).

**Наход.** Мало распространен. Образуется в широком интервале температур. Обнаружен в пегматитах и гидротермальных месторождениях. Встречается в тесной ассоциации с галенитом, виритом, халькопиритом, арсенопиритом, сфалеритом, самородным висмутом, висмутином, тетраэдритом и др.

Наблюдался в пегматитах Бустарвехо (Испания), с криолитом — в пегматитах Ивигтута (Гренландия); в кварцевых жилах в Циньове

(Чехословакия), в Шапбахе (Баден, ФРГ), в Гондо (Швейцария), в р-ке Матильда (пров. Унн, Перу), в Лэйк-Сити (шт. Колорадо, США) и др. Встречается в золотоносных кварцевых жилах в Британской Колумбии (Канада), в р-ке Нишизава (преф. Тотиги, Япония). Наблюдался также в Потоси и Колкечака (Боливия), в р-ке О'Брайен (Онтарио, Канада) и др.

**Искусств.** Получен при взаимодействии  $\text{Ag}_2\text{S}$  с расплавленным  $\text{Bi}$  (в виде октаэдрических кристаллов<sup>7</sup>), при плавлении продуктов реакции аммиачного раствора  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{KBiS}_2$  в бомбе<sup>8</sup>, из щелочных (натриевых) сульфидных растворов (в виде кристалликов величиной 0,1—0,5 мм)<sup>9</sup>.

Межплоскостные расстояния матильдита из Шапбаха<sup>3</sup>  
Cu-анткатод

№	<i>hkl</i>	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	011	6	3,32	8	022	1	1,648
2	101	2	3,18	9	202	2	1,583
3	002; 110	10	2,83	10	004; 220	3	1,396
4	020	3	2,03	11	031	4	1,322
5	200	5	1,963	12	130	1	1,285
6	121; 013	3	1,711	13	310	2	1,249
7	211	1	1,670	14	024	1	1,160

#### Л и т е р а т у р а

1. Thompson R. M. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 456.
2. Graham A. R. Am. Min., 1951, 36, No 5—6, 436 (сравнение матильдита, арамай-онита, миагририта).
3. Ramdohr P. Fortschr. Min., Krist., Petr., 1936, 20, Teil 1, 56; Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., Phys.-math. Kl., 1938, 82 (о галените, шапбахите, матильдите).
4. Rammelsberg C. Monatsber. Akad. Berlin, 1876, 701.
5. Genth F. A. Am. Phil. Soc., 1885, 23, 35.
6. Wada T. Minerals of Japan. Tokyo, 1904, 35.
7. Roessler F. Zs. anorg. Chemie, 1895, 9, 48.
8. Schneider R. J. pr. Chem., 1890, 41, 414.
9. Smith F. G. Econ. Geol., 1947, 42, 251.

### Павонит Pavonite



Назван по имени минералога М. Пикока от лат. pavo — павлин (по-английски пикок) (Нафилд, 1954)<sup>1</sup>. Первоначально был описан Альфельдом<sup>2</sup> как аляскинит, необоснованно был отождествлен Томпсоном с бейжаминитом<sup>3</sup>.

**Характ. выдел.** Сплошные выделения и кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^3 - C2/m$ ;  $a_0 = 13,35$ ;  $b_0 = 4,03$ ;  $c_0 = 16,34 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 94^\circ 30'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 3,313 : 1 : 4,054$ .

Призмат. кл. Тонкие плоские кристаллы, вытянутые по оси *b*.

**Физ.** Сп. неясная. Уд. в. 6,39; 6,47; 6,54 (измерено на кусочках от 2,5 до 4,0 мг) (вычисл. 6,79). Цв. свинцово-серый. Бл. сильный металлический.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый. Двухотражение отчетливое от белого до серо-розовато-белого или до голубовато-серо-белого. Сильно анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Ag — 21,52; Bi — 62,50; S — 15,98. По спектр. и рентгеноспектр. анализам Брукера<sup>1</sup> содержит Ag — 7,8; Pb — 5,1; Cu — 2,8; Fe — 1,1; Zn — 0,3; Bi — 53,8; As — 0,2, что, за вычетом Pb, Cu, и Fe, связанных с примесями айкинита и халькопирита, отвечает Bi : Ag ~ 3 : 1.

**Диагн. исп.** Растворяется в горячей конц. HCl.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> образуется серовато-бурое пятно, от 20% FeCl<sub>3</sub> — светло-бурое пятно (легко стирающееся), от HCl (1 : 1) — слабое серое пятно, или не изменяется. KOH, 5%-ный р-р HgCl<sub>2</sub> и 20%-ный р-р KCN не действуют.

П. п. тр. на угле образуется валет Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и выплавляется королек Ag, со смесью KJ + S — красный валет.

**Наход.** Наблюдался в Серро-Бонето, пров. Сур-Липес (Боливия) с халькопиритом и висмутином. Вероятно, встречается более часто, но принимается за другие минералы.

**Искусств.** Получен сплавлением смеси Ag : Bi : S в отношении 1 : 3 : 5 в кварцевой трубке без доступа воздуха. Порошкограмма и полированные шлифы показали однородность сплава и его идентичность с природным павонитом<sup>1</sup>.

**Отл.** Может быть принят за бенжаминит, висмутин и другие минералы. Для точной диагностики необходимы порошкограмма или химический анализ однородного материала.

Межплоскостные расстояния павонита из Боливии<sup>1</sup>  
Cu-антикатор, Ni-фильтр

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	( $\bar{2}02$ )	2	5,36	19	1	1,484
2	(004)	1	4,07	20	1	1,457
3	(110)	1	3,85	21	2	1,423
4	( $\bar{2}04$ )	6	3,58	22	1	1,315
5	(112)	6	3,44	23	3	1,272
6	(400)	6	3,33	24	1	1,201
7	(311)	3	2,96	25	3	1,162
8	( $\bar{3}12$ )	10	2,84	26	1	1,126
9		1	2,58	27	1	1,114
10		3	2,25	28	1	1,100
11		2	2,19	29	1	1,009
12		3	2,10	30	1	0,987
13		7	2,01	31	1	0,967
14		1	1,963	32	2	0,949
15		2	1,893	33	1	0,919
16		1	1,753	34	2	0,901
17		3	1,721	35	2	0,860
18		3	1,637	36	1	0,790

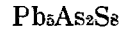
### Л и т е р а т у р а

1. Nuffield E. W. Am. Min., 1954, 39, No 5—6, 409.
2. Ahlfeld F. Cbl. Min., 1926, A, 388.
3. Thompson R. M. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 456.

### ГРУППА ГРЕЙТОНИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
[Иорданит] Pb <sub>5</sub> As <sub>2</sub> S <sub>8</sub>	Мнокл.	8,91	31,71	8,42	118°21'	6,4
[Геокронит] Pb <sub>5</sub> (Sb, As) <sub>2</sub> S <sub>8</sub>	Мнокл.	8,98	31,91	8,49	118 00	6,4
Грейтонит Pb <sub>5</sub> As <sub>4</sub> S <sub>15</sub>	Триг.	17,73	—	7,85	—	6,2

## Иорданит Jordanite



Назван по имени Иордана из Саарбрюккена (Рат, 1864).

Синон. Рениформит, ренифорит (Гавай, 1925). Гитерманит — загрязненный иорданит<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Кристаллы, реже — почковидные агрегаты, сплошные массы.

Структ. и морф. крист. Монокл. с. (псевдогексагональный).  $C_{2h}^2$  —  $P2_1/m$ ;  $a_0 = 8,91$ ;  $b_0 = 31,71$ ;  $c_0 = 8,42$  Å;  $\beta = 118^\circ 21'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,2808 : 1 : 0,2654$ ; в ячейке  $Pb_{27}As_{14}S_{48}$  (Бери, Пикок для иорданита из Силезии)<sup>2</sup>.

По Дугласу<sup>3</sup> и др., иорданит и геокронит изоструктурны, и, возможно, существует изоморфный ряд, крайним мышьяковым членом которого является иорданит; крайний сурьмяный член неизвестен, а геокронит занимает промежуточное положение. По предварительным данным Хельнера<sup>3</sup> структура иорданита характеризуется 12-тислойной простейшей упаковкой.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 0,2794 : 1 : 0,2655$ ;  $\beta = 117^\circ 47'$  (Пикок и Бери<sup>2</sup> на основе измерений Баумхауера<sup>4</sup> и Соли<sup>5</sup>).

Формы:

		φ	ρ			φ	ρ
<i>c</i>	001	90°00'	27°47'	<i>L</i>	061	18°18'	59°12'
<i>b</i>	010	0 00	90 00	<i>J</i>	081	13 56	65 25
<i>a</i>	100	90 00	90 00	<i>s</i>	101	90 00	58 00
<i>τ</i>	160	33 59	90 00	<i>n</i>	101	—90 00	28 41
<i>ρ</i>	150	38 58	90 00	<i>W</i>	332	—69 50	49 07
<i>v</i>	140	45 19	90 00	<i>p</i>	212	—76 22	29 23
<i>λ</i>	130	53 26	90 00	<i>i</i>	121	—45 51	37 19
<i>ι</i>	120	63 41	90 00	<i>l</i>	131	—34 29	44 01
<i>ε</i>	110	76 07	90 00	<i>n</i>	141	—27 15	50 04
<i>S</i>	021	44 46	36 48	<i>t</i>	161	—18 57	59 18
<i>Q</i>	031	33 29	43 41	<i>U</i>	312	—83 01	47 31
<i>M</i>	051	21 39	55 00				

<i>u</i> (120) : (120) = 52°37'	<i>nc</i> (101) : (001) = 56°28'	<i>ib</i> (161) : (010) = 35°35'
<i>Sa</i> (021) : (100) = 65 02	<i>Mb</i> (051) : (010) = 40 39	<i>ib</i> (131) : (010) = 55 03
<i>Ma</i> (051) : (100) = 72 24	<i>Qb</i> (031) : (010) = 54 50	<i>ib</i> (121) : (010) = 65 01
<i>sa</i> (101) : (100) = 31 59	<i>Sb</i> (021) : (010) = 65 01	<i>λc</i> (130) : (001) = 68 00
<i>sc</i> (101) : (001) = 30 13		

Кроме того, 94 менее обычные и редкие формы (см. Дана, 1944).

Прежние установки: Баумхауера<sup>4</sup>, принятая Соли<sup>5</sup> и Дана (1892),  $a : b : c = -0,4945 : 1 : 0,2655$ ;  $\beta = 89^\circ 26\frac{1}{2}'$ ; Палэча и Ричмонда<sup>6</sup>  $0,2361 : 1 : 0,1387$ ;  $\beta = 93^\circ 59'$ . Соотношение некоторых форм в установках Баумхауера-Соли (Б.-С.), Палэча и Ричмонда (П.-Р.) и Пикока и Бери (П.-Б.), принятой Дана (1944) и здесь:

П.-Б.	001	101	101	201	102	121	021
Б.-С.	101	101	301	301	001	121	121
П.-Р.	100	201	301	001	301	141	120

Формулы перехода от установки Баумхауера-Соли к установке Пикока-Бери  $\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2} / 010 / 001$ , от установки Палэча-Ричмонда к установке Пикока-Бери  $00\bar{2} / 010 / 101$ .

Кристаллы тонко- и толстотаблитчатые по (010). Сильно развиты зоны [001], [100], [101], придающие кристаллам псевдогексагональные очертания. Двойники наиболее обычны по (001) (полисинтетические), очень часто по (201), что заметно по двойниковой штриховке, реже — по (101), очень редко — по (101).

Физ. Сп. по (010) совершенная; отдельность по (001). Скольжение на (001) в направлении  $[101]$ , на (100) — в направлении  $[101]$ <sup>7</sup>. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 3. Уд. в. 6,38—6,45 (вычисл. 6,49 — по Пикоку и Бери, 6,54 — по Пэлэчу и Ричмонду). Цв. свинцово-серый, часто пестрая побежалость — красная, зеленая, синевато-зеленая и желтая. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Максимальный фотоэлектрический эффект + 21 при  $\lambda = 6,26$  мк (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>7</sup>.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей — 39, для оранжевых — 32,5, для красных — 29,5. Двукотражение в иммерсии отчетливое. Анизотропия ясная. Цветной эффект (в иммерсии при сильном освещении) — от голубого до нежного розовато-фиолетового.

Хим. Формула окончательно не установлена, близка к  $Pb_5As_2S_8$  (теор. состав: Pb—71,90, As—10,30, S—17,80) или к  $Pb_4As_2S_7$  (теор. состав: Pb—68,89; As—12,46; S—18,65). По Фишеру<sup>8</sup>:  $Pb_{14}As_7S_{23}$ , по Пэлэчу и Ричмонду<sup>9</sup>:  $Pb_{14}As_7S_{24}$  или  $Pb_{13}As_7S_{23}$ , по Бери и Пикоку<sup>2</sup> и Хельнеру<sup>3</sup>:  $Pb_{27}As_{14}S_{48}$  (теор. состав: Pb—68,37, As—12,82, S—18,81), по Харанчику<sup>6</sup> для Tl-содержащего:  $(Pb, Tl)_{14}As_6S_{23}$ .

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Zn	—	—	0,48	—	—	—	0,40
Fe	—	0,19	—	—	—	—	1,21
Pb	69,85	70,19	68,45	68,72	69,56	68,34	69,87
Tl	—	—	1,56	—	—	—	—
As	9,46	11,37	10,87	12,39	10,32	12,75	9,85
Sb	2,10	—	—	—	—	0,02	1,38
S	17,80	18,21	18,13	18,31	19,44	18,47	17,55
Н. о.	0,57	—	—	—	0,45	—	—
Сумма	99,78	99,96	99,49	99,42	99,77	99,58	100,39*
Уд. в.	6,38	—	—	6,413	6,451	—	—

\* В том числе Mn—0,43.

1 — Андреевский р-к; анал. Карпов<sup>10</sup>; 2 и 3 — Верхняя Силезия; 2 — анал. Захс<sup>11</sup> (среднее из двух анализов); 3 — анал. Харанчик<sup>6</sup>; 4 — Винненталь; анал. Джексон<sup>5</sup> (среднее из двух анализов); 5 — Юносава<sup>12</sup>; 6 — Отави<sup>13</sup>; 7 — Болмэт; анал. О'Нейл<sup>14</sup>.

Диагн. исп. Разлагается  $HNO_3$  с выделением  $PbSO_4$ .

В полир. пл. травится конц.  $HNO_3$  и царской водкой. KCN, HCl,  $FeCl_3$  и KOH не действуют.

П. п. тр. ведет себя подобно сарториту.

Находж. Довольно редкий гидротермальный минерал. В СССР обнаружен в среднетемпературном Андреевском месторождении<sup>10</sup> свинцово-цинковых руд (Челябинская обл.) вместе со сфалеритом, галенитом, пиритом и арсенопиритом (анализ 1) и в вольфрамо-молибденовом месторождении Кок-Куль на Алтае (Каз. ССР)<sup>15</sup>, где сопровождается пиритом, молибденитом, вольфрамитом, теннантитом, шеелитом, галенитом, висмутином, халькопиритом, кварцем, мусковитом, полевым шпатом, флюоритом и др.

Найден в пустотах доломита в Ленгенбахе (Швейцария) в ассоциации с редкими сульфосолями и сфалеритом. В Сэкэрымбе (б. Нагиаг, Румыния) иорданит установлен в виде удлиненных шестиугольных табличек на галените. В свинцово-цинковых месторождениях Верхней Силезии (Польша) он образует почковидные выделения среди колломорфных агрегатов сфалерита, галенита, марказита и частично пронизывает грейтонит<sup>16</sup>. В р-ке Юносава (Япония) иорданит (рениформит) слагает почковидные массы на барите. Почковидные выделения его концентрического сложения (весом более 1 кг) наблюдались в месторождении Джебель-Аллуф (Тунис) в ассоциации со сфалеритом (скорлуповатой обманкой), галенитом и кальцитом<sup>17</sup>; в месторождении Купферберг в горах Отави (Юго-Зап. Африка) иорданит ассоциируется с тевнантитом, сфалеритом, галенитом, энаргитом<sup>18</sup>. В ассоциации с галенитом встречен в диоксидсодержащем мраморе на р-ке Болмэт (шт. Нью-Йорк, США), где отлагался путем замещения карбоната<sup>14</sup>.

Изм. По иорданиту в Ленгенбахе образовались зелигманнит, дюфренуазит и баумгауерит<sup>18</sup>; в Джебель-Аллуфе иорданит подвергся замещению церусситом.

Искусств. Получен сплавлением  $As_2S_3$  и  $PbS$  в автоклаве в присутствии воды<sup>19</sup>.

Отл. От геокровита отличим лишь по данным химического анализа, от буланжерита — также с помощью хим. анализа и по порошкограмме.

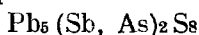
Межплоскостные расстояния иорданита из Верхней Силезии<sup>2</sup>  
Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	7	1,0	3,49	8	3	0,3	2,360
2	7	1,0	3,31	9	10	3,0	2,220
3	7	1,0	3,15	10	9	2,0	2,400
4	7	1,0	3,01	11	4	0,5	2,010
5	7	1,0	2,87	12	4	0,5	1,930
6	4	0,5	2,75	13	9	2,0	1,815
7	3	0,3	2,48	14	8	1,0	1,745

#### Л и т е р а т у р а

- Ferrari A., Curti R. Period. Min., Roma, 1934, 5, 154, 166; Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 52.
- Peacock M. A., Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 47, 59.
- Douglas R. M., Murphy M. J., Pabst A. Am. Min., 1954, 39, No 11—12, 908; Hellner E. J. Geol., 1958, 66, No 5, 503.
- Baumhauer H. Sitzber, Preuss. Akad. Wiss., Berlin, 1891, 35, 697.
- Solly R. H. Min. Mag., 1900, 12, 290; Zs. Krist., 1902, 35, 326.
- Palache C., Richmond W. E. Am. Min., 1938, 23, No 11, 821.
- Goetze M. Cbl. Min., 1919, 65; Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
- Fischer D. J. Am. Min., 1940, 25, No 4, 297.
- Haranczyk C. Bull. Acad. polon. sci., Sér. sci. chim., géol., géogr., 1958, 6, № 3, 201.
- Смирнов С. С. Изв. Геолкома, 1926, 45, № 8, 936.
- Sachs A. Cbl. Min., 1904, 723.
- Watanabe M., Nakano O. J. Japan. Ass. Min., Petr., Econ. Geol., 1936, 15, 216.
- Markham N. L. Am. Min., 1959, 44, No 5—6, 682.
- Brown J. S. Econ. Geol., 1959, 54, No 1, 136.
- Ершов С. П. Сб. «Большой Алтай», 1936, 2, 219.
- Ramdohr P. Cbl. Min., 1942, A, 17.
- Geffroy J., Sarcia J. A. Bull. Soc. fr. Min., 1957, 80, N° 1—3, 99.
- Bader H. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1934, 14, 386.
- Rösch H., Hellner E. Naturwiss., 1959, 72.

**Геокронит Geokronite**



Назван от греч. γῆ (ге) — Земля и κρόνος (кронос) — Сатурн, в соответствии с алхимическими обозначениями Sb и Pb (Сванберг, 1841).

Синон. Кильбрикенит (Анджон, 1841), шульцит (Соваж, 1840).

Характ. выдел. Зернистые, реже — землистые агрегаты, исключительно редко — таблитчатые кристаллы.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^2 - P2_1/m$ ;  $a_0 = 8,98$ ;  $b_0 = 31,91$ ;  $c_0 = 8,497$  Å;  $\beta = 118^\circ 00'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,281 : 1 : 0,266$ ;  $Z = 6$  (Дуглас, Мёрфи, Пабст для минерала из Силвер-Кинг; см. анализ 3)<sup>1</sup>.

Структура не установлена. Предположительно не все узлы решетки заполнены, на что указывает несоответствие между размерами решетки, составом, вычисленным и измеренным уд. весами. Возможно, изоструктурен с иорданитом.

До последнего времени считался ромбическим на основе измерений Кервдта<sup>2</sup> и Дакиарди<sup>3</sup>. Измерения последнего, выполненные прикладным гониометром, не вполне отвечают углам Кервдта. Установка неоднократно менялась.

	$a : b : c$	$\beta$	Уплощен по	Дв. пл.
Дуглас и др.	0,2813 : 1 : 0,2662	118°	b 010	001 и $\bar{1}01$ ?
Кервдт-Дана	0,5805 : 1 : 0,5028		a 100	011
Дакиарди-Хинце	0,6145 : 1 : 0,6797		c 001	m 110
Гольдшмидт	1,006 : 1 : 0,58		b 001	210
Дана (1944)	0,5028 : 1 : 0,5805		c 001	m 110

Призмат. кл.;  $a : b : c = 0,2813 : 1 : 0,2662$ ;  $\beta = 118^\circ 00'$  (Дуглас и др.). Наблюдавшиеся формы<sup>1,3</sup> (в установке Дугласа и др.)<sup>1</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
c 001	90°00'	28°00'	n $\bar{1}01$	-90°00'	28°22'
b 010	0 00	90 00	L 061	18 25	59 17
a 100	90 00	90 00	J 081	14 01	65 29
Ф 170	29 54	90 00	g 011	63 24	30 44
k 160	32 52	90 00	e $\bar{1}11$	-63 46	31 03
j 140	45 11	90 00	v $\bar{1}81$	-14 14	65 32
d 130	53 19	90 00	t $\bar{1}61$	-18 41	59 20
m 110	76 03	90 00			

$cn(001) : (\bar{1}01) = 56^\circ 22'$        $ac(100) : (001) = 62^\circ 00'$        $na(\bar{1}01) : (\bar{1}00) = 61^\circ 38'$

Кроме того, известны многочисленные мелкие грани в зонах [100], [001] и [101].

Кристаллы таблитчаты по (010), псевдогексагонального развития, лишь несколько вытянуты вдоль оси c.

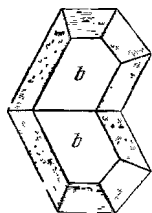
Дв. очень распространены, часто повторные: по (001) (фиг. 277), возможно также по (101).

Физ. Кервдтом отмечалась сп. по двум направлениям, отвечающим (170) и (061)? в установке Дугласа; в отличие от иорданита, у геокронита спайность по (010) отсутствует (Дуглас). Изл. неровный. Тв. 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Уд. в. 6,43—6,46. Цвет и черта светло-свинцово-серые до серовато-синих. Бл. металлический. Непрозрачен.

Максимальный фотоэлектрический эффект +13 при  $\lambda = 686$  мк (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>4</sup>.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый со слабым зеленоватым оттенком, который хорошо заметен только тогда, когда геокронит находится

в ассоциации с галенитом и другими белыми минералами. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 37, для оранжевых — 30,5, для красных — 29,5; по измерениям с фотоэлементом — 40,9. Двуотражение слабое: окраска меняется от светло-серой до темно-серой, синевато-серой или от желтовато-белой до зеленовато-белой; в иммерсии цветной эффект усиливается. Отчетливо анизотропен. Внутренние рефлексы не наблюдаются. Характерны полиспинтетические двойники. Полируется хорошо.



Фиг. 277. Двойник геокронита (Пьетрасанта)

По Дакиарди

**Хим.** Формула достоверно не установлена. Соотношение Sb:As часто близко к 1:1, соответственно теор. состав: Pb — 69,62; Sb — 8,07; As — 5,05; S — 17,26; встречаются разности с резким преобладанием Sb над As. Шульцит по старым анализам (анализ 7) не содержит As; его состав близок к формуле  $Pb_5Sb_2S_8$ . В качестве примеси в геокроните чаще других элементов присутствует Cu; в геокроните из Екатерино-Благодатского месторождения наблюдаются Ag (до 1,5%), Tl (до 0,5%), Sn (до 0,05%)<sup>5</sup>. Наличие в геокроните (шульците) из Эребро (Швеция) 5,93% Cu при уд. весе 6,26 заставляет сомневаться в однородности анализируемого материала.

#### Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Cu	—	—	—	0,03	0,01	0,05	1,60
Fe	—	—	—	0,15	0,02	0,03	—
Zn	—	—	—	0,41	—	—	—
Sn	—	—	—	—	0,08	0,03	—
Pb	70,02	68,49	67,52	68,95	73,61	74,30	64,89
As	4,47	4,59	3,65	1,93	3,71	3,63	—
Sb	7,78	9,13	11,48	11,08	7,04	8,13	16,00
S	17,57	17,20	17,45	17,34	15,08	13,24	16,90
Сумма	99,84	99,41	100,10	99,89	99,55	99,41	99,39
Уд. в.	—	6,45	6,46	—	6,4	6,4	6,43

1 — Пьетрасанта; анал. Дакиарди<sup>3</sup>; 2 — Кильбрикен; анал. Прайор<sup>6</sup>; 3 — Силвер-Кинг; анал. Клемен<sup>1</sup>; 4 — Смирновское м-ние; анал. Нестерова; содержит небольшую примесь сфалерита и пирита<sup>7</sup>; 5 и 6 — Екатерино-Благодатское м-ние; анал. Ковстангивов<sup>5</sup>; 7 — Мередо (шульцит)<sup>8</sup>.

**Диагн. исп.** Легко растворяется в горячей HCl с выделением H<sub>2</sub>S и осадка PbCl<sub>2</sub> при остывании. Легко растворяется также в горячей HNO<sub>3</sub>.

В полир. пл. от парской водки образуется светло-желто-бурый несмываемый налет; от конц. HNO<sub>3</sub> и конц. HCl слабая реакция наступает после длительного стояния (в литературе иногда указывается быстрая реакция). FeCl<sub>3</sub>, HCl, KCN, KOH, HgCl<sub>2</sub> не действуют.

П. п. тр. плавится. В закр. тр. дает слабые возгоны S и Sb<sub>2</sub>S<sub>8</sub>.

**Находч.** Минерал редкий. Встречается в гидротермальных средне- и (реже) низкотемпературных свинцово-цинковых месторождениях, руды которых богаты Sb и содержат As. Обычно геокронит находится в тесной ассоциации с другими сульфосолями Pb, а также с галенитом, сфалеритом и пиритом. Из жильных минералов для руд, содержащих геокронит, характерны кварцы карбонаты. Геокронит установлен в ряде полиметаллических месторождений Читинской обл.: Смирновском<sup>7</sup>, Кадаинском, Ивановском, Екатерино-Благодатском<sup>5,6</sup>; в последнем является одним из главных минералов первичных руд; найден также в Азарекском свинцово-сурьмяном



месторождения (Арм. ССР<sup>10</sup>); известен в месторождениях Сала и Фалун (Швеция), Сулительва (Норвегия), Пьетрасанта (Италия), Мередо (Испания), Кильбрикен (Ирландия), Вислох (ФРГ), Пршибрам (Чехословакия)<sup>11</sup>, Силвер-Кинг (шт. Юта, США) и др.

Изм. При окислении геокронита образуются церуссит, окислы Sb и As; в том случае, когда геокронит содержит Cu, по нему нередко развивается ковеллин.

Отл. В полир. шл. от других сложных сульфидов, содержащих Pb, отличается отсутствием игольчатых или столбчатых сечений, более слабым двуотражением и наличием пластинчатых двойников. Трудно отличим от сходного с ним порданита; минералы эти совершенно не различимы микроскопически; кроме того, они дают очень сходные порошкограммы. Для точного определения геокронита необходимо проведение химических исследований.

Межплоскостные расстояния геокронита\*  
из Смирновского м-ния<sup>7</sup>  
Fe-антикатод,  $D = 57,9$  мм

№	<i>l</i>	$\frac{d_x}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_x}{n}$
1	2	3,51	7	7	2,23
2	2	3,35	8	1 ш	2,13
3	3	3,17	9	1	2,02
4	2	3,04	10	1	1,940
5	2	2,97	11	3	1,830
6	2	2,88	12	1	1,757

\* Для оригинала хим. анализа 4.

Л и т е р а т у р а

1. Douglass R. M., Murphy M. J., Pabst A. Am. Min., 1954, 39, No 11—12, 908.
2. Kerndt T. Ann. Phys., 1845, 65, 302.
3. D' Achiardi G. Atti Soc. tosc. Mem., 1901, 18, 1; Zs. Krist., 1902, 35, 516.
4. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
5. Кузнецов К. Ф., Вольфсон Ф. И. Сб. научн. тр. Моск. ин-та цветн. мет. и золота, 1957, № 27, 327.
6. Prior G. Min. Mag., 1902, 13, 187.
7. Полякова О. П. Тр. Мин. музея АН СССР, 1957, вып. 8, 99.
8. Saucage. Ann. Phys., 1841, 52, 78.
9. Кузнецов К. Ф. ДАН СССР, 1957, 114, № 4, 880.
10. Сагетелян Э. Л. Научн. Тр. Ереванск. ун-та, 1957, 59, сер. геол., вып. 3, 179 (рентгенограммы) и ИАН Арм. ССР, сер. геол.-геогр. н., 1957, 10, № 2, 1.
11. Vrabka F., Paděra K. Sborn. F. Slavika, Českosl. Akad. Věd., 1956, 497.

Грейтонит Gratonite



Назван по имени американского геолога Л. Грейтона (Пэлч и Фипер, 1940)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Кристаллы или зернистые агрегаты; корочки.

Структ. и морф. крист. Триг. с.  $C_{3v}^5 - R3m$ ;  $a_{rh} = 10,56\text{Å}$ ;  $\alpha = 114^\circ 05'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 17,73$ ;  $c_h = 7,85\text{Å}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 0,4426$ ;  $Z = 3^1$ .

Искаженная структура типа NaCl; с грейтонита отвечает диагонали куба галенита (Хельпер)<sup>1а</sup>.

Дитриг.-пирамид. кл.;  $a : c = 1 : 0,4428$  (Пэлч и Фипер).

## Формы:

Нижние		Верхние		$\varphi$	$\rho$	
	<i>c</i>			0001	—	0°00'
	<i>m</i>			10 $\bar{1}$ 0	60°00'	90 00
	<i>a</i>			11 $\bar{2}$ 0	30 00	90 00
	<i>e</i>			01 $\bar{1}$ 2	0 00	14 20
<i>s</i>	<i>s</i>			02 $\bar{2}$ 1	0 00	45 38
$\bar{r}$	<i>r</i>			10 $\bar{1}$ 1	60 00	27 05
$\bar{M}$ ?	<i>M</i>			40 $\bar{4}$ 1	60 00	63 57

<i>ra</i> (10 $\bar{1}$ 1) : (11 $\bar{2}$ 0) = 66°47'	<i>ea</i> (01 $\bar{1}$ 2) : (11 $\bar{2}$ 0) = 77°37'	<i>sm</i> (02 $\bar{2}$ 1) : (10 $\bar{1}$ 0) = 69°03'
<i>Ma</i> (40 $\bar{4}$ 1) : (11 $\bar{2}$ 0) = 38 56	<i>sa</i> (02 $\bar{2}$ 1) : (11 $\bar{2}$ 0) = 51 44	<i>em</i> (01 $\bar{1}$ 2) : (10 $\bar{1}$ 0) = 82 53
<i>rM</i> (10 $\bar{1}$ 1) : (40 $\bar{4}$ 1) = 36 52	<i>es</i> (01 $\bar{1}$ 2) : (02 $\bar{2}$ 1) = 31 17	<i>ss</i> (02 $\bar{2}$ 1) : (20 $\bar{2}$ 1) = 76 30

Недостовверные формы: (22 $\bar{4}$ 1) и (24 $\bar{6}$ 1).

Кристаллы призматические до игольчатых (0,4 × 0,5 мм) (фиг. 278, 279). Грани блестящие, дают яркие рефлексы. Установлены ориентированные сростания с галенитом<sup>1а</sup>.

Физ. Сп. по (10 $\bar{1}$ 1) неясная. Изл. слегка неровный до слабораковистого. Хрупок. Тв. 2½. Уд. в. 6,22 (вычисл. 6,17). Цв. темный свинцово-серый. Черта черная. Бл. металлический. Не прозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый. Двухотражение заметно только в иммерсии на границе зерен. Слабо анизотропен. Изредка наблюдаются темнокрасные внутренние рефлексы.

Хим. Теор. состав: Pb — 70,49; As — 11,33; S — 18,18.

Анализы:

	Fe	Pb	As	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	0,39	71,12	10,82	0,21	17,38	99,92	6,22
2.	—	70,79	10,60	0,08	18,01	99,48	6,10

1 и 2—Серро-де-Паско<sup>1а</sup>: 1 — анал. Гонциер, 2 — анализ лаборатории Медной корпорации.

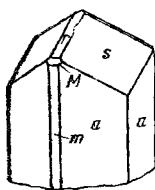
Диagn. исн. В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> сильно вскипает и чернеет. NaClO<sub>4</sub>, KMnO<sub>4</sub> + конц. KOH и KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> действуют слабее, чем на иорданит. HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub>, KOH не действуют.

П. и. тр. на угле растрескивается, легко плавится и дает налеты PbO и As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в закр. тр. — незначительный налет As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

Наход. Редкий, гидротермальный минерал. Впервые найден в измененной кварцеванной изверженной породе и среди лучистых агрегатов кристаллов и в виде отдельных кристаллов в Серро-де-Паско (Перу)<sup>2</sup>; наблюдается вместе с галенитом, местами образовался путем замещения последнего. Пржилки грейтонита пересекают свинцово-цинковые и медно-серебряные руды, содержащие пирит, фрейбергит, халькозин, борнит и др. Найден также в р-ке им. Мархлевского (б. Блейшарлей) в Верхней Силезии (Польша) в ассоциации с галенитом и орданитом<sup>3</sup>.

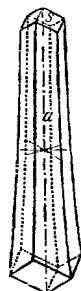
Изм. Замещается иорданитом с образованием псевдоморфоз.

Отл. От геокронита и иорданита отличается меньшим уд. весом и несовершенством спайности; в полированных шлифах от тех же минералов



Фиг. 278. Кристалл грейтонита (Серро-де-Паско)

По Палачу и Фишеру



Фиг. 279. Кристалл грейтонита (Серро-де-Паско)

По Палачу и Фишеру

отличается более слабой анизотропией; в отличие от геокронита практически не содержит сурьмы.

Межплоскостные расстояния грейтонита из Серро-де-Паско

(по Харкорту\*)

№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10	5,0	3,80	8	4	1,0	1,75	15	7	1,0	1,095
2	10	5,0	3,47	9	3	0,3	1,60	16	5	0,5	1,065
3	8	3,0	2,94	10	3	0,5	1,50	17	7	1,0	0,890
4	8	3,0	2,74	11	6	1,0	1,43	18	9	2,0	0,875
5	6	2,0	2,22	12	6	1,0	1,36	19	5	0,5	0,844
6	6	2,0	2,07	13	5	0,7	1,20	20	7	1,0	0,832
7	4	1,0	1,93	14	4	0,5	1,16	21	5	0,5	0,817
								22			0,805

\* Оригинал исследования Пэлэча и Фишера.

Л и т е р а т у р а

1. Palache C., Fisher D. J. Am. Min., 1940, 25, No 4, 255.
- 1a. Hellner E. J. Geol., 1958, 66, No 5, 503; 1959, 67, No 4, 473.
2. Rust G. W. Am. Min., 1940, 25, No 4, 266.
3. Ramdohr P. Cbl. Min., 1942, A, 17.

В результате измерений пяти мелких кристаллов из Ленгенбаха (Бинненваль, Швейцария), Соли и Смит<sup>1</sup> отметили наличие нового минерала триклинной сингонии, предположительно являющегося сложным сульфидом свинца, и предложили для него название гатчит (hatchite). Рамдор<sup>2</sup> допускает возможность, что кристаллы гатчита являются искаженными кристаллами грейтонита.

Л и т е р а т у р а

1. Solly R. H., Smith H. Min. Mag., 1912, 16, 287.
2. Ramdohr P. N. Jb. Min., Monatsh., 1943, A, H. 6, 89.

ГРУППА КОЗАЛИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
[Кобеллит]	$Pb_6FeBi_4Sb_2S_{16}$	Ромб.	22,62	34,08	4,02	6,2 <sup>2</sup>
Козалит	$Pb_2Bi_2S_6$	Ромб.	19,08	23,86	4,06	6,8

Кобеллит Kobellite



Назван по имени немецкого минералога Ф. Кобеля (Сэттерберг, 1839)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Плотные массы, зернистые, лучистые и волокнистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{13} - Pnmm$ ;  $a_0 = 22,62$ ;  $b_0 = 34,08$ ;  $c_0 = 4,02 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,664 : 1 : 0,118$ ;  $Z = 4$  (Нафилд, 1947)<sup>2</sup>.

Волокна удлинены по оси  $c$ .

**Физ. Сп.** по (010) ясная. Тв.  $\sim 2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,28—6,33<sup>3</sup>; 6,43—6,53<sup>2</sup> (вычисл. 6,20). Цв. стально-серый. Бл. металлический.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 37,5, для оранжевых — 33,5, для красных — 32 (в иммерсии заметно меньше). Двухотражение незначительное, но рядом с галенитом отчетливое, с изменением оттенка до желтоватого и розоватого. Анизотропия сильная.

**Хим.** По Нафилду, Fe входит в состав минерала. Теор. состав: Pb — 43,00; Fe — 1,93; Bi — 28,91; Sb — 8,42; S — 17,74. Ранее содержание Fe объяснялось наличием примеси и принималась формула  $Pb_2(Bi,Sb)_2S_5$ .

Анализы:

	Cu	Ag	Fe	Pb	Bi	Sb	S	Сумма
1.	0,88	—	2,02	40,74	28,37	9,38	18,61	100,00
2.	0,97	3,58	—	38,95	30,61	8,13	17,76	100,00

1 — Вэна<sup>1</sup>; 2 — Силвер-Бел; среднее<sup>1</sup> из четырех анализов за вычетом халькопирита, сфалерита и других примесей<sup>2</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в конц. HCl с выделением H<sub>2</sub>S.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> вскипает, образуется черное пятно. HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub>, KOH, HgCl<sub>2</sub> не действуют.

П. п. тр. растрескивается и легко плавится. На угле дает желтый налет Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, белый (далее расползшийся) — Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и белый металлический королек. Со смесью KJ + S — красный налет BiJ<sub>3</sub>. В откp. тр. выделяет SO<sub>2</sub> и дает налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Находж.** Очень редок. Обнаружен в кобальтовом месторождении Вэна (Швеция) с кобальтином, арсенопиритом, халькопиритом и актинолитом; в серебряном р-ке Силвер-Бел (шт. Колорадо, США) с халькопиритом в барите; в оловорудном месторождении Доджер около Салмо (Британская Колумбия, Канада) в кварце с шеелитом, молибденитом и пиритом; в Устарасае в западном Тянь-Шане (Узб. ССР) в тесной ассоциации с самородным висмутом<sup>4</sup>.

#### Межплоскостные расстояния кобеллита<sup>2</sup>

Cu-антикатод							
№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	080	0,5	4,20	19		0,5	1,883
2	280; 011	1	3,98	20		0,5	1,840
3	600; 190	0,5	3,72	21		0,5	1,809
4	560	9	3,51	22		2,0	1,741
5	0.10.0; 480	10	3,39	23		2,0	1,693
6	401; 341; 2.10.0	2	3,26	24		0,5	1,594
7	660	2	3,12	25		0,5	1,554
8	670	2	2,96	26		0,5	1,453
9	0.12.0; 800	3	2,83	27		1,0	1,382
10	770	3	2,69	28		1,0	1,316
11	1.13.0	0,5	2,59	29		0,5	1,303
12	3.14.0; 811	0,5	2,29	30		0,5	1,270
13	10.0.0	0,5	2,25	31		0,5	1,249
14		3	2,14	32		0,5	1,232
15		0,5	2,08	33		0,5	1,214
16		4	2,04	34		0,5	1,194
17		0,5	2,02	35		0,5	1,179
18		1	1,912				

Отл. В шлифах двуотражение и анизотропия сильнее, чем у козали-та, от других сложных сульфидов висмута минераграфически не отли-чим, определяется по порошковой программе.

## Л и т е р а т у р а

1. S ä t t e r b e r g. Ak. Stockh. Handl., 1839, 188.
2. N u f f i e l d E. W. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 52, 86 (на оригинале из Вана; данные подтверждены Томпсоном для кобеллита из окр. Салмо: T h o m p s o n R. M. Am. Min., 1954, 39, No 5—6, 526).
3. K e l l e r H. F. Zs. Krist., 1889, 17, 67.
4. С а х а р о в а М. С. Тр. Мин. музея АН СССР, 1955, № 7, 124.

Козалит *Cosalite*

Назван по месту находки в р-ке Косала (Козала), Мексика (Гент, 1868).

Синон. Свинцовый висмутит (Грот, 1874), биелкит (Шегрен, 1878). Смесьми ко-залита с галениитом оказались (Томпсон, 1949): гунгаррит (Симпсон, 1924) и варталит (Кренер, 1926).

Разнов. Селенокозалит.

Характ. выдел. Призматические и игольчатые кристаллы, агрегаты раз-лично ориентированных шестоватых индивидов, лучистые сростки, спу-танно-игольчатые и плотные массы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D^{16}_{2h}$ — $Pbnm$ ;  $a_0 = 19,08$ ;  $b_0 = 23,86$ ;  $c_0 = 4,06\text{Å}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,800 : 1 : 0,170$ ;  $Z = 8$  (Бери)<sup>1</sup>.

Ромбо-диширамид. кл.  $a : b : c = 0,800 : 1 : 0,170$  (Бери),

Обычные формы<sup>2,3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
<i>c</i> 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
<i>a</i> 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
<i>n</i> 130	22 37	90 00	0 00	67 23	90 00	22 37
<i>e</i> 120	32 04	90 00	0 00	57 59	90 00	32 04
<i>r</i> 230	39 48	90 00	0 00	50 12	90 00	39 48
<i>m</i> 110	51 20	90 00	0 00	38 40	90 00	51 20
<i>u</i> 320	61 55	90 00	0 00	28 05	90 00	61 55
<i>d</i> 210	68 12	90 00	0 00	24 48	90 00	68 12
<i>i</i> 032	0 00	14 18	76 42	90 00	0 00	76 42
<i>f</i> 301	90 00	33 31	90 00	56 29	33 31	90 00
<i>h</i> 332	51 20	22 13	75 41	72 50	17 41	76 20

*mm* (110) : ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 77°19'

*ee* (120) : ( $\bar{1}20$ ) = 64 04

*dd* (210) : ( $\bar{2}10$ ) = 43 36

*uu* (320) : ( $\bar{3}20$ ) = 56 09

*rr* (230) : ( $\bar{2}30$ ) = 79°37'½

*ii* (032) : ( $\bar{0}32$ ) = 28 37

*ff* (301) : ( $\bar{3}01$ ) = 67 02

*hh* (332) : ( $\bar{3}32$ ) = 34°05'

*ha* (332) : (100) = 72 50

*hb* (332) : (010) = 76 20

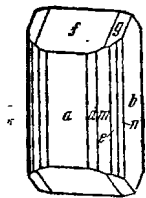
Редкие формы:

*j* (160), *l* (140), *o* (380), *q* (250), *s* (340), *t* (430), *k* (3.12.2), *g* (632).

На основе измерений плоских кристаллов Флинком было выведено отношение  $a : b : c = 0,9187 : 1 : 1,4601$ . Формула перехода от установки Флинка к установке Бери 003/600/010. Сопоставление символов некоторых форм:

Бери	100	010	001	011	101	104	142	140
Флинк	010	001	100	301	120	210	332	032

Кристаллы призматические, удлинённые до игольчатых и волосовидных по оси *c* (фиг. 280). Грани грубо штрихованы || оси *c*. Двойники не известны.



Фиг. 280. Кристалл козалинта (Бьелке, Швеция)

По Дана, 1944

Физ. Сп. хорошая по призме; на плоскостях спайности — грубая штриховка параллельно *c*. Изл. неровный или завозистый. Хрупок. Слегка режется ножом. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 6,22—7,02 (вычисл. 6,86). Цв. свинцово-серый до стально-серого. Черта черная. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый со слабым кремевым оттенком. Отраж. спос. по Вольтскому — около 46%, по Орселю  $R_g = 41,1$ , по Фолинсби 43,0 (близка к таковой галенита). Двухотражение слабое в зеленовато-серых тонах<sup>3а</sup>. Очень слабо анизотропен (более отчетливо в иммерсии и при интенсивном освещении). Часты прорастания с галенобисмутитом и особенно с галенитом; известны сростания с висмутином и с самородным висмутом.

Хим. Теор. состав: Pb —41,75; Bi —42,10; S — 16,15. Отмечается изоморфное замещение Pb небольшими количествами Cu, Ag и Fe; Bi замещается Sb; Se и Te замещают S; в козалите из р-ка Карибу (Британская Колумбия) содержится 0,15—10,10% Au<sup>4</sup>. Присутствие ряда элементов может быть объяснено механическими примесями других минералов.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	—	0,15	1,66	1,79	3,41	2,71	7,38	3,60	—
Ag	—	—	0,75	0,66	0,32	—	—	—	—
Pb	37,22	41,78	38,94	39,74	37,68	39,55	31,60	41,20	41,29
Fe	2,61	—	0,10	0,28	0,68	0,25	1,51	—	—
Ni	0,62	—	—	—	—	—	—	—	—
As	3,82	—	—	—	—	—	—	—	—
Sb	—	1,12	0,29	0,29	—	0,04	—	—	—
Bi	43,12	40,32	41,84	41,11	41,75	40,21	40,22	39,35	38,28
S	11,40	16,00	16,54	16,73	15,92	17,20	18,44	16,40	15,80
Н.о.	—	0,45	—	—	—	0,74	0,95	—	1,79
Сумма	98,79	99,82	100,12	100,60	99,76	100,70	100,10	100,55	97,16
Уд.в.	—	6,94	7,011	7,024	6,766	—	—	—	—

1 — м-ние Соходо; анал. Хованский<sup>5</sup>; недостаток S, по-видимому, обусловлен примесью самородного висмута, наличие As и Fe — примесью арсенопирита; 2 — Белпадала; анал. Сендерова<sup>6</sup>; 3 — Букуна, анал. Сендерова; содержит следы Te<sup>6а</sup>; 4 — Швейцария<sup>7</sup>, наличие Cu и Fe за счет примеси халькопирита; 5 и 6 — Окна-де-Фер<sup>8</sup> (5 — содержал примесь халькопирита<sup>7</sup>; 7 — Догяча<sup>8</sup>; 8 и 9 — Карибу<sup>4</sup>; 8 — анал. Дженсон; 9 — анал. Олдридж.

Диагн. исп. Растворяется в HNO<sub>3</sub> с образованием белого осадка PbSO<sub>4</sub>, в HCl разлагается медленно.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> бурет и вскипает, от HCl медленно бурет (пятно легко стирается). От царской водки сразу вскипает, дает призрающий, затем чернеющий налет. От KOH иногда становится светло-бурым, затем призрающим. KCN не действует.

П. п. тр. на угле плавится; серебросодержащие разновидности дают небольшой королек Ag, со смесью KJ и S образуется густой желто-зеленый налет с ярко-красной каймой.

Наход. Представление о малой распространенности козалинта, по-видимому, обусловлено трудностью его диагностики. Козалит преимуще-

ственно встречается в разнообразных гидротермальных месторождениях, обычно в ассоциации с другими висмутовыми минералами и сульфидами свинца, цинка, меди, реже с сульфидами кобальта, никеля, серебра, иногда вместе с вольфрамитом, а также с теллуридами золота и серебра. Известно нахождение козалита в пегматитах и среди скарнов.

Наблюдался в полостях жильного кварца в вольфрамоносных кварцевых жилах в Бетпакдале (Каз. ССР)<sup>6</sup> и в месторождениях Букука (Читинская обл.<sup>6a</sup>), Дир-Парк (шт. Вашингтон, США) и др.

Установлен в касситерито-сульфидных кварцевых жилах месторождения Сохондо (Читинская обл.)<sup>6</sup>, в золотоносных кварцевых жилах Карибу (Британская Колумбия, Канада), около оз. Гунгарри (Зап. Австралия), в р-ке Комсток (шт. Колорадо, США), в кобальто-никелевых месторождениях Кобальта (Онтарио, Канада), в месторождениях серебряных руд Косала и Чиуауа (Мексика).

Встречен в хлорито-кварцевых жилах Адрасмана (Тадж. ССР), в сульфидно-сидеритовых жилах месторождения Геркулес (шт. Айдахо, США), известен в Юконе (Аляска, США), в Радхаусберге (Австрия)<sup>9</sup>.

В пегматитах козалит встречается в Ампариндравато на Мадагаскаре и в Намаквалэнде (Юго-Зап. Африка), в контактово-метасоматических образованиях — в месторождениях Бьелке и Фалун в Швеции, Окна-де-Фер и Бэппа Бихорулуй в Румынии.

Изм. Очень характерно разложение с образованием мельчайших зернышек самородного висмута и галенита. В зоне окисления превращается в бисмутит, бисмит, бисмоклит, иногда образующих смеси. Известны псевдоморфозы бисмоклита и бисмутита по козалиту.

Практ. знач. Козалит редко дает значительные скопления, но может совместно с другими висмутовыми минералами слагать висмутовые руды.

Отл. Определяется трудно. Макроскопически от висмутина иногда отличается по отсутствию спайности и более мелкокристаллическому характеру выделений. В полир. пл. часто трудно отличим от ряда сходных минералов; по сравнению с висмутином, а также галенобисмутитом и другими сульфидами Pb и Bi обладает более слабой анизотропией. Для точной диагностики необходимо рентгенометрическое или химическое изучение.

Разнов. Селенокозалит — selenocosalite (Эдман, 1941)<sup>10</sup> содержит до 6,57% Se. Эдман отмечает большое сходство селенокозалита с селеносодержащим галенобисмутитом.

Неяснопластинчатый. Оловянно-белый. Уд. в. 7,00. В полир. пл. похож на галенит, несколько мягче. Представлен агрегатом удлиненных зерен, часто образует прорастания с галенитом. Двустражение в воздухе слабое, в иммерсии отчетливое от кремнево-белого до серого с зеленоватым оттенком. Анизотропия ясная.

Анализы:

	Cu	Ag	Pb	Fe	Sb	Bi	S	Se	Te	H.o.	Сумма
1.	0,42	1,18	43,51	0,29	2,72	31,11	12,26	6,32	0,80	1,62	99,93
2.	0,14	1,02	44,20	0,29	2,88	31,40	12,36	6,38	0,80	0,66	100,13
3.	3,51	3,74	22,86	1,74		43,09	15,16	6,57	—	3,05	99,72

Селенокозалит встречается в больших количествах в кварцево-турмалиновых жилах в р-ке Болиден (Швеция) в ассоциации с самородным висмутом, штернбергитом, халькопиритом, галенитом, пирротинном. В Беица Бихорулуй (б. Рецбанья, Румыния) наблюдался в тесной ассоциации с флюоритом<sup>8</sup>.

Межплоскостные расстояния козальта из Бетнакдалы<sup>6</sup>Fe-антикатод,  $D = 57,9$  мм\*

№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10	3,42	6	7	2,02	10	3	1,387
2	10	2,95	7	4	1,905	11	2	1,326
3	3	2,81	8	7ш	1,792	12	3	1,294
4	1	2,13	9	4	1,712	13	1	1,212
5	5	2,09						

\* Оригинал хим. анализа 2.

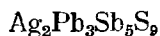
## Л и т е р а т у р а

- Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1939, No 42, 23.
- Flink G. Handl. Vet-Akad., Stockholm, Bihang, 1886, 12(2), No 2, 6.
- Walker T. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1924, No 12,5.
- Vaasjoki O., Kaitaro S. Bull. Comm. géol. Finlande, 1951, No 454, 123.
- Warren H. V. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1939, No 42, 151.
- Шадлуи Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 485.
- Ермилова Л. П., Сендерова В. М. ДАН СССР, 1955, 105, № 6, 1325.
- Барабанов В. Ф. ДАН СССР, 1957, 112, № 5, 938.
- Hugi E. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1934, 11, 163.
- Koch S. Acta Min. Petr. Szeged, 1948, 2, 20.
- Siegel W. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1951, 2, Nr 3, 375.
- Ödman O. H. Sver. Geol. Unders., Ser. C, N:o 438, 1941, Arsbok 35, N:o 1, 89.
- Grasselly J. Acta Min. Petr. Szeged, 1948, 2, 29.

## ГРУППА ФРЕЙЕСЛЕБЕНИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
Рамдорит	$Ag_2Pb_3Sb_5S_9$	Ромб.	12,99	19,21	25,74	—	5,4
Фрейеслебенит	$AgPbSbS_3$	Монокл.	7,55	12,82	5,89	92°14'	6,2
Диафорит	$Ag_3Pb_2Sb_3S_8$	Монокл.	15,85	5,90	32,08	90 11	6,0
Андорит	$AgPbSb_3S_6$	Ромб.	13,03	19,15	17,16	—	5,2
Физелиит	$Ag_2Pb_5Sb_8S_{18}$	Ромб.	13,15	19,23	8,72	—	5,5

## Рамдорит Ramdohrite

Назван по имени немецкого минералога П. Рамдора (Альфельд, 1930)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Неисчерпано образованные кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^5 - Pbm\bar{m}?$ ;  $a_0 = 12,99$ ;  $b_0 = 19,21$ ;  $c_0 = 25,74$  ( $4,29 \times 6$ ) Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,676 : 1 : 1,339$ ;  $Z = 1$  (Наффилд)<sup>2</sup>.По Донэй<sup>3</sup>, рамдорит идентичен с андоритом VI. Хельнер<sup>4</sup> рассматривает его, наряду с андоритом, как самостоятельный минерал с искаженной структурой типа NaCl.

Кристаллы призматические. Удлинение и штриховка вдоль оси с.

Физ. Тв. 2. Хрупок. Изл. неровный. Уд. в. 5,43 (вычисл. 5,13).

Цв. и черта серо-черные. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. аналогичен андориту.

Хим. Состав и формула требуют уточнения. Теор. состав: Ag — 12,44; Pb — 35,84; Sb — 35,09; S — 16,63. Состав минерала, содержавшего примеси (анал. Брендлер)<sup>1</sup>: Cu — 0,3; Fe — 0,3; Ag — 10,1; Pb — 30,3; Sb — 31,1; Bi — 2,5; S — 20,1; н. о. — 5,5; сумма 100,2.

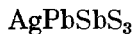


**Нахожд.** Наблюдался в оловянно-серебряной жиле в Потоси (Боливия) в кварце совместно с тетраэдритом, ставнинном, пиритом и др.

## Литература

1. Ahlfield F. *Syl. Min.*, 1930, A, 365.
2. Nuffield E. W. *Trans. Roy. Soc. Canada*, ser. 3, sect. 4, 1945, 39, 41.
3. Donnay J. D., Donnay G. *Am. Min.*, 1954, 39, No 3—4, 161.
4. Hellner E. *J. Geology*, 1958, 66, No 5, 503.

## Фрейеслебенит Freieslebenite



Назван по имени саксонского горнопромышленника И. Фрайеслебена (Хайдингер, 1845). Известен с начала XVIII в.

**Синон.** Тростниковая стекловатая руда (Фрайеслебен, 1817), базитомглинец (Брайтхаупт, 1832), донакарпирит (Чепмен, 1843), делислит (Честер, 1896).

**Характ. выдел.** Отдельные кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^5 - P2_1/c$ ;  $a_0 = 7,55$ ;  $b_0 = 12,82$ ;  $c_0 = 5,89 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 92^\circ 14'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,589 : 1 : 0,460$ ;  $Z = 1$  при формуле  $\text{Ag}_5\text{Pb}_3\text{Sb}_3\text{S}_{12}$  (Пэлэч, Ричмонд, Винчел)<sup>1</sup>; по Хельнеру,  $c_0 = 5,95 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  ( $\text{AgPbSbS}_3$ )<sup>1</sup>.

**Призмат. кл.;**  $a : b : c = 0,5871 : 1 : 0,4638$ ;  $\beta = 92^\circ 41'$  (Пэлэч и др.)<sup>1</sup>.

**Формы**<sup>1,2</sup>:

		$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$	
$c$	001	90°00'	2°14'	$v$	031	1°36'	54°18'
$b$	010	0 00	90 00	$w$	041	1 12	61 41
$a$	100	90 00	90 00	$x$	201	90 00	58 19
$k$	120	40 26	90 00	$\xi$	$\bar{2}01$	-90 00	57 02
$m$	110	59 36	90 00	$y$	111	60 47	43 33
$\beta$	210	73 39	90 00	$z$	211	74 01	59 19
$u$	011	4 48	24 58	$g$	311	79 06	67 50
$r$	021	2 24	42 52	$\varphi$	$\bar{1}11$	-58 19	41 27

$mm$ (110) : ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 60°48'	$uu$ (011) : ( $\bar{0}\bar{1}\bar{1}$ ) = 49°44'	$wb$ (041) : (010) = 28°21'
$kk$ (120) : ( $\bar{1}\bar{2}0$ ) = 80 53	$rr$ (021) : ( $\bar{0}\bar{2}\bar{1}$ ) = 85 40	$ya$ (111) : (100) = 53 02
$tt$ (310) : ( $\bar{3}\bar{1}0$ ) = 22 08	$ub$ (011) : (010) = 65 08	$yb$ ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) : (010) = 70 22
$xa$ (201) : (100) = 31 41	$rb$ (021) : (010) = 47 10	$\varphi a$ ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) : ( $\bar{1}00$ ) = 55 43
$\zeta a$ ( $\bar{2}01$ ) : (100) = 32 58	$vb$ (031) : (010) = 35 43	$\varphi b$ ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) : (010) = 69 39

Менее обычные формы:

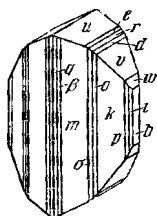
$i$ 150	$\pi$ 250	$o$ 230	$l$ 560	$t$ 310	$q$ 810	$d$ 052	$h$ 412
$p$ 130	$n$ 350	$\sigma$ 450	$s$ 430	$e$ 510	$r$ 032	$f$ 221	

Установка Пэлэча и др. отличается от прежней установки Брука и Милера (1852) и Цефаровича<sup>2</sup> в 2 раза большим значением  $c$ . Формула перехода от установки Милера и др. к установке Пэлэча и др.:  $100/010/00^{1/2}$  (третий индекс всех форм у Пэлэча и др. в 2 раза меньше).

Кристаллы короткопризматические, несколько удлинены по оси  $c$  с сильно развитой вертикальной штриховкой граней призм (фиг. 281). Дв. по (100) обычны (фиг. 282).

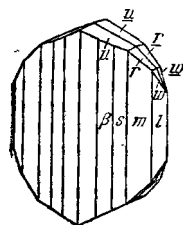
**Физ. Сп.** по (110) неясная. Изл. полураковистый до неровного. Довольно хрупок. Тв. 2—2½. Уд. в. 6,20—6,23 (вычисл. 6,27). Цв. светло-стально-серый, серебристо-белый, свинцово-серый. Черта светло-стально-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Обладает детекторными свойствами. Максимальный фотоэлектрический эффект при  $\lambda = 703$  м $\mu$  — 29 (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>3</sup>.



Фиг. 281. Кристалл фрейслебенита (Иендельэнсина)

По Бюнинггу



Фиг. 282. Двойник фрейслебенита (Иендельэнсина)

По Цефаровичу

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. недостаточно изучен. Цв. белый (с едва уловимым желтовато-зеленым оттенком по сравнению с галенитом). Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 37,5, оранжевых—30,5, красных—30. Двуотражение очень слабое. Анизотропен. Внутренние рефлексy обычно незаметны.

**Хим.** Формула не достоверна. Теор. состав для  $\text{AgPbSbS}_3$ : Ag—20,23; Pb—38,87; Sb—22,84; S—18,06; для  $\text{Ag}_2\text{Pb}_3\text{Sb}_3\text{S}_{12}$ : Ag—25,03; Pb—28,85; Sb—28,26; S—17,86. Содержит обычно примесь Cu или Fe, роль которых неясна. Анализы старые, состав критически не изучен.

Анализы:

	Cu	Ag	Fe	Pb	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	0,13	23,31	—	31,38	25,64	18,90	99,36	6,20*
2.	—	23,08	0,63	30,77	27,11	18,41	100,00	6,23

\* Определение Винчела; в оригинале — 6,04%.

1 — Иендельэнсина; анал. Моравский<sup>4</sup>, 2 — Пришбрам; анал. Пайр<sup>5</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в  $\text{HNO}_3$  с выделением  $\text{PbSO}_4$ .

В полир. шл. от  $\text{HNO}_3$  чернеет, от царской водки вскипает, образуется буроватый иризирующий налет. Остальные реактивы не действуют.

Легко плавится. П. п. тр. на угле дает налеты  $\text{PbO}$  и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , с содой — королек Ag. В закр. тр. легко плавится, выделяя  $\text{SO}_2$  и белые пары  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , на стенках трубки — белый налет.

**Находк.** Очень редкий минерал. Наблюдался вместе с другими минералами Ag (аргентитом, шпиделинитом и др.), с галенитом в месторождениях Химельсфюрст (Саксония, ГДР), Иендельэнсина (Гвадалахара, Испания), Бая Сприе (б. Фельшбанья) и Кашик (Румыния)<sup>2</sup>, Пришбрам (Чехословакия), Росбери (Тасмания, Австралия), Оруро (Боливия), Сан-Хосе-дель-Оро (Мексика).

**Отл.** Точная диагностика возможна при использовании различных методов.

Межплоскостные расстояния фрейеслебенита  
из Испании (по Харкорту)

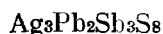
Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10	5,0	3,45	13	6	1,0	1,68
2	6	1,0	3,23	14	2	0,3	1,625
3	6	1,0	3,11	15	2	0,3	1,560
4	7	2,0	2,96	16	2	0,2	1,515
5	10	5,0	2,82	17	2	0,3	1,481
6	2	0,3	2,23	18	2	0,3	1,410
7	6	1,0	2,13	19	2	0,3	1,385
8	7	2,0	2,07	20	2	0,3	1,365
9	7	2,0	2,01	21	2	0,3	1,330
10	6	1,0	1,88	22	2	0,2	1,255
11	6	1,0	1,78	23	2	0,2	1,215
12	6	1,0	1,725				

## Л и т е р а т у р а

1. Palache C., Richmond W. E., Winchell A. N. Am. Min., 1938, 23, No 11, 834; Hellner E. Zs. Krist., 1957, 109, 284.
2. Zepharovich V. Sitzber. Akad. Wiss. Wien., 1871, 63, 1, 130; Tokody L. Földt. Közlöny, 1950, 80, f. 7—9, 299.
3. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
4. Vrba K. Zs. Krist., 1878, 2, 161.
5. Reuss F. A. N. Jb. Min., 1860, 579.

## Диафорит Diaphorite



Назван от греч. диафора (диафора) — различие, так как отличен от фрейеслебенита, за диморфную разность которого принимался (Цефарович, 1871)<sup>1</sup>.

Синон. Ультрабазит (Ровицкий, 1920<sup>2</sup>), частично броньардит (Дамур, 1849), свинцово-серебряный антимонит (Грот; 1874).

Характ. выдел. Зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^5$  —  $P2_1b$ ;  $a_0 = 15,849$ ;  $b_0 = 5,901$ ;  $c_0 = 32,084$  Å;  $\beta = 90^\circ 11'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 2,686 : 1 : 5,437$ ;  $Z = 8$  (Хельнер, 1958)<sup>3</sup>.

Деформированная структура типа  $\text{NaCl}^8$ . Атомы S находятся в плотнейшей упаковке, атомы металлов занимают все октаэдрические пустоты. Искажения решетки обусловлены различными размерами атомов металлов, в особенности атомов Sb, с которыми три атома S связаны гомеополлярно более тесно, чем три остальные.

До последнего времени считался ромбическим с  $a_0 = 15,86$ ,  $b_0 = 32,29$ ,  $c_0 = 5,90$  Å,  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,491 : 1 : 0,1840$  (Пэлэч и Винчел)<sup>4</sup>. В моноклинной установке Хельнера (псевдоромбической) перемещены оси *b* и *c* прежних исследователей (Цефарович<sup>1</sup>, Пэлэч<sup>4</sup>, Токоди<sup>5</sup>).

На основе литературных данных не удается установить, какие измеренные формы фактически являются положительными, какие — отрицательными, поэтому ниже оставлена прежняя установка Пэлэча. Цефарович отмечает наличие кристаллов не только ромбического, но часто и моноклинного облика.

$a : b : c = 0,4953 : 1 : 0,1840$  (Пэлэч).

## Формы:

В ромб. установке Пэлэча						В монокл. установке Хельнёра			
	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_2$	$\rho_2$		$\varphi^*$	$\rho^*$		
<i>c</i>	001	—	0°00'	0°00'	90°00'	<i>b</i>	010	0°00'	90°00'
<i>t</i>	010	0°00'	90 00	—	0 00	<i>c</i>	001	90 00	0 11
<i>a</i>	100	90 00	90 00	90 00	90 00	<i>a</i>	100	90 00	90 00
$\pi$	130	33 56	90 00	90 00	33 56	$\pi$	103	90 00	34 10
<i>n</i>	120	45 16	90 00	90 00	45 16	$-\pi$	$\bar{1}03$	—90 00	33 51
<i>m</i>	110	63 39	90 00	90 00	63 39	<i>n</i>	102	90 00	45 26
<i>u</i>	021	0 00	20 12	0 00	69 48	$-\pi$	$\bar{1}02$	—90 00	45 15
<i>r</i>	041	0 00	36 21	0 00	53 39	<i>m</i>	101	90 00	63 45
<i>w</i>	081	0 00	55 49	0 00	34 11	$-\pi$	$\bar{1}01$	—90 00	63 40
$\psi$	201	90 00	36 37	36 37	90 00	<i>u</i>	012	0 04	70 01
<i>x</i>	401	90 00	56 04	56 04	90 00	<i>r</i>	014	0 08	53 58
<i>i</i>	111	63 39	22 31	20 22	80 15	<i>w</i>	018	0 16	34 31
<i>y</i>	221	63 39	39 40	36 37	73 32	$\psi$	210	36 40	90 00
<i>O</i>	171	16 05	53 16	20 22	39 22	<i>x</i>	410	56 07	90 00
$\theta$	261	33 56	53 04	36 37	48 27	<i>i</i>	111	20 27	80 13
<i>o</i>	131	33 56	33 39	20 22	62 39	$-\theta$	$\bar{1}11$	20 24	80 13
<i>e</i>	531	73 27	62 42	61 47	75 20	<i>y</i>	212	36 43	73 34
<i>z</i>	421	76 05	56 50	56 03	78 23	$-\theta$	$\bar{2}12$	36 38	73 33
$\omega$	311	80 37	48 29	48 06	83 00	<i>O</i>	117	20 38	39 41
						$-\theta$	$\bar{1}17$	20 13	39 37
						$\theta$	216	36 48	48 32
						$-\theta$	$\bar{2}16$	36 33	48 19
						<i>o</i>	113	20 30	62 40
						$-\theta$	$\bar{1}13$	20 20	62 39
						<i>e</i>	513	61 47	75 23
						$-\theta$	$\bar{5}13$	61 41	75 16
						<i>z</i>	412	56 08	78 25
						$-\theta$	$\bar{4}12$	56 06	78 24
						$\omega$	311	48 11	83 01
						$-\omega$	$\bar{3}11$	48 09	83 00

\* Вычислено на основе рентгеновского отношения осей

<i>mm</i> (110) : ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 52°42'	<i>uu</i> (021) : ( $\bar{0}\bar{2}1$ ) = 40°24'	<i>ya</i> (221) : (100) = 55°07'
<i>nn</i> (120) : ( $\bar{1}\bar{2}0$ ) = 90 32	<i>rr</i> (041) : ( $\bar{0}\bar{4}1$ ) = 72 42	<i>xy</i> (401) : (221) = 25 16
$\psi\psi$ (201) : ( $\bar{2}01$ ) = 73 13	<i>ww</i> (081) : ( $\bar{0}\bar{8}1$ ) = 111 37	$\psi y$ (201) : (221) = 16 27
<i>xx</i> (401) : ( $\bar{4}01$ ) = 112 07	<i>yy</i> (221) : ( $\bar{2}\bar{2}1$ ) = 79 19	<i>wy</i> (081) : (221) = 48 10

## Менее обычные формы (в установке Пэлэча):

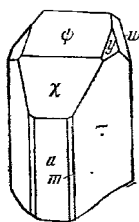
170	<i>v</i>	061	<i>E</i>	551	<i>N</i>	151	391	841
150	<i>f</i>	0.10.1	<i>K</i>	192		2.10.1	<i>U</i>	392
<i>T</i>	340	<i>B</i>	332	<i>P</i>	191	<i>L</i>	283	<i>H</i>
<i>t</i>	310	<i>C</i>	331	<i>J</i>	172		281	351
								<i>Z</i>
								511

## Редкие и недостоверные формы (в установке Пэлэча):

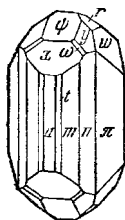
<i>a</i>	1.11.0	$\delta$	210	<i>R</i>	1.13.1	$\tau$	3.13.1	<i>T</i>	353	$\Omega$	10.2.1
$\gamma$	160	<i>h</i>	011	<i>Q</i>	1.11.1	<i>X</i>	4.16.1	<i>Y</i>	971	$\Phi$	712
<i>c</i>	140	<i>q</i>	0.20.3	<i>M</i>	2.22.3	<i>d</i>	141	$\Pi'$	431	$\Xi$	711
<i>k</i>	5.12.0	<i>g</i>	0.12.1	$\mu$	2.14.1	<i>F</i>	133	$\Lambda$	641	$\Psi$	621
$\epsilon$	230	<i>j</i>	0.14.1	<i>G</i>	173	$\eta$	251	<i>V</i>	211		
$\epsilon$ :	7.11.0	<i>A</i>	112	$\lambda$	2.12.1		7.12.4		14.6.3		
$\chi$	320	<i>D</i>	441		3.17.3	$\zeta$	241	<i>S</i>	312		

По Цефаровичу,  $a : b : c = 0,4919 : 1 : 0,7345$  (значение  $c$  в 4 раза больше, чем у Пэлэча). Формула перехода от установки Цефаровича к установке Пэлэча:  $100/010,001/4$ .

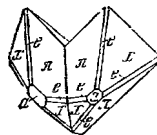
Кристаллы призматические, удлинены по оси  $c$  установки Пэлэча (по оси  $b$  моноклинной установки), часто очень сложные, богатые гравиями, которые в большинстве являются несовершенными (фиг. 283, 284). Наблюдается штриховка, параллельная удлинению кристаллов. Дв. по (120) и по (241) (в установке Пэлэча) (фиг. 285).



Фиг. 283. Кристалл диафорита (Бройндорф) По Цефаровичу



Фиг. 284. Кристалл диафорита (Прийбрам) По Цефаровичу



Фиг. 285. Двойник диафорита по (241) (Прийбрам). По Мозесу

**Физ.** Сп. отсутствует. Изл. полураковистый до неровного. Хрупок, Тв.  $2\frac{1}{2}$  — 3. Уд. в. 6,04 (вычисл. 5,97). Цв. и черта стально-серые. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый со слабым зеленоватым оттенком. Отраж. спос. около 31%. Очень слабо анизотропен (может быть принят за изотропный).

**Хим.** Теор. состав: Ag — 23,78; Pb — 30,48; Sb — 26,87; S — 18,87. Анализы.

	Cu	Ag	Fe	Pb	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	0,73	23,44	0,67	28,67	26,43	20,18	100,12	5,73
2.	—	23,36	—	31,06	25,92	18,51	98,85	6,04
3.	—	23,08	0,63	30,77	27,11	18,41	100,00	6,23

1 — 3 — Пришбрам: 1 — анал. Хелмхакер<sup>6</sup>; 2 — анал. Моравский<sup>7</sup>; 3 — анал. Пайр<sup>6</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в  $HNO_3$  с выделением  $PbSO_4$ .

В полир. шл. от царской водки вскипает и дает радужное окрашивание;  $HNO_3$  действует слабо.

Легко плавится, даже в пламени свечи. П. п. тр. на угле растрескивается, плавится, выделяя  $SO_2$ , дает королек Ag и налеты  $PbO$  и  $Sb_2O_3$ . В закр. тр. плавится с растрескиванием; образуется белый до голубовато-белого налет.

**Нахожд.** Редок. Встречается в серебряных и свинцово-серебряных гидротермальных месторождениях. Образуется в конечные стадии гидротермального процесса.

В Пришбраме (Чехословакия) наблюдался в ассоциации с галенитом, сфалеритом, кварцем, сидеритом, волосовидным буланжеритом, в Бройндорфе (Саксония, ГДР) — мелкие столбчатые кристаллы, в Фойгтсберге (Саксония, ГДР) — сложно образованные кристаллы, иногда с включениями галенита; в Санта-Мария-де-Каторсе (Мексика) — с мширджитом, галенитом,

сфалеритом, доломитом, кварцем, в Санкудо (Колумбия) — со сфалеритом и гетероморфитом, в р-не Лейк-Челан (шт. Вашингтон, США) — с галенитом, стезфанитом, пираргиритом, доломитом. В СССР предположительно как «броньярдит» (диафорит) был определен минерал из Безымянного месторождения в Берхоянском хребте (Якутская АССР), где он встречается в кварцево-сидеритовых жилах в значительных количествах, являясь наряду с пираргиритом одним из главных носителей Ag; ассоциируется с пираргиритом, тетраэдритом, арсенопиритом, буланжеритом, галенитом, сфалеритом, пиритом и др.<sup>9</sup>

Изм. Замещается пираргиритом.

Отл. Для точной диагностики необходимы химические данные и порошковая диаграмма.

Межплоскостные расстояния диафорита из Пришибрама  
(по Харкорту)

Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	10	5,0	3,28	13	2	0,3	1,585
2	6	1,0	2,92	14	2	0,2	1,520
3	9	4,0	2,80	15	2	0,2	1,470
4	2	0,2	2,23	16	4	0,5	1,410
5	2	0,2	2,08	17	2	0,3	1,320
6	7	2,0	2,04	18	2	0,3	1,305
7	2	0,3	2,01	19	2	0,3	1,286
8	2	0,3	1,99	20	2	0,3	1,271
9	2	0,3	1,84	21	2	0,3	1,254
10	6	1,0	1,76	22	2	0,3	1,154
11	6	1,0	1,705	23	2	0,2	1,130
12	4	0,5	1,65	24	2	0,2	1,090

Л и т е р а т у р а

1. Zepharovich V. Ber. Akad. Wiss. Wien, 1871, 63(1), 130.
2. Rosicky V., Šterba-Bohm J. Rozpr. České Acad., Kl. 2, 1916, 25, 45; Zs. Krist., 1920, 55, 430 (Первоначально был проанализирован, по-видимому, нечистый материал и ошибочно было определено содержание 2% Ge).
3. Hellner E. Zs. Krist., 1858, 110, 169.
4. Palache C. Am. Min., 1938, 23, No 11, 831.
5. Tokody I. Ann. Hist.-Nat. Musei Nation, Hungar., 1954, 5, 21.
6. Kenngott G. A. Mineralogische Untersuchungen, 1865, 294.
7. Vrba K. Zs. Krist., 1878, 2, 161.
8. Reuss F. A. N. Jb. Min., 1860, 580.
9. Смирнов С. С., Константинов М. М., Борисов Г. И. Проблемы советской геологии, 1935, 5, № 12, 1115.

Андорит Andorite



Назван по имени венгерского коллекционера минералов Андора Семсей (Кревер, 1892)<sup>1</sup>.

Синон Сувдтит (Брётгер, 1893)<sup>2</sup>; вебнерит (Штельцнер, 1894).

Характ. выдел. Кристаллы и сплошные выделения,

Структ. и морф. крист. Ромб. с. Представляет тесное прораствание двух очень близких минералов — андорита IV и андорита VI, различающихся

величиной отрезка по оси  $c$  (Донэй, Донэй)<sup>3</sup> и, по-видимому, очень незначительно — по углам кристаллов (Унгемах)<sup>4</sup>.

	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Простр. гр.	$Z$	$a_0 : b_0 : c_0$
Андрит IV	13,03	19,15	17,16Å	$C_{2v}^4$ ?	8	0,6804 : 1 : 0,8961
Андрит VI	13,03	19,15	25,74Å	$D_{2h}^{16}$ или $C_{2v}^9$	12	0,6804 : 1 : 1,3444

Наличие в выделениях андрита двух минералов в тесном проращении впервые установлено Унгемахом (1923)<sup>4</sup> на основе изучения морфологии кристаллов. Унгемах различал минерал с индексами, кратными трем, — «андрит» (андрит VI по Донэй) и с индексами, кратными двум; последний он обозначал «сундитом» (андрит IV) и сохранил для него отношение осей Брэггера:  $a : b : c = 0,6773 : 1 : 0,4429$ . По Донэй, всего один кристалл Унгемаха оказался однородным андритом VI, все остальные — поликристаллами.

Соотношения символов форм в прежней установке Брэггера и в новых установках для андрита IV и андрита VI:

	$a$	$b$	$m$	$p$	$q$	$r$	$x$	$f$
Андрит IV	100	010	110	112	111	332	012	102
Андрит VI	100	010	110	113	223	111	013	103
«Сундит» (по Брэггеру)	100	010	110	111	221	331	011	101

Формула перехода от установки Брэггера к новой установке для андрита IV: 100/010/002, для андрита VI — 100/010/003. Ниже для андрита IV дано отношение осей Унгемаха с удвоенным значением по оси  $c$  в соответствии с рентгеноструктурными данными Донэй.

Андрит IV —  $a : b : c = 0,6773 : 1 : 0,8858$  (Унгемах—Донэй).

Известно 85 форм, из них наиболее обычны<sup>2-8</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$b$ 010	0°00'	90°00'	$f$ 102	90°00'	33°11'
$a$ 100	90 00	90 00	$e$ 304	90 00	44 27
$k$ 120	36 26	90 00	$\lambda$ 302	90 00	62 59
$m$ 110	55 53	90 00	$d$ 301	90 00	75 42
$n$ 210	71 18	90 00	$v$ 114	55 53	21 37
$x$ 012	0 00	23 53	$p$ 112	55 53	38 18
$\gamma$ 011	0 00	41 32	$q$ 111	55 53	57 40
$y$ 032	0 00	53 02	$\rho$ 332	55 53	67 07
$\eta$ 021	0 00	60 23	$\beta$ 132	26 12	55 58
$h$ 104	90 00	18 06	$r$ 122	36 26	47 45
$\sigma$ 103	90 00	23 33	$s$ 212	71 18	54 05

Характерны  $\gamma$ ,  $\eta$ ,  $h$ ,  $\sigma$ ,  $f$ ,  $q$ ,  $r$ .

Более редкие формы:

$u$ 130	$R$ 013	$H$ 205	$X$ 113	$E$ 131	$w$ : 241	$v$ 211
$g$ 250	$\nu$ 023	$\Sigma$ 305	$o$ : 142	$L$ 124	$p$ : 233	$\xi$ 314
$l$ 230	$\pi$ 034	$\Omega$ 101	$t$ : 141	$r$ 122	$r$ : 232	
$i$ 430	$S$ 031	$V$ 401	$w$ 134	$D$ 121	$A$ 322	

Андорит VI—  $a : b : c = 0,6807:1:1,3346$  (Унгемах).

Известно свыше 90 форм, из них наиболее обычны<sup>2-5</sup>:

	Ф	Р		Ф	Р		
<i>b</i>	010	0°00'	90°00'	$\lambda$	101	90°00'	62°58'
<i>a</i>	100	90 00	90 00	<i>d</i>	201	90 00	75 41
<i>k</i>	120	36 18	90 00	<i>p</i>	113	55 45	38 19
<i>m</i>	110	55 45	90 00	<i>Z</i>	112	55 45	49 51
<i>n</i>	210	71 12	90 00	$\rho$	111	55 45	67 08
<i>x</i>	013	0 00	23 59	$\beta$	133	26 05	56 03
$\pi$	012	0 00	33 43	<i>o</i>	132	26 05	65 50
<i>y</i>	011	0 00	53 09	$\delta$	124	36 18	39 37
<i>S</i>	021	0 00	69 28	$\Sigma$	122	36 18	58 17
<i>t</i>	031	0 00	75 59	<i>N</i>	212	71 12	64 13
<i>f</i>	103	90 00	33 10	<i>M</i>	211	71 12	76 25
<i>e</i>	102	90 00	44 26				

Характерны *e*, *d*, *y*, *t*.

Более редкие формы:

<i>u</i>	130	<i>R</i>	029	<i>h</i>	106	<i>v</i>	116	<i>o</i> :	143	<i>K</i>	121	<i>z</i>	321
<i>g</i>	250	<i>Y</i>	025	$\theta$	105	<i>d</i> :	115	<i>w</i>	136	<i>r</i> :	233	<i>s</i>	213
<i>l</i>	230	$\tau$	035	$\Sigma$	205	<i>e</i> :	114	<i>u</i> :	131	<i>y</i> :	231	$\xi$	316
<i>i</i>	430	$\gamma$	023	$\Omega$	203	<i>f</i> :	227	<i>L</i>	126	<i>A</i>	323		
<i>w</i>	015	<i>H</i>	032	$\mu$	302	<i>q</i>	223	<i>r</i>	123	<i>x</i> :	322		

Кроме того, наблюдалось много форм более сложных индексов, принадлежность которых к той или иной разновидности неясна. Гранные углы андорита IV и VI:

<i>mm</i>	110 : $\bar{1}\bar{1}0$ ~ 68°20'	<i>vm</i>	114 (116) : 110 ~ 68°20'	<i>pb</i>	112 (113) : 010 ~ 69°30'
<i>kk</i>	120 : $\bar{1}20$ ~ 72 40	<i>pm</i>	112 (113) : 110 ~ 51 40	<i>qb</i>	111 (223) : 010 ~ 61 40
<i>ha</i>	104 (106)* : 100 ~ 71°50'	<i>qm</i>	111 (223) : 110 ~ 32 20	$\beta b$	132 (133) : 010 ~ 41 50
<i>fa</i>	102 (103) : 100 ~ 56 50	<i>va</i>	114 (116) : 100 ~ 72 10	$\beta a$	132 (133) : 101 ~ 68 30
<i>xb</i>	012 (013) : 010 ~ 66 05	<i>pa</i>	112 (113) : 100 ~ 60 00	<i>rb</i>	122 (123) : 010 ~ 53 20
$\gamma b$	011 (023) : 010 ~ 48 25	<i>ga</i>	111 (223) : 100 ~ 45 30	<i>ra</i>	122 (123) : 010 ~ 63 50
<i>yb</i>	032 (011) : 010 ~ 36 55	<i>vb</i>	114 (116) : 010 ~ 78		

\* Первые символы относятся к андориту IV, вторые (в скобках)—к андориту VI.

Кристаллы короткопризматические (различного облика), толстотаблитчатые по (100), реже таблитчатые по (010), преимущественно с преобладанием форм, характерных для андорита VI (фиг. 286, 287), реже— для андорита IV (фиг. 288); обычно развиты формы обоих типов (фиг. 289—291). На (010) и гранях зон [100] и [010] — горизонтальная штриховка, на гранях зоны [001] — вертикальная.

Дв. по (110) (по Лашкевичу) <sup>7</sup>.

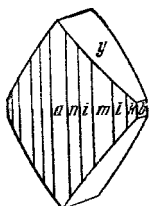
Физ. Сп. нет. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 3—3½. Уд. в. 5,23—5,44 (вычисл.: для андорита IV — 5,23, для андорита VI — 5,44). Цв. темный стальено-серый. Черта черная, блестящая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый (сходен с галенитом) со слегка голубоватым оттенком. Отраж. снос. (в %): для зеленых лучей 31,5, для оранжевых — 27,5, для красных — 25,5; по данным измерений при помощи фотоэлемента — 37,8%. Двухотражение очень слабое, заметное

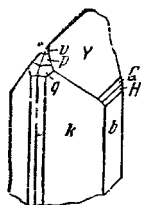


лишь на границе зерен. Слабоанизотропен. Внутренние рефлексy заметны.

У андорита из р-на Бая Маре в полир. пл. наблюдается очень сложное двойниковое сложение<sup>8</sup>.



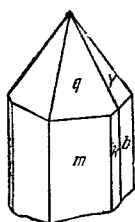
Фиг. 286. Кристалл андорита (Бая Сприе)  
По Прайору



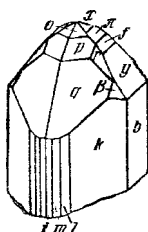
Фиг. 287. Кристалл андорита (Бая Сприе)  
По Коху



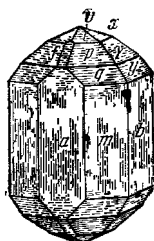
Фиг. 288. Кристалл андорита (Бая Сприе)  
По Коху



Фиг. 289. Кристалл андорита (Бая Сприе)  
По Коху



Фиг. 290. Кристалл андорита (Бая Сприе)  
По Коху



Фиг. 291. Кристалл андорита (Оруро)  
По Спенсеру

Хим. Теор. состав: Pb — 23,75; Ag — 12,36; Sb — 41,87; S — 22,02. Содержит незначительную изоморфную примесь Cu, Zn, Fe; частично Fe связано с механической примесью пирита.

Анализы:

	Cu	Ag	Fe	Zn	Pb	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	0,68	10,94	0,30	—	24,10	41,31	22,06	99,39	5,377
2.	0,73	11,73	1,45	—	21,81	41,76	22,19	99,67	5,33
3.	0,96	10,90	0,75	0,31	22,25	40,75	24,26	100,18	—
4.	Сл.	9,81	2,04	Сл.	19,22	44,30	24,34	99,71	—

1 — Оруро; анал. Прайор<sup>5</sup>; 2 и 3 — Бая Сприе; 2 — анал. Прайор<sup>5</sup>, 3 — анал. Эндреда<sup>6</sup>; 4 — р-н Бая Маре; анал. Грасселли<sup>8</sup>.

Диагн. исп. Растворим в HCl с выделением серы и Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Плавится очень легко. В закр. тр. растрескивается и плавится.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> образуется стирающийся коричневатый налет; в отношении действия FeCl<sub>3</sub> и KOH данные противоречивы.

Нахожд. Редкий позднегидротермальный минерал. Встречен в сульфидно-касситеритовых кварцевых рудных жилах с блеклыми рудами, джемсонитом, пираргиритом и пиритом в р-не Оруро (Боливия). Известен в Румынии — в р-не Бая Маре (б. Нагибанья) в месторождении Бая Сприе (б. Фельшбаанья)<sup>8,9</sup> и в США — в р-не Мори (шт. Невада)<sup>10</sup>.

Изм. В р-не Мори замещается ближе не определенным волокнистым минералом — сульфидом Pb, Ag и Sb.

Отл. Сходен с физелнитом, от которого отличается по составу. Точная диагностика андорита требует применения различных методов.

Межплоскостные расстояния андорита из Оруро  
(по Харкорту)

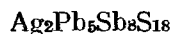
Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_x}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_x}{n}$
1	4	0,5	3,7	9	6	1,0	2,06
2	4	0,5	3,41	10	4	0,5	2,01
3	10	4,0	3,28	11	3	0,3	1,98
4	9	3,0	2,90	12	8	2,0	1,88
5	8	2,0	2,75	13	8	2,0	1,795
6	2	0,2	2,38	14	2	0,2	1,681
7	4	0,5	2,27	15	3	0,3	1,418
8	3	0,3	2,14	16	3	0,3	1,385

Л и т е р а т у р а

1. Krenner J. Math., term. tud. Értes., Budapest, 1892, 11, 125; Zs. Krist., 1894, 23, 497.
2. Brögger W. Zs. Krist., 1893, 21, 1931 (описание «сундита», хим. анализ не вполне чистого минерала).
3. Donnay J. D., Donnay G. Am. Min., 1954, 39, No 3—4, 161; Nuffield E. W. Trans. Roy. Soc. Canada, 1945, 39, ser. 3, sect. IV, 41 (рентгеновское изучение).
4. Ungemach H. Zs. Krist., 1923, 58, 165.
5. Prior G., Spencer L. J. Min. Mag., 1897, 11, No 53, 286 (идентичность андорита, сундита, вебверита, хим. анализы); Spencer L. J. Min. Mag., 1907, 14, No 67, 316.
6. Koch S. Cbl. Min., 1928, A, 28 (хим. анализ).
7. Krenner J. Cbl. Min., 1930, A, 160; Laszkiewicz, A. Arch. Min., Towar. Nauk, Warszawa, 1932, 8, 110.
8. Koch S. Acta Min., Petr., Szeged, 1957, 10, 51.
9. Kozłowski R., Jaskolski S. Arch. Min., Towar. Nauk, Warszawa, 1932, 8, 46.
10. Shannon E. V. U. S. Nat. Mus., Proc., 1922, 60, No 16, 1.

Физелнит Fizelyite



Назван по имени нашего минерал горного инженера Физели (Кренер, Лочка, 1926) <sup>1</sup>.

Характ. выдел. Кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $a_0 = 13,15$ ;  $b_0 = 19,23$ ;  $c_0 = 8,72 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,683 : 1 : 0,453$  (Нафилд) <sup>2</sup>.

Нафилд считал физеллит андоритом; работа Донэй <sup>3</sup> подтвердила правильность определения размеров элементарной ячейки Нафилдом, но показала, что этот минерал отличается от андорита.

Кристаллы призматического развития без конечных граней, с сильно развитой штриховкой параллельно удлинению.

Физ. Сп. по (010)? Очень хрупок. Тв. 2. Уд. в. 5,56. Цв. темно-стально-серый или свинцово-серый. Черта темно-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. Оптически не изучен.

Хим. Теор. состав: Ag — 7,74; Pb — 37,13; Sb — 34,42; S — 20,71.

Состав минерала из Хержи<sup>1</sup>: Ag — 7,70; Fe — 0,62; Pb — 37,48; As — 0,32; Sb — 34,02; S — 20,10; н. о. — 0,30; сумма — 100,54.

**Находк.** Наблюдался в свинцово-цинковом месторождении Хержа (Кюзбая) в Румынии в ассоциации с семсейитом, пирротинном, пиритом, сфалеритом и галенитом.

### Л и т е р а т у р а

1. Krenner J. S., Loszka J. Math. term. tud. Értes., Budapest, 1926, 42, 18
2. Nuffield E. W. Trans. Roy. Soc. Canada, 1945, ser. 3, sect. IV, 39, 41.
3. Donnay J. D., Donnay G. Am. Min., 1954, 39, No 3—4. 161.

### ГРУППА МЕНЕГИНИТА

Менегинит  $\text{CuPb}_{13}\text{Sb}_7\text{S}_{24}$  Ромб. с.  $a_0$  11,38  $b_0$  24,09  $c_0$  8,28 Уд. в. 6,4

### Менегинит Meneghinite



Назван по имени Менегини, впервые нашедшего минерал (Бечи, 1852).

**Характ. выдел.** Игольчатый и волосовидный; волокнистые, лучистые войлокоподобные агрегаты, реже — плотные массы.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $C_{2v}^7 - Pmm 2_1$ ;  $a_0 = 11,363$ ;  $b_0 = 24,057$ ,  $c_0 = 99,077$  ( $4,128 \times 24$ ) Å (Ойлер, Хельнер)<sup>4</sup>; псевдочейка:  $D_{2h}^{16} - Pbnm$ ;  $a_0 = 11,38$ ;  $b_0 = 24,09$ ;  $c_0 = 8,28$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,4726 : 1 : 0,3436$ ;  $Z = 2$  (Бери, Модл)<sup>1</sup>.

Плотнейшая кубическая упаковка атомов S, пустоты которой лишь частично заняты атомами металлов (Ойлер, Хельнер).

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,4736 : 1 : 0,1715$  (Пэлэч, Ричмонд)<sup>2</sup>, Главные формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	0°00'	$v$ 041	0°00'	34°27'
$b$ 010	0°00'	90 00	$n$ 101	90 00	19 54
$a$ 100	90 00	90 00	$u$ 111	64 39	21 50
$S$ 130	35 08	90 00	$r$ 141	27 49	37 48
$T$ 120	46 33	90 00	$s$ 131	35 08	32 11
$m$ 110	64 39	90 00	$t$ 121	46 33	26 30
$d$ 021	0 00	18 56			

$mm$  (110) : ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 50°44'

$SS$  (130) : ( $\bar{1}30$ ) = 70 16

$TT$  (120) : ( $\bar{1}20$ ) = 93 06

$na$  (101) : (100) = 70°06'

$ua$  (111) : (100) = 70 21

$ta$  (121) : (100) = 71 06

$sb$  (131) : (010) = 64°40'

$rb$  (141) : (010) = 57 11

$tb$  (041) : (010) = 55 32

Менее обычные и редкие формы:

$e$  160  $f$  5.12.0  $g$  340  $h$  520  $y$  032  $W$  403  $\rho$  241  $\beta$  221  
 $R$  140  $l$  380  $i$  780  $k$  310  $o$  083  $V$  201  $\mu$  211  $\omega$  7.21.1

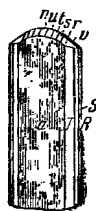
Характерны также две системы «уклоняющихся» форм, не являющихся типичными вициналями (Унгемах)<sup>3</sup> (значение их требует выяснения):

$\delta$  (0.24.13),  $\varphi$  (0.24.11),  $q$  (24.0.11),  $\lambda$  (24.24.13),  $\sigma$  (24.24.11),  $\pi$  (24.96.13),  $\chi$  (24.72.13),  $\psi$  (24.48.13),  $\rho$  (24.48.11).

Для кристаллов неоднократно принимались разные установки. Формулы перехода к установке Пэлэча-Ричмонда (П.-Р.): от установки Кренера-Гольдшмидта (К.-Г.) —  $\frac{1}{2} 00/010/00 \frac{1}{4}$ , от установки Майерса-Хинце-Дана, 1892 г. (М.-Х.-Д.) —  $0 \frac{1}{4} 0/100/00 \frac{1}{4}$  и от установки Унгемаха-Бери и Модла (У.-Б.М.) —  $100/010/00 \frac{1}{2}$ . Соотношения индексов некоторых форм:

	c	b	a	T	m	n	u	t	s	r
П.-Р.	001	010	100	120	110	101	111	121	131	141
К.-Г.	001	010	100	110	210	102	214	112	234	122
М.-Х.-Д.	001	100	010	120	140	011	144	122	344	111
У.-Б.М.	001	010	100	120	110	102	112	122	132	142

Кристаллы игольчатые, удлиненные по оси *c*, с вертикальной штриховкой на (100), (010) и на гранях призм. Дв. неизвестны (фиг. 292).



Фиг. 292. Кристалл менегинита (Боттино)

По Дана, 1944

Физ. Сп. по (010) совершенная, по (001) менее совершенная. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 2—3. Уд. в. 6,3—6,43 (вычисл. 6,4). Цв. темно-свинцово-серый. Черта черная, блестящая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Отрицательный фотоэлектрический эффект  $< 0,01$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>4</sup>.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый, непосредственно рядом с галенитом кажется чуть голубоватым. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 40,5, для оранжевых—35, для красных—33,5. Двухотражение, заметное на границе зерен: у дарасунского—от кремового до голубовато-серого<sup>5</sup>, у финляндского—от белого || *c* до светло-зеленовато-серого || *a* и *b*<sup>6</sup>. Ясно анизотропен, особенно в поперечных и косых разрезах. Иногда образует мirmekитоподобные сростания с бурнонитом, халькопиритом, сфалеритом.

Хим. Теор. состав: Cu—1,45; Pb—61,51; Sb—19,47; S—17,57. Ричмонд и Пэлэч<sup>2</sup> принимают формулу  $Pb_{13}Sb_7S_{23}$  (теор. состав: Pb—62,65; Sb—19,83; S—17,52), считая, что наличие Cu обусловлено механической примесью. Отмечались также Fe, Ag, As, по-видимому, за счет механических примесей.

Анализы:

	Cu	Ag	Fe	Pb	As	Sb	S	Н.о.	Сумма	Уд. в.
1.	2,83	0,11	0,30	61,05	0,23	16,80	17,49	—	98,81	6,432
2.	1,56	—	0,25	60,09	—	19,11	18,22	—	99,23	6,360
3.	1,21	Сл.	0,07	62,45	—	18,94	17,47	0,05	100,19	6,430

1 — Боттино; анал. Лочка<sup>7</sup>; 2 — Шварценберг; анал. Френцель<sup>8</sup>; 3 — Швеция; анал. Мауселиус<sup>9</sup>.

Диагн. исп. Разлагается горячей HCl с выделением H<sub>2</sub>S, по охлаждении из раствора выделяется PbCl<sub>2</sub>. В горячей конц. HNO<sub>3</sub> окисляется с выделением Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и PbSO<sub>4</sub>.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> чернеет, после стирания остается серое пятно; от HCl слегка сереет; от царской водки приобретает иризирующую окраску, от KOH — слегка синеватую или красноватую. KCN, KOH, HgCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> не действуют.

П. п. тр. легко плавится; на угле близ пробы дает желтый и на большем расстоянии — белый налеты. В откр. тр. выделяет SO<sub>2</sub>, образуется белый налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; в закр. тр. вскипает и плавится, образуются возгоны S и Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

**Наход.** Редкий. Встречается в среднетемпературных свинцово-цинковых и золоторудных месторождениях среди кварца совместно с халькопиритом, пиритом, галенитом, сфалеритом, с сульфосолями свинца и др. В Дарасунском месторождении<sup>5</sup> (Читинская обл.) образует в пустотах кварца спутанноволокнистые выделения типа ваты в верхних горизонтах и крупные иглы длиной до нескольких сантиметров — на глубине; часто ассоциируется с карбонатами; отлагался также путем замещения других рудных минералов — сфалерита, тетраэдрита, бурнонита. В значительных количествах встречен в Боттино (Тоскана, Италия). Наблюдался в Брандхольце в Баварии (ФРГ) в жилах сурьмяных руд; у оз. Марбл (Онтарио, Канада) обнаружен в доломитовых жилах, в р-не Шварценберга (Саксония, ГДР) — среди наждака; в кварцевых жилах с галенитом — около Айяла (Финляндия)<sup>9</sup> и др. Минерал типа менегинита встречен в составе руд Алгачпского месторождения Читинской обл.<sup>11</sup>

**Изм.** Отмечено замещение менегинита англезитом.

**Искусств.** Получен Зомерладом сплавлением  $PbS$  и  $Sb_2S_3$  в атмосфере  $H_2S$  (по Дельтеру).

**Отл.** Менее хрупок, чем джемсонит. Под микр. в полир. пл. от антимонита отличается значительно более слабыми анизотропией и двуотражением, а также слабым действием КОН. Надежно отличим от других сложных сульфидов Pb лишь по порошкограмме и по данным химического анализа.

Межплоскостные расстояния менегинита из Боттино<sup>10</sup>

Fe-антикатод,  $D=57,3$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	301	6	(4,093)	3,710	24	308; 624	2	1,567	1,424
2	301	8	3,728	(3,379)	25	318; 237;	6	1,539	1,395
3	221	2	(3,619)	3,280		153; 541			
4	004	2	3,401	3,083	26	535	6	1,497	1,357
5	221	10	3,258	2,953	27	408; 606; 246	6	1,481	1,343
6	114	6	3,053	2,767	28	800; 328; 526	2	1,466	1,329
7	400	10	2,919	2,645	29	634; 254; 353	6	1,443	1,308
8	030; 410	8	2,748	2,491	30	309; 731; 047	6	1,424	1,290
9	131	6	2,612	2,367	31	428; 626	10	1,395	1,265
10	420; 215	4	2,381	2,158	32	446	6	1,359	1,232
11	006	4	2,285	2,074	33	329	6	1,346	1,220
12	044	6	2,235	2,026	34	139; 454	8	1,326	1,202
13	315	6	2,177	1,974	35	608; 248	2	1,289	1,168
14	423; 134	6	2,116	1,918	36	651; 554; 157	4	1,255	1,138
15	040; 216	10	2,067	1,873	37	913; 538; 637	6	1,238	1,122
16	424	8	1,965	1,781	38	708; 923	10	1,197	1,085
17	241	6	1,928	1,748	39	465; 10.0.3	8	1,135	1,029
18	334; 514;	10	1,914	1,735	40	808	8	1,114	1,010
	611				41	3.0.12; 738	8	1,098	0,995
19	433	4	1,842	1,670	42	917; 828	8	1,075	0,975
20	406; 603;	6	1,798	1,630	43	846	10	1,058	0,959
	425; 243				44	10.0.6;	8	1,042	0,945
21	027; 404;	4	1,774	1,609		10.2.5			
	531				45	6.0.11;	8	1,000	0,906
22	136; 335	6	1,741	1,578		8.0.10			
23	008	8	1,716	1,555					

## Л и т е р а т у р а

1. Berry L. G., Moddle D. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1941, No 46, 5; Euler R., Hellner E. Fortsch. Min., 1959, 37, H. 1, 57.
2. Palache C., Richmond W. E., Winchell A. N. Am. Min., 1938, 23, No 11, 822.
3. Ungemach H. Zs. Krist., 1923, 58, 150.
4. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
5. Зенков Д. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 463.
6. Kaitaro S., Vaasjoki O. Bull. Comm. géol. Finl., 1950, N:о 150, 39.
7. Krenner G. Földt. Közl., 1883, 13, 362.
8. Frenzel A. Ann. Phys., 1870, 141, 443.
9. Flink G. Ark. Kemi, Min., Geol., 1910, 3, N:о 35, 1.
10. Hiller J. E. Zs. Krist., 1939, 100, 139.
11. Станкеев Е. А., Аристов В. В. Изв. Высш. учеб. зав., геол. и разведка, 1958, № 8, 66.

## СТРУКТУРА ТИПА ЭНАРГИТА

## ГРУППА ЭНАРГИТА

Энаргит  $\text{Cu}_2\text{AsS}_4$  Ромб. с.  $a_0$  6,47  $b_0$  7,44  $c_0$  6,19 Уд. в. 4,39

Энаргит Enargite  
 $\text{Cu}_2\text{AsS}_4$

Назван от греч.  $\epsilon\nu\alpha\rho\gamma\iota\varsigma$  (энаргес) — совершенный — по наличию совершенной спайности (Брайтхауит, 1850).

Синон. Гуаяканит — guayasinite (Филд, 1859), кларит (Зандбергер, 1874), гарбит (Семонс, 1884).

Характ. выдел. Кристаллы, зернистые агрегаты, мелкие зерна.

Структ. и морф. крист. Ромб. с., псевдогексагональный.  $C_{2v}^2 - Pnm2_1$ ;  $a_0 = 6,47$ ;  $b_0 = 7,44$ ;  $c_0 = 6,19$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,869 : 1 : 0,832$ ;  $Z = 2$  (Полинг)<sup>1</sup>. Диморфен с люцитом.

По структуре подобен вюртциту ( $1/4$  часть атомов Zn замещена As,  $3/4$  атомов Zn замещены Cu)<sup>2</sup>. Атомы As и Cu тетраэдрически окружены 4 S<sup>1</sup>.

Ромбо-пирамид. кл.;  $a : b : c = 0,8713 : 1 : 0,8277$  (Дана, 1944).

Наиболее обычные формы<sup>3,4</sup>:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
<i>c</i>	001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'
<i>b</i>	010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—
<i>a</i>	100	90 00	90 00	—	0 00	90 00
<i>l</i>	130	20 56	90 00	0 00	69 04	90 00
<i>h</i>	120	29 51	90 00	0 00	60 09	90 00
<i>m</i>	110	48 56	90 00	0 00	41 04	90 00
<i>x</i>	320	59 51	90 00	0 00	30 09	90 00
<i>r</i>	310	73 48	90 00	0 00	16 12	90 00
<i>E</i>	012	0 00	22 29	67 31	90 00	0 00
<i>s</i>	011	0 00	39 37	50 23	90 00	0 00
$\Gamma$	103	90 00	17 34	90 00	72 26	17 34
<i>n</i>	102	90 00	25 24	90 00	64 36	25 24
<i>k</i>	101	90 00	43 32	90 00	46 28	43 32
$\mu$	201	90 00	62 14	90 00	27 46	62 14
<i>p</i>	112	48 56	32 12	67 31	66 19	25 24
<i>o</i>	111	48 56	51 34	50 23	53 48	43 32
<i>v</i>	131	20 56	69 23	21 56	70 28	43 32

$mm$ (110) : $(\bar{1}\bar{1}0) = 82^\circ 08'$	$pp$ (112) : $(\bar{1}\bar{1}2) = 41^\circ 11'$	$sm$ (011) : (110) = $65^\circ 14'$
$hh$ (120) : $(\bar{1}20) = 59^\circ 42'$	$pp$ (112) : $(\bar{1}12) = 47^\circ 37'$	$om$ (111) : (110) = $38^\circ 26'$
$ll$ (130) : $(\bar{1}30) = 41^\circ 52'$	$oo$ (111) : $(\bar{1}\bar{1}1) = 61^\circ 56'$	$oa$ (111) : (100) = $53^\circ 54'$
$kk$ (101) : $(\bar{1}01) = 87^\circ 04'$	$oo$ (111) : $(\bar{1}11) = 72^\circ 24'$	$ob$ (111) : (010) = $59^\circ 02'$
$ss$ (011) : $(\bar{0}\bar{1}1) = 79^\circ 14'$	$km$ (101) : (110) = $58^\circ 43'$	$pb$ (112) : (010) = $79^\circ 25'$

Менее обычные формы\*:

$D$ 160	$X$ 470	$x$ 320	$C$ 041	$e$ 403	$V$ 394	124
$Q$ 150	$Y$ 350	$d$ 210	$\theta$ 051	$u$ 301	137	122
$R$ 140	$Z$ 580	$f$ 520	$H$ 061	$q$ 115	$W$ 392	121
$L$ 270	$N$ 230	$S$ 440	$i$ 108	113	$z$ 134	236
$I$ 130	$F$ 980	013	$B$ 205	$P$ 223	$\varphi$ 132	$J$ 232
$\pi$ 250	$i$ 540	$k$ 054	$I$ 304	445	123	
290	$T$ 430	$\pi$ 031	$w$ 709	554	126	

\* Без буквенных обозначений даны новые формы, установленные Сунагана.

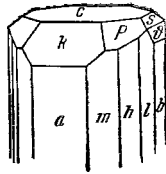
Недостовверные формы: (10.11.0), (10.9.0), (940), (610), (7.0.12), (601), (10.0.4).

Кристаллы таблитчатые по (001) (фиг. 293) или призматические, вытянутые по оси  $c$  (фиг. 294) со штриховкой  $\parallel$  оси  $c$ ; на грани (001) штриховка  $\parallel$  оси  $b$ . Иногда крестообразные двойники и звездообразные тройники по (320) (фиг. 295).



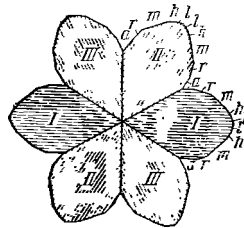
Фиг. 293. Кристалл энаргита (Ред-Маунтин, шт. Колорадо)

По Ширсону



Фиг. 294. Кристалл энаргита (р-к Манкаян, о-в Лусон)

По Мозесу



Фиг. 295. Тройник энаргита (Сьерра-де-Фаматина)

По Рату

Образует ориентированные сростания со сфалеритом, теннантитом и люционитом: пл. сп. (110) энаргита совпадает с дв. пл. люционита; отмечались ориентированные нарастания халькопирита на энаргит: (112),  $(\bar{1}\bar{1}0)$  и  $(\bar{1}\bar{1}4)$  халькопирита параллельны, соответственно (001), (010) и (100) энаргита, оси халькопирита  $[11\bar{1}]$  и  $[1\bar{1}0]$ , соответственно параллельны осям  $[100]$  и  $[010]$  энаргита<sup>5</sup>.

Физ. Сп. по (110) совершенная, по (100) и по (010) ясная, по (001) несовершенная. Изл. неровный. Хрупок. Тв.  $3\frac{1}{2}$ . Уд. в. 4,3—4,5 (вычисл. 4,39). Цв. стально-серый, серовато-черный до железно-черного. Черта серовато-черная. Бл. металлический до матового.

Микр. В инфракрасных лучах прозрачен, двуосен (+). Сильная абсорбция по оси  $b$ .  $Np = a$ ;  $Nm = b$ ;  $Ng = c$ . При  $\lambda = 852,1$  м  $\mu$ :  $n_g = 3,120$ ;  $n_m = 3,089$ ;  $n_p = 3,081$ ;  $n_g - n_p = 0,039$ ;  $2V = 54^\circ 6'$ .

В полир. пл. в отраж. св. розовато-коричневатый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 23, для оранжевых—21,5, для красных—24,5. Двухотражение в воздухе слабое, заметное на границах зерен, в иммерсии значительное: от серовато-розового с желтым оттенком до серовато-

фиолетового. Сильно анизотропен (особенно в иммерсии) с ярким цветным эффектом от красно-фиолетового до светло-зеленого. Погасание прямое. Отмечены темно-красные внутренние рефлексy.

Хим. Теор. состав: Cu — 48,42; As — 19,02; S — 32,56. Иногда содержит примесь Sb, замещающей As, а также Fe. Спектр. анализом отмечалось наличие Ge, Te и др.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cu	45,63	47,58	48,89	47,83	45,70	49,00	48,25	47,60
Fe	1,01	1,22	0,47	1,31	2,49	—	—	0,30
Zn	Не обн.	Не обн.	Сл.	0,52	0,17	—	—	—
Pb	—	Не обн.	—	0,73	—	—	—	—
As	16,73	18,53	18,10	17,16	14,02	15,88	18,66	18,84
Sb	—	0,37	—	1,97	5,04	1,54	0,48	0,36
S	32,88	32,43	32,11	30,48	32,74	33,23	32,30	32,52
Te	—	0,07	0,05	—	—	—	—	—
H. o.	0,74	0,24	—	—	—	—	—	—
Сумма	96,99	100,44	99,62	100,00	100,16	99,65	99,69	99,62
Уд. в.	—	—	4,37	4,36	4,55	—	—	—

1 — Менц-Дзорское м-ние; анал. Стукалова<sup>7</sup>; 2 — Битти-Булахское м-ние; анал. Эфендиев<sup>7а</sup> (наличие Fe, вероятно, связано с присутствием пирита, Se и Bi не обнаружены, спектральным анализом установлено присутствие Ge, Ga, V и др.); 3 — р-к Гедионда (Кокимбо, Чили); анал. Кобель<sup>8</sup>; 4 — р-к Сан-Педро (Алькантара, Аргентина), среднее из двух анализов<sup>9</sup>; 5 — Калабона (Италия); анал. Манассе<sup>10</sup>; 6 — Бор (Югославия)<sup>11</sup>; некоторый избыток Cu и S, возможно, связан с примесью ковеллина; 7 и 8 — Кайдзе (Япония); кристаллы<sup>4</sup>: 7 — железно-черный; 8 — фиолетово-черный.

Диагн. исп. Растворяется в царской водке.

В полир. пл. от KCN чернеет, от царской водки происходит бурое окрашивание, от  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  образуется слабая светло-бурая побежалость.  $\text{HNO}_3$ , HCl, конц. HCl,  $\text{FeCl}_3$  и KOH не действуют.

II. п. тр. на угле плавится с образованием налета  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; при сплавлении с содой образуется Cu. В откр. тр. выделяет  $\text{SO}_2$  и  $\text{As}_2\text{O}_3$ . В закр. тр. образуется налет S.

Нахожд. Гидротермальный минерал, характерный для среднетемпературных месторождений меди. Обычно наблюдается в ассоциации с халькопиритом, пиритом, блеклой рудой, нередко с борнитом, люцонитом, часто с баритом и др.

В СССР известен в Средней Азии, на Урале, на Кавказе, в Вост. Сибири, на Дальнем Востоке<sup>12</sup>. В пирито-энаргитовом месторождении Битти-Булах (Азерб. ССР)<sup>7а, 13</sup> местами преобладает над пиритом. В медно-порфиновых рудах месторождения Коунрад (Каз. ССР) энаргит приурочен к зоне первичных руд и иногда образует скопления. В небольшом количестве наблюдается в медно-молибденовом Каджаранском месторождении (Арм. ССР), встречается в арсенипиритовом м-нии Такели (Тадж. ССР).

Изредка энаргит наблюдается в колчеданных месторождениях Урала: в медно-колчеданных месторождениях Карабашской группы (Челябинская обл.), в колчеданных рудах Блявинского месторождения (Оренбургская обл.), где цементирует зерна пирита и марказита<sup>12</sup>, в месторождениях им. III Интернационала<sup>14</sup>, Лёвиха (Свердловская обл.); установлен в колчеданных рудах Майкайна (Каз. ССР).

Встречается также в Менц-Дзорском месторождении (Арм. ССР), где содержится в значительном количестве и наблюдается в виде хороших



кристаллов<sup>7</sup>; в месторождении Хапчеранга (Читинская обл.) — мелкие зерна; в обоих месторождениях относится к поздней стадии рудообразования.

В значительном количестве энергит в ассоциации с ковеллином, пиритом и баритом наблюдается в рудах месторождения Бор (Югославия). Является главнейшей составной частью медных руд Тсумеба в Юго-Западной Африке (кристаллы здесь имеют длину до 8 см и толщину до 2 см). В некоторых месторождениях США, в частности, в медном месторождении Бьютт в шт. Монтана, энергит является важнейшим рудным минералом; наблюдается в виде неправильных выделений и кристаллов. Значительное количество энергита содержится в некоторых жилах свинцово-цинкового месторождения Тинтик (шт. Юта, США). В ряде мест Колорадо, Калифорнии, Невады и других штатов США найден в небольших количествах. В Южной Америке обнаружен в серебряно-медных месторождениях Морокоча и в медно-серебряно-свинцовом р-ке Серро-де-Паско (Перу); в порфириновых медных рудах Чукикамата (Чили) является главным рудным минералом; в Сьерра-де-Фаматина (Аргентина) — красивые кристаллы. С борнитом и тетраэдритом наблюдается на о-ве Лусон (Филиппины). Известны также находки энергита в ряде месторождений Мексики, Японии (р-к Тэйп) и других стран.

Изм. Отмечено замещение энергита теннантитом, халькопиритом, галенитом, халькозином, ковеллином. При выветривании за счет энергита возникают различные арсенаты меди.

Искусств. Получен при нагревании до 550—680° в бомбах смеси Cu, As и S. В зависимости от количества S порядок выделения минералов (халькозина, энергита и теннантита) изменяется<sup>15</sup>. При избытке S сначала образуется халькозин.

Практ. знач. Может служить для получения меди и мышьяка.

Отл. Под микр. в полизр. пл. энергит очень похож на люцит, фаматинит, борнит, германит, лаутит, но все они значительно мягче. Для люцита и фаматинита характерны наличие полисинтетических двойников и более оранжевый цвет; при сравнении с люцитом энергит кажется голубоватым, борнит и германит гуще окрашены, изотропны; лаутит почти не отличим, но все же он несколько серее и обладает более слабыми двуотражением и анизотропией.

Межплоскостные расстояния энергита из рудника Тэйп<sup>4</sup>  
Cu-антикатод, без фильтра,  $D = 35$  мм

№	$I$	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	$I$	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	$I$	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	3	3,54	9	8	1,714	17	2	1,125
2	10	3,16	10	8	1,581	18	3	1,063
3	2	3,01	11	5	1,543	19	7	1,041
4	9	2,827	12	1	1,415	20	3	1,006
5	7	2,183	13	6	1,258	21	2	0,975
6	6	2,030	14	3	1,193	22	3	0,926
7	1	1,906	15	6	1,182	23	2	0,890
8	9	1,842	16	2	1,145	24	3	0,865

#### Л и т е р а т у р а

- Pauling L., Weinbaum S. Zs. Krist., 1934, 88, 48.
- West C. D. Am. Min., 1934, 19, No 6, 279.
- Dauber A. Ann. Phys., 1854, 92, 237; Pirsson L. V. Am. J. Sci., 1894, 47, 212; Spencer L. J. Min. Mag., 1896, 11, 196; Stevanović S. Zs. Krist., 1903, 37, 243; Moses A. J. Am. J. Sci., 1905, 20, 278; Zsivny V. Zs. Krist., 1925, 62, 489; Dana, 1944; Minato H., Takano Y., Muraoka H. Sci. Papers Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo, 1954, 4, No 2, 155.

4. Сунагава. Тигаки дзасси, 1953, 62, № 1, 28 (Реф. журн. Геология, 1954, реф. 1588).
5. Ito T., Sawada H. Acta Cryst., 1950, 3, 434.
6. Vaillu R. Am. Min., 1948, 33, No 9—10, 527.
7. Магакьян И. Г. Зап. Всес. мин. о-ва, 1952, 81, № 4, 251; Изв. АН Арм. ССР, 1944, № 1—2, 79.
- 7а. Эфендиев Г. X. Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. АН Азерб. ССР, 1957, 31.
8. Kobell F. Sitzungsber. Akad. Wiss., München, 1865, 1, 161.
9. Stelzner A. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1873, 241.
10. Manasse E. Atti. soc. tosc., Mem., 1919, 32, 113.
11. Степанович С. Zs. Krist., 1908, 44, 354.
12. Шадлуи Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 529.
13. Кашкай М. А., Мамедьяров М. Изв. Азерб. ф-ла АН СССР, 1941, № 5, 41.
14. Лазаренко Е. К. Минералогия медно-цинковых месторождений Среднего Урала, Изд. Львовск. ун-та, 1947, 102.
15. Gaudin A. M., Dicke G. Econ. Geol., 1939, 34, 73.

### ГРУППА ШТЕРНБЕРГИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Штернбергит	$\text{AgFe}_2\text{S}_3$	Ромб.	6,62	11,66	12,70	4,2
[Аргентопирит]	$\text{AgFe}_2\text{S}_3$	Ромб.	6,64	11,47	6,45	4,3
[Аргиропирит]	$\text{Ag}_3\text{Fe}_7\text{S}_{11}$ ?	Ромб.	—	—	—	4,2
[Фризеит]	$\text{Ag}_2\text{Fe}_6\text{S}_8$ ?	Ромб.	6,61	11,61	12,64	4,2

За исключением штернбергита, природа минералов этой группы требует уточнения. Формула аргентопирита окончательно не установлена, поэтому не решен однозначно вопрос о том, является ли аргентопирит полиморфной модификацией штернбергита или аргиропирит, возможно, является псевдоморфозой штернбергита по аргентопириту. Фризеит представлен, по-видимому, лишь агрегатом продуктов распада.

### Штернбергит Sternbergite



Назван по имени К. Штернберга из Праги (Хайдинггер, 1828) <sup>1</sup>.

Синон. Гибкая серебряная руда, гибкий серебряный блеск, аргиропирротин (Бломстранд, 1870), частично серебряный колчедан (см. также аргентопирит).

**Характ. выдел.** Кристаллы, листоватые и шестоватые агрегаты, сплошные выделения.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{21}$  — *Cmma* (Пикок) <sup>2</sup>;  $a_0 = 6,62$ ;  $b_0 = 11,66$ ;  $c_0 = 12,70 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,5679 : 1 : 1,0885$ ;  $Z = 8$  (для минерала из Яхимова; Бёргер) <sup>3</sup>.

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,5679 : 1 : 1,0885$  (Бёргер).

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	$0^\circ 00'$	$t$ 111	$60^\circ 24'$	$65^\circ 36'$
$b$ 010	$0^\circ 00'$	90 00	$q$ 132	30 25	62 10
$a$ 100	90 00	90 00	$r$ 263	30 25	68 23
$e$ 011	0 00	47 25	$s$ 131	30 25	75 12
$d$ 102	90 00	43 47			

$ta$  (111) : (100) =  $37^\circ 39'$

$qa$  (132) : (100) =  $63^\circ 25'$

$sa$  (131) : (100) =  $60^\circ 42'$

$tb$  (111) : (010) = 63 16

$qb$  (132) : (010) = 40 18

$sb$  (131) : (010) = 37 31

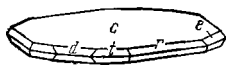
Более редкие формы:  $w(014)$ ,  $(032)$ ,  $(101)$ ,  $u(501)$ ,  $d(232)$ .

Милер и др. ошибочно на основании измерений Хайдингера указали форму  $w$  (601) вместо (106), что при пересчете в установке Бёргера отвечает  $w$  (014). У Дана (1944) ошибочно среди редких форм указана (092) вместо (032). Соотношение форм и осей в разных установках: Хайдингера (Х.) при  $a : b : c = 0,5832 : 1 : 0,8391$ . Пикока (1936)<sup>4</sup> (П.)  $0,5913 : 1 : 0,6250$  и Бёргера (Б.), принятой Пикоком в 1942 г. <sup>2</sup>:

	Дв. пл.							
Б.	001	100	010	102	011	111	132	130
Х.	001	010	100	011	203	263	111	110
П.	001	010	100	032	101	131	332	110

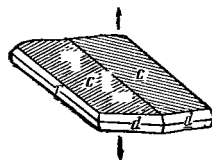
Формула перехода от установки Хайдингера к установке Бёргера:  $010/300;002$ ; от установки Пикока (1936) к установке Бёргера:  $010/300/003$  [у Дана (1944) ошибочно дано  $910/300/003$ ].

Кристаллы тонкопластинчатые по (001) (фиг. 296). На  $c$  (001) штриховка  $\parallel$  оси  $b$  (по Бёргеру), реже  $\parallel$  оси  $a$ . Кристаллы образуют скопления в виде розеток или субпараллельных сростков. Дв. по (130) с входящими углами и без них. На базопинакоиде двойников перистая штриховка, симметричная по отношению к дв. пл. (фиг. 297).



Фиг. 296. Кристаллы штернбергита (Яхимов)

По Пикоку



Фиг. 297. Двойник штернбергита (Яхимов)

По Пикоку

Физ. Сп. по (001) совершенная. Тонкие пластинки мягкие и гибкие. Тв. 1 — 1½. Уд. в. 4,101 — 4,215 (вычисл. 4,275). Цв. томнаково-бурый, иногда фиолетовая или синеватая побежалость. Черта черная. Бл. на плоскостях спайности металлический, сильный. Непрозрачен.

Микр. В отраж. св. кремевый с коричневатым оттенком. По отраж. способности близок к пирротину, немного темнее. Двухотражение сильное, в воздухе  $\perp$  с светлее,  $\parallel$  с темнее. Сильно анизотропен. Характерны таблитчатое развитие и отчетливая спайность по базопинакоиду.

Хим. Теор. состав: Ag — 34,17; Fe — 35,37; S — 30,46.

Анализы штернбергита из Яхимова:

	Ag	Fe	S	Сумма
1.	35,27	35,97	29,10	100,34
2.	33,2	36,0	30,0	99,2

1 — анал. Рамельсберг<sup>5</sup>, 2 — анал. Цспе<sup>6</sup>.

Диагн. исп. Растворяется в царской водке с выделением S и AgCl.

Имеющиеся в литературе данные по травлению в полир. пл. не разграничены для аргентопирита и штернбергита. Положительно действуют пары HNO<sub>3</sub> и HCl, растворы FeCl<sub>3</sub>, KOH.

П. п. тр. легко плавится с образованием магнитного королька, покрытого пленкой Ag. С бурой в восст. пл. дает корольки Ag и шлак, окрашенный железом.

Наход. Редкий гидротермальный минерал. Найден в Яхимове и в Пршибраме (Чехословакия) на прустите со стефанитом, аргентитом, кобальтином, пиритом и кальцитом, а также в Иоганнгеоргенштадте и Шнеберге (ГДР), около Брада (Румыния), в Арекипа (Перу) и др.

Изм. Отмечалось образование пирита в виде тонкой сетки, как результат начальной стадии гипергенного изменения штернбергита.

Искусств. Получен нагреванием  $\text{AgCl} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  в струе  $\text{H}_2\text{S}$ ?

Межплоскостные расстояния штернбергита из Яхимова  
(по Харкорту)

Си-антикатод, Ni-фильтр

№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	3	0,5	4,75	7	5	1,0	1,945
2	10	6,0	4,25	8	5	1,0	1,895
3	8	3,0	3,25	9	7	2,0	1,79
4	8	3,0	2,79	10	5	1,0	1,66
5	5	1,0	2,64	11	3	0,5	1,59
6	3	0,5	2,36				

Л и т е р а т у р а

- Haidinger W. Trans. R. Soc. Edinb., 1828, 11, 1: Edinb. J. Sci., 1827, 7, 242.
- Peacock M. A. Am. Min., 1942, 27, No 3, 229.
- Buerger N. W. Am. Min., 1937, 22, No 7, 847.
- Peacock M. A. Am. Min., 1936, 21, No 2, 102.
- Rammelsberg C. F. Handb. d. Mineralchemie, 2 Ausg., 1875, 66.
- Zippe F. X. Ann. Phys., 1833, 27, 690.
- Doelter C. Zs. Krist., 1885, 11, 40.

Аргентопирит Argentopyrite



Назван по содержанию серебра и сернистого железа (Вальтерсхаузен, 1866)<sup>1</sup>.  
Синон. Частично серебряный колчедан.

Характ. выдел. Кристаллы и сплошные выделения.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{13}$  — *Pmm*;  $a_0 = 6,64$ ;  $b_0 = 11,47$ ;  $c_0 = 6,45$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,579 : 1 : 0,562$ ;  $Z = 4$  (Мёрдок, Бери)<sup>2</sup>.  
Возможно диморфен с штернбергитом.

Ромбо-дипирамид. кл.; псевдогексагональный;  $a : b : c = 0,5812 : 1 : 0,5498$  (Мёрдок, Бери, на основе измерений Шрауфа)<sup>3</sup>:

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	—	0°00'	<i>y</i> 012	0°00'	15°22'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	<i>x</i> 011	0 00	28 48
<i>n</i> 120	40 42	90 00	<i>p</i> 112	59 50	28 41
<i>m</i> 110	59 50	90 00	$\pi$ 211	73 48	63 06

*mm* (110) : ( $\bar{1}\bar{1}0$ ) = 60°20'  
*nn* (120) : ( $\bar{1}20$ ) = 81 24

*xb* (011) : (010) = 61°42'  
*yb* (012) : (010) = 74 38

*pm* (112) : (110) = 61°49'  
*pb* (112) : (010) = 76 02

Недостовверные формы: (310) и (130).

Символы форм в новой установке Мёрдока<sup>1</sup> отличаются от символов по Шрауфу в 2 раза большим значением третьего индекса (значение *c* в<sup>2</sup> раза больше).

Кристаллы призматические. Грани призм исптрихованы; конечные грани плохо образованы. В результате двойникования по (110) кристал-

лы имеют псевдогексагональный облик (фиг. 298). Наблюдаются полисинтетические двойники.

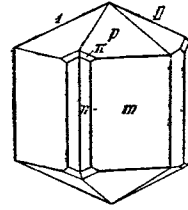
**Физ.** Сп. нет. Изл. неровный. Хрупок. Тв.  $3\frac{1}{2}$ —4. Уд. в. 4,25 (вычисл. 4,27) (первоначально определен ошибочно — 6,47). Цв. свежего образца бронзово-желтый, бронзово-бурый, обычна радужная побежалость. Черта темная, черновато-серая или серовато-зеленая. Бл. металлический.

Довольно хороший проводник электричества. Слабомагнитен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. беловато-или серовато-желтый. Заметное двуотражение. Анизотропен.

**Хим.** Теор. состав из формулы  $AgFe_2S_3$ : Ag — 34,17; Fe — 35,37; S — 30,46. Эта формула больше соответствует рентгеновским данным (с нечетным числом катионов), чем формула Вальтерсхаузена  $AgFe_3S_4$ . Состав аргентопирита из Андреасберга (анал. Штрент) <sup>4</sup>: Ag — 32,89; Fe — 35,89; S — 30,71; Cu — 0,19; сумма — 99,68; уд. в. — 4,18.

**Находж.** Редкий гидротермальный минерал. Встречен в Яхимове (Чехословакия) и в Андреасберге (Гарц, ФРГ). Сопровождается самородным мышьяком, пруститом, хлоантитом, сидеритом, пиритом, гипсом и другими минералами.



Фиг. 298. Двойник аргентопирита (Яхимов) По Шрауфу

**Межплоскостные расстояния аргентопирита <sup>2</sup>**  
Fe-антикатод, Mn-фильтр,  $D = 114,59$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	110; 020	3	5,81	29	322	1	1,749
2	011	1	5,68	30	143	1	1,673
3	101	2	4,67	31	400; 260	1	1,660
4	111; 021	2	4,30	32	004	1	1,613
5	121	5	3,624	33	162	1	1,597
6	200; 130	10	3,341	34	171; 421; 351; 303	1	1,544
7	031	10	3,318	35	072	1	1,458
8	002	1	3,226	36	204; 134	1	1,450
9	012	4	3,110	37	214; 271	1	1,436
10	201; 131	1	2,962	38	422	1	1,429
11	102	3	2,902	39	144	1	1,383
12	220	3	2,878	40	181	1	1,366
13	112	1	2,816	41	054; 510; 370; 280	2	1,321
14	221; 041	1	2,633	42	263; 403	2	1,311
15	122	2	2,591	43	105; 025; 115	1	1,264
16	032	1	2,523	44	125; 334; 064	1	1,236
17	141	3	2,434	45	205; 135; 363	2	1,203
18	231	1	2,323	46	404; 264	1	1,156
19	212	1	2,276	47	451	1	1,135
20	310; 240; 150; 051	1	2,178	48	503	1	1,126
21	013	1	2,120	49	292; 305; 1.10.1	1	1,118
22	142; 103	1	2,040	50	434; 600; 390	1	1,107
23	113; 023	1	2,017	51	601; 391	1	1,090
24	232	1	1,988	52	533; 453; 193; 006	1	1,081
25	123	5	1,931	53	602; 392; 612	1	1,043
26	060; 330	4	1,908	54	514; 374; 284	1	1,019
27	052	1	1,869				
28	203; 251; 133	7	1,808				

## Л и т е р а т у р а

1. Waltershausen S. Nachr. Gesell. Wiss. Göttingen, 1866, 9, 66.
2. Murdoch J., Berry L. G. Am. Min., 1954, 39, No 5—6, 475.
3. Schrauf A. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, 1871, 64 (1), 192.
4. Streng A. N. Jb. Min., 1878, 785

Аргиропирит — argyropyrrite (Вайсбах, 1877)<sup>1</sup>.  $\text{Ag}_3\text{Fe}_7\text{S}_{11}$ ? Мало изучен. Агрегаты призматических кристаллов. Ромб. с.  $a : b : c = 0,58 : 1 : 0,30$ . Сп. по (001). Тв.  $1\frac{1}{2}$ —2. Уд. в. 4,206. Не хрупок. Цв. в свежем изломе бронзово-желтый.

Теор. состав: Ag — 30,33; Fe — 36,63; S — 33,04. Состав аргиропирита из Фрейберга (анал. Винклер)<sup>1</sup>: Ag — 29,75; Fe — 36,28; S — 32,81.

Мёрдок и Бери предполагают, что аргиропирит является псевдоморфозой штернбергита по аргентопириту<sup>2</sup>.

## Л и т е р а т у р а

1. Weisbach A. N. Jb. Min., 1877, 906; 1878, 866.
2. Murdoch J., Berry L. G. Am. Min., 1954, 39, No 5—6, 475.

Фризейт — frieseite (Врба)<sup>1</sup>.  $\text{Ag}_2\text{Fe}_5\text{S}_8$ ? По кристаллографическим данным близок к штернбергиту, но несколько отличается от него по химическому составу. По данным Пиккока<sup>2</sup>, представляет скрытокристаллическую смесь (ориентированное прорастание) штернбергита и пирита, образовавшуюся в результате распада «фризеита» по схеме  $\text{Ag}_2\text{Fe}_5\text{S}_8 \rightarrow 2\text{AgFe}_2\text{S}_3 + \text{FeS}_2$ . Ромб. с.  $D_{2h}^{21}$  — *Cmma*;  $a_0 = 6,61$ ;  $b_0 = 11,61$ ;  $c_0 = 12,64$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,569 : 1 : 1,089$  (Пикок). Кристаллы толстотаблитчатые. Уд. в. 4,217.

Теор. состав: Ag — 28,71; Fe — 37,16; S — 34,13. Состав фризейта из Яхимова (анал. Врба): Ag — 29,1; Fe — 37,4; S — 33,0; сумма — 99,5. Изучен недостаточно.

## Л и т е р а т у р а

1. Vrba K. Zs. Krist., 1878, 2, 153; 1879, 3, 186.
2. Peacock M. A. Am. Min., 1942, 27, No 3, 229.

## ГРУППА ХАЛЬКОСТИБИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
Халькостибит	$\text{CuSbS}_2$	Ромб.	6,02	3,79	14,49	—	5,0
Эмплектит	$\text{CuBiS}_2$	Ромб.	6,13	3,90	14,54	—	6,4
[Купробисмутит]	$\text{CuBiS}_2$ ?	Монокл.	17,65	3,93	15,24	100°30'	6,4

## Халькостибит Chalcostibite



Назван по составу от греч.  $\chi\alpha\lambda\kappa\acute{o}\varsigma$  (халькос) — медь и  $\sigma\tau\acute{\iota}\beta\iota$  (стиби) — сурьма (Глокер, 1847).

Синон. Медно-сурьмяный блеск (Цинкен, 1835), сурьмянистая медь (автор?), ро-зит (Юо, 1841), вольфсбергит (Николь, 1849), гуэхарит—guejarite (Кюменж, 1879).

Характ. выдел. Плотные выделения, кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{16}$  — *Pnma*;  $a_0 = 6,020$ ;  $b_0 = 3,792$ ;  $c_0 = 14,485$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,587 : 1 : 3,819$ ;  $Z = 4$  (Хофман)<sup>1</sup>.

Структура по Хофману: каждый атом Cu окружен четырьмя атомами S по тетраэдру, каждый атом Sb — шестью S по искаженному октаэдру; из шести атомов S три ближайших атома расположены с одной стороны и образуют равнобедренный, почти равносторонний треугольник. Одни

атомы S по тетраэдру окружены 2Cu и 2Sb, другие—2Cu и 4Sb. Совершенная сп. по (001) проходит по плотнейшим сеткам и связана с разрывом одной из четырех связей между каждыми Cu и S; сп. по (100) менее совершенная (не наблюдающаяся у эмплектита), обусловлена расположением Sb и Cu в плоскостях (100) и лишь незначительным отклонением от этой плоскости атомов S; несовершенная спайность по (010), по-видимому, обусловлена тем, что атомы Cu, Sb, S расположены в плоскостях (010).

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 1,5936 : 1 : 3,8373$  (установка Хофмана; вычислено на основе углов по Пенфилду и др.).

Наиболее обычные формы<sup>2</sup>:

	Ф	Р	Ф <sub>1</sub>	Р <sub>1</sub>	Ф <sub>2</sub>	Р <sub>2</sub>
c 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
b 010	0 00	90 00	0 00	90 00	—	0 00
a 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
m 110	32 06	90 00	0 00	57 54	90 00	32 06
f 016	0 00	32 36	57 24	90 00	0 00	57 24
s 015	0 00	37 30	52 30	90 00	0 00	52 30
t 013	0 00	51 59	38 01	90 00	0 00	38 01
u 011	0 00	75 24	14 36	90 00	0 00	14 36
z 105	90 00	25 43	90 00	64 17	25 43	90 00
j 104	90 00	31 03	90 00	58 57	31 03	90 00
h 103	90 00	38 45	90 00	51 15	38 45	90 00
d 102	90 00	50 17	90 00	39 43	50 17	90 00
g 101	90 00	67 27	90 00	22 33	67 27	90 00
v 116	32 06	37 03	57 24	71 19	21 52	59 18
π 115	32 06	42 11	52 30	69 05	25 43	55 20
ρ 113	32 06	56 29	38 01	63 42	38 45	45 04
τ 111	32 06	77 33	14 36	58 45	67 27	34 11
β 3z9	43 15	49 31	49 32	58 36	38 45	56 22
p 3z7	43 15	56 25	42 22	55 11	45 54	52 39
r: 215	51 27	50 55	52 30	52 37	43 55	61 04
γ 212	51 27	72 02	27 31	41 56	67 27	53 39
q 413	68 16	73 52	38 01	26 50	72 42	69 10
x: 512	72 20	81 00	27 31	19 46	80 34	72 33
χ 712	77 10	83 24	27 31	14 24	83 14	77 15

gg (101) : (011) = 45°06'

hh (103) : (103) = 77 30

dd (102) : (102) = 79 26

uu (011) : (011) = 29°12'

ff (016) : (016) = 65 12

pc (3z7) : (001) = 56 25

qc (413) : (001) = 73°52'

pp (3z7) : (3z7) = 67 11

qq (413) : (413) = 32 16

Менее обычные формы:

Ψ 210	g	035	E	709	ψ	114	O:	439	u:	412
Σ 410	N	1.0.12	B	201	x	112	Γ	328	t:	411
Λ 510	Δ	109	q:	1.1.14	d:	332	ω	649	Ξ	5.1.10
h: 019	χ	2.0.15	n:	1.1.12	V	10.10.3	p:	214	y:	514
f: 017	A	107	l:	1.1.10	i:	123	θ	213	θ	513
f 016	M	209	a:	119	w:	235	O	3.1.10	v:	511
v 025	k	207	K	118	k:	5.6.14	s:	318	z:	615
o 037	C	205	r	2.2.15	η	347	x	317	φ	716
n 049	D	305	Y	117	J:	457	I	311	b:	711
									Φ	911

Кроме того, известно около 50 редких и недостоверных форм (см. Дана, 1944, где они приведены в установке Дана, отличающейся от принятой здесь установки Хофмана).

Установка для кристаллов халькостибита менялась неоднократно. По Пенфилду-Шоту-Хинце —  $a : b : c = 0,5312 : 1 : 0,63955$ ; по Гольдшмидту-Эрнсту —  $0,8026 : 1 : 0,6275$ ; по Дана (1944) —  $0,4153 : 1 : 0,2606$ . Формула перехода к установке Хофмана: от установки Пенфила  $300/010/006$ , от установки Гольдшмидта-Эрнста  $010/001/300$ , от установки Унгемаха  $010/100/001$ , от установки Дана (1944)  $100/001/010$ .

Соотношение установок:

	Ось удлин.	Спайность									
		соверш.	менее соверш.								
Хофман . . . .	<i>b</i>	001	100	010	<i>g</i> 101	011	<i>m</i> 110	111	113		
Пенфилд . . . .	<i>b</i>	001	100	010	<i>g</i> 201	061	<i>l</i> 130	261	263		
Гольдшмидт . . .	<i>c</i>	100	010	001	130	103	011	133	111		
Унгемах . . . .	<i>a</i>	001	010	100	011	101	<i>l</i> 110	111	113		
Дана (1944) . . .	<i>c</i>	010	100	001	<i>m</i> 110	011	<i>l</i> 101	111	131		

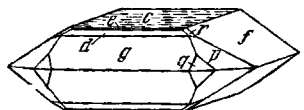
Кристаллы таблитчатые по (001), удлинены по оси *b*, с сильно развитой горизонтальной штриховкой на гранях, параллельных оси *b* (фиг. 299, 300). Дв. по (104) редки.

Физ. Сп. по (001) совершенная, по (100) и (010) менее совершенная. Изл. полураковистый. Хрупок. Тв. 3—4. Уд. в. 4,8—5,0 (вычисл. 5,010). Цв. свинцово-серый, стально-серый до железно-черного, иногда с пестрой побелалостью. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый с едва заметным розоватым оттенком<sup>3</sup>. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 42, для оранжевых—35, для красных—34. Двухотражение в воздухе слабое; в иммерсии более заметное: || (001) белый с кремовым оттенком, более темный ⊥ (001). Анизотропен. Часто заметна спайность.



Фиг. 299. Кристалл халькостибита (Гуэхар)  
По Шоту-Пенфилду



Фиг. 300. Кристалл халькостибита (Вольфсберг)  
По Ласпейресу

Хим. Теор. состав: Cu — 25,64; Sb — 48,45; S — 25,91. Содержит примеси Pb, Fe, Zn. В минерале из Британской Колумбии спектроскопически установлены следы Ag, Sn, As, Mn<sup>4</sup>. Состав халькостибита из Гуэхара (Испания) — среднее из трех анализов Френцеля<sup>2</sup>: Cu — 25,19; Fe — 0,45; Zn — 0,18; Pb — 0,45; Sb — 48,60; S — 25,99; сумма — 100,86; уд. в. — 4,959.

Диагн. исп. Разлагается HNO<sub>3</sub> с выделением S и Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> чернеет или сереет. HCN, FeCl<sub>3</sub>, HCl не действуют. В отношении действия KOH данные разноречивы.

П. и. тр. очень легко плавится. На угле дает налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Нахожд. Редкий гидротермальный минерал. Обнаружен в тесной ассоциации с борнитом и халькопиритом в Гранитогорском месторождении (Каз. ССР)<sup>3</sup>. Ассоциируется с джемсонитом и халькопиритом в месторождении Вольфсберг на Гарце (ГДР) и в Гуэхаре (Испания), с блеклыми рудами, бурнонитом, станнином, антимонитом в месторождениях Боливии. В виде крупных кристаллов встречен среди доломитизированного известняка в Рар-эль-Анц в Марокко.

Изм. Замещается бурнонитом и другими минералами; при гипергенных процессах замещается ковеллином<sup>3</sup>; при выветривании дает малахит и азурит.

Искусств. Установлен в системе Cu—Sb—S<sup>5</sup>.

Отл. В отраж. св. в полир. пл. обладает наибольшим сходством с бурнонитом, при непосредственном сравнении халькостибит менее розовый; характерно наличие спайности.



Межплоскостные расстояния халькостибита<sup>6</sup>

№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	4	3,63	10	10	1,751	19	2	1,198
2	10	3,10	11	2	1,684	20	2	1,159
3	10	2,98	12	6	1,613	21	4	1,139
4	4	2,54	13	6	1,435	22	2	1,068
5	8	2,29	14	2	1,344	23	2	1,006
6	6	2,23	15	2	1,309	24	2	0,981
7	8	2,11	16	4	1,286	25	2	0,870
8	6	1,888	17	2	1,258			
9	8	1,818	18	2	1,226			

## Л и т е р а т у р а

- Hofman W. Zs. Krist., 1933, 84, 177.
- Penfield S. L., Frenzel A. Am. J. Sci., 1897, 4, 27; Ernst E. N. Jb. Min., 1927, B.-B. 56 A, 275; Ungemach H. Bull. Soc. fr. Min., 1934, 57, 186.
- Шадлун Т. Н. Тр. Мин. муз. АН СССР, 1954, № 6, 164.
- Warren H. V., Thompson R. M. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1944, No 49, 82.
- Gaudin A. M., Dicke G. Econ. Geol., 1939, 34, 49; Gaudin A. M., McGlashan D. W. Econ. Geol., 1938, 33, 143.
- Waldo A. W. Am. Min., 1935, 20, No 8, 71.

Эмплектит *Emplectite*

Назван от греч. ἐμπλεκτος (эмплектос) — вплетенный — из-за его тесного сращения с кварцем в первых изученных образцах (Кенгот, 1853).

Синон. Висмут-медная руда, медно-висмутовый блеск, таннит (Дана, 1868), гемихальцит (Кобель, 1864).

**Характ. выдел.** Столбчатые кристаллы, зернистые или сплошные выделения.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{16}$  — *Pnma*;  $a_0 = 6,13$ ;  $b_0 = 3,898$ ;  $c_0 = 14,54$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,573 : 1 : 3,730$ ;  $Z = 4$  (Хофман)<sup>1</sup>. Структура аналогична структуре халькостибита.

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 1,5652 : 1 : 3,7068$  (установка Хофмана; вычислено на основе углов по Пэлэчу и Пикоку<sup>2</sup>).

Более обычные формы<sup>2,3</sup>:

	φ	ρ	φ <sub>1</sub>	ρ <sub>1</sub>	φ <sub>2</sub>	ρ <sub>2</sub>
<i>c</i> 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
<i>a</i> 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
<i>h</i> 210	51 57	90 00	0 00	38 03	90 00	51 57
<i>n</i> 640	75 23	90 00	0 00	14 37	90 00	75 23
<i>s</i> 015	0 00	36 33	53 27	90 00	0 00	53 27
<i>d</i> 013	0 00	51 01	38 59	90 00	0 00	38 59
<i>l</i> 012	0 00	61 39	28 21	90 00	0 00	28 21
<i>k</i> 011	0 00	74 54	15 06	90 00	0 00	15 06
<i>i</i> 102	90 00	49 49	90 00	40 11	49 49	90 00
<i>g</i> 101	90 00	67 06	90 00	22 54	67 06	90 00
<i>x</i> 112	32 34	65 33	28 21	60 39	49 49	39 54
<i>u</i> 111	32 34	77 11	15 06	58 20	67 06	34 44
<i>y</i> 212	51 57	71 36	28 21	41 39	67 06	54 12

$hh$ (210) : (2 $\bar{1}0$ ) = 76°06'	$dd$ (013) : (01 $\bar{3}$ ) = 77°58'	$xc$ (112) : (001) = 65°33'
$gg$ (101) : (1 $\bar{0}1$ ) = 45 48	$ll$ (042) : (01 $\bar{2}$ ) = 56 42	$uc$ (111) : (004) = 77 11
$ii$ (402) : (4 $\bar{0}2$ ) = 80 22	$kk$ (041) : (01 $\bar{1}$ ) = 30 12	$yc$ (212) : (004) = 71 36

## Менее обычные формы:

$v$ 017	$e$ 014	$g$ 103	$z$ 114	$o$ 123	$q$ 329	$a$ 342
$f$ 016	$i$ 104	$r$ 205	$p$ 113	$t$ 121	$w$ 241	

Установка менялась неоднократно: по Хинце—  $a : b : c = 0,6517 : 1 : 0,6256$ , по Пэлэчу и Пикоку—  $0,8093 : 1 : 0,6389$ , по Дана (1944)—  $0,4223 : 1 : 0,2698$ ; по Нафилду—  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,4224 : 1 : 0,26805$ . Формула перехода к установке Хофмана от установки Хинце 300/010/006, от установки Пэлэча-Пикока 010/001/300, от установки Унгемаха 010/100/001, от установки Дана (1944)-Нафила 100/001, 010. Соотношение установок:

	Удли- нение	Соверш. сп.									
Хофман	$b$	001	100	010	210	013	011	102	101	111	
Хинце	$b$	001	100	010	—	021	061	—	—	—	
Пэлэч	$c$	100	010	001	021	101	103	230	130	133	
Дана, 1944	$c$	010	100	001	201	031	011	120	110	111	
Унгемах	$a$	001	010	100	120	103	101	012	011	111	

Кристаллы таблитчатые по  $c$  (001), удлинены по оси  $b$  (фиг. 301). На гранях штриховка  $\parallel$  оси  $b$ . Дв. отмечаются в шлифах, дв. закон не определен.

Физ. Сп. по (001) совершенная, по (010) менее совершенная. Изл. раковистый до неровного. Хрупок. Тв. 2. Уд. в. 6,3—6,5 (вычисл. 6,429).



Фиг. 301. Кристалл амплектита (Йоганн-георгенштадт)

В установке Хофмана

Цв. сероватый, оловянно-белый, в свежем изломе с кремовым оттенком. Черта черная, при продолжительном растирании желтеет. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светло-желтовато-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 37,5, для оранжевых — 35, для красных — 35. Двухотражение заметно в воздухе лишь на границе зерен. Ясно анизотропен. Часто наблюдаются двойники.

Хим. Теор. состав:  $\text{Cu} - 18,88$ ;  $\text{Bi} - 62,08$ ;  $\text{S} - 19,04$ . Состав амплектита из Шварценберга (анал. Гийман)<sup>4</sup>:  $\text{Cu} - 18,80$ ;  $\text{Bi} - 61,95$ ;  $\text{S} - 19,16$ ; сумма — 99,91.

Диагн. исн. Разлагается  $\text{HNO}_3$  с выделением  $\text{S}$ .

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  медленно буреет с выделением газов, от царской водки сразу чернеет.  $\text{KOH}$  действует слабо.

П. п. тр. легко плавится со вспучиванием и разбрызгиванием. С содой в восст. пл. дает королек  $\text{Cu}$  и темно-желтый налет. В откр. тр. выделяет  $\text{SO}_2$ .

Наход. Редкий минерал гидротермальных месторождений. Встречается в кварцевых жилах различных формаций ( $\text{Ag-Co-Ni-Bi-U}$ -формации, оловянной, вольфрамо-молибденовой и др.) и в скарновых месторождениях. Ассоциируется с висмутином, халькопиритом, пиритом, сфалеритом, различными висмутовыми и медными сульфидами, баритом, сидеритом, флюоритом и др. В СССР отмечался в некоторых месторождениях Средн. Азии, Дальнего Востока<sup>5</sup>. Обнаружен в месторождениях Шнееберг, Аннаберг, Шварценберг и Йоганнгеоргенштадт (Саксония, ГДР), Виттихен (Шварцвальд, ФРГ), в Серро-де-Паско (Перу), в Серро-Бланко (Чили), в Красне (Чехословакия)<sup>6</sup> и др.

Изм. Известно замещение эмплектита смесью халькопирита, висмутина, самородного висмута. Из гипергенных продуктов изменения эмплектита отмечен ковеллин.

Искусств. Установлен в системе  $\text{Cu-Bi-S}^7$ .

Отл. Трудно диагностируется как по внешним признакам, так и микроскопически, особенно трудно отличим от других висмутовых минералов. От висмутина под микроскопом отличается значительно меньшим двуотражением и меньшей отраж. способностью, чуть кремовым оттенком.

Межплоскостные расстояния эмплектита из Погангеоргенштадта<sup>2</sup> (по Харкорту)

Cu-антикатоде, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	5	1,0	4,7	21	2	0,3	1,260
2	10	7,0	3,20	22	5	1,0	1,225
3	8		3,10	23	5	1,0	1,208
4	10	8,0	3,02	24	5	1,0	1,190
5	2	0,3	2,81	25	7	2,0	1,168
6	1	0,2	2,72	26	3	0,5	1,112
7	9	3,0	2,34	27	2	0,3	1,100
8	4	0,5	2,24	28	2	0,3	1,090
9	9	3,0	2,16	29	2	0,3	1,055
10	5	1,0	1,96	30	2	0,3	1,040
11	7	2,0	1,86	31	2	0,3	1,015
12	8	2,0	1,80	32	3	0,5	1,000
13	3	0,5	1,78	33	2	0,3	0,971
14	3	0,5	1,755	34	2	0,3	0,948
15	8	2,0	1,655	35	2	0,3	0,928
16	5	1,0	1,560	36	2	0,3	0,918
17	2	0,3	1,475	37	2	0,3	0,908
18	4	1,0	1,450	38	2	0,3	0,899
19	3	0,5	1,365	39	2	0,3	0,871
20	4	1,0	1,320				

Л и т е р а т у р а

1. Hofman W. Zs. Krist., 1933, 84, 177; см. также Nuffield E. W. Econ. Geol., 1947, 42, No 2, 147.
2. Palache C., Peacock M. A. Am. Min., 1933, 18, No 7—8, 277; Palache C. Am. Min., 1940, 25, No 9, 611.
3. Ungemach H. Bull. Soc. fr. Min., 1934, 57, 186.
4. Guillemin C. Zs. Krist., 1900, 33, 75.
5. Шадлуи Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 479.
6. Kouřimský J., Králík M. Věstník, Ustrědn., úst. geol., 1952, 27, № 1—2, 68.
7. Gaudin A. M., Dické G. Econ. Geol., 1939, 34, No 1, 498 и No 2, 214.

Купробисмутит Cuprobismutite



Назван по содержанию Cu и Bi на основе анализа Хилебранда<sup>1</sup> (Дана, 1892).

Синон. Сульфобисмутит меди и серебра (Хилебранд, 1884)

Пэлэч<sup>2</sup> считал купробисмутит смесью висмутина и эмплектита, что Наффилд опроверг<sup>3</sup>: возможно, купробисмутит является диморфной разновидностью эмплектита.

Характ. выдел. Зерна и кристаллы.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{3h}^2 - C2/m$ ;  $a_0 = 17,65$ ;  $b_0 = 3,93$ ;  $c_0 = 15,24$  Å;  $\beta = 100^\circ 30'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 4,49 : 1 : 3,87$ ;  $Z = 12$  (Нафилд)<sup>3</sup>.

Призмат. кл.

Кристаллы мелкие, тонкопризматические и игольчатые (длина около 1 μm), сильно иштрихованные. Удлинение по оси *b*. Двойники полисинтетические.

Физ. Сп. не наблюдалась. Очень хрупок (ломается при прикосновении иглой). Тв. ~ 3. Уд. в. 6,31 (вычисл. 6,44), для искусств. продукта — 6,47. Цв. темно-серый с синеватой побелостью. Черта черная. Бл. металлический.

Микр. Минераграфически достоверный купробисмутит не изучен.

Хим. Формула точно не установлена:  $CuBiS_2$  (теор. состав: Cu — 18,88; Bi — 62,08; S — 19,04) или, возможно,  $Cu_{10}Bi_{12}S_{23}$  (теор. состав: Cu — 16,38; Bi — 64,62; S — 19,00). Первоначальная формула  $3Cu_2S \cdot 4Bi_2S_3$ , предложенная Хилебрандом, не соответствует рентгеновским данным. Cu частично замещена Ag.

Состав купробисмутита из р-ка Миссури за вычетом примеси халькопирита (анал. Хилебранд)<sup>1</sup>: Cu — 14,58; Ag — 0,96; Zn — 0,41; Bi — 65,50; S — 18,85; сумма — 100,00.

Диагн. исп. Растворяется в кислотах.

В закр. тр. дает возгон S, на угле — налет  $Bi_2O_3$ .

Нахожд. Найден в кварцевой жиле с халькопиритом и вольфрамитом в р-ке Миссури, округ Парк (шт. Колорадо, США) в виде мелких кристалликов в пустотках кварца или в виде зерен в ассоциации с халькопиритом.

Искусств. Получен при нагревании смеси Cu, Bi и S (при соотношении Cu : Bi ~ 1) до 300—500° в течение двух дней.

Рамдором минераграфически изучен музейный образец «купробисмутита» из баритовой жилы Арнсберга в Вестфалии, существенно отличающийся внешне от минерала из Колорадо. Минерал, изученный Рамдором, образует изометрические выделения. По порошкограмме он очень сходен с бурнонитом, но по составу отвечает купробисмутиту. Спутниками «купробисмутита» в Арнсберге являются халькопирит, висмутосодержащая блеклая руда, сфалерит, пирит, кварц.

Межплоскостные расстояния купробисмутита из р-ка Миссури<sup>3</sup>  
Cu-антикатоде, Ni-фильтр

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	2	6,15	8	1	2,86	14	2	2,09
2	2	4,32	9	6	2,73	15	1	2,00
3	3	3,64	10	1	2,59	16	3	1,957
4	1	3,46	11	1	2,49	17	1	1,877
5	4	3,25	12	1	2,30	18	1	1,829
6	10	3,07	13	2	2,17	19	3	1,719
7	1	2,95						

#### Л и т е р а т у р а

- Hillebrand W. F. Am. J. Sci., 1884, 27, 355.
- Palache C. Am. Min., 1940, 25, No 9, 611.
- Nuffield E. W. Am. Min., 1952, 37, No 5—6, 447.

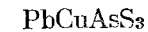
## СТРУКТУРА ТИПА АНТИМОНИТА

### ГРУППА БУРНОНИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.	
Зелигманнит	PbCuAsS <sub>3</sub>	Ромб.	8,08	8,75	7,64	5,5
Бурнонит	PbCuSbS <sub>3</sub>	Ромб.	8,16	8,71	7,81	5,9
Айкиннит	PbCuBiS <sub>3</sub>	Ромб.	11,32	11,66	4,01	7,2

Бурнонит и зелигманнит изоструктурны. Несмотря на различие пространственных групп и размеров ячейки, структуры их сходны со структурами айкиннита, а также антимонита и висмутина.

### Зелигманнит Seligmannite



Назван по имени немецкого коллекционера Г. Зелигмана (Баумхауер, 1901)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. В кристаллах.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $C_{2v}^7 - Pmn2_1$ ;  $a_0 = 8,081$ ;  $b_0 = 8,747$ ;  $c_0 = 7,636$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,924 : 1 : 0,873$ ;  $Z = 4$  (Хельнер, Ляйнебер)<sup>2</sup>.

Структура аналогична структуре бурнонита<sup>3</sup>.

Ромбо-пирамид. кл.;  $a : b : c = 0,9233 : 1 : 0,8734$  (Соли)<sup>4</sup>.

Главные формы<sup>1,4,5</sup>:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	—	0°00'	<i>n</i> 011	0°00' 41°08'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	<i>x</i> 102	90 00 25 18
<i>a</i> 100	90 00	90 00	<i>o</i> 101	90 00 43 24
<i>i</i> 130	19 51	90 00	<i>I</i> 201	90 00 62 08
<i>f</i> 120	28 26	90 00	<i>u</i> 112	47 17 32 46
<i>m</i> 110	47 17	90 00	<i>y</i> 111	47 17 52 10
<i>e</i> 210	65 13	90 00	<i>s</i> 212	65 13 46 10
<i>A</i> 410	77 00	90 00	<i>v</i> 211	65 13 64 22
<i>c</i> 340	39 05	90 00	$\omega$ 121	28 26 63 17

<i>mm</i> (110) : (110) = 85°26'	<i>yb</i> (111) : (010) = 57°36'	<i>ua</i> (112) : (100) = 66°34'
<i>ee</i> (210) : (210) = 49 34	<i>va</i> (211) : (100) = 35 03	<i>ub</i> (112) : (010) = 68 27
<i>oo</i> (101) : (101) = 86 48	<i>vb</i> (211) : (010) = 67 48	$\omega a$ (121) : (100) = 64 48
<i>nn</i> (011) : (011) = 82 16	<i>sa</i> (212) : (010) = 49 05	$\omega b$ (121) : (010) = 38 15
<i>ya</i> (111) : (100) = 54 32	<i>sb</i> (212) : (100) = 72 24	

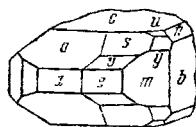
### Второстепенные и редкие формы:

0 180	<i>E</i> 610	<i>t</i> 104	$\Upsilon$ 122	<i>L</i> 131	<i>J</i> 651	<i>Y</i> 312
<i>a</i> 160	<i>x</i> 013	<i>d</i> 103	$\Pi$ 132	<i>Z</i> 261	$\gamma$ 541	<i>C</i> 311
$\Phi$ 140	<i>g</i> 025	<i>h</i> 203	$\tau$ 1.10.2	$\beta$ 181	$\pi$ 972	<i>U</i> 413
$\psi$ 450	<i>z</i> 021	<i>G</i> 601	$\iota$ 213	<i>K</i> 161	<i>W</i> 431	<i>X</i> 14.3.6
<i>k</i> 540	$\epsilon$ 031	$\Gamma$ 229	<i>M</i> 233	$\xi$ 341	$\delta$ 752	<i>T</i> 613
<i>l</i> 320	<i>F</i> 061	$\varphi$ 113	<i>O</i> 313	$\zeta$ 451	<i>R</i> 533	<i>P</i> 611
$\eta$ 340	<i>B</i> 071	$\Xi$ 331	<i>N</i> 323	$\mu$ 561	<i>D</i> 322	<i>S</i> 713
<i>q</i> 510	$\Delta$ 105	<i>r</i> 441	$\sigma$ 232	$\lambda$ 781	<i>Q</i> 733	<i>V</i> 12.1.2

Кристаллы мелкие, длина их 1—2 мм. Хорошо развиты грани *a*, *b*, *c*, *m*, *y*, *o*, *n*, *u* (фиг. 302). Грань (110) иштрихована || оси *c* и || ребру (110) : (111). Обычны дв. по (110).

**Физ.** Сп. по (001), (100) и (010) выражена очень слабо<sup>4</sup>. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 3. Уд. в. 5,38—5,48 (вычисл. 5,54). Цв. темный свинцово-серый до черного. Черта шоколадно-бурая до красновато-черной. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. розовато-белый. Двухотражение в воздухе оченьслабое. Сильно анизотропен. Внутренние рефлексии не наблюдались. Полируется хорошо. Часто видны полисинтетические двойники.



Фиг. 302. Кристалл зелигманнита (Бингем)

по Пальчу

**Хим.** Теор. состав. Pb — 46,89; Cu — 14,38; As — 16,99; S — 24,74.

Состав зелигманнита из Бингенталля: Cu — 13,09; Ag — 0,11; Fe — 0,06; Zn — 0,27; Pb — 46,34; S — 21,73; As — 16,88; Sb — 0,64; сумма — 99,12; уд. в. 5,44.

**Диагн. исп.** В полир. пл. от КОН медленно образуется призрающий налет. HNO<sub>3</sub>, HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub> и HgCl<sub>2</sub> не действуют.

**П. п. тр.** на угле дает налет As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и выделяет белый дым с характерным чесночным запахом. Прокаленный остаток, смоченный HCl, окрашивает пламя в лазурно-синий цвет.

**Нахожд.** Редкий гидротермальный минерал. В Ленгенбахе (Бингенталь, Швейцария) найден в пустотах доломита в ассоциации с теннантитом, дюфренуазитом, ратитом и баумгауеритом (по сравнению с указанными минералами является более поздним). Отмечено замещение зелигманнитом иорданита и дюфренуазита, с которыми он образует тесные сростания. В месторождении Бингем (шт. Юта, США) представлен выделениями на теннантите, сфалерите и шприте. Наблюдался также в рудном рене в Бьютт и в Эмери (шт. Монтана, США), в Калгурли (Зап. Австралия).

Межплоскостные расстояния зелигманнита из р-на Бьютт (по Харкорту)

Cu-анткатод, Ni-фильтр

№	hkl	I	I'	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_a}{n}$
1	110; 011	4	0,5	5,80	23	2	0,2	1,725	
2	111	2	0,2	4,75	24	6	1,0	1,66	
3	020	6	1,0	4,35	25	6	1,0	1,635	
4	200	4	0,5	4,10	26	2	0,2	1,590	
5	002	9	3,0	3,85	27	6	1,0	1,550	
6	210	6	1,0	3,66	28	2	0,2	1,495	
7	112	6	1,0	3,25	29	2	0,2	1,482	
8	220	6	1,0	2,97	30	2	0,2	1,450	
9	030	3	0,3	2,90	31	6	1,0	1,418	
10	202	4	0,4	2,82	32	6	1,0	1,385	
11	300	10	4,0	2,72	33	4	0,5	1,361	
12	212	6	1,0	2,65	34	3	0,3	1,337	
13	003	8	2,0	2,57	35	2	0,2	1,325	
14	113	6	1,0	2,36	36	2	0,2	1,282	
15	231	3	0,3	2,28	37	2	0,2	1,248	
16	132	3	0,3	2,23	38	3	0,3	1,225	
17	140	3	0,3	2,16	39	2	0,2	1,212	
18	041	4	0,5	2,09	40	3	0,3	1,145	
19	401	4	0,5	1,97	41	3	0,3	1,114	
20	004; 223	4	0,5	1,94	42	3	0,3	1,102	
21	420	6	1,0	1,84	43	3	0,3	0,985	
22	332	8	2,0	1,77					

Имеется указание на нахождение зелигманнита в р-не Каменно-Павловского прииска Челябинской обл. в виде вкрапленности в кальците<sup>6</sup>.

Отл. По облику кристаллов, углам между гранями и двойникованию похож на бурнонит, но содержит As вместо Sb. В отраж. св. от дюфренуазита, иорданита, блеклой руды и бурнонита отличается розовым оттенком.

#### Л и т е р а т у р а

1. Baumhauer H. Sitzungsher. Akad. Wiss., Berlin, 1901, 110; 1902, 611.
2. Pellner E., Leineweber G. Zs. Krist., 1956, 107, Nr 1—2, 150; Leineweber G. Zs. Krist., 1956, 108, Nr 3—4, 161 (сходные данные получены Фронделом).
3. Frondel C. Am. Min., 1941, 26, No 1, 25.
4. Solly R. H. Min. Mag., 1903, 13, 337; 1906, 14, 186; 1912, 16, 282.
5. Palache C. Am. Min., 1928, 13, No 7, 402.
6. Смирнов С. С. Изв. Геолкома, 1926, 45, № 8, 943.

### Бурнонит Bournonite



Назван по имени французского кристаллографа и минералога Д. Бурнова (Джемсон, 1805).

Синон. Энделлионит (Ципе, 1859), свинцовая блеклая руда, сурьяно-свинцово-медная обманка, сурьяно-свинцовый блеск, колесная руда, сурьяно-медный блеск. Вёльхит—вольхит (Моос, 1820)—измененный бурнонит.

**Характ. выдел.** Зернистые агрегаты, зерна неправильной формы, реже кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $C_{2v}^7 - Pmn2_1$ ;  $a_0 = 8,162$ ;  $b_0 = 8,710$ ;  $c_0 = 7,810 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,937 : 1 : 0,897$ ;  $Z = 4$  (Хельнер, Ляйневебер)<sup>1,2</sup>.

Изоструктурен с зелигманнитом. Структура сходна со структурой антимонита и айкинита. Диагонали  $[110]$  бурнонита отвечают  $a$  и  $b$  антимонита, места Sb решетки антимонита занимают поочередно Pb и Sb, чем обусловлено в 2 раза большее значение  $c_0$  по сравнению с антимонитом. Атомы Cu располагаются в тетраэдрических полостях решетки<sup>1</sup>, что компенсирует замещение одного атома Sb атомом Pb.

Ромбо-пирамид. кл.;  $a : b : c = 0,9380 : 1 : 0,8969$  (Брук и Милер, 1852).

Наиболее обычные формы<sup>3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
$c$ 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
$b$ 010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
$a$ 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
$f$ 120	28 03	90 00	0 00	61 57	90 00	28 03
$m$ 110	46 50	90 00	0 00	43 10	90 00	46 50
$e$ 210	64 52	90 00	0 00	25 08	90 00	64 52
$x$ 013	0 00	16 38	73 22	90 00	0 00	73 22
$n$ 011	0 00	41 53	48 07	90 00	0 00	48 07
$\varepsilon$ 103	90 00	17 40	90 00	72 20	17 40	90 00
$x$ 102	90 00	25 33	90 00	64 27	25 33	90 00
$h$ 203	90 00	32 31	90 00	57 29	32 31	90 00
$o$ 101	90 00	43 43	90 00	46 17	43 43	90 00
$z$ 201	90 00	62 23	90 00	27 37	62 23	90 00
$\varphi$ 113	46 50	23 36	73 22	73 01	17 40	74 07
$u$ 112	46 50	33 15	65 51	66 26	25 33	67 58

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
y 111	46 50	52 40	48 07	54 33	43 43	57 03
g 221	46 50	69 07	29 09	47 02	62 23	50 16
p 121	28 03	63 48	29 09	65 03	43 43	37 38
O 213	64 52	35 09	73 21	58 35	32 31	75 51
s 212	64 52	46 34	65 50	48 54	43 43	72 02

*mm* (110) : (110) = 86°20'

*ff* (120) : (120) = 56 06

*ee* (210) : (210) = 50 15

*nb* (011) : (010) = 48 06

*nm* (011) : (110) = 62 49

*nn* (011) : (011) = 83 47

*oa* (101) : (100) = 46 17

*om* (101) : (110) = 59°44'

*oo* (101) : (101) = 87 26

*xa* (102) : (100) = 64 27

*xm* (102) : (110) = 71 40

*xx* (102) : (102) = 51 06

*ym* (111) : (110) = 37 20

*ya* (111) : (100) = 54 33

*yb* (111) : (010) = 57°03'

*yy* (111) : (111) = 74 40

*um* (112) : (110) = 56 45

*ua* (112) : (100) = 66 26

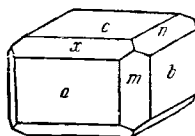
*ub* (112) : (010) = 67 58

*uu* (112) : (112) = 66 30

Менее обычные формы:

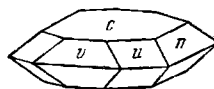
<i>d</i> 160	<i>k</i> 540	$\gamma$ 023	<i>h</i> 203	<i>p</i> 223	$\pi$ 122
<i>i</i> 130	<i>o</i> 430	$\varepsilon$ 021	$\nu$ 304	$\chi$ 334	$\omega$ 346
<i>a</i> 230	<i>l</i> 320	$\Sigma$ 031	$\delta$ 301	$\mu$ 332	$\xi$ 214
<i>w</i> 340	$\eta$ 310	<i>t</i> 104	$\zeta$ 401	$\lambda$ 144	$\tau$ 211

Кроме того, установлено свыше 80 редких и мало достоверных форм, перечисленных у Дана (1944); список дополнен Токоди (1956) следующими редкими формами: (650), (940), (730), (13.0.14), (5.5.19), (338), (10.10.21), (557), (20.20.21), (11.11.10), (358).



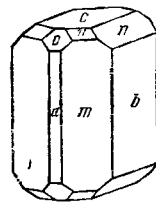
Фиг. 303. Кристаллы бурнонита (Капник, Румыния)

По Леву



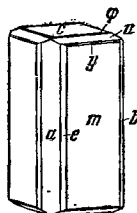
Фиг. 304. Кристаллы бурнонита (Гард, Франция)

По Лавруа



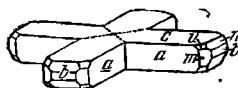
Фиг. 305. Кристалл бурнонита (Бая Сприе, Румыния)

По Токоди



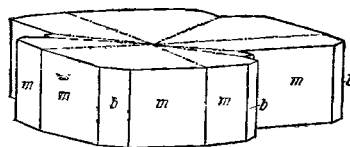
Фиг. 306. Кристаллы бурнонита (Бая Сприе, Румыния)

По Леву и Токоди



Фиг. 307. Двойник бурнонита (Саррабус, Италия)

По Миллзевичу



Фиг. 308. Сложный двойник бурнонита (Вольфсберг, ГДР)

По Шрауфу

Кристаллы короткопризматические (фиг. 303), таблитчатые по (001) (фиг. 304) или столбчатые (фиг. 305 и 306), нередко псевдокубического развития. Грани ( $hk0$ ) с вертикальной штриховкой, грани ( $h0l$ ) и (100) — с горизонтальной. Обычны дв. по (110), часты четверники в виде креста или колеса, откуда название «колесная руда» (фиг. 307, 308).

Обычны сростания с галенитом; в Есауловском м-нии Нагольского кряжа — графические сростания бурнонита и галенита как результат распада твердого раствора<sup>4</sup>.

**Физ. Сп.** по (010) ясная, по (100) и (010) несовершенная. Изл. раковистый до неровного. Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 5,7—5,9 (вычисл. 5,93). Цв. стально-серый, темно-свинцово-серый, часто с томпаково-бурой побежалостью. Черта темно-серая, черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Максимальный фотоэлектрический эффект при  $\lambda = 686 \text{ м}\mu + 30$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>5</sup>.

**Микр.** В инфракрасных лучах прозрачен<sup>6</sup>. Двуосный (+).  $n_g = 3,280$ ;  $n_m = 3,166$ ;  $n_p = 3,141$ ;  $n_g - n_p = 0,139$ ;  $2V = 52^\circ$ .

В полир. шл. в отраж. св. белый со слабым голубовато-зеленоватым оттенком. Отраж. снос. (в %): для зеленых лучей 33,5, для оранжевых — 30, для красных — 29. Двухотражение в воздухе практически не заметно, в иммерсии слабое. Слабо анизотропен. В иммерсии густые красные внутренние рефлексии (как у тетраэдрита). При скрепленных николях нередко обнаруживается полисинтетическое двойниковое строение.

**Хим. Теор. состав:** Pb — 42,54; Cu — 13,04; Sb — 24,65; S — 19,77. Sb изоморфно замещается As, обычно в небольшом количестве (до 3,18% As); Cu замещается в небольшом количестве Mn, Zn, Ag. В некоторых бурнонитах установлено до 5% Fe, что, вероятно, в значительной части связано с механическими примесями. Отмечалось также содержание в бурнонитах Ni, Bi.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	12,77	12,86	12,80	12,95	12,07	14,23	12,07	15,12	12,87
Zn	—	—	0,04	—	1,01	1,22	—	0,35	0,20
Mn	—	—	—	0,38	Сл.	—	—	—	0,26
Fe	—	—	0,27	0,74	0,07	—	0,74	0,35	0,51
Ni	—	—	—	—	—	—	—	—	Сл.
Pb	42,75	43,25	42,34	43,62	41,96	41,30	42,16	40,21	43,85
S	19,40	19,17	19,58	20,40	20,30	19,60	18,89	20,04	20,22
As	—	—	—	0,03	0,42	0,36	1,83	2,81	3,18
Sb	24,76	24,53	24,44	22,22	23,43	22,83	21,21	18,99	18,42
H. о.	—	—	0,37	—	0,38	—	2,43	1,67	—
Сумма	99,68*	99,81	99,84	100,34	99,68**	99,54	99,33***	99,54	99,51
Уд. в.	5,85	5,81	—	5,766	—	—	—	5,84?	5,766

\* Hg, Bi, Fe не обнаружены; Ag — до 0,021.

\*\* В том числе 0,04 Mg; TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, SO<sub>2</sub> не обнаружены.

\*\*\* Bi и Sn не обнаружены.

1 — жила Барвара в Нагольном кряже; анал. Самойлов<sup>7</sup>; 2 — Сент-Кройц; анал. Дюрр<sup>8</sup>; 3 — Хержа; анал. Вавринц<sup>9</sup>; 4 — Трещча<sup>10</sup>; 5<sup>11</sup> и 6<sup>4</sup> — цинк содержащий бурнонит; Есауловское м-ние в Нагольном кряже; 7 — Кызыл-Чангылы<sup>12</sup>; 8 — Богс, Аризона<sup>13</sup>; 9 — Сэкэримб<sup>14</sup>.

(См. также новый анализ бурнонита из Короужне в Чехословакии)<sup>14а</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается конц. HNO<sub>3</sub> с образованием голубого раствора и выпадением осадка, содержащего S, Sb и Pb.

В полир. шл. от царской водки быстро чернеет, остальные реактивы не действуют. От паров HNO<sub>3</sub> иногда слабо тускнеет; иногда слегка травится FeCl<sub>3</sub>. Травление существенно зависит от кристаллографической ориентировки разреза<sup>15</sup>.



П. п. тр. на угле легко плавится, некоторое время дымится, при сильном прокаливании образуется налет  $PbO$ ; с содой в восстановительном пламени дает металлическую медь.

**Повед. при нагр.** Уд. теплоемкость при  $50^{\circ}$   $0,314 \text{дж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$  (Берч и др.).

**Наход.** Довольно распространенный минерал средне- и низкотемпературных гидротермальных месторождений<sup>16</sup>. Является одним из характерных второстепенных минералов свинцово-цинковых месторождений, где связан с более поздними стадиями минералообразования; в низкотемпературных сурьмяных месторождениях выделялся одним из первых. Самостоятельные скопления чаще всего образует в специфически сурьмяных провинциях в кварцевых жилах, образовавшихся на небольших глубинах в условиях промежуточных (средне-низких) температур — в Нагольном кряже (УССР)<sup>4,7,13,17</sup>, на Лякане<sup>15</sup> (Тадж. ССР), в р-ке Сан-Антонио (Перу)<sup>18</sup>. Наблюдается обычно в тесной ассоциации с галенитом и тетраэдритом, также совместно с джемсонитом и буланжеритом; реже сопровождается сфалеритом, киноварью. Образует зернистые агрегаты, вкрапления, прожилки в жильном кварце (с галенитом в месторождении Кызыл-Чангылы, Азерб. ССР<sup>12</sup> и др.); нередко развивается на границе зерен галенита и тетраэдрита в виде реакционных каемок (Дарасун в Читинской обл. и др.)<sup>19</sup>. Образуется также по тетраэдриту или халькошириту при действии поздних  $Pb$ -содержащих растворов (Текели в р-не Джунгарского Алатау, Каз. ССР)<sup>16</sup>. Установлен в ряде свинцово-цинковых месторождений Рудного Алтая (Каз. ССР и Алтайский край)<sup>20</sup>, во Второ-Арбуканском месторождении Читинской обл., в ряде месторождений Румынии (Сэкэрымб, Хержа и др.), в Югославии (Трепча), Франции (Сент-Кройц, Пуи-де-Дом), Италии и др.

**Изм.** В зоне выветривания легко изменяется с образованием сурьмяных охр, церуссита, малахита и азурита. Во Второ-Арбуканском месторождении среди продуктов гипергенного изменения бурнонита наряду с отмеченными минералами наблюдаются халькозин, ковеллин и вторичный мелкозернистый борнит, образующие тесные сростания.

Межплоскостные расстояния бурнонита<sup>21</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$
1*	101	2	5,5	21	420	8	1,845
2	111	2	4,70	22	332	8	1,763
3	020	4	4,32	23		2	1,723
4	200	4	4,09	24		6	1,660
5	002	8	3,86	25		6	1,625
6	210	6	3,68	26		2	1,588
7	112	2	3,25	27		6	1,555
8	220	8	2,96	28		2	1,492
9	030	6	2,89	29		2	1,481
10	202	8	2,81	30		2	1,450
11	300	10	2,73	31		6	1,421
12	212	8	2,67	32		2	1,388
13	003	8	2,58	33		2	1,360
14	311	2	2,47	34		2	1,332
15	113	4	2,37	35		2	1,250
16	032; 231	2	2,29	36		2	1,227
17	132	2	2,22	37		2	1,145
18	140	4	2,09	38		2	1,106
19	330; 401	8	1,980	39		2	1,080
20	223	8	1,945				

\* Данные для линий № 1 и 28 взяты из рентгенометрической картотекы (ХВДС, 1944, II.1848).

**Искусств.** Получается при осторожном нагревании смеси хлоридов или окислов Pb, Cu и Sb в струе  $H_2S$ ; в виде кристаллов — в результате нагревания тонкоизмельченного бурнонита с водой, содержащей  $Na_2S$ , в запаянной трубке при  $80^\circ$ .

**Практ. знач.** При достаточных концентрациях в рудах может быть использован для получения меди и свинца.

**Отл.** По внешним признакам похож на блеклую руду, но отличается более сильным блеском. В сплошных выделениях сходен с буланжеритом и другими сульфидами сложного состава.

В отраж. св. несколько темнее галенита и едва светлее тетраэдрита, от обоих отличается по анизотропии, от сульфидов сложного состава, содержащих свинец — менее сильной анизотропией и менее сильными внутренними рефлексамии.

#### Л и т е р а т у р а

1. Hellner E., Leineweber G. Zs. Krist., 1956, 107, Nr 1—2, 150 (сходные данные были получены Эфтедалем<sup>2)</sup>).
2. Öftedal I. Zs. Krist., 1932, 83, 157.
3. Löw M., Tokody L. Cbl. Min., 1928, A, 105; Tokody L. Zbl. Min., 1944, A, Nr 8, 166; Tokody L. Földt. Közl., 1956, 86, f. 4, 435; Tokody L. Acta geol. Acad. sci. hung., 1957, 4, F. 6, 3—4, 469.
4. Юшко С. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1948, 23, 226.
5. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62; Athanasiu G. J. Phys., Radium, 1934, 5, ser. VII, 132.
6. Bailey R. Am. Min., 1948, 33, No 9—10, 519.
7. Самойлов Я. В. Минералогия жильных месторождений Нагольного кряжа. Материалы по геологии России, 1908, 23, 136 (всестороннее описание).
8. Bücking H. Mitt. Geol. Landesanst. Elsass-Löth., 1913, 8, 203.
9. Vavrinecz G. Magyar chem. folyoir., 1933, 39, 54 (по N. Jb. Min., 1934, 1, 377).
10. Gagariu G., Paçlovitch S. Géol. ann. pénins. Balkan, 1937, 14, 199 (по N. Jb. Min., 1938, 1, 561)
11. Якжин А. А. Тр. ИГН АН СССР, 1952, 65, 42.
12. Эфендиев Г. Х. ДАН Азерб. ССР, 1947, 3, № 2, 63.
13. Schaller W. T. Bull. U. S. Geol. Surv., 1905, 262, 132; Zs. Krist., 1907, 43, 391
14. Siroëz L. Zs. Krist., 1886, 11, 218.
- 14a. Bouška V., Čech F. Casop. Moravsk. Mus., Acta Mus. Moraviae, 1956, 41, 57.
15. Радкевич Е. А. Тр. ИГН АН СССР, 1938, № 1, 66.
16. Радкевич Е. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 467.
17. Белик П. Г. Уч. Зап. Харьк. ун-та, 1940, № 19, 254.
18. McKinstry H. E. Am. Min., 1927, 12, No 2, 33.
19. Смирнов С. С. Изв. ГГРУ, 1930, 49, № 2, 96.
20. Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Уз. ССР, 1957, 1, 319.
21. Waldö A. W. Am. Min., 1935, 20, No 8, 575.

### Айкинит Aikinite



Назван по имени А. Айкина — основателя Английского геологического общества (Чепмен, 1843).

Синон. Игольчатая руда (Моос, 1804), патринит (Хайдингер, 1845), адикулит (Николь, 1849), белонит (Глокер, 1847), лучистый всмут.

**Характ. выдел.** Призматические и тонкоигольчатые кристаллы, реже — сплошные выделения.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{16}$  — *Pnma*;  $a_0 = 11,32$ ;  $b_0 = 11,66$ ;  $c_0 = 4,01$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,9708 : 1 : 0,3436$ ;  $Z = 4$  (Пнкож)<sup>1</sup>.

Структура сходна со структурой антимонита,  $K_2CuCl_3$  и др.<sup>2</sup> и аналогична структуре бурнонита и зелигманнита. Точное распределение Pb и Bi в решетке выяснить не удалось. По сравнению с  $Bi_2S_3$  в айкините

замена одного  $\text{Bi}^{3+}$  на один  $\text{Pb}^{2+}$  компенсируется вхождением одновалентного иона  $\text{Cu}$ , настолько малого по размерам, что он занимает незаполненные промежутки решетки, не раздвигая ее<sup>2</sup> (фиг. 309).

Ромбо-дипирамид.;  $a : b : c = 0,9719 : 1 : ?$  (Майерс)<sup>3</sup>.

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$b\ 010$	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$m\ 110$	$45^\circ 49'$	$90^\circ 00'$
$i\ 130$	$18\ 56$	$90\ 00$	$e\ 210$	$64\ 05$	$90\ 00$
$f\ 120$	$27\ 13$	$90\ 00$			

$$mm\ (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 88^\circ 22' \quad ff\ (120) : (\bar{1}\bar{2}0) = 54^\circ 26' \quad ee\ (210) : (2\bar{1}0) = 51^\circ 50'$$

Кристаллы вытянуты по оси  $c$ . На гранях вертикальная штриховка.

Физ. Сп. по (010) весьма несовершенная. Изл. неровный. Хрупок.

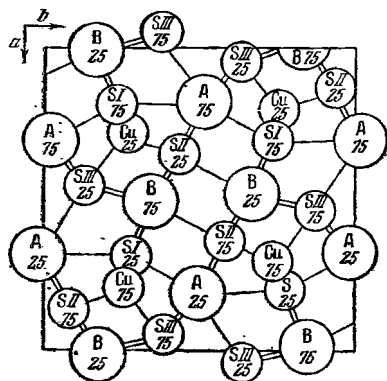
Тв.  $2-2\frac{1}{2}$ . Уд. в.  $7,07-7,08^1$  (вычисл.  $7,22$ ). Цв. свинцово-серый. Черта серовато-черная блестящая. Побежалость коричневая или медно-красная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Непроводник электричества.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. кремво-белый. Отраж. спос. айкинита из Акчагыла (в %): для зеленых лучей  $43,4$ , для оранжевых —  $40,6$ , для красных —  $38,7$ . Двухотражение отчетливое в воздухе:  $\parallel$  оси  $c$  кремво-белый,  $\perp$  оси  $c$  белый или слегка коричневатый. Сильно анизотропен.

Хим. Теор. состав:  $\text{Cu} - 11,03$ ;  $\text{Pb} - 35,98$ ;  $\text{Bi} - 36,29$ ;  $\text{S} - 16,70$ .

Анализы в основном старые; указывались  $\text{Ni}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Te}$ , возможно, связанные с загрязнениями<sup>4</sup>; в айкините из Березовского м-ния содержится  $0,07-0,10\%$   $\text{Te}$ <sup>5</sup>; в айкините из р-ка Сап-Луи



Фиг. 309. Структура айкинита

обнаружено  $\text{Ag}$ <sup>6</sup>. В минерале из Джидинского месторождения наблюдается повышенное содержание  $\text{Bi}$  при меньшем против формулы содержания  $\text{Pb}$ .

Анализы:

	1	2	3	4	5	6
$\text{Cu}$	10,97	10,90	10,89	10,4	11,12	11,31
$\text{Au}$	0,09	—	—	Не опр.	—	—
$\text{Fe}$	—	—	0,13	Сл.	0,05*	0,48
$\text{Ni}$	0,36	—	—	Не опр.	—	—
$\text{Pb}$	36,31	36,01	35,34	39,3	29,74	35,66
$\text{Sb}$	—	—	—	—	0,11	—
$\text{Bi}$	34,87	36,20	35,98	30,4	41,23	35,94
$\text{S}$	16,50	16,60	16,53	15,7	17,06	16,79
$\text{H. o.}$	—	—	0,41	—	—	0,09
$\text{SiO}_2$	—	—	—	3,2	0,35	—
Сумма	99,10	99,71	99,28	99,4**	99,66	100,48***

\*  $\text{FeO}$ .

\*\* В том числе  $0,4\ \text{CaO}$ ;  $\text{Mn}$  нет,  $\text{Zn}$  — следы.

\*\*\* В том числе  $0,21\ \text{CaO}$ .

1 и 2 — Березовск: 1 — анал. Герман<sup>7</sup>; 2 — анал. Гиймэн<sup>8</sup>; 3 — м-ние Гладхаммар; анал. Иоханссон<sup>9</sup>; 4 — Карагайлинское м-ние; анал. Поток<sup>10</sup>; 5 — Джидинское м-ние; анал. Сендерова, по данным Повилайтис; 6 — Акчагыльское м-ние; анал. Покровская<sup>10а</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается  $\text{HNO}_3$  с выделением  $\text{PbSO}_4$  и S.

В полир. шл. от  $\text{HNO}_3$  вскипает и чернеет, от конц.  $\text{HCl}$  быстро бурет. Остальные реактивы не действуют (по Шорту, иногда слегка бурет от  $\text{FeCl}_3$ ).

П. п. тр. на угле легко плавится в хрупкий стально-серый королек, реагирующий на Cu. Дает налет  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  и  $\text{PbO}$ , в присутствии KJ — ярко-красный налет  $\text{BiI}_3$  и желто-зеленый налет  $\text{PbJ}_2$ .

**Нахожд.** Редкий минерал гидротермального происхождения. Встречается обычно в небольших количествах. Впервые в 1789 г. был обнаружен в Березовском золоторудном месторождении (Свердловская обл.) в виде характерных столбчатых, тонкоигольчатых и волосовидных выделений (до 14 см в длину). Березовский айкинит доставлялся во все минералогические музеи и служил материалом для исследований в разных странах. Встречается<sup>11,12</sup> в ассоциации с сульфидами — пиритом, тетраэдритом, халькопиритом, а также с галенитом, сфалеритом, с висмутовыми, вольфрамовыми и другими минералами, частью с золотом (в Березовском месторождении), иногда с теллуридами (в свинцово-цинковом месторождении Акчагыл, Каз. ССР)<sup>10а</sup>. Образует вкрапленность в волластонитовых оруденелых скарнах Карагайлинского месторождения (Каз. ССР)<sup>10</sup>. Наблюдается также в Бурановском шеелитовом месторождении (Челябинская обл.)<sup>13</sup>, в Колыванском вольфрамитовом (Алтайский край), в Джидинском вольфрамитовом (Бурятская АССР) и др. месторождениях.

Установлен около Бурд'Уазан (Франция), в месторождениях Ковары (Чехословакия), Гладхаммар (Швеция), в ряде месторождений США, Мексики; в рудных брекчиях р-ка Сан-Луи (шт. Айдахо, США)<sup>6</sup> наблюдается в значительных количествах в тесной ассоциации с Ag-содержащим галенитом; образовался за счет тетраэдрита. «Бенжаминит» из кварцевых жил р-на Раунд-Маунтин (шт. Невада, США) оказался в основном состоящим из айкинита и примеси Ag-содержащего минерала (см. бенжаминит)<sup>15</sup>.

Межплоскостные расстояния айкинита из Березовска<sup>1</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	220	4	4,07	21	351; 132	4	1,766
2	011	1	3,77	22	042; 170	1	1,648
3	130	10	3,67	23	270	4	1,593
4	111; 310	7	3,58	24	370	4	1,524
5	121	9	3,18	25		1	1,488
6	040; 221	8	2,88	26		2	1,475
7	410	2	2,74	27		4	1,406
8	131; 330	3	2,68	28		2	1,380
	311			29		2	1,354
9	240	6	2,58	30		3	1,330
10	420	1	2,56	31		1	1,302
11	231	1	2,51	32		2	1,271
12*		1	2,36	33		1	1,216
13	150	3	2,27	34		1	1,174
14	241	2	2,17	35		1	1,158
15	250; 421	3	2,15	36		1	1,123
16	440; 051	3	2,02	37		1	1,083
17	431; 151	5	1,984	38		1	1,020
18	530; 112	4	1,947	39		1	0,989
19	202; 600	3	1,883	40		1	0,975
20	441	1	1,805				

\* Самая сильная линия золота.

Изм. Отмечено замещение айкинита золотом (Березовск), аргентитом, халькопиритом и самородным серебром. При выветривании айкинита образуются бисмутит, малахит и др.

**Практ. знач.** В шт. Айдахо в небольшом количестве добывался.

**Отл.** В некоторых выделениях похож на висмутин, но отличается от него практическим отсутствием спайности. Под микр. от ряда сходных минералов отличается наличием двуотражения.

#### Л и т е р а т у р а

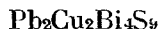
1. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1942, No 47, 63 (материал из Березовска).
2. Wickham F. E. Ark. Min., Geol., 1954, 1, Н. 5/6, N:o 16, 501 (кристаллы из Березовска).
3. Miège H. Min. Mag., 1889, 8, 206.
4. Смирнов А. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 490.
5. Иванов А. А. Тр. Горно-геол. ин-та Уральск. ф-ла АН СССР, 1941, вып. 2, 29.
6. Anderson A. L. Econ. Geol., 1940, 35, No 4, 520.
7. Hermann R. Бюлл. Моск. о-ва естеств., 1858, 31, 537.
8. Guillemin C. Zs. Krist., 1900, 33, 75.
9. Johansson K. Ark. Kem., Min., Geol., 1924, 9, Н. 2, No 8, 13.
10. Янулова М. К., Поток С. И. Изв. АН Каз. ССР, сер. геол., 1956, вып. 25, 100.
- 10а. Цигикалова Т. Н. Материалы по геологии рудных м-ний, петрографии, минералогии, геохимии. Изд. АН СССР, 1959, 301.
11. Кутюхин П. И. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 296.
12. Смирнов А. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 490.
13. Степанов И. С. Редкие металлы, 1933, № 1, 16.
14. Спейт Ю. А., Новоселов А. М. Вестн. Зап.-Сиб. геол.-разв. треста, 1933, вып. 5, 41.
15. Nuffield E. W. Am. Min., 1953, 38, No 5- 6, 550.

#### ГРУППА РЕЦБАНИТА

		Сингония	Уд. в.
Хаммарит	$Pb_2Cu_2Bi_4S_6$	Монокл.?	?
Рецбаниит	$Pb_3Cu_2Bi_{10}S_{19}$	Ромб.	6,89
Линдстрёмит	$PbCuBi_8S_6$	Ромб.	7,01
Гладит	$PbCuBi_8S_9$	Ромб.	6,96

Минералы этой группы с общей формулой  $mBi_2S_3 \cdot nPbCuBiS_3$ , как показывает Падера<sup>1</sup>, имеют, по-видимому, структуру, подобную структуре висмутина—айкинита. Все они представляют изоморфные смеси, которые можно объединить под общим названием рецбаниитов.

#### Хаммарит Hammarite



Назван по м-нию Гладхаммар в Швеции (Похансон, 1924)<sup>2</sup>.

Синон. Гаммарит.

**Характ. выдел.** Призматические кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с?  $a : b : c = 1,048 : 1 : ?$ ;  $\beta \sim 79^\circ$ ?

**Формы:**

	φ	ρ		φ	ρ
$b\ 010$	0°00'	90°00'	$k\ 230$	32°56'	90°00'
$a\ 100$	90 00	90 00	$m\ 110$	44 11	90 00
$n\ 120$	25 55	90 00	$l\ 210$	62 46	90 00

Возможно, аналогично гладиту и линдстрёмиту, является ромбическим и  $a : b : c = 0,9719 : 1 : ?$  (если переставить оси  $a$  и  $b$ ).

Кристаллы короткопризматические до игольчатых, удлинённые по оси *c* и несколько таблитчатые по (010).

Физ. Сп. по (010) несовершенная; на одном кристалле весьма несовершенная сп. или отдельность по (001)? Изл. плоскораковистый. Тв. 3—4. Уд. в. не определялся. Цв. стально-серый с красноватым оттенком. Черта черная. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

Хим. Теор. состав: Cu — 7,59; Pb — 27,35; Bi — 47,85; S — 17,21.

Состав хаммарита из Гладхаммара: Cu — 7,60; Pb — 27,40; Bi — 47,59; S — 17,01; н. о. — 0,04; сумма — 99,64.

Наход. Наблюдался в кристаллах на друзах кварца в месторождении Гладхаммар (Швеция).

#### Л и т е р а т у р а

1. Padéga K. Chem. d. Erde, 1956, 18, Н. 1—2, 14.
2. Johansson K. Ark. Kemi, Min., Geol., 1924, 9, Н. 2, № 8, 11 (единственное описание).

### Рецбаниит Rezbanuite



Назван по месту находки в месторождении Рецбанья (Беица Бихорулуй) (Френцель, 1883) <sup>1</sup>.

Характ. выдел. Мелкозернистые и плотные выделения.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. <sup>2</sup>

Физ. Сп. не заметна или различима в шлифах. Изл. неровный. Тв. 2—2½ (Коха) <sup>3</sup>. Уд. в. 6,09—6,38 (Беица Бихорулуй) <sup>2</sup>; 6,89 (Окна-де-Фер). Цв. в свежем изломе светло-желтовато-свинцово-серый, светло-стально-серый. Черта черная. Бл. сильный металлический.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. близка к таковой галенита. Двухотражение слабое, значительно яснее в иммерсии. Анизотропен с цветным эффектом в розоватых и сероватых тонах <sup>3</sup>.

Хим. Формула точно не установлена. Теор. состав из формулы  $\text{Pb}_2\text{Cu}_2\text{Bi}_{10}\text{S}_{19}$  Cu — 3,69; Pb — 18,03; Bi — 60,62; S — 17,66; из формулы  $\text{Pb}_4\text{Cu}_4\text{Bi}_{10}\text{S}_{21}$  : Cu — 6,60; Pb — 21,56; Bi — 54,32; S — 17,52.

Анализы:

	Cu	Fe	Pb	Bi	S	SiO <sub>2</sub>	Сумма
1	3,68	0,06	17,67	60,82	(17,64)	0,13	100,00
2	4,13	0,44	18,24	59,25	17,86	0,06	99,98
3	6,6	—	21,5	54,0	17,9	—	100,00

1—Гладхаммар; анал. Иоханссон<sup>4</sup>; 2—Окна-де-Фер; среднее из двух анализов Коха<sup>3</sup>; 3—Добшина<sup>5</sup>.

Диagn. исп. В полир. шл. от конц. HNO<sub>3</sub> сильно вскипает, приобретает шероховатую поверхность, от HCl—бурое иризирующее пятно; по данным Коха, от KOH — слегка буроватое пятно; по Падера и др. KOH не действует. FeCl<sub>3</sub> дает светло-бурый, трудно удалимый налет.

Наход. Очень редок. Наблюдался в Беица Бихорулуй (б. Рецбанья, Румыния) в кварце, часто в сростании с висмутином, а также в сростании с халькопиритом и кальцитом, в Окна-де-Фер (б. Вашкё, Румыния) — с козалитом, доломитом и кварцем, в Добшине (Чехословакия) — в кварцево-анкеритовой жиле с халькопиритом и пиритом, а также с тетраэдритом и арсенопиритом (совместно с кварцем и халькопиритом замещает анкерит). Встречается также в месторождении Гладхаммар (Швеция). Есть указание на нахождение рецбаниита в медном месторождении Чудак на Рудном Алтае <sup>6</sup>.

Отл. От сходного тетраэдрита отличается меньшей твердостью и более сильным блеском. Трудно определяется в шлифах, особенно трудно

отличим от козалинта и галенобисмутита, первый обладает более слабой, а второй — более сильной анизотропией.

Межплоскостные расстояния рецванинта из Баица Бихорудуй<sup>2</sup>  
Си-антикатод, Ni-фильтр

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	2	3,97	7	10	2,82	13	5	2,25	18	7	1,74
2	1	3,75	8	1	2,71	14	4	2,11	19	3	1,63
3	9	3,56	9	2	2,65	15	5	2,00	20	5	1,58
4	2	3,29	10	2	2,56	16	4	1,95	21	1	1,55
5	8	3,12	11	2	2,50	17	3	1,86	22	3	1,52
6	3	2,98	12	1	2,34						

Л и т е р а т у р а

1. Frenzel A. Tscherm. Min., Petr. Mitt. 1883, 5, 175 (первое описание; 3 хим. анализа, выполненных на не вполне чистом материале).
2. Radéřa K. Chem. d. Erde 1956, 18, Н. 1—2, 14.
3. Koch S. Zbl. Min., 1930, A, 52; Acta Min. Petr., 1948, 2, 5.
4. Johansson K. Ark. Kemi, Min., Geol., 1924, 9, H. 2, No 8, 8.
5. Radéřa K., Bouška V., Peříkán J. Chem. d. Erde, 1955, 17, Н. 4, 329.
6. Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 321.

Линдстрёмит Lindströmite



Назван по имени шведского химика-аналитика Г. Линдстрёма (Иоханссон, 1924)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Призматические кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.<sup>2</sup>;  $a : b : c = 0,9753 : 1 : ?$  (Иоханссон).

Формы:

	φ	ρ		φ	ρ		
<i>b</i>	010	0°00'	90°00'	<i>g</i>	530	59°40'	90°00'
<i>a</i>	100	90 00	90 00	<i>n</i>	210	64 00	90 00
<i>v</i>	140	14 23	90 00	<i>f</i>	520	68 41	90 00
<i>λ</i>	130	18 52	90 00	<i>e</i>	310	71 59	90 00
<i>l</i>	110	27 09	90 00	<i>μ</i>	410	76 18	90 00
<i>α</i>	230	34 27	90 00	<i>ε</i>	510	78 58	90 00
<i>m</i>	110	45 43	90 00				

В справочнике Дана (1944) оси *a* и *b* переставлены и для линдстрёмита принята установка, аналогичная установке андорита,  $a : b : c = 0,6827 : 1 : ?$

Кристаллы призматические и игольчатые, вытянутые вдоль оси *c*, без конечных форм. Призматические грани с вертикальной штриховкой.

Физ. Сп. по (100) и (010) хорошая, по (110) заметная. Изл. неясно-раковистый до неровного. Тв. 3—3½. Уд. в. 7,01. Цв. светло-сине-серый до оловянно-белого. Черта черная. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. белый с желтоватым оттенком. Слабо анизотропен в серых тонах<sup>3</sup>.

Хим. Теор. состав: Cu — 5,85; Pb — 19,05; Bi — 57,40; S — 17,70.

## Анализы:

	Cu	Pb	Fe	Bi	S	Н.э.	Сумма
1.	5,84	18,95	Сл.	57,13	(17,88)	0,20	100,00
2.	5,81	18,84	—	57,67	17,68	—	100,00

1—Гладхаммар<sup>1</sup>; 2—Джидинское м-ние; пересчет анализа Орловой за вычетом кварца<sup>2</sup>.

**Диagn. исп.** В полпр. шл. от HNO<sub>3</sub> быстро чернеет и приобретает перовократную поверхность. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, KCN, KOH и HgCl не действуют.

Очень легко плавится со вскипанием (даже в пламени спички). Окрашивает пламя в яркий зеленый цвет. П. п. тр. на угле дает налеты Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и PbO.

**Находк.** Найден в месторождении Гладхаммар (Швеция) с гладитом, хаммаритом, линнеитом, рецбаниитом и др. и в Джидинском молибдено-вольфрамовом месторождении (Бурятская АССР) среди жильного кварца.

## Л и т е р а т у р а

1. Johansson K. Ark. Kemi, Min., Geol., 1924, 9, H. 2, N:o 8, 14.
2. Радёга К. Chem. d. Erde, 1956, 18, H. 1—2, 14.
3. Смольянинов П. А. (по Ю. Спейту). Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 489.

## Гладит Gladite



Назван по м-нию Гладхаммар (Иоханссон, 1924)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** В кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.;  $a : b : c = 0,9833 : 1 : ?$

**Формы:**

	Ф	Р		Ф	Р
$b \ 010$	0°00'	90°00'	$m \ 110$	45°29'	90°00'
$a \ 100$	90 00	90 00	$l \ 250$	22 08	90 00

В установке Дана (1944) были переставлены оси  $a$  и  $b$ .

Кристаллы призматические, вытянутые по оси  $c$ , без конечных граней.

**Физ. Сп.** по (010) хорошая, по (100) менее ясная. Тв. 2—3. Уд. в. 6,96.

Цв. свинцово-серый до оловянно-белого. Черта черная. Бл. сильный металлический. Неизрозрачен.

**Хим. Теор. состав:** Cu — 3,97; Pb — 12,96; Bi — 65,03; S — 18,04.

**Состав гладита из Гладхаммара<sup>1</sup>:** Cu — 3,98; Pb — 12,40; Fe — 0,19; Bi — 64,96; S — 18,04; н.о. — 0,12; сумма — 99,69.

**Находк.** Найден в месторождении Гладхаммар (Швеция) на кварце с рецбаниитом и галенобисмутитом.

## Л и т е р а т у р а

1. Johansson K. Ark. Kemi, Min., Geol., 1924, 9, H. 2, N:o 8, 14.

## СТРУКТУРА ТИПА БЕРТЬЕРИТА

## ГРУППА БЕРТЬЕРИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
[Ливингстонит] HgSb <sub>2</sub> S <sub>7</sub>	Монокл.	30,25	4,00	21,48	104°12'	5,0
Бертьерит FeSb <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	Ромб.	11,44	14,12	3,76	—	4,6



Ливингстонит *Livingstonite*

Назван по имени исследователя Африки Д. Ливингстона (Барцена, 1874).

**Характ. выдел.** Столбчатые или игольчатые кристаллы, волокнистые и лучистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^6 - A2/a$ ;  $a_0 = 30,25$ ;  $b_0 = 4,00$ ;  $c_0 = 21,48 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 104^\circ 12'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 7,56 : 1 : 5,37$ ;  $Z = 8$  (Нидзеки, Бёргер)<sup>1</sup>.

Три ближайшие S располагаются вокруг Sb на расстоянии 2,5—2,6 Å, 4 S удалены от Sb на расстояние ~ 3,4 Å. Группы  $\text{SbS}_3$  образуют цепи  $\text{SbS}_2$ , соединенные в двойные цепи  $\text{Sb}_2\text{S}_4$ , аналогичные таковым в бертерите. Цепи ориентированы вдоль оси *b* (причина игольчатого развития кристаллов). Структура характеризуется двумя типами слоев, параллельных (001); расстояние между слоями не менее 3,3 Å, чем обусловлена совершенная спайность по (001). В одном типе слоев две двойные цепи  $\text{Sb}_2\text{S}_4$  связаны группами  $\text{S}_2(\text{S}-\text{S} \ 2,07 \text{ \AA})$ , в другом типе — Hg-атомами; Hg окружены 6 S по искаженному октаэдру (Hg—S 2,36, 3,10 и 3,30 Å) (Нидзеки, Бёргер)<sup>1</sup>.

$a : b : c = 3,7572 : 1 : 5,3660$ ;  $\beta = 104^\circ 10'$  (Ричмонд)<sup>2</sup>.

Формы<sup>2</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	90°00'	14°40'	$l \bar{1}01$	— 90°00'	50°40'
<i>a</i> 100	90 00	90 00	$p \bar{1}11$	— 12 49	79 42
<i>d</i> 101	90 00	59 54	$q 122$	10 27	79 37

Недостовверные формы: (11.1.0), (011), (111), ( $\bar{1}22$ ).

Кристаллы столбчатые и игольчатые, вытянутые по оси *b*.

Под микр. в отраж. св. наблюдались двойники с дв. пл.  $\perp$  удлинению<sup>3</sup>.

**Физ. Сп.** по (001) совершенная, по (100) несовершенная. Тв. 2. Уд. в. 4,81<sup>4</sup>; 5,00<sup>1</sup> (вычисл. 5,06). Цв. свинцово-серый. Черта красная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Максимальный фотоэлектрический эффект — 12 при  $\lambda = 553 \text{ м}\mu$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>5</sup>.

**Микр.** Просвечивает лишь в очень тонких шлифах<sup>3</sup>. В прох. св. темно-красный со слабым плеохроизмом и абсорбцией  $N_p > N_g$ . Опт. двуосный (—)?  $n > 3$ ; двупреломление очень высокое (Ларсен).

В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в%) для зеленых лучей 37, для оранжевых — 32,5, для красных — 30. Двуотражение слабое. Сильно анизотропен. Характерны очень сильные темно-красные внутренние рефлексы.

**Хим. Теор. состав:** Hg — 21,25; Sb — 51,59; S — 27,16.

**Анализы:**

	Fe	Hg	Pb	S	As	Sb	Сумма	Уд. в.
1.	—	22,52	—	23,73	—	53,75	100,00	—
2.	0,22	19,49	0,24	27,61	0,29	50,46	98,31	5,00

1 и 2 — Уйтсуко: 1 — среднее из двух анализов за вычетом 13—16% примесей<sup>6</sup>.  
2 — материал без примесей<sup>1</sup>.

**Диагн. исп.** В холодной  $\text{HNO}_3$  почти нерастворим, в теплой растворяется с выделением белой  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  и от KCN медленно буреет, иногда не изменяется; от KOH быстро тускнеет и желтеет; HCl,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{HgCl}_2$  не действуют.

П. п. тр. очень легко плавится с выделением белых паров.

**Наход.** Установлен лишь в Мексике: в Уитсуко — с киноварью, антимонитом и валентинитом и в Гвадалкасаре — с гипсом и серой.

**Изм.** Замещается киноварью, иногда чернеет и переходит, по-видимому, в смесь метациннабарита и  $Sb_2O_3$ .

**Искусств.** Сходное с лингвистонитом вещество было получено Вакером осторожным сплавлением  $HgS$  и  $Sb_2S_3$  в атмосфере  $CO_2$  (по Дельтеру).

**Практ. знач.** Ранее в Мексике добывался для получения ртути.

Межплоскостные расстояния лингвистонита из Мексики<sup>7</sup>

Cu-антикатоде, Ni-фильтр,  $D = 114,6$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$
1	020	4	5,14	12	340; 141	2	2,03
2	120	1	4,86	13	$\bar{1}41$	2	1,984
3	210	7	3,73	14	321; $\bar{2}40$ ; 012	3	1,875
4	130	7	3,47	15	$\bar{4}21$	3	1,840
5	0 $\bar{2}1$	1	3,27	16	$\bar{1}22$	5	1,729
6	021; $\bar{2}11$ ; $\bar{1}11$	10	2,99	17		1	1,643
7	$\bar{1}30$	1	2,86	18		2	1,501
8	140; $2\bar{2}0$	3	2,66	19		1	1,423
9	310	1	2,49	20		1	1,193
10	320; 211 240; 300	3	2,42	21		1	1,097
11	0 $\bar{4}1$ ; 330	6	2,27				

Л и т е р а т у р а

1. Niizeki N., Buerger M. J. Zs. Krist., 1957, 109, 129.
2. Richmond W. K. Am. Min., 1936, 21, No 11, 719.
3. Orsel J. Bull. Soc. fr. Min., 1928, 51, 202.
4. McAllister J. F., Ortiz D. H. U. S. Geol. Surv. Bull., 1945, No 946, 63.
5. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
6. Venable F. Chem. News, 1879, 40, 186.
7. Gorman D. H. Am. Min., 1951, 36, No 5—6, 480 (описывался как триклинный).

Бертьерит Berthierite



Назван по имени французского химика П. Бертье (Хайднгер, 1827).

**Синон.** Гайдингерит (Бертье, 1827); железно-сурьмяный блеск (Грот, 1874).

Англариит, мартурит и шазеллит Норденшельда (1848), вероятно, являются не разновидностями бертьерита, а его смесями с другими минералами.

**Характ. выдел.** Призматические, тонкоигольчатые кристаллы, зернистые и сплошные выделения.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{16}$  —  $Pnam$  или  $C_{2v}^9$  —  $Pna2_1$ ;  $a_0 = 11,44$ ;  $b_0 = 14,12$ ;  $c_0 = 3,76$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,810 : 1 : 0,2663$ ;  $Z = 4$  (Бергер для оригинала анализа 2)<sup>1</sup>.

В структуре — два типа атомов Sb, каждый из них имеет ближайшими 3S (расстояния  $Sb-S = 2,5$  Å), другие S находятся на разных расстояниях от  $Sb_I$  и от  $Sb_{II}$ . Атомы Sb и S образуют группы  $SbS_3$ , связанные двумя общими S в цепи  $SbS_2$ , параллельные оси с. Атомы Fe окружены шестью S по искаженному октаэдру; октаэдры имеют общие ребра и образуют цепи, параллельные оси с. Треугольники  $Sb_I$  имеют с октаэдрами общее ребро,  $Sb_{II}$  — лишь общие вершины<sup>2</sup>.

Ромбо-дипирамид. или ромбо-пирамид. кл. Кристаллы призматические и тонкоигольчатые; удлинены по оси с; штриховка || с.

**Физ.** Сп. параллельна удлинению (в соответствии с цепочечной структурой); возможно, что это сп. по (010). Хрупк. Тв. 2—3. Уд. в. 4,62—4,65 (вычисл. 4,68). Цв. темный стально-серый, часто пестрая побежалость. Черта буро-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый с коричневатым оттенком. Отраж. спос. (в %) || *a*: для зеленых лучей 27,5, для оранжевых — 26,5, для красных — 26,5; || *c* — соответственно 39, 34,5 и 34. Двухотражение очень характерное: || *a* — коричнево-розовый, || *b* — серо-белый, || *c* — белый. Сильно анизотропен<sup>3</sup>.

**Хим.** Теор. состав Fe — 13,06; Sb — 56,95; S — 29,99. Частично Fe замещается Mn и Zn; Sb замещается As. По спектральным данным<sup>4</sup> в чистом отобрании бертьерите установлены Cu, Pb, Ag, в бертьерите из Зопхито In — 0,01 — 0,001 %<sup>4а</sup>.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cu	0,06	—	—	—	0,25	—	—	0,13
Mn	0,31	—	—	0,22	—	—	0,31	0,18
Fe	12,61	13,43	15,13	12,85	13,07	13,03	11,50	10,60
Zn	0,24	—	—	0,28	—	—	1,02	2,74
Pb	0,94	—	0,32	—	—	—	—	0,13
S	29,28	29,46	29,61	29,70	31,51	29,74	28,83	29,13
As	сл.	—	—	—	0,25	—	—	—
Sb	55,96	56,06	55,00	56,50	54,92	56,50	56,23	56,18
H.о.	0,05	0,33	0,16	—	—	—	1,71	1,21
Сумма	99,45	99,28	100,22	99,55	100,00	99,27	99,60	100,30
Уд.в.	4,622	4,652	—	—	—	—	—	—

1 — Бая Спрне; анал. Лочка<sup>5</sup>; 2 и 3 — Хержа; 2 — анал. Лочка<sup>6</sup>; 3 — анал. Грасселли<sup>7</sup>; 4 — Марке ди Рави; анал. Форнасси<sup>8</sup>; 5 — Тромсе; анализ Кристоферсена, за вычетом 1,30% н.о.<sup>9</sup>; 6 — Белуха; анал. Яковлевская<sup>10</sup>; 7 и 8 — Зопхито; содержит следы Bi; анал. Кочеровская (*a*<sub>0</sub> 11,47; *b*<sub>0</sub> 14,14; *c*<sub>0</sub> 3,76)<sup>11</sup>; 8 — анал. Демкина<sup>4а</sup>.

**Диagn. исп.** Относительно легко растворяется в HNO<sub>3</sub> с выделением S, медленнее — в HCl, выделяя H<sub>2</sub>S.

В полир. шл. от KOH и NaOH — слабое побурение, от царской водки вскипает и медленно бурет. HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub> не действуют.

П. п. тр. легко сплавляется в слабомагнитный королек и дает налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Находж.** Сравнительно редкий гидротермальный минерал, характерный для кварцево-антимонитовых жл. Обычно ассоциируется с антимонитом и продуктами его изменения, иногда также с реальгаром, арсенопиритом, блеклыми рудами, галенитом, шеелитом. Часто наблюдается в пустотах в виде скоплений игольчатых кристаллов. Образуется при относительно пониженном содержании S в растворах<sup>12</sup>. В СССР<sup>13</sup> обнаружен в Арсикомском месторождении (Груз. ССР) в пустотах среди кварца с реальгаром, антимонитом, арсенопиритом и др., в ферберито-антимонитовом месторождении Зопхито (Груз. ССР) в виде тонкоигольчатых кристаллов в пустотах, в виде корочек на антимоните и зернистых скоплений в прожилках антимонита<sup>4а, 11</sup>; наблюдался в кварцевых жлцах с антимонитом в золоторудном Кулуджунском месторождении (Каз. ССР), в Раздольнинском сурьмяном месторождении (Красноярский край) и др. В вольфрамовом месторождении Белуха (Читинская обл.) встречен в низкотемпературных жлцах роговикового кварца в виде игольчатых кристаллов или мелкокристаллических

агрегатов в ассоциации с ферберитом<sup>10</sup>. Бертьерит встречается в различных месторождениях Румынии — Бая Сприе, Дялу Кручи и Хержа, где скопления его достигают веса более 1 кг и состоят из игольчатых кристаллов длиной до 10—15 см; наблюдается в месторождении Арань-Идка (Венгрия), около Пришибрама (Чехословакия), в Бройнсдорфе (около Фрейберга, ГДР), в Оверни (Франция), в ряде месторождений Норвегии (Тромсё и др.), в Марке-ди-Рави (Италия), в месторождении Накасе (Япония)<sup>14</sup>, встречен в различных месторождениях Корнуэлла (Англия), Перу, Чили и др.

**Изм.** При гипергенных процессах иногда замещается марказитом.

**Искусств.** Образуется при 565° из смеси FeS и Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub><sup>15</sup>.

**Отл.** По внешнему виду очень сходен с антимонитом, от которого отличается более темной окраской и реакцией на Fe. Под микр. в полпр. пл. может быть принят за антимонит, однако отличается по характерному розовато-коричневатому оттенку в сечении  $\parallel a$ , значительно слабее травится КОН. От других сходных сульфидов отличается по характерному двуотражению. Точно определяется лишь на основе порошковой граммы.

Межплоскостные расстояния бертьерита (по Харкорту)  
Cu-анткатод, Ni-фильтр

№	<i>l</i>	<i>l'</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>l</i>	<i>l'</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	6	1,0	4,30	16	6	1,0	1,760
2	9	4,0	3,62	17	4	0,5	1,690
3	6	1,0	3,35	18	4	0,5	1,660
4	9	4,0	3,15	19	?	?	1,630
5	6	1,0	3,01	20	6	1,0	1,585
6	9	4,0	2,83	21	2	0,2	1,495
7	10	5,0	2,60	22	4	0,5	1,415
8	6	1,0	2,51	23	4	0,5	1,365
9	4	0,5	2,23	24	3	0,3	1,335
10	6	1,0	2,155	25	2	0,2	1,318
11	6	1,0	2,035	26	3	0,3	1,255
12	7	2,0	1,99	27	7	1,0	1,079
13	6	1,0	1,90	28	7	1,0	1,059
14	8	2,0	1,870	29	5	0,5	1,045
15	6	1,0	1,785				

#### Л и т е р а т у р а

1. Вuerger M. J. Am. Min., 1936, 21, No 7, 442.
2. Вuerger M. J., Нahn T. Am. Min., 1955, 40, No 3—4, 226.
3. Саrdesomme L. Bull. Soc. fr. Min., 1946, 69, 39.
4. Kutina J. Bull. internation. Ceska Akad. Véd., 1951, 50, 325.
- 4а. Сахарова М. С. Геология рудных м-ий, 1959, № 2, 63.
5. Krenner J. Cbl. Min., 1928, A, 270.
6. Zsivny V., Zombory L. Math.-naturv. Anzeig. Ungar. Akad. Wiss., 1934, 51, 506 (по реферату N. Jb. Min., 1935, 1, 161).
7. Koch S. Acta Min., Petr. Szeged, 1957, 10, 51.
8. Fornaseri M. Rend. Soc. Min. Ital., 1941, 1, 59 (по Chem. Abstr., 1943, 37, 6597).
9. Carstens C. Norske Vidensk. Selsk. Förl., 1937, 10, 86 (по реферату N. Jb. Min., 1941, 1, 104).
10. Яковлевская Т. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1956, 29, 66.
11. Романова Е. М. Зап. Всес. Мин. о-ва, 1957, 86, № 4, 485.
12. Бетехтин А. Г. Изв. АН СССР, сер. геол., 1949, № 3, 7.
13. Чу х р о в Ф. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 475; Г у к о в а З. Р. Зап. Всес. Мин. о-ва, 1954, 83, № 6, 254.

14. T a t s u m i T. Miscell. Rep. Research Inst. Nat. Res., 1951, 19—21, 169 (по Рамдору, 1955).  
 15. L a n g e W., S c h l e g e l H. Zs. Metallkunde, 1951, 42, 247 (по Zbl. Min., 1952, 1, 41).

## СТРУКТУРА ТИПА ДЖЕМСОНИТА

## ГРУППА ДЖЕМСОНИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд.в.
Джемсонит	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	Монокл.	15,71	19,05	4,04	$91^\circ 48'$	5,6
[Параджемсонит]	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	Ромб.?	—	—	—	—	5,5

## Джемсонит Jamesonite



Назван по имени минералога Р. Джемсона из Эдинбурга (Хайдингер, 1825).

Синон. Халибиновый блеск (Брайтхаупт, 1832), стальной сурьмяный блеск (Брайтхаупт, 1832), перистая руда (частично), вольфсбергит (Юо, 1841), пфаффит (Юо, 1841), частично плюмозит (Хайдингер, 1845), свинцовый антимонит (Грот, 1874), комучит (Дельтер, 1926), цундерерц (Леман, 1758). Пилит (Шульце, 1895), по-видимому, представляет измененный джемсонит или его смесь с антимонитом.

Характ. выдел. Обычно игольчатые и волосовидные кристаллы, часто образующие радиально-лучистые и перистые агрегаты, также зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^5$  —  $P2_1/a$ ;  $a_0 = 15,71$ ;  $b_0 = 19,05$ ;  $c_0 = 4,04$  Å;  $\beta = 91^\circ 48'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8247 : 1 : 0,2120$ ;  $Z = 2$  (Бери, 1940)<sup>1</sup>.

Структура (Нидзеки, Бёргер)<sup>1</sup>: 3 атома S расположены на расстоянии 2,5 Å от атомов Sb трех типов; группы  $SbS_3$  образуют тригональные пирамиды. Эти группы ориентированы  $\parallel [120]$ , связаны общими вершинами в группы  $Sb_3S_7$ , которые, в свою очередь, образуют слабо связанные группы  $Sb_6S_{14}$ . Атомы Fe и два типа атомов Pb располагаются в группах  $Sb_6S_{14}$  между атомами S и связывают между собой  $Sb-S$  группы. Атомы Fe окружены шестью S по искаженному октаэдру, атомы Pb имеют 7 или 8 ближайших S. В отличие от других сложных сульфидов, дающих игольчатые кристаллы (ливингстонита, бертьерита и др.), в структуре джемсонита нет четко выраженных цепей или слоев, параллельных оси удлинения, а наиболее сильны связи, параллельные (001), — соответственно наиболее выражена спайность по (001).

Призмат. кл.;  $a : b : c = 0,8316 : 1 : 0,2130$ ;  $\beta = 91^\circ 24'$  (Дана, 1944 на основе измерений Славика<sup>2</sup>).

Достоверные формы<sup>2</sup>:

	φ	ρ		φ	ρ		
c	001	$90^\circ 00'$	$1^\circ 24''$	d	$\bar{2}01$	$-90^\circ 00'$	$26^\circ 02'$
b	010	0 00	90 00	t	111	52 48	19 24
a	100	90 00	90 00	o	221	51 34	34 25
n	120	31 02	90 00	r	$\bar{1}11$	-47 26	17 28
m	110	50 16	90 00	v	$\bar{1}31$	-49 56	34 12
l	210	67 26	90 00	z	352	-34 03	32 44
f	011	6 33	12 06	s	$\bar{2}31$	-37 22	38 48
e	021	3 17	23 06	q	$\bar{2}11$	-66 25	28 02

$mm(110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 79^\circ 28'$	$me(110) : (001) = 88^\circ 55'$	$ee(021) : (0\bar{2}1) = 46^\circ 08'$
$np(120) : (\bar{1}20) = 62^\circ 04'$	$dm(201) : (110) = 70^\circ 28'$	$tc(111) : (001) = 18^\circ 19'$
$ll(210) : (\bar{2}\bar{1}0) = 45^\circ 08'$	$em(021) : (110) = 74^\circ 15'$	

Отношение осей Славика  $a : b : c = 0,8316 : 1 : 0,4260$  отличается в 2 раза большим значением  $c$ . Формула перехода от установки Славика к установке Берри-Дана  $100/010/00^{1/2}$ .

Кристаллы игольчатые, вытянутые по оси  $c$ , с сильно развитой вертикальной штриховкой. Дв. по (100).

Физ. Сп. по (001) и менее ясная — по (110) и (010). Изл. неровный, Хрупок. Тв. 2—3. Уд. в. 5,5—6,0 (вычисл. 5,6). Цв. свинцово-серый, иногда пестрая побегалость. Черта темно-серая или серовато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Максимальный фотоэлектрический эффект  $+3$  при  $\lambda = 650$  м $\mu$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>3</sup>. Обладает детекторными свойствами.

Микр. В поляр. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 39, для оранжевых — 32, для красных — 29,5. Двуотражение отчетливое:  $\parallel c$  — белый со слабым зеленовато-желтым оттенком,  $\perp c$  — белый с серовато-зеленым оттенком; в иммерсии эти эффекты заметнее. Сильно анизотропен. Внутренние рефлексы красного цвета наблюдаются только в иммерсии.

Хим. Состав не всегда точно отвечает формуле. Теор. состав: Pb — 40,16; Fe — 2,71; Sb — 35,39; S — 21,74. Содержание Fe иногда достигает 10%; из примесей чаще всего присутствуют Cu, Zn, Ag.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	0,22	—	3,45	0,05
Ag	0,13	—	1,34	—
Mn	—	—	—	0,03
Fe	2,79	3,63	2,00	5,74
Zn	—	0,42	0,62	—
Pb	40,08	39,97	39,05	39,25
Bi	—	1,06	—	—
As	—	—	0,20	—
Sb	34,70	32,62	32,00	33,24
S	21,37	21,78	21,75	21,60
Н.о.	—	—	—	0,32
Сумма	99,29	99,48	100,41	100,23
Уд.в.	5,546	—	5,54	—

1 — Серро-де-Убина (Боливия); анал. Прайор<sup>7</sup>;  
2 — Валенсия д'Алькантара (Испания); анал. Шафгоч<sup>8</sup>; 3 — Аргентина; анал. Зиверт<sup>9</sup>; 4 — Дубрава (Чехословакия); анал. Матерний<sup>10</sup>.

(См. также анализы джемсонита из Нагольного кряжа<sup>4</sup>, с Урала<sup>5</sup> и из Дарасуна<sup>6</sup> (неполные или вышолненные на загрязненном материале)).

Диагн. исп. Легко разлагается  $HNO_3$  с выделением  $Sb_2O_3$  и  $PbSO_4$ . Растворяется в горячей  $HCl$ , при охлаждении выпадает  $PbCl_2$ .

В поляр. шл. от  $HNO_3$  травится без вскипания, реже со вскипанием; КОН действует очень медленно.  $KCN$ ,  $HCl$ ,  $FeCl_3$  не действуют.

П. п. тр. на угле плавится и почти нацело улетучивается, образуя налеты  $PbO$  и  $Sb_2O_3$ ; с содой дает королек Pb, в откр. тр. — сернистые пары и белый налет  $Sb_2O_3$ , в закр. тр. растрескивается и плавится. дает налет S и  $Sb_2S_3$ .

**Находж.** Джемсонит относится к числу распространенных минералов, но месторождения, в которых он является главным минералом, крайне редки. Наиболее часто встречается как второстепенный или редкий минерал в свинцово-цинковых месторождениях, образовавшихся в интервале от средних до низких температур. Характерными спутниками джемсонита являются пирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, буланжерит, некоторые другие сульфиды сложного состава, различные карбонаты.

В СССР в значительных количествах джемсонит встречен в рудах Запоровского месторождения (Читинская обл.). Кроме того, известен в Смирновском, Ивановском, Екатерино-Благodatском и других свинцово-цинковых месторождениях и в Дарасунском золоторудном месторождении (Читинская обл.), в Ляганском месторождении (Тадж. ССР), в некоторых свинцово-цинковых месторождениях Рудного Алтая<sup>11</sup>, Приморского края и других рудных районов<sup>6</sup>.

К числу главных минералов джемсонит относится в месторождениях Цимапан (Мексика) и Энделшон в Корнуэлле (Англия). Установлен также в рудах Андреасберга (ФРГ), Фрейберга и Мариенберга (ГДР), Пршибрама (Чехословакия), Оруро (Боливия) и др.

Изм. При окислении джемсонита образуются биндгеймит, англезит, церуссит, валентинит, сенармонтит.

**Отл.** Джемсонит макро- и микроскопически трудно отличить от сходных с ним буланжерита и менегинита. В полир. пл. последние имеют несколько меньшее двуотражение, их цветной эффект при скрещенных николях менее яркий. Для точного определения джемсонита и отличия его от сходных минералов необходимы химические или рентгенометрические данные.

Межплоскостные расстояния джемсонита<sup>1</sup>  
Fe-антикатод,  $D = 57,3$  мм

№	$I$	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$	№	$I$	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	$\frac{d_{\beta}}{n}$
1	0,5	4,039	3,662	10	0,5	2,168	1,965
2	1	3,748	3,398	11	0,5	2,409	1,912
3	6	3,615	3,276	12	1	2,042	1,851
4	0,5	3,074	2,787	13	4	2,014	1,825
5	0,5	2,926	2,652	14	3	1,899	1,722
6	3	2,798	2,536	15	2	1,851	1,677
7	4	2,708	2,455	16	3	1,826	1,655
8	3	2,278	2,065	17	1	1,714	1,554
9	3	2,227	2,019				

#### Л и т е р а т у р а

1. Berry L. G. Min. Mag., 1940, 25, 597. Сходные данные получены Ниизеки и Бёргером, изучившими структуру джемсонита: Niizeki N., Buegger M. J. Zs. Krist., 1957, 109, 101.
2. Slavik F. Cbl. Min., 1914, 7; Zsivny V., Nagy-Szabó I. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1947, 27, Nr 1, 184.
3. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
4. Юшко С. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1948, 23, 207.
5. Покровский П. В. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 288.
6. Радкевич Е. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 453.
7. Spencer L. J. Min. Mag., 1907, 14, 308.
8. Schaffgotsch F. Ann. Phys., 1836, 38, 403.
9. Stelzner A. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1873, 248.
10. Matherly M. Geol. sborn. Slovenska. Akad. Vied., 1956, 7, č. 3—4, 268.
11. Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Уз. ССР, 1957, 1, 327.

Параджемсонит *Parajamesonite*

Назван по сходству состава с составом джемсонита (Живци, Нарай-Сабо, 1947) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Плоские, удлиненные, мелкие кристаллики, взаимно параллельные или образующие лучистые скопления.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. или более низкой с. Поперечные сечения кристаллов имеют вид ромба или вытянутого шестугольника.

**Физ.** Сп. не наблюдалась. Уд. в. 5,479—5,485. Цв. в свежем изломе светло-серый.

**Хим.** Состав отвечает составу джемсонита. Теор. состав: Pb — 40,33; Fe — 2,72; Sb — 35,10; S — 21,85. Состав минерала из Хержи Fe — 2,98; Pb — 39,81, Sb — 34,74, S — 24,96; н. о. — 0,13; сумма — 99,62.

**Нахожд.** Наблюдался в небольшом количестве в месторождении Хержа (Кюзбая) в Румынии со сфалеритом, галенитом, пирротином, халькопиритом, блеклой рудой и с ближе не определенным рудным минералом; блеклая руда в сравнении с параджемсонитом является более поздней.

**Отл.** От джемсонита отличается по порошкограмме.

Межплоскостные расстояния параджемсонита <sup>1</sup>Fe-антикатод,  $D = 57,3$  мм

№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	3	4,651	4,216	7	1	2,642	2,395
2	9	4,203	3,810	8	2	2,483	2,251
3	5	3,777	3,424	9	2	2,295	2,081
4	4	3,276	2,970	10	2	2,020	1,831
5	1	3,004	2,720	11	1	1,948	1,739
6	1	2,731	2,476	12	1	1,843	1,670

## Л и т е р а т у р а

1. Zsivny V., N á r a y - S z a b ò I. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1947, 27, Nr 1, 183.

## СТРУКТУРА ТИПА ГАЛЕНОВИСМУТИТА

## ГРУППА ГАЛЕНОВИСМУТИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.	
Галенобисмутит	PbBi <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	Ромб.	11,67	14,50	4,08	7,18
[Бончевит]	PbBi <sub>4</sub> S <sub>7</sub>	Ромб.	—	—	—	6,92

Галенобисмутит *Galenobismutite*

Назван по составу (Шёгрэн, 1878).

**Синон.** Галеновисмутит, свинцово-висмутовый блеск (Грот, 1882), бисмутоплагионит (Шенон, 1920) <sup>1,2</sup>. Часть лиллианита оказалась графическим прорастанием галенобисмутита галенитом <sup>3</sup>.

**Разнов.** Вейбуллит.



**Характ. выдел.** Игольчатые, столбчатые и пластинчатые кристаллы, лучистые сростки, плотные и волокнистые массы.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{16} - Pnam$  (или  $C_{2v}^9 - Pna2_1$ );  $a_0 = 14,67$ ;  $b_0 = 14,50$ ;  $c_0 = 4,084 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8106 : 1 : 0,2817$ ;  $Z = 4$  (Викман, для кристаллов с о-ва Вулкано)<sup>4</sup>.

Атомы Pb располагаются в центрах незначительно деформированных октаэдров, в вершинах которых находятся атомы S. Окружение атомов Bi более сложно, но 6 ближайших атомов S образуют вокруг Bi тригональную призму. Если в структуре антимонита вдоль направления вытянутости легко выделяются цепочки из атомов, то в галенобисмутите одни и те же атомы S участвуют в строении разных цепочек.

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,8050 : 1 : 0,2828$  (Вольфе)<sup>5</sup>.

Главные формы<sup>5</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$a$ 100	90°09'	90°00'	$\omega$ 011	0°00'	15°47'
$h$ 140	17 15	90 00	$x$ 031	0 00	40 19
$m$ 110	51 10	90 00	$d$ 201	90 00	35 06
$Q$ 210	68 04	90 00	$p$ 111	51 10	24 17
$S$ 410	78 37	90 00	$g$ 211	68 04	37 08
$y$ 810	84 15	90 00			

$dd$  (201) : ( $\bar{2}01$ ) = 70°11'

$\omega\omega$  (011) : ( $\bar{0}11$ ) = 31 35

$xx$  (031) : ( $\bar{0}31$ ) = 80 37

$yy$  (810) : ( $\bar{8}10$ ) = 11 30

$SS$  (410) : ( $\bar{4}10$ ) = 22°45'

$QQ$  (210) : ( $\bar{2}10$ ) = 43 51

$mm$  (110) : ( $\bar{1}10$ ) = 77 40

$hh$  (140) : ( $\bar{1}40$ ) = 34 30

$pa$  (111) : (100) = 71°20'

$pb$  (111) : (010) = 75 03

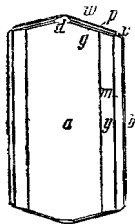
$ga$  (211) : (100) = 55 56

$gb$  (211) : (010) = 76 59

Формы, нуждающиеся в подтверждении:

$c$ 001	$i$ 130	$l$ 560	$P$ 320	$u$ 510	$Y$ 15.2.0	$e$ 232
$b$ 010	$j$ 120	$O$ 430	$R$ 310	$v$ 11.2.0.	$Z$ 16.1.0	$G$ 311
$o$ 190	$k$ 230	$N$ 750	$T$ 920	$w$ 610	$f$ 121	

Кристаллы редко хорошо образованы, призматические, пластинчатые по (100) (фиг. 310) и игольчатые по оси  $c$ , обычно искривлены или скручены. Грани главной зоны часто истрихованы.



Фиг. 310. Кристалл галенобисмутита (Вулкано, Италия) По Вольфе

**Физ.** Сп. по (110) хорошая. Слегка гибок. Изл. ровный. Тв.  $2\frac{1}{2} - 3\frac{1}{2}$ . Уд. в. 7,04 (вычисл. 7,18). Цв. оловянно-белый до светло-серого, иногда желтая или пестрая побежалость. Черта серовато-черная, блестящая. Бл. сильный металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. почти такая же, как у галенита, в некоторых сечениях выше. Двухотражение сильное, с иммерсией кремово-белый в положении просветления и голубовато-серый в положении затемнения.

Отчетливо анизотропен без заметного цветного эффекта.

Часто образует графические прорастания с галенитом, а также скелетные сростания с висмутином.

**Хим. Теор. состав:** Pb—27,50; Bi—55,48; S—17,02. В небольших количествах содержит Sb и Se, замещающие изоморфно Bi и S. Иногда содержит Au.

**Анализы:**

	1	2	3	4
Pb	27,41	23,93	30,5	33,02
Cu	—	1,73	—	—
Fe	—	0,39	1,5	—
Bi	55,35	53,59	51,0	46,83
Sb	—	2,56	—	3,05
S	16,99	[17,80]	16,4	[17,10]
Сумма	99,75	100,00	99,4	100,00

1—Р-к Ко; анал. Поханссон<sup>6</sup>; 2—Бельсазар<sup>7</sup>; 3—Карибу; анал. Джонсон<sup>8</sup>; содержал небольшую примесь козалинта и, возможно, пирита; 4—„бисмутоплагонит“; Уикс<sup>1</sup>; пересчет после вычитания 18,8% н.о. и 1,25% FeS<sub>2</sub>.

**Диагн. исп.** Легко растворим в дымящей HNO<sub>3</sub>; в HCl растворяется с трудом.

В полпр. шл. от HNO<sub>3</sub> вскипает, травится, оставляя желтый осадок, от FeCl<sub>3</sub> иногда желтеет, от HCl становится темно-серым до черного или дает бурые пленки<sup>8</sup>. KCN, KOH, HgCl<sub>2</sub> не действуют.

П. н. тр. на угле легко плавится с образованием королька Pb и налетов окислов Pb и Bi. С KJ + S дает красный налет BiJ<sub>3</sub>.

**Нахожд.** Редок, но, по-видимому, более распространен, чем принято считать. Известен в некоторых рудоносных скарнах, в золоторудных кварцевых жилах с различными сульфидами Bi, Pb, Zn, Ag и самородным висмутом, в кварцевых жилах с теллуридами Ag и самородным золотом, в фумарольных отложениях.

Галенобисмутит установлен среди скарнов со свинцово-цинковым оруденением в Кармазаре (Тадж. ССР)<sup>9</sup>. В тремолитовых породах в р-ке Ко (Вермланд, Швеция) ассоциируется с висмутином, иногда содержит включения золота. В кварцевых золоторудных жилах с анкеритом, висмутином, самородным висмутом, тетраэдритом, пирротинном, ширитом, сфалеритом, галенитом, гематитом галенобисмутит встречается в месторождении Лебедином в Якутской АССР<sup>10</sup>; установлен также в золоторудном месторождении Карибу (Канада). Кроме того, наблюдался в Уикс (шт. Монтана), в Бельсазар (шт. Айдахо, США), в р-ках Галлофа и Серро-Кондорнацо (Боливия) и др.

**Изм.** В некоторых случаях в полпр. шл. наблюдаются структуры, свидетельствующие о разложении галенобисмутита с выделением самородного висмута и сульфидов Pb и Bi. Продукты гипергенного изменения галенобисмутита — бисмит, бисмутит и другие минералы.

**Искусств.** Наблюдался при изучении системы Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>—PbS<sup>11</sup>.

**Практ. знач.** При наличии крупных скоплений может служить для получения висмута.

**Отл.** От козалинта отличается хорошей спайностью, в полпр. шл.—более ясной анизотропией и двуотражением. Трудно отличим от висмутина. Для точной диагностики нужны порошкограмма или химический анализ.

Межплоскостные расстояния галенобисмутита из р-ка  
КосСи-антикатод,  $D = 57,3$  мм

№	$hkl$	$I^*$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	040;	4	3,67	13	511	3	2,02
2	140; 320	10	3,47	14	441; 112; 261; 521	7	1,975
3	124; 201	1	3,39	15	212	3	1,905
4	211	3	3,25	16	531; 460	6	1,882
5	330; 131	7	3,03	17	232; 042	7	1,772
6	311	4	2,79	18	640	3	1,729
7	420; 340	3	2,66	19	242; 461; 470	3	1,699
8	241	7	2,47	20	740; 442; 721; 651	3	1,510
9	401	6	2,38	21	291; 571; 0.10.0	6	1,451
10	260	3	2,26	22	2.10.0	6	1,445
11	251	3	2,19	23	801; 811	6	1,378
12	360	7	2,06				

\* Семibalльная шкала Берри переведена условно на десятибалльную:  
 $rrs = 10$ ,  $rs = 8$ ,  $s = 7$ ,  $m = 6$ ,  $w = 4$ ,  $rw = 3$ ,  $rrw = 1$ .

**Разнов.** Вейбуллит — weibullite (селеновый галенобисмутит, селено-свинцовый висмутовый блеск) — Se-содержащий галенобисмутит<sup>6</sup> (от 5,20 до 14,03% Se, изоморфно замещающего S). (Вейбулл, 1885; (Флинк, 1919)<sup>12,13</sup>). Образует призматические кристаллы, плотные, волокнистые или листоватые агрегаты. Сп. хорошая в направлении удлинения. Хрупок. Тв. 2—3. Уд. в. 6,97—7,145. Цв. стально-серый. Черта темно-серая. Бл. металлический. Непрозрачен. В полир. пл. похож на галенобисмутит. Часто образует тонкие сростания с козалитом, висмутином, гуанахуатитом<sup>14</sup>.

Ряд химических анализов селенсодержащего галенобисмутита является анализами смесей.

При прокаливании в пламени паяльной трубки — характерный запах.

Встречен с самородным золотом, халькоширитом, самородным висмутом, шпротинном и кварцем в тремолитовой породе в Фалуне (Швеция).

Анализы вейбуллита из м-ция Фалун:

	1	2	3	4	5
Pb	23,65	25,70	25,90	27,88	25,37
Ag	—	—	—	0,33	—
Cu	0,46	0,26	—	—	—
Fe	0,21	0,21	0,25	—	—
Zn	0,17	0,19	—	—	—
Bi	54,67	52,55	53,99	49,88	51,24
S	14,05	12,28	14,28	9,75	9,36
Se	6,77	8,59	5,20	12,43	14,03
H.о.		0,06	0,23	—	—
Сумма	99,98	99,84	99,85	100,27	100,00
Уд.в.		7,10	7,19	7,145	6,97

1—3 — по данным Йоханссона<sup>6</sup>; 4—5 — по данным Генга<sup>15</sup>;  
 4 — среднее из пяти анализов; 5 — пересчет анализа за вычетом около 1,5% примеси халькоширита.

## Л и т е р а т у р а

1. Шапнов Е. В. Am. J. Sci., 1920, 49, 166; U. S. Nat. Mus. Proc., 1920, 58, 589.
2. Дана, 1944, I, 565 — по личному сообщению Вольфа; рентгенограмма идентична рентгенограмме галенобисмутита.
3. Berry L. G. Am. Min., 1940, 25, No 11, 726.
4. Wickman F. E. Ark. Min., Geol., 1952, 1, H. 3—4, nr 9, 219.
5. Wolfe C. W. Am. Min., 1938, 23, No 11, 790.
6. Wickman F. E. Geol. För. Förh., 1948, 70, 487.
7. Шапнов Е. В., Washington H. S. Washington Acad. Sci. J., 1921, 11, 298.
8. Warren H. V., Davis P. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 107.
9. Карпова Е. Д. Зап. Мин. о-ва, 1946, 75, № 3, 223.
10. Фасталович А. И., Петровская Н. В. Советская геология, 1940, № 2—3, 59.
11. Schenck R., Hoffmann L., Knipper W., Vögler H. Zs. anorg., allg. Chem., 1939, 240, 173.
12. Weibull M. Geol. För. Förh., 1885, 7, 657.
13. Flink G. Ark. Kemi, Min., Geol., 1910, 3, No 35, 4.
14. Реасок М. А., Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 68.
15. Genth F. A. Zs. Krist., 1885, 12, 487.

Бончевит *Bonchevite*

Назван по имени болгарского минералога и петрографа Г. Бончева (Костов, 1958)<sup>1</sup>

Характ. выдел. Кристаллы и агрегаты.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.;  $a : b : c = 0,9004 : 1 : 0,3249$ .

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$b\ 010$	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$m\ 110$	$48^\circ 00'$	$90^\circ 00'$
$a\ 100$	$90\ 00$	$90\ 00$	$e\ 011$	$0\ 00$	$18\ 00$

Кристаллы длиннопризматические и игольчатые. На  $m(110)$  вертикальная штриховка.

Физ. Сп. по (100) совершенная. Очень хрупок. Изл. неровный или полураковистый. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,92. Цв. свинцово-серый до стально-серого. Бл. металлический.

## Межплоскостные расстояния бончевита

Cu-антикатоде, Ni-фильтр

№	$l$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$l$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$l$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	2	5,42	13	1	2,46	25	1	1,536
2	2	4,93	14	1	2,30	26	3	1,478
3	1	4,16	15	4	2,23	27	3	1,440
4	2	3,87	16	2	2,10	28	2	1,389
5	2	3,70	17	3	1,984	29	2	1,350
6	10	3,50	18	8	1,939	30	4	1,309
7	1	3,18	19	1	1,855	31	1	1,250
8	8	3,08	20	1	1,846	32	1	1,218
9	6	2,78	21	1	1,778	33	4	1,142
10	1	2,69	22	6	1,733	34	1	1,103
11	1	2,63	23	1	1,685			
12	5	2,50	24	3	1,604			

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. слабое двуотражение. Заметно анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 16,35; Bi — 65,95; S — 17,70. Состав бончевита (анал. Йорданов): Cu — 0,85; Pb — 15,50; Bi — 66,62; S — 16,71; сумма — 99,68.

По данным спектрального и микрохимического анализов, содержит также Ag, Zn, Cd, Sb, Te.

**Нахожд.** Встречен в Родопских горах (Болгария) в кварцевой жиле, секущей гнейсы и амфиболиты и содержащей шеелит, пирит, а также немного сфалерита и молибденита.

#### Л и т е р а т у р а

1. Kostov J. Min. Mag., 1958, 31, No 241, 821.

### СТРУКТУРА ТИПА ШАНДИТА

#### ГРУППА ШАНДИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Шандит	$Ni_3Pb_2S_2$	Триг.	11,15	—	13,66	—
[Паркерит]	$Ni_3Bi_2S_2$	Ромб.	4,03	5,53	5,73	8,5

### Шандит Shandite



Назван по имени американского минералога С. Шанда (Рамдор, 1949)<sup>1</sup>.  
Синон. Свинцовый паркерит (Преед, 1944).

**Характ. выдел.** Образует мелкие ориентированные включения в сфалерите и сростания с хизлевудитом.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с., псевдокубический;  $a_{rh} = 7,89 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $Z = 4$  (Кормэк)<sup>3</sup>;  $a_h = 11,151$ ;  $c_h = 13,66 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 1,225$ ;  $Z = 12$  (Пикок)<sup>4,5</sup>.

Одни атомы  $Pb_I$  окружены шестью Ni, расположенным в виде двух почти равносторонних треугольников, другие —  $Pb_{II}$  находятся в центрах гексагональных дипирамид, образованных 6Ni и 2S. Атомы S окружены 3Ni и 1  $Pb_{II}$  по искаженному тетраэдру (фиг. 341).

**Физ. Сп.** по ромбоэдру совершенная (как у хизлевудита). Тв. 4. Уд. в. (вычисл.) 8,85. Бл. металлический. Магнитен<sup>6</sup>.

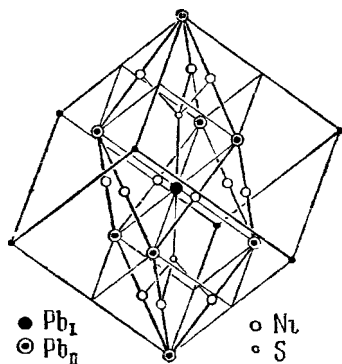
**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый со слабым кремовым оттенком. Сильные двуотражение и анизотропия.

**Хим.** Анализ нет. Теор. состав: Ni — 26,89; Pb — 63,31; S — 9,80.

Установлен изоморфизм с  $Ni_3Pb_2Se_2$ <sup>6</sup> и с  $Ni_3Bi_2S_2$ <sup>2</sup>.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавления 792°.

**Нахожд.** Редок. Известен только в месторождении Трайел-Харбор (Тасмания), где встречается в магнетит- и хромитсодержащем серпентините с пентландитом, хизлевудитом, значительно реже со сфалеритом и изредка с аваритом. Более поздним



Фиг. 341. Структура шандита<sup>5</sup> (примитивная ромбоэдрическая ячейка)

минералом в той же ассоциации является миллерит. Отмечается замещение шандита хизлеводитом или его более раннее выделение в сравнении с последним. В зернах шандита обнаруживаются ориентированные включения сфалерита.

**Искусств.** Получен сплавлением порошка Pb, Ni и S в вапаянной кварцевой трубке<sup>5</sup>.

**Отл.** Характерен парагенезис; от других никелевых минералов в полир, пл. отличается более сильной анизотропией и ясным двуотражением.

Межплоскостные расстояния шандита  
из Трайел-Харбора<sup>5</sup>

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D = 57,3$  мм

№	<i>hkl</i> *	<i>I</i>	$\frac{d_a}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_a}{n}$
1		2	7,12	17	044	5	1,391
2	111	3	4,54	18	006; 244	4	1,311
3	002	9	3,94	19	026	4	1,243
4		1	3,68	20	226	6	1,189
5		1	3,44	21	444	2	1,136
6		1	3,11	22	046	2	1,089
7	022	10	2,78	23	246	4	1,051
8		2	2,51	24	137; 355	1	1,023
9	113	2	2,37	25	008	1	0,982
10	222	8	2,27	26	028; 446	3	0,955
11	004	7	1,971	27	228; 066	2	0,927
12		1	1,916	28	266	1	0,903
13		1	1,816	29	048	3	0,879
14		6	1,760	30	248	1	0,858
15		1	1,668	31	466	1	0,841
16	224	8	1,611	32	448	3	0,806

\* Индексы приведены для псевдокубической ячейки с  $a_0 = 7,89$  Å.

Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P. Sitzungsber. Deutsch. Akad. Wiss., Berlin, Math.-natur. Kl., 1949, Nr 6, 14.
2. Preez J. W. Ann. Univ. Stellenbosch, 1944, 22, Sect. A, 94.
3. Cornsack A. M. Trans. a. proc. Geol. Soc. South Africa, 1943 (1947), 50, 17.
4. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 51, 59.
5. Peacock M. A., McAndrew J. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 425.
6. Hiller J. E. N. Jb. Min., 1951, Monatsh., H. 11, 265; Fortschr. Min., 1955, 33, H. 2, 155.

Паркерит Parkerite



Назван по имени швейцарского минералога Р. Л. Паркера (Шольц, 1936)<sup>1</sup>.  
Синон. Висмутовый паркерит (Преэц, 1944)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** Зерна или несовершенные кристаллы.

**Структ. и морф.** крист. Ромб. с. Вероятно,  $C_{2v}^1 - Pmm2$ ;  $a_0 = 4,03$ ;  $b_0 = 5,53$ ;  $c_0 = 5,73$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,7283 : 1 : 1,0362$ ;  $Z = 1$  (Майцнер, Пикок)<sup>3</sup>.

Ромбо-пирамид. кл. Таблитчатый по (001). На осколках кристаллов по спайности (001) видны штриховка, ступенчатость  $\llbracket 110 \rrbracket$  и следы от двойников. Для (111)  $\rho = 60^\circ 24'$ . Преобладают пластинчатые дв. по (111) с углом между  $[110]$  и  $[\bar{1}\bar{1}0]$ , равным  $72^\circ 08'$ .

Физ. Сп. по (001) совершенная. Отдельность по (111). Изл. неровный. Тв. 3. Уд. в. 8,4 (вычисл. 8,50). Хрупок. Цв. яркий бронзовый с более темными участками. Черта черная, блестящая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества. Немагнитен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светло-кремовый. Отраж. спос. ~45%. Двукратное отражение яркое. Сильно анизотропен. При скрещенных николях видны пластинчатые двойники.

Хим. Теор. состав: Ni — 26,75; Bi — 63,51; S — 9,74. Состав паркерита из Садбери (микроанализ Вагнера)<sup>8</sup>: Ni — 26,8; Bi — 63,6; S — 9,2; Pb — следы; сумма — 99,6.

В паркерите из Садбери количественным спектральным анализом установлено  $1,5 \pm 0,1\%$  Pb<sup>4</sup>. Доказано существование ряда Ni<sub>3</sub>Bi<sub>2</sub>S<sub>2</sub>—Ni<sub>3</sub>Pb<sub>2</sub>S<sub>2</sub><sup>5</sup>.

Диагн. исп. Растворяется в конц. HNO<sub>3</sub>; в HCl не растворяется.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> и от FeCl<sub>3</sub> моментально чернеет, от HgCl<sub>2</sub> — радужные пятна. HCl, KCN, KOH не действуют.

Повед. при нагр. Плавится при 688°<sup>2</sup>.

Наход. Редок. Был найден в Грикваленде и Поцдоленде (Южно-Африк. Союз) в сопровождении магнетита, кльменита, сперрилита, пирита, бравоита, валлериита, никелина, миллерита, халькозина, ковеллина и пигглиита. В медно-никелевом месторождении Садбери в Онтарио (Канада) обнаружен в виде прожилков в краевых частях рудного тела в ассоциации с галенитом, самородным висмутом, висмутином, тетрадимитом, гесситом,

#### Межплоскостные расстояния паркерита из Садбери<sup>8</sup>

Си-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	001	4	5,8	21	104; 213	3	1,345
2	100; 011	7	4,01	22	033	0,5	1,324
3	101	1	3,29	23	311; 024	2	1,270
4	002; 111	10	2,85	24	302; 124	5	1,211
5	012	1	2,56	25	312	1	1,186
6	102	9	2,33	26	141	2	1,165
7	120	4	2,28	27	214	1	1,140
8	112	0,5	2,15	28	015	0,5	1,119
9	121	0,5	2,12	29	115	4	1,078
10	200	5	2,02	30	215; 304	2	0,978
11	022	5	1,984	31	420; 135	1	0,944
12	201	0,5	1,897	32	106	0,5	0,927
13	013	6	1,802	33	324	0,5	0,923
14	122	2	1,782	34	116	0,5	0,913
15	103	0,5	1,723	35	026	1	0,901
16	113; 202	7	1,645	36	126; 413	0,5	0,879
17	131	0,5	1,611	37	235; 054; 342	0,5	0,874
18	004	4	1,431	38	206; 315	0,5	0,861
19	222	5	1,415	39	226; 404	2	0,823
20	014; 203	0,5	1,385				

пубанитом, маухеритом, никелином, сперрилитом, золотом, реже ассоциируется с халькопиритом, пирротинном и пентландитом.

Отл. От хизлевудита и шандита отличается по порошкограмме.

### Л и т е р а т у р а

1. Scholtz D. L. Trans. Geol. Soc. South Africa, 1937 (1936), 39, 81, 186 (описание паркерита из Южной Африки; ошибочно дана формула  $Ni_2S_3$ ).
2. Preez J. W. Ann. Univ. Stellenbosch, 1944, 22, Sect. A, 94 (термическое изучение паркерита и шандита).
3. Michener C. E., Peacock M. A. Am. Min., 1943, 28, No 6, 343 (характеристика паркерита из Канады).
4. Peacock M. A., McAndrew J. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 435.
5. Coomask A. M. Trans. a. proc. Geol. Soc. South Africa, 1948 (1947), 50, 17.

### ГРУППА БОРНИТА

Борнит  $Cu_5FeS_4$  Ромб. с.  $a_0$  21,94  $b_0$  21,94  $c_0$  10,97 Уд. в. 5,1

### Борнит Bornite



Назван по имени австрийского минералога И. Борна (Хайдингер, 1845).

**Синон.** Пестрая медная руда, синяя медная руда, пурпурная медная руда, бурая медная руда, фиолетовая медная руда, павлинья руда, пестрый медный колчедан (Вернер, 1796), филлипсит (Бедан, 1832), пойкилит (Брайтхаупт, 1849), пойкилопирит (Глокер, 1839), эрубесцит (Дана, 1850), халькомиклит (Бломстранд, 1870).

**Характ. выдел.** Сплошные массы или зерна неправильной формы; кристаллы очень редки.

**Структ. и морф. крист.** Установлены две природные низкотемпературные модификации, наблюдавшиеся совместно (Донэй и др.)<sup>1</sup>. 1) Ромб. с., псевдокубическая;  $a_0 = 21,94$ ;  $b_0 = 21,94$ ;  $c_0 = 10,97$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1 : 1 : 0,5$ ;  $Z = 32$  (Фрю)<sup>1</sup>. 2) Куб. с.  $O_h^7 - Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 21,94$  Å (Донэй и др.). Кроме того, известны искусств. кубические модификации: низкотемпературная,  $a_0 = 32,8$  Å (Танелл и Эдэмс)<sup>2</sup> и высокотемпературная,  $O_h^7 - Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 10,97$  Å (Фрю).

В структурном отношении модификации различаются степенью упорядоченности решетки. Кубическая модификация имеет неупорядоченную структуру, ромбическая — упорядоченную. Структура близка к структуре шпинели с плотнейшей упаковкой из атомов S, с атомами Fe в тетраэдрах и несколько неопределенным расположением атомов Cu<sup>2</sup>.

Кристаллы кубического, додекаэдрического, реже октаэдрического облика. Наблюдавшиеся формы (в кубической установке):  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $\beta(322)$ ,  $n(211)$ ,  $\sigma(533)$ . Дв. по  $o(111)$ .

**Физ. Сп.** по (111) выражена очень слабо. Изл. мелкокоракловитый. Хрупок. Тв. 3. Уд. в. 4,9—5,3 (вычисл. 5,05). Цв. на свежем изломе темный медно-красный; на несвежем изломе обычна яркая пестрая побежалость. Черта серовато-черная. Бл. полуметаллический. Непрозрачен.

Уд. электр. сопротивление порядка  $10^{-1} - 10^{-2}$  (Берч и др.). При нагревании оно существенно меняется. Парамагнитен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. в свежем состоянии розовато-коричневый, на воздухе очень быстро становится более темным, с фиолетовым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 18,5, для оранжевых — 19, для красных — 21. Измерения с фотоэлементом дают для оранжевых и красных лучей соответственно 26,3 и 27,4. Двуотражение у слабоанизотро-



тропных разностей едва заметно с иммерсией. Изотропен, иногда очень слабо анизотропен (только в свежеотполированном шлифе).

Характерны пластинчатые, решетчатые и другие структуры срастания с халькопиритом как результат распада при охлаждении твердых растворов халькопирита в борните<sup>3</sup>. Часто в борните обнаруживаются закономерно ориентированные включения халькопирита, расположенные параллельно (100), реже параллельно (111) и (332)<sup>4</sup>. Очень характерны графические срастания борнита с халькозином. Нередко также отмечают мельчайшие включения, которые могут принадлежать реннериту, виттихениту и ближе не определенному минералу («оранжборниту» по Орселю и Плаза)<sup>5</sup>; последний несколько светлее борнита, заметно двуотражает, сильно анизотропен, не травится  $\text{HNO}_3$  и характеризуется наличием двойниковых пластинок.

Хим. Теор. состав из формулы  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ : Cu—63,33; Fe—11,12; S—25,55. Наблюдаются существенные колебания состава: Cu—от 52 до 65%, Fe—от 8 до 18%, S—от 20 до 27%; колебания содержания Cu обычно обусловлены механическими включениями других минералов, чаще всего халькопирита, халькозина и ковеллина, устанавливаемых в полир. пл. под микр. Вне зависимости от этого, состав борнита изменяется в значительных пределах, так как борнит может содержать в себе в виде твердого раствора халькопирит и халькозин. В качестве примесей борнит часто содержат Ag.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Cu	61,90	58,90	63,83	61,30	63,13
Ag	—	—	—	0,09	—
Fe	12,10	11,95	11,07	12,15	11,18
Co	—	—	—	—	0,05
Ni	—	—	—	—	0,01
S	25,10	26,71	25,03	23,90	25,54
$\text{SiO}_2$	0,30	—	—	—	—
$\text{H}_2\text{O}$	0,38	—	—	—	—
H.o.	—	1,72	—	—	—
Сумма	99,78	99,28	99,93	97,44	99,91

1 — Волковское м-ние (Свердловская обл.); анал. Сеидерова<sup>6</sup>; 2 — Лёвиха II (Свердловская обл.); анал. Рудницкая<sup>7</sup>; 3 — Успенское м-ние (Каз. ССР); анал. лабор. Геол. к-та<sup>8</sup>; 4 — Золотушинское м-ние (Алтайский край) (с небольшой примесью кварца и пирита)<sup>9</sup>; анал. Шустер; 5—р-к Хэмли (Южная Австралия)<sup>10</sup>.

Спектроскопически устанавливаются<sup>7,13</sup> примеси: Ag, Bi, In, а также Ga, Pb, Sb, As. В некоторых борнитах обнаружен Ge, возможно, благодаря наличию включений реннерита.

Диагн. исп. Растворяется в  $\text{HNO}_3$  с выделением S.

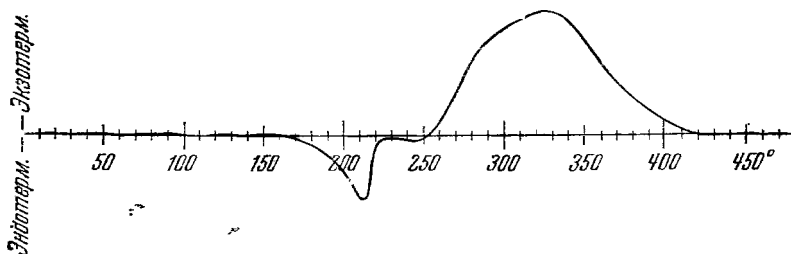
В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  вскипает. Легко травится KCN, иногда  $\text{FeCl}_3$ . HCl, KOH,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не действуют. Структура выявляется при действии раствора J в KJ.

П. п. тр. ведет себя подобно халькопириту.

Повед. при нагр. При  $170^\circ$  начинается переход ромбической (псевдокубической) модификации в кубическую с поглощением тепла (фиг. 312);

при 220° переход является полным. При быстром охлаждении сохраняется кубическая решетка<sup>1</sup>. При 260° начинается диссоциация с последующим окислением (выделение тешла).

При высоких температурах образует твердые растворы с халькопиритом (по Григорьеву — халькоборнит)<sup>3</sup>, которые распадаются при понижении температуры с образованием разнообразных сростаний обоих минералов. Распад, по данным Филимоновой<sup>11</sup>, происходит при т-ре 270°, по Шварцу<sup>12</sup> — при 475°. Григорьев и Сугаки<sup>13</sup> отмечают, что температура распада варьирует в зависимости от состава.



Фиг. 312. Кривая нагревания борнита по Фрю

**Находж.** Широко распространенный минерал, встречающийся во многих медных месторождениях. Имеет различное происхождение. Как гипогенный минерал возникает в широком интервале температур. При гипергенных процессах образуется в зоне вторичного сульфидного обогащения. Известны выделения гипергенного борнита в осадочных породах иногда в виде псевдоморфоз по органическим остаткам.

Гипогенный борнит образует вкрапленность в основных изверженных породах в ассоциации с халькопиритом, титаномagnetитом, например, в Волковском месторождении в Свердловской обл.<sup>6</sup>, в р-ке Энгельс (шт. Калифорния, США).

В гидротермальных месторождениях борнит обычно встречается в ассоциации с различными медными и другими сульфидами, чаще всего с халькопиритом, пиритом, сфалеритом, блеклой рудой, галенитом, энаргитом, халькозином, иногда также с молибденитом и золотом. Довольно часто он наблюдается в месторождениях типа колчеданных залежей: Лёвиха, им. III Интернационала, Ворошиловское (Свердловская обл.) и др., на Урале,<sup>7</sup> Алавердское (Арм. ССР), Кедабек (Азерб. ССР) и др. в Закавказье, Красен (Болгария), Бор (Югославия) и др. Распространен в жильных медных и свинцово-цинковых месторождениях — Кафан (Арм. ССР) и ряд других в Закавказье, Успенское (Каз. ССР), Бьютт (шт. Монтана, США), Тсумеб (Юго-Зап. Африка) и др. Содержится в месторождениях типа медистых песчаников и сланцев — Джеккаган (Каз. ССР), Мансфельд (ГДР). В Тувинской авт. обл. встречается в золото-медно-молибденовых рудах.

В зоне вторичного сульфидного обогащения борнит как наиболее ранний вторичный сульфид меди развивается главным образом за счет халькопирита, реже — за счет сфалерита, пирита и других минералов, входящих в состав первичных руд; такой борнит наблюдается почти во всех медных сульфидных месторождениях, но сколько-нибудь значительных скоплений обычно не дает, образует неправильные жилки, каемки или неправильные выделения.

**Изм.** По сравнению с другими вторичными сульфидами меди борнит менее устойчив и в ранние стадии гипергенного изменения руд замещается более богатыми медью халькозином и ковеллином. В зоне окисления за

счет борнита образуются малахит, азурит, куприт, лимонит и другие минералы.

**Искусств.** Получается сплавлением в вакууме смеси, состав которой соответствует формуле минерала с некоторым избытком S<sup>2</sup>. Дельтер (1925) получил борнит пропусканием H<sub>2</sub>S над умеренно нагретыми (до 100—200°) в трубке окислами железа и меди. Образуется в результате диффузии в твердой фазе между халькопиритом и ковеллином<sup>13</sup>, а также между халькозином и пиритом<sup>11</sup>.

**Практ. знач.** Один из важнейших минералов медных руд.

**Отл.** Легко узнается по цвету, пестрой побежалости и низкой твердости. По окраске в свежем изломе похож на никелин, широтин, а также на очень редко встречающийся германит. По ярко-синей побежалости может быть принят за ковеллин, но резко отличается от последнего по окраске в свежем изломе.

Под микр. в отраж. св., в отличие от пирротина, обладает меньшей твердостью, более низкой отраж. способностью и более густой окраской, от никелина отличается меньшей твердостью, значительно меньшей отраж. способностью и слабой анизотропией, от германита — более темной окраской и анизотропностью.

#### Межплоскостные расстояния борнита<sup>2</sup>

Ср-антикатод, V-фильтр

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	311	8	3,304	12	731; 553	4	1,411
2	222	8	3,165	13	800	8	1,369
3	400	8	2,737	14	733	4	1,337
4	331	6	2,510	15	751; 555	4	1,264
5	511; 333	4	2,103	16	662	4	1,256
6	440	10	1,924	17	840	4	1,223
7	531	4	1,849	18	911; 753	4	1,201
8	533	2	1,668	19	844*	8	1,117
9	622	6	1,650	20	880	4	0,967
10	444	4	1,579	21	10.6.2	2	0,925
11	711; 551	4	1,532				

\* Последние три линии указаны в работе Харкорта.

#### Л и т е р а т у р а

1. Frueh A. J. Am. Min., 1950, 35, No 3—4, 185; Donnay G., Donnay J. D., Kullerud G. Carnegie Inst. Washington, 1958, Year Book 57, 248.
2. Lundqvist D., Vestgren A. Ark. Kemi, Min., Geol., 1937, 12 B, H. 3, No 23, 1; Tunell G., Adams C. E. Am. Min., 1949, 34, No 11—12, 824.
3. Григорьев Д. П. Зап. Мин. о-ва, 1944, 73, № 4, 237 (критический обзор данных о борнит-халькопиритовых прорастаниях и их генетическое значение).
4. Sugaki A. Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 3, 1955, 5, No 1, 113.
5. Oysel J., Plaza G. R. Bull. Soc. fr. Min., 1928, 51, 197.
6. Кашин С. А. Тр. ИГи АН СССР, 1948, вып. 91, 54.
7. Лазаренко Е. К. Минералогия медно-цинковых месторождений Среднего Урала. Львов, 1947, 94.
8. Яговкин И. С. Тр. Геолкома, 1928, вып. 165, 55.
9. Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 230.
10. Zies E. C., Merwin H. E. Am. Min. 1955, 40, № 11—12, 1001.

11. Филимонова А. А. Изв. АН СССР, сер. геол., 1952, № 3, 101.  
 12. Schwartz G. M. Econ. Geol., 1928, 23, 381; Econ. Geol., 1934, 26, 186.  
 13. Sugaki A., Tashiro C. Sci. Rep. Tohoku Univ., 3 ser., 1956, 5, No 3, 201.  
 14. Рафиенко Н. И. Зап. Всес. Мин. о-ва, 1957, 86, № 3, 405.

## ГРУППА ДОБРЕЕЛИТА

		Сингония	$a_0$	Вычисл. Уд. в.
Добреелит	$\text{Cr}_2\text{FeS}_4$	Куб.	9,98	3,84
Карролит	$\text{Co}_2\text{CuS}_4$	Куб.	9,48	4,84
Виоларит	$\text{Ni}_2\text{FeS}_4$	Куб.	9,53	4,79

По структуре и формуле типа  $\text{R}_2\text{S}_4$  близки к минералам группы линнеита.

## Добреелит Daubreelite



Назван в честь Г. Добре из Парижа, изучавшего метеориты (Смис, 1876) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Сплошной, частью чешуйчатый. В кристаллах не встречается.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^7 - Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 9,975 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (Лундквист) <sup>2</sup>.

Структура типа шиннели, подобна структуре линнеита.

**Физ.** Сп. ясная в одном направлении. Изл. неровный. Тв.?

**Хрупок.** Уд. в. 3,81 (вычисл. 3,842). Цв. и черта черные. Бл. сильный, металлический или алмазный. Не прозрачен.

Немагнитен (отличие от магнетита).

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. голубоватые внутренние рефлексы.

**Хим.** Теор. состав: Cr — 36,10; Fe — 19,38; S — 44,52.

**Анализы:**

	Cr	Fe	S	Сумма
1.	35,91	20,10	42,69	98,70
2.	36,38	20,36	43,26	100,00

1 — из метеорита Болсон-де-Машими (Мексика); анал. Смис <sup>1</sup>; 2 — пересчет на 100% данных анализа 1.

**Диагн. исп.** В HCl не растворяется. Нацело растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

**П. п. тр.** не плавится; в вост. пл. теряет блеск и становится магнитным.

**Наход.** Встречается в метеоритах, обычно в небольшом количестве. Впервые найден в железном метеорите Болсон-де-Машими в сростании с троилитом и по краям шаровидных выделений троилита. Встречен также в каменных метеоритах Томск (СССР) <sup>4</sup>, Хвигтис (Финляндия), в метеоритах Толука (Мексика) <sup>5</sup>, Севьер (Теннесси), Крэнбоурн (Австралия), Каньон Дьябло (Аризона), Серрос-дель-Буей Уерто (Чили) <sup>6</sup>.

**Искусств.** При пропускании  $\text{H}_2\text{S}$  над солями Cr и Fe при красном калении получен черный кристаллический порошок состава: Cr — 35,00; Fe — 19,99; S — 45,01% <sup>3</sup>. Добреелит был получен прокаливанием Fe, S, Cr в стехиометрическом соотношении в кварцевой трубке при  $1200^\circ\text{C}$ . Установлен в системе Fe — Cr — S <sup>7</sup>.

Межплоскостные расстояния искусственного добреелита<sup>2</sup>Ст-антикатод,  $K_{\alpha}$ -излучение

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	220	8	3,541	13	444	6	1,440
2	311	10	3,032	14	711; 551	4	1,397
3	222	4	2,885	15	642	6	1,326
4	400	8	2,494	16	533; 731	10	1,299
5	331	4	2,292	17	800	10	1,248
6	422	6	2,038	18	733	2	1,220
7	511; 333	8	1,920	19	822; 660	6	1,176
8	440	10	1,763	20*	662	6	1,152
9	531	4	1,686	21	840	6	1,116
10	620	6	1,577	22	931	4	1,046
11	533	6	1,521	23	844	8	1,020
12	622	4	1,504	24	10.2.0; 862	4	0,965

\* Для последних пяти линий величины  $\frac{d_{\alpha}}{n}$  даны по Харкорту.

## Л и т е р а т у р а

1. Smith F. L. Am. J. Sci., 1878, 16, 270.
2. Lundqvist D. Ark. Kemi, Min., Geol., 1943, 17 B, N. 3, No 12, 1.
3. Meunier S. C. R., Paris, 1891, 112, 818.
4. Шадлуи Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 427.
5. Векс С. W. Popular Astronomy, 1951, 59, 25 (по реферату Min. Mag., 1951, No 213, Min. Abstr., 263).
6. Heide F. Chemie d. Erde, 1932, 7, Nr 5, 483.
7. Vogel K., Neumann T. N. Jb. Min., Monatsh., 1950, N. 8, 175.

## Карролит Carrollite



Назван по месту находки в окр. Каррол (Фабер, 1852).

Разнов. Сихнодимит (Ласпейрес, 1891).

Структ. иморф. крист. Куб. с.  $O_h^7-Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 9,477 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (при Cu 19,6%, Co 37,5%; де Йонг и Хоор)<sup>1</sup>.Гексоктаэдр. кл. Наблюдались формы:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$ ,  $m(311)$ ,  $p(211)$ .

Физ. По свойствам сходен с линнеитом и зигенитом. Уд. в. 4,758 (вычисл. 4,84).

Хим. Теор. состав: Co — 38,00; Cu — 20,52; S — 41,48; в «сихнодимите» содержится до 7,6% Ni<sup>2</sup>.

Анализы:

	Cu	Fe	Co	Ni	S	Н.о.	Сумма	Уд.в.
1.	15,43	0,28	42,42	сл.	41,34	0,53	100,00	—
2.	20,42	2,33	35,30	1,76	39,47	—	99,28	—
3.	17,23	0,82	35,64	5,74	40,33	—	99,76	4,758

1 — Каррол; анал. Шэнон<sup>3</sup>; 2 — Гладхаммар; анал. Йохансон<sup>4</sup>; 3 — «сихнодимит»; Зиген; анал. Ласпейрес<sup>5</sup>.

Находк. Условия образования и парагенезис как у линнеита. Встречался в Гладхаммаре (Швеция), в сидеритовых жилах в районе Зигена (ФРГ), в колчеданных месторождениях в окр. Каррол в шт. Мэриленд (США), в Катанге (Бельгийское Конго).

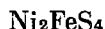
Разнов. С и х н о д и м и т — *sychnodymite* (Ласпейрес, 1894) — Ni-содержащий карролит из Зигена в ФРГ (анализ 3).

Межплоскостные расстояния карролита из Катавги<sup>1</sup>

№	hkl	I	Fe-антикатод		№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
			$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$					
1	220 $\beta$	1	(3,736)	3,387	13	444 $\beta$ ; 620	2	(1,494)	(1,354)
2	220	4	3,355	(3,041)	14	533	4	1,441	(1,307)
3	311 $\beta$	2	(3,172)	2,875	15	444; 731 $\beta$ ; 553 $\beta$	5	1,365	(1,237)
4	311	9	2,875	(2,607)	16	711; 551	1	1,322	(1,199)
5	400 $\beta$	2	(2,622)	2,377	17	800 $\beta$	1	(1,300)	1,179
6*	400	7	2,388	(2,165)	18	642	4	1,264	(1,146)
7	331; 422 $\beta$	1	(2,175)	(1,955)	19	731; 553	7	1,231	(1,116)
8	511 $\beta$ ; 333 $\beta$	3	(2,017)	1,828	20	751 $\beta$ ; 551 $\beta$	1	(1,203)	1,095
9	422	4	1,934	(1,753)	21	800	6	1,182	(1,072)
10	511; 333	9	1,827	(1,656)	22	822; 660	3	1,116	(1,014)
11	440	10	1,676	(1,519)	23	751; 551	9	1,094	(0,994)
12	531; 533 $\beta$	1	1,596	(1,447)					

## Л и т е р а т у р а

1. De Jong W., Hoog A. *Zs. Krist.*, 1927, 66, 169.
2. Tarr W. A. *Am. Min.*, 1935, 20, No 2, 69.
3. Shannon E. V. *Am. J. Sci.*, 1926, 11, 489.
4. Johansson K. *Ark. Kemi, Min., Geol.*, 1924, 9, No 8,1.
5. Laspeyres H. *Zs. Krist.*, 1891, 19, 19.

Виоларит *Violarite*

Название дано Линдгреном (1924)<sup>1</sup> от лат. *violaris*—фиолетовый, в соответствии с фиолетовой окраской минерала, особенно под микроскопом в отраж. свете.

Вследствие недостаточной изученности виоларит часто ранее принимался за другие минералы и описывался как полидимит или как бравонт; виоларитом является, по данным Милтона и др.<sup>2</sup>, бейрихит (Либе, 1871).

В литературе о виоларите приводятся противоречивые данные. В руководстве Волынского<sup>3</sup> виолариту приписывается формула  $\text{NiS}_2$  и под названием виоларита описывается вазсит. Рамдор<sup>4</sup> правильно относит виоларит к группе линнеита, но значительно сужает его распространенность, считая, что пентландит в основном замещается бравонтом, а не виоларитом.

**Характ. выдел.** Обычно встречается как минерал, заместивший пентландит; часто образует псевдоморфозы по пентландиту. Редко бывает в кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^2 - Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 9,529$ ; Å;  $Z = 8$  (Бэнистер)<sup>6</sup>.

Структура типа шпинели, подобна структуре линнеита.

Гексоктаэдр. кл. Кристаллы имеют октаэдрический облик.

**Физ. Сп.** по (100). Тв.  $4\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2}$ . Уд. в. 4,5—4,8 (вычисл. 4,79). Цв. фиолетово-серый. Бл. металлический, сильный на свежем изломе. На воздухе быстро тускнеет.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый с сиреневым оттенком. Последний более отчетливо заметен, если в выделениях виоларита

содержатся остатки незамещенного пентландита. Отраж. спос. по визуальным определениям в полир. шл. близка к отраж. спос. пирротина, но немного превышает ее. Изотропен. Иногда состоит из мелких слабо анизотропных участков с различной оптической ориентировкой.

Хим. Теор. состав: Fe — 18,52; Ni — 38,94; S — 42,54.

Состав виоларита из р-ка Вермилион (Садбери)<sup>7</sup>: Cu — 1,12; Fe — 17,01; Co — 1,05; Ni — 38,68; S — 41,68; н. о. — 0,40; сумма — 99,94.

Диагн. исп. Разлагается HNO<sub>3</sub> с выделением S.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> вскипает и медленно окрашивается в бурый цвет.

П. п. тр. на угле дает магнитный королек.

Нахожд. Сравнительно широко распространенный минерал медно-никелевых сульфидных месторождений, в которых образуется главным образом путем замещения пентландита, ассоциирующегося с пирротинном и халькопиритом. Иногда возникает при окислении пентландита<sup>8</sup>. В Норильском месторождении (Красноярский край) был встречен как в первичных рудах, в которых образовался в основном за счет пентландита, иногда в ассоциации с сфалеритом, галенитом и баритом<sup>9</sup>, так и в рудах зоны окисления. На Урале в Березовском золоторудном месторождении (Свердловская обл.) встречается в кварцево-карбонатных прожилках среди лиственитов в виде октаэдров в ассоциации с пирритом, халькопиритом, миллеритом, менее часто — с пентландитом и пирротинном<sup>10</sup>. В Канаде в р-ке Вермилион (Садбери) встречается в виде округлых и неправильных выделений среди халькопирита в ассоциации с миллеритом. На месторождении Таокэ (КНР) является главным рудным минералом<sup>11</sup>.

Изм. В зоне окисления подвергается замещению гидроокислами железа; при этом Ni переходит в раствор в виде сульфата, за счет которого местами образуются выпцветы, а иногда и сталактиты моренозита.

Отл. В шлифах от сходных с ним пирротина и бравоита виоларит отличается сиреневым оттенком, особенно отчетливым при наблюдении с иммерсией.

#### Межплоскостные расстояния виоларита из Садбери (по Харкорту)

Cu-антикатод, без фильтра

№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	220	5	1,0	3,36	10	734; 553	3	0,5	1,234
2	311	10	8,0	2,86	11	800	3	0,5	1,183
3	400	8	3,0	2,37	12	751; 555	3	0,5	1,097
4	420	2	0,3	2,08	13	840	3	0,5	1,059
5	422	3	0,5	1,93	14	931	3	0,5	0,993
6	511; 333	7	2,0	1,83	15	844	7	2,0	0,969
7	440	10	7,0	1,678	16	951	3	0,5	0,915
8	533	3	0,5	1,445	17	880	1	0,2	0,838
9	444	3	0,5	1,370					

#### Л и т е р а т у р а

1. Lindgren W., Davy W. Econ. Geol., 1924, 19, No 4, 318.
2. Milton C., Axelrod J. M. Am. Min., 1955, 40, No 7—8, 767.
3. Волюнский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом. Госгеолгиздат, 1949, 3, 94.
4. Ramdohr P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin, 1955, 611.
5. Lundqvist D. Ark. Kemi, Min., Geol., 1947, 24A, No 21, 1.
6. Bannister F. A. Min. Mag., 1941, 26, No 172, 16.
7. Short M. N., Shannon E. V. Am. Min., 1930, 15, No 1, 1.
8. Michener C. E., Yates A. B. Econ. Geol., 1944, 39, 506.

9. Генкин А. Д. Изв. АН СССР, сер. геол., 1950, № 2, 130.  
 10. Рутюхин П. И. Минералогия Урала. Изд. АН СССР, 1941, 2, 282.  
 11. Chen Cheng, Yu Tzuhsiang, Huang Tze-yung. Дигжи сюбао, Acta geol. sinica, 1956, 36, No 4, 525.

**СТРУКТУРА ТИПА БЕТЕХТИНИТА**  
**ГРУППА БЕТЕХТИНИТА**

Бетехтинит  $(\text{Cu,Fe})_{11}(\text{Pb,Ag})\text{S}_7$ ? Ромб. с.  $a_0$  3,86  $b_0$  14,67  $c_0$  22,80 Уд. в. 6,1

**Бетехтинит Betechtinite**  
 $(\text{Cu,Fe})_{11}(\text{Pb,Ag})\text{S}_7$ ?

Назван по имени акад. А. Г. Бетехтина (Шюлер, 1955)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Тонкие игольчатые кристаллы и зернистые выделения.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{25} - Immm$ ;  $a_0 = 3,86$ ;  $b_0 = 14,67$ ;  $c_0 = 22,80$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,262 : 1 : 1,554$ ;  $Z = 4$  (Дорнбергер-Шиф и Хёне)<sup>2</sup>.

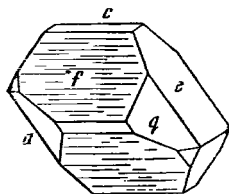
Структура<sup>2</sup> характеризуется наличием лент, образованных спаренными Cu-S-треугольниками. Ленты обуславливают вытянутость кристаллов; между двумя лентами расположены атомы Cu в тетраэдрической координации. Атомы Pb окружены шестью S по тригональным призмам, вытянутым вдоль удлинения кристалла.

Ромбо-дипирамид. кл.

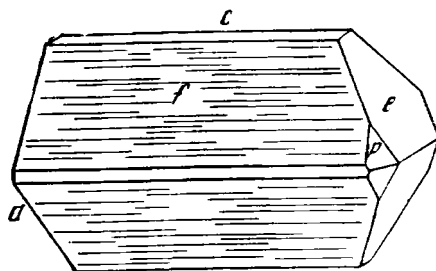
Дорнбергер-Шиф и Хёне (1959) отмечают удлинение по оси  $a$ . Измерения кристаллов из Джеккавган<sup>3</sup> отвечают индексам форм, вычисленным на основе рентгеновского отношения осей, если принимать удлинение кристаллов по оси  $b$ . Соответственно Яковлевской<sup>3</sup> предположительно установлены следующие формы.

	$\rho$	$\varphi$	$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	0°00'	$f$ 105	90°00'
$a$ 100	90°00'	90 00	$g$ 205	90 00
$l$ 130	51 50	90 00	$p$ 165	32 28
$e$ 011	0 00	57 14	$q$ 133	51 50
				68 19

Кристаллы мелкие тонкоигольчатые, нередко искаженного псевдомоноклинного облика, с развитой штриховкой граней вдоль удлинения (фиг. 313, 314). Образуют взаимопараллельные сростки (несколько сантиметров длиной), также неправильные сростания.



Фиг. 313. Кристалл бетехтинита (Джеккавган)  
По Яковлевской



Фиг. 314. Кристалл бетехтинита (Джеккавган)  
По Яковлевской

Физ. Изл. раковистый. Уд. в. 6,14; 6,13. Цв. черный с бурым оттенком (Мансфельд), темный стально-серый с фиолетовым оттенком (Джеккавган). Бл. сильный металлический.



**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. светло-кремовый параллельно удлинению и более интенсивно желтовато-кремовый перпендикулярно удлинению. С течением времени появляется побелость, окраска становится густо-кремовой или коричневатой. Отраж. спос. относительно высокая; по-видимому, она близка к таковой халькозина. Двуотражение незаметно. Анизотропия сильная с цветным эффектом от серо-черного до коричневого и темно-синевато-зеленого. В некоторых сечениях заметна спайность параллельно удлинению.

**Хим.** Формула достаточно точно не установлена:  $(\text{Cu, Fe})_{11}\text{PbS}_6$  или  $(\text{Cu, Fe})_{11}(\text{Pb, Ag})\text{S}_7$ ; по рентгеновским данным  $\text{Pb}_2(\text{Cu, Fe})_{21}\text{S}_{15}$ .

Анализы:

	Cu	Ag	Fe	Pb	S	Сумма	Уд. в.
1.	61,39	—	1,83	19,20	17,52	99,94	6,14
2.	58,88	0,79	2,81	17,47	20,16	100,11	6,13

1 — Мансфельд; анал. Вольман<sup>1</sup>; по данным спектрального анализа содержит Ag;

2 — Джекказган; анал. Арапова и Нестерова<sup>3</sup>.

**Наход.** Впервые встречен в небольшом количестве в пустотах в кальцитовых прожилках, секущих медистые сланцы Мансфельда (ГДР), в тесной ассоциации с самородным серебром, борнитом и халькозином; сопровождается также галенитом, блеклой рудой, урановой смолкой, баритом, целестином и др. Кроме того, обнаружен в ассоциации с борнитом, халькозином, самородным серебром и кальцитом, слагающими прожилки в месторождении Джекказган (Каз.ССР)<sup>3,4</sup>.

**Изм.** Замещается борнитом и халькозином.

**Отл.** В полир. шл. по рельефу и отраж. спос. сходен с халькозином, от которого отличается желтоватым оттенком. Характерно отсутствие двуотражения при наличии сильной анизотропии и резко выраженного удлинения зерен.

Межплоскостные расстояния бетехтинита из Мансфельда<sup>1</sup>  
Со-антикатод, Fe-фильтр

№	I*	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I*	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I*	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I*	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	1	4,704	10	3	2,499	19	2	1,846	28	1?	1,329
2	1	4,28	11	4	2,449	20	9	1,815	29	4	1,309
3	3	3,354	12	4	2,375	21	8	1,743	30	3	1,295
4	3	3,292	13	4	2,335	21	1	1,679	31	2	1,272
5	4	3,11	14	3	2,282	23	1	1,634	32	2	1,259
6	8	3,047	15	3	2,236	24	3	1,463	33	3	1,198
7	7	2,90	16	3	2,072	25	3	1,45	34	2	1,181
8	1	2,71	17	6	1,929	26	1	1,39	35	2	1,114
9	3	2,657	18	2	1,882	27	1	1,344	36	3	1,095

\* Интенсивности, приведенные авторами, переведены на десятибалльную шкалу:  $st=9$ ,  $m/st=8$ ,  $st/m=7$ ,  $m=6$ ,  $s/m=4$ ,  $s=3$ ,  $ss=2$ ,  $sss=1$ .

#### Л и т е р а т у р а

- Schüller A., Wohlmann E. Geologie, 1955, 4, Nr 6, 535.
- Dornberger-Schiff K., Höhne E. Geologie, 1957, 6, Nr 1, 109; Acta Cryst., 1959, 12, 646.
- Наркедун Л.Ф., Муканов К.М., Яковлевская Т.А. ДАН СССР, 1960, 130, № 2, 404.
- Сатпаева Т. А. ИАН Каз. ССР, сер. геол., 1959, вып. 1, 95.

## СТРУКТУРА НЕ ВЫЯСНЕНА

ГРУППА СОЕДИНЕНИЙ ТИПА  $A_m B_n X_p$ 

В эту группу отнесены минералы с еще невыясненными кристаллическими структурами с общей формулой  $A_m B_n X_p$ . Они расположены в порядке возрастания отношения  $X : (A+B)$ .

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд.в.
Кермесит	$Sb_2S_2O$	Трикл.	11,66	8,24	11,19	$92^\circ 40'$ *	4,7
Ялпаит	$Ag_3CuS_2$	?	—	—	—	—	6,8
Пирсеит	$(Ag, Cu)_{16}As_2S_{11}$	Монокл.	12,66	7,30	11,92	90 00	6,1
Полибазит	$(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$	Монокл.	26,17	15,11	23,89	90 00	6,3
Полиаргирит	$Ag_{24}Sb_2S_{15}?$	Куб.	—	—	—	—	6,9
Стефанит	$Ag_5SbS_4$	Ромб.	7,72	12,34	8,50	—	6,4
Гаухекорнит	$Ni_9(Bi, Sb)_2S_8?$	Тетраг.	7,29	—	5,40	—	6,5
Виттихенит	$Cu_3BiS_3$	Ромб.	6,55	7,55	10,19	—	6,5
Цдаит	$Cu_5FeS_6?$	Гексаг.	3,90	—	16,95	—	4,2
Смитит	$AgAsS_2$	Монокл.	17,23	7,78	15,19	101 42	4,9
Трехманнит	$AgAsS_2?$	Гексаг.	—	—	—	—	?
Валлерит	$Cu_2Fe_4S_7?$	Ромб.?	6,14	9,83	11,42	—	3,1
Лиллианит	$Pb_5Bi_2S_6$	Ромб.	—	—	—	—	7,1
Буланжерит	$Pb_5Sb_4S_{11}$	Монокл.	21,54	23,51	8,09	100 48	6,2
Семсейит	$Pb_5Sb_8S_{21}$	Монокл.	13,66	12,03	24,58	105 49	6,0
Дюфренуазит	$Pb_2As_2S_5$	Монокл.	8,41	25,85	7,88	90 30	5,5
Ратит	$Pb_3As_4S_9$	Монокл.	25,05	7,93	8,44	99 00	5,3
Гетероморфит	$Pb_7Sb_8S_{19}$	Монокл.	—	—	—	+	5,7
Баумгауерит	$Pb_4As_6S_{13}$	Монокл.	22,73	8,34	7,94	97 17	5,4
Ливейнгит	$Pb_5As_8S_{17}$	Монокл.	—	—	—	90 14	5,3
Плагинит	$Pb_5Sb_8S_{17}$	Монокл.	13,47	11,83	19,98	107 11	5,6
Сарторит	$PbAs_2S_4$	Монокл.	58,49	7,81	83,46	90 00	5,1
Цинкениг	$PbSb_2S_4?$	Гексаг.	44,15	—	8,62	—	5,3
Робинсонит	$Pb_7Sb_{12}S_{25}?$	Трикл.	16,51	17,62	3,97	96 22**	5,2
Фюлэппит	$Pb_3Sb_8S_{15}$	Монокл.	13,39	11,69	16,90	94 41	5,2

\*  $\alpha = 111^\circ 48'$ ;  $\gamma = 110^\circ 44'$ \*\*  $\alpha = 96^\circ 04'$ ;  $\gamma = 91^\circ 12'$ 

## Кермесит Kermesite



Назван от персидского слова «малиновый» (Чепмен, 1840).

Синон. Красная сурьмяная руда, красная сурьма, сурьмяная обманка (Джемсон, 1820), шпротсбит, шпротсбит, шпрантимонит (Глокер, 1831, 1839, 1847), пурпурная обманка (Моос, 1824).

Характ. выдел. Корочки, налеты, пучки волосовидных кристаллов.

Структ. и морф. крист. Трикл. с.  $C_2^1 - P\bar{1}$ ;  $a_0 = 11,66$ ;  $b_0 = 8,24$ ;  $c_0 = 11,19\text{Å}$ ;  $\alpha = 111^\circ 48'$ ;  $\beta = 92^\circ 40'$ ;  $\gamma = 110^\circ 44'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,415 : 1 : 1,358$ ;  $Z = 8$  (Тавора)<sup>1</sup>.

По Тавора, несомненно является триклинным, но рентгенограммы рассчитываются и на моноклинные ячейки.

	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	$a_0 : b_0 : c_0$	Z
1.	16,54	8,24	13,43	$92^\circ 50'$	2,007 : 1 : 1,629	16
2.	20,61	8,24	13,43	127 23	2,501 : 1 : 1,629	8
3.	21,78	8,24	20,61	101,50	2,640 : 1 : 2,496	32
4.	10,97	8,19	10,36	101,45	1,339 : 1 : 1,265	8

1—3 — по Тавора; 1 — центрированная ячейка, 2 — базоцентрированная, 3 — гранцентрированная; 4 — по Уулфу (см. Дана, 1944).

Кристаллы несовершенны, точные измерения невозможны. Сопоставление данных Кенгота (1849), Пятницкого<sup>2</sup> и Уулфа (Дана, 1944) с угловыми значениями, вычисленными на основе рентгеновского отношения осей, подтверждает достоверность следующих форм (в триклинной установке):

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$\{c\ 001$	$5^{\circ}49'$	$24^{\circ}39'$	$\tau\ \bar{1}02$	$297^{\circ}23'$	$27^{\circ}14'$
$a\ 100$	$66\ 24$	$90\ 00$	$\mu\ \bar{3}02$	$262\ 39$	$55\ 01$
$o\ 101$	$48\ 58$	$53\ 10$	$p\ 111$	$22\ 10$	$69\ 25$

$$ac\ (100) : (001) = 78^{\circ} 29'$$

$$\tau c\ (\bar{1}02) : (001) = 28\ 35$$

$$oc\ (101) : (001) = 37\ 58$$

$$\mu c\ (\bar{3}02) : (001) = 63^{\circ} 41$$

$$pc\ (111) : (001) = 46\ 02$$

$$pa\ (111) : (100) = 48\ 28$$

Наблюдалась также пинакоиды в зоне [010] и недостоверные пинакоиды  $hkl$ . Кристаллы значительно удлинены по оси  $b$ , с штриховкой граней параллельно [010], обычно изогнутые; уплощены по (001) или по (100).

Физ. Сп. по (001) весьма совершенная, по (100) менее совершенная. Тв. 1—1½ (режется ножом). Иголочки гибкие. Уд. в. 4,68 (вычисл. 4,704). Цв. вишнево-красный. Черта буро-красная, после растирания оранжево-желтая. Бл. алмазный до полуметаллического. В тонких пластинках просвечивает.

Непроводник электричества.

Микр. В пл. в прох. св. оранжево-желтый. Двуосный (+);  $N_g = b$ ;  $n_m = 2,74$ ,  $n_p > 2,72$ ; двупреломление; очень высокое;  $2V$  малый. Слабая абсорбция  $N_p > N_m > N_g$  (Ларсен).

В полир. пл. в отраж. св. белый; в косом свете красный. Двотражение отчетливое. Сильно анизотропен с цветным эффектом от фиолетового до сине-зеленого. Внутренние рефлексии фиолетово-красные.

Хим. Теор. состав: Sb — 74,96; S — 20,04; O — 5,00. Состав кермезита из неизвестного м-ния (анал. Бобиньи)<sup>3</sup>: Sb — 75,13; S — 20,04, [O — 4,83]; сумма — 100,00.

Диagn. исн. В полир. пл. травится  $HNO_3$ , KCN, царской водкой и KOH. HCl,  $FeCl_3$ ,  $HgCl_2$  не действуют.

П. п. тр. легко плавится; на угле дает пары  $SO_2$ , затем белый налет  $Sb_2O_3$ . В закр. тр. чернеет, плавится, дает сначала белый возгон, при более сильном накаливании — черный или темно-красный возгон.

Повед. при нагр. Плавится при  $t$ -ре  $450^{\circ}$  (Пятницкий)<sup>2</sup>.

Нахожд. Является одним из наиболее ранних продуктов изменения антимонита, по которому иногда образует псевдоморфозы. В небольшом количестве обнаружен во многих сурьмяных месторождениях совместно с антимонитом и продуктами его окисления — валентинитом, сенармонитом и др.

В Кадамджае (Киргизская ССР), по-видимому, не является естественным продуктом выветривания антимонита, а возник в результате химических реакций, сопровождавших взрывные работы<sup>4</sup>.

Искусств. Указывалось получение разными путями, например, действием  $H_2S$  на  $Sb_2O_3$ , сплавлением  $Sb_2O_3$  и  $Sb_2S_3$ , но продукты синтеза не проверялись рентгенометрически. При изучении системы  $Sb_2O_3$ — $Sb_2S_3$  кермезит получить не удалось<sup>5</sup>.

Практ. знач. Перерабатывается вместе с антимонитом и другими сурьмяными минералами для получения сурьмы и ее соединений.

Межплоскостные расстояния кермесита (по Харкорту)  
Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	6	1,0	5,15	18	2	0,3	1,820
2	6	1,0	4,35	19	6	1,0	1,785
3	6	1,0	4,09	20	2	0,2	1,74
4	4	0,5	3,82	21	2	0,3	1,69
5	2	0,3	3,67	22	6	1,0	1,63
6	4	0,5	3,30	23	4	0,5	1,575
7	10	5,0	3,14	24	2	0,3	1,525
8	9	4,0	2,92	25	2	0,3	1,490
9	8	3,0	2,70	26	2	0,3	1,445
10	7	2,0	2,50	27	2	0,2	1,390
11	6	1,0	2,27	28	4	0,5	1,350
12	2	0,2	2,24	29	2	0,3	1,310
13	2	0,2	2,18	30	2	0,2	1,295
14	2	0,2	2,09	31	2	0,2	1,205
15	7	2,0	2,03	32	2	0,2	1,120
16	2	0,3	1,99	33	2	0,2	1,100
17	4	0,5	1,91				

## Литература

1. Távoга Е. Anais Acad. Brasil. Cienc., 1949, 21, No 2, 75 (структура).
2. Пятницкий П. (Pjatnitzky P.) Zs. Krist., 1892, 20, 417 (кристаллография, оптика, поведение при нагревании).
3. Vaubigny H. C. R., Paris, 1894, 119, 737.
4. Соседко А. Ф. Природа, 1947, № 11, 51.
5. Köster W., Braumann F. Zs. Metallkunde, 1951, 42, 269 (по реферату в Zbl. Min., 1952, 40).

## Ялпайт Jalpaite



Назван по м-нию Хальпа (Ялпа) в Мексике (Брайтхаупт, 1858).

Характ. выдел. В сплошных массах.

Структ. и морф. крист. Псевдокубический.

Физ. Сп. по (100). Спайные плоскости прерываются крючковатыми выступами. Ковок и гибок. Тв. 2½. Уд. в. 6,765—6,890. Цв. черно-свинцово-серый. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светло-серый. По отраж. способности близок к аргентиту. Двуотражение заметно только в иммерсии. Отчетливо анизотропен. Относительная твердость несколько выше, чем у аргентита; при больших увеличениях заметно пластинчатое строение.

Хим. Теор. состав: Ag — 71,73; Cu — 14,06; S — 14,21.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Cu	—	14,16	14,10	13,66	13,06
Ag	71,55	71,68	71,73	—	71,63
Fe	—	—	—	—	0,57
S	—	—	16,33*	15,98*	14,02
Сумма			102,16		99,28

\* Количество S завышено из-за ее содержания в техническом бrome, применявшемся в ходе анализа.

1 — 4 — Змеиногоorskое м-ние; анал. Бендиг<sup>1</sup>; 5 — Трес-Пунтас; анал. Бертран<sup>2</sup>.

**Диагн. исп.** В  $\text{HNO}_3$  растворяется, в  $\text{HCl}$  дает белый творожистый осадок  $\text{AgCl}$ ; раствор при добавлении аммиака окрашивается в синий цвет.

В полир. пл. от  $\text{KCN}$  — очень слабый налет, от  $\text{FeCl}_3$  слегка тускнеет, призирует, от  $\text{HgCl}_2$  тускнеет и буреет, от паров  $\text{HNO}_3$  появляется слабый налет, от  $\text{HCl}$  поверхность становится шероховатой, капля зеленеет.

От действия света вольтовой дуги изменяется в цвете, появляются отдельные мелкие точечные выделения серебра.

**П. п. тр.** на угле с  $\text{KCN}$  легко дает серебрястую медь.

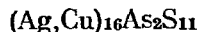
**Нахожд.** Известны единичные находки: в Змеиногорском свинцово-цинковом месторождении в Алтайском крае<sup>3</sup> выполняет тонкие трещинки в роговике, ассоциируется с аргентитом, штромейеритом, самородным серебром и самородным золотом, около Хальпы (Мексика) — с кварцем, в Трес-Пунтас (Чили) — в известняке с халькопиритом, малахитом и другими медными минералами.

**Искусств.** Ялпаит получен при изучении системы  $\text{Cu}_2\text{S} - \text{Ag}_2\text{S}$ <sup>4</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. Bendig M., Kalb G. *Syl. Min.*, 1924, Nr. 17, 516.
2. Bertrand M. *Ann. Mines*, 1872, 1, 413.
3. Боршанская С. С., Доломанова Е. И. *Минералы СССР*. Изд. АН СССР, 1940, 2, 109.
4. Suhg N. *Econ. Geol.*, 1955, 50, No 3, 347.

### Пирсеит Peaseite



Назван по имени химика и металлурга Р. Пирса из Колорадо (Пенфилд, 1896)<sup>1</sup>.

Синон. Мышьяковый полибазит (Рамельсберг, 1875), евгениит (Вайсбах, 1884), арсенполибазит (Пенфилд, 1896).

**Характ. выдел.** Таблитчатые кристаллы и зернистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с. (псевдогекс.)  $C_{2h}^3 - C2/m$ ;  $a_0 = 12,66$ ;  $b_0 = 7,30$ ;  $c_0 = 11,92 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 90^\circ 00'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,732 : 1 : 1,631$ ;  $Z = 2$  (Пикок и Бери, для пирсеита из р-ка Моли Джибсон)<sup>2</sup>.

**Призмат. кл.**;  $a : b : c = 1,7309 : 1 : 1,6199$ ;  $\beta = 90^\circ 09'$  (Пенфилд)<sup>1</sup>.

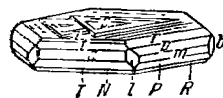
**Формы:**

	φ	ρ		φ	ρ
c 001	90°00'	0°09'	E 401	-90°00'	75°02'
b 010	0 00	90 00	F 601	-90 00	79 54
a 100	90 00	90 00	o 114	30 17	25 07
l 310	60 04	90 00	r 112	30 09	43 07
m 110	30 01	90 00	p 111	30 05	61 53
d 102	90 00	25 12	s 221	30 03	75 02
n 101	90 00	43 11	u 331	30 02	79 54
t 201	90 00	61 55	O 114	-29 44	25 00
e 401	90 00	75 03	R 112	-29 53	43 03
f 601	90 00	79 54	P 111	-29 57	61 51
N 101	-90 90	43 01	S 221	-29 59	75 02
T 201	-90 00	61 51	U 331	-29 59	79 54

$m\bar{m}$ (110) : (110) = 60°02'	$pc$ (111) : (001) = 61°49'	$tc$ (201) : (001) = 61°46'
$ll$ (310) : (310) = 59 58	$Pc$ (111) : (001) = 61 56	$Tc$ (201) : (001) = 62 00
$sc$ (221) : (001) = 74 59	$rc$ (112) : (001) = 43 03	$nc$ (101) : (001) = 43 02
$Sc$ (221) : (001) = 75 06	$Rc$ (112) : (001) = 43 07	$Nc$ (101) : (001) = 43 10
		$dc$ (102) : (001) = 25 03

Менее обычные формы:  $h(130)$ ,  $k(024)$ ,  $\Delta(\bar{2}03)$ ,  $Q(\bar{1}13)$ ,  $V(\bar{3}32)$ ,  $v(322)$ ,  $\varepsilon(3.1.12)$ ,  $y(313)$ ,  $x(314)$ .

Кристаллы таблитчатые по (001), большей частью псевдогексагонального (фиг. 315), иногда типично моноклинного развития с явным преобладанием наряду с  $c(001)$  граней  $d(102)$  и  $r(112)$ . На  $c(001)$  штриховка параллельна ребрам (001) : (100), (001) : (111) и (001) : (111). Предположительно образует двойники с пл. срастания (001).



Физ. Сп. не наблюдалась. Изл. неправильный, до раковистого. Хрупок. Тв. ~3. Уд. в. 6,03—6,33 (вычисл. 6,07). Цв. черный. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Фиг. 315. Кристалл пирсцита (Драмламон США)

По Пенфилду

Микр. По оптическим свойствам близок к полибазиту.

Хим. Содержание Cu, замещающей Ag, колеблется от 3,04 до 18,11% (Ag : Cu от ~10 : 1 до ~2 : 1). Теор. состав (при Ag : Cu = 10 : 1): Cu — 4,29; Ag — 72,49; As — 6,92; S — 16,30. Sb в небольшом количестве замещает As. Характер примесей Zn и Fe не выяснен.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	3,04	10,70	14,85	18,11
Ag	72,43	63,54	56,90	55,17
Fe	0,33	0,60	—	1,05
Zn	0,59	—	2,81	—
As	6,23	7,29	7,01	7,39
Sb	0,25	0,43	0,30	—
S	16,83	17,07	18,13	17,71
Н.о.	—	—	—	0,42
Сумма	99,70	99,63	100,00	99,85

1 — Банска Штявница (Чехословакия); анал. Розе<sup>3</sup>; 2 — Аркверос (Чили); анал. Домейко<sup>4</sup>; 3 — Аспен (шт. Колорадо, США), за вычетом 12,81% примесей (главным образом галенита); анал. Пенфилд<sup>1</sup>; 4 — Драмламон (шт. Монтана, США), анал. Найт<sup>1</sup>.

Диагн. исп. Разлагается HNO<sub>3</sub>.

В полир. пл. реакции травления, как у полибазита.

П. п. тр. растрескивается и очень легко плавится. На угле в окисл. пл. дает налет As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, при дальнейшем нагревании с содой и бурой дает королек серебра; в откр. тр. — пары SO<sub>2</sub> и налет As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в закр. тр. — налет As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

Находк. Очень редкий гидротермальный минерал; найден лишь в нескольких месторождениях серебряных руд совместно со сложными сульфидами Ag и Pb, с самородным серебром, аргентитом и др. Образуется при

относительно низких температурах. В 50—60-х годах XIX в. в р-ке Моли Джибсон (шт. Колорадо, США) встречался в большом количестве и преобладал в составе серебряных руд<sup>1</sup>.

**Искусств.** В водной среде синтез не удался<sup>5</sup>.

**Отл.** От полибазита в полир. пл. не отличим; для точной диагностики необходимы химическое и рентгеновское исследования.

Межплоскостные расстояния пирсента  
из р-ка Моли Джибсон<sup>2</sup>

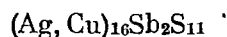
Cu-антикатоде, Ni-фильтр,  $D = 57,3$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 0	1	6,5	23	22 $\bar{4}$ 3	0,5	1,651
2	0002	1	6,0	24	22 $\bar{4}$ 4	1	1,556
3	11 $\bar{2}$ 0	1	3,71	25	40 $\bar{4}$ 2; 21 $\bar{3}$ 6	1	1,521
4	11 $\bar{2}$ 1	0,5	3,55	26	20 $\bar{2}$ 7; 0008	2	1,490
5	11 $\bar{2}$ 2	1	3,10	27		1	1,463
6	20 $\bar{2}$ 1	2	3,04	28		1	1,444
7	0004	10	2,96	29		1	1,393
8	20 $\bar{2}$ 2	9	2,79	30		0,5	1,368
9	20 $\bar{2}$ 3	6	2,47	31		1	1,345
10	21 $\bar{3}$ 1	5	2,34	32		0,5	1,324
11	11 $\bar{2}$ 2	6	2,30	33		0,5	1,274
12	10 $\bar{1}$ 5; 21 $\bar{3}$ 2	0,5	2,22	34		1	1,233
13	20 $\bar{2}$ 4	3	2,16	35		1	1,216
14	30 $\bar{3}$ 0	0,5	2,10	36		1	1,190
15	30 $\bar{3}$ 1	1	2,07	37		1	1,168
16	21 $\bar{3}$ 3	2	2,04	38		1	1,157
17	11 $\bar{2}$ 5; 30 $\bar{3}$ 2	5	1,988	39		0,5	1,139
18	20 $\bar{2}$ 5; 10 $\bar{1}$ 6	1	1,893	40		0,5	1,128
19	21 $\bar{3}$ 4; 30 $\bar{3}$ 3	2	1,854	41		1	1,080
20	22 $\bar{4}$ 0	6	1,823	42		0,5	1,066
21	22 $\bar{4}$ 1	0,5	1,799	43		0,5	1,052
22	20 $\bar{2}$ 6; 31 $\bar{4}$ 2	3	1,673	44		0,5	1,021

Л и т е р а т у р а

1. Penfield S. L. Am. J. Sci., 1896, 2, 17.
2. Peacock M. A., Berry L. C. Min. Mag., 1947, 28, No 196, 1 (рентг. данные, сводка анализов).
3. Rose G. Ann. Phys., 1833, 28, 158.
4. Domeyko I. Elementos de Mineralogia, 1879, 393.
5. V é l a n d R. Econ. Geol., 1948, 43, No 2, 119.

Полибазит Polybasite



Назван от греч. πολύς (полис) — много и βάσις (базис) — основание, в соответствии с составом — большим количеством оснований (Розе, 1829).

**Синон.** Евгеновый блеск (Брайтхаупт, 1832), хрупкая стекловатая руда (частично, Вернер, 1817), мягкая стекловатая руда (Вернер, 1817).

**Характ. выдел.** Зерна, зернистые агрегаты, кристаллы, а также корки и листоватые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^3 - C2/m$ ;  $a_0 = 26,17$ ;  $b_0 = 15,11$ ;  $c_0 = 23,89$  Å;  $\beta = 90^\circ 00'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,732 : 1 : 1,581$ ;  $Z = 2$  (Пикок, 1947)<sup>1</sup>.

Призмат. кл. (псевдогексагональный);  $a : b : c = 1,7309 : 1 : 1,5796$ ;  $\beta = 90^\circ 00'$  (Пенфилд)<sup>2</sup>.

Формы<sup>1-3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	$0^\circ 00'$	$T$ $\bar{2}01$	$-90^\circ 00'$	$61^\circ 17'$
$a$ 100	$90^\circ 00'$	90 00	$o$ 114	30 01	24 31
$m$ 110	30 01	90 00	$r$ 112	30 01	42 22
$l$ 310	60 01	90 00	$p$ 111	30 01	61 16
$n$ 101	90 00	42 23	$S$ 221	30 01	74 40
$t$ 201	90 00	61 17	$O$ $\bar{1}14$	$-30^\circ 01'$	24 31
$\Delta$ $\bar{2}03$	$-90^\circ 00'$	31 19	$R$ $\bar{1}12$	$-30^\circ 01'$	42 22
$N$ $\bar{1}01$	$-90^\circ 00'$	42 23	$P$ $\bar{1}11$	$-30^\circ 01'$	61 16
$\pi$ $\bar{4}03$	$-90^\circ 00'$	50 35			

$mm$  (110) :  $\bar{1}10 = 60^\circ 02'$

$nc$  (101) : (001) = 42 23

$Nc$  (101) : (001) = 42 23

$tc$  (201) : (001) =  $61^\circ 17'$

$Tc$  ( $\bar{2}01$ ) : (001) = 61 17

$pc$  (111) : (001) = 61 16

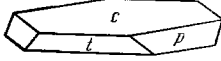
$Pc$  ( $\bar{1}11$ ) : (001) =  $61^\circ 16'$

$rc$  (112) : (001) = 42 22

$Rc$  ( $\bar{1}12$ ) : (001) = 42 22

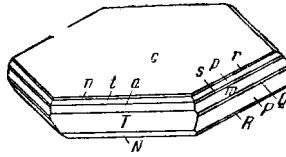
Менее обычные формы:  $b(010)$ ,  $h(115)$ ,  $g(229)$ ,  $d(225)$ ,  $s(335)$ ,  $e(223)$ ,  $g(443)$ ,  $u(331)$ ,  $G(\bar{2}29)$ ,  $Q(\bar{4}43)$ ; недостоверны  $w(109)$  и  $i(103)$ .

Кристаллы таблитчатые по (001), имеют вид гексагональных табличек (фиг. 316, 317). Дв. по (110) с пл. сростания (001).



Фиг. 316. Кристалл полибазита (Фрейберг, ГДР)

По Пенфилду<sup>2</sup>



Фиг. 317. Кристалл полибазита (Бивердел, Канада)

По Пикону и Бери

Отмечались ориентированные нарастания халькопирита и стефанита на полибазите<sup>4</sup>.

Физ. Сп. по (001) несовершенная. Хрупок. Изл. неровный. Тв. 2—3. Уд. в. 6,26—6,33 (вычисл. 6,33). Цв. железно-черный. Черта черная. Бл. металлический, алмазовидный или матовый. Непрозрачен, лишь в очень мелких осколках темно-красный.

Максимальный фотоэлектрический эффект + 0,01 при  $\lambda = 1380$  м $\mu$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>5</sup>.

Микр. В прох. св. двуосный (—).  $Np = c$ ;  $Nm = a$ ;  $Ng = b$ ;  $n > 2,72$  (Li). Двуупр. очень сильное;  $2V \sim 22^\circ$ .

В полир. пл. в отраж. св. серо-белый с зеленоватым оттенком. Отраж. снос. (в%): для зеленых лучей 29,5, для оранжевых — 25,5, для красных — 25,5. Двухотражение очень слабое — от зеленоватого до синевато-серого. Слабо анизотропен. Иногда темно-красные внутренние рефлексии, заметные в иммерсии. Очень характерно травление под действием света вольтовой дуги.



Хим. Теор. состав (при  $Ag : Cu = 10 : 1$ ):  $Cu - 4,10$ ;  $Ag - 69,47$ ;  $Sb - 10,82$ ;  $S - 15,61$ ;  $Sb$  замещается  $As$  (до нескольких процентов — анализ 7). Содержание  $Cu$  колеблется в пределах  $2,50 - 9,9\%$  ( $Ag : Cu$  от  $15 : 1$  до  $4 : 1$ ). Лишь в минерале из Силвер-Кинга в Аризоне (Дана, 1944), по анализу Уэта, содержится  $12,52\%$   $CuO$ , но ввиду наличия  $2,11\%$  «прочих», необычно высокого содержания  $As(4,60)$  и низкого уд.в. (всего  $5,811$ ) возникает вопрос об однородности анализированного материала.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Cu	2,23	2,50	3,70	4,25	5,13	9,70	9,93
Ag	67,13	70,97	69,72	69,80	68,39	64,49	64,29
Fe	0,31	—	Нет	Нет	—	0,41	0,06
Zn	сл.	—	Нет	Нет	—	0,34	—
Pb	2,41	—	Нет	Нет	—	—	—
Bi	0,80	—	—	—	—	—	—
As	0,78	2,37	0,63	0,58	0,50	1,78	3,74
Sb	9,50	9,46	10,15	10,72	10,64	8,08	5,09
S	16,94	14,69	15,68	15,57	15,43	15,10	17,04
Сумма	100,10	99,99	99,88	100,92	100,09	99,90	100,15
Уд.в.	6,33	6,27	6,26	6,28	6,33	—	6,214

1 — осколок кристалла; р-к Хайленд-Бел (Британская Колумбия, Канада); анал. Уильямс<sup>6</sup>; 2 — р-к Килей (Онтарио, Канада); анал. тот же<sup>1</sup>; 3 и 4 — р-к Хайленд-Бел (Британская Колумбия, Канада); анал. тот же<sup>6</sup>; 3 — сплошной из прожилка, 4 — корочка; 5 — р-к Санта-Лусия (Гуанахуато, Мексика), анал. Прайор<sup>7</sup>; 6 — Лас-Чиалас (Сонора, Мексика); анал. Унгемас<sup>8</sup>; 7 — Гуаризамей (Дуранго, Мексика); анал. Розе<sup>8</sup>.

**Диagn. исп.** Разлагается  $HNO_3$ . Под действием горячего раствора щелочного сульфида разлагается с выпадением  $Ag_2S$  и  $Cu_2S$  и переходом  $Sb$  в раствор.

В полир. пл. от  $KCN$  быстро чернеет.  $HNO_3$  действует слабо;  $HCl$ ,  $FeCl_3$  и  $KOH$  не действуют. От паров  $HNO_3$  и от паров  $HCl$  образуется налет.

П. п. тр. на угле растрескивается и легко сплавляется в шарик, образуется белый налет  $Sb_2O_3$ , частью также и  $As_2O_3$ . С содой дает королек  $Ag$ . В откp. тр. плавится с образованием налета  $Sb_2O_3$ , иногда  $As_2O_3$ , и выделяет  $SO_2$ .

**Нахожд.** Имеет довольно широкое распространение в месторождениях серебра, но обычно наблюдается в небольших количествах. Образуется в последние этапы рудотложения в гидротермальных серебряных и свинцово-цинковых месторождениях; в тех же месторождениях иногда образуется при гипергенных процессах.

Ассоциируется со стефанитом, пираргиритом, аргентитом, штернберgitом, фрейбергитом и др. Нередко развивается как вторичный минерал по сфалериту, галениту, блеклым рудам, иногда также по стефаниту и пираргириту. Наиболее богаты полибазитом месторождения Фрейберга в Саксонии и Гарца (ГДР), Чили, Мексики, Канады и других стран. В СССР<sup>9</sup> полибазит обнаружен в некоторых свинцово-цинковых месторождениях Центрального Казахстана, Рудного Алтая<sup>10</sup>, Средн. Азии, а также в некоторых месторождениях Якутии и др.

Изм. Заменяется аргентитом, самородным серебром, стефанитом; описаны псевдоморфозы стефанита и серебра по полибазиту. Под действием света теряет блеск и сереет.

Искусств. Медьсодержащий полибазит, по составу и свойствам отвечающий природному, не синтезирован.

Отл. От сходного фрейбергита отличается большей хрупкостью, формой кристаллов.

В полир. пл. несколько темнее фрейбергита, более бурого тона, а также несколько темнее пираргирита и стефанита и без голубоватого или розоватого оттенка. Очень похож на аргентит и на пирселит, от которых надежно отличается лишь по данным хим. анализа и по порошкограмме.

#### Межплоскостные расстояния полибазита из р-ка Килей<sup>1</sup>

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D = 57,3$  мм\*

№	hkil**	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkil	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	3140; 2242	1	3,61	23	4486; 0.0.0.14;	3	1,702
2	3142	0,5	3,47		4.0.4.12		
3	4040	0,5	3,27	24	3.2.5.12; 6178; 5492	2	1,654
4	2244	9	3,18	25	8082	1	1,616
5	3250; 0008	10	2,99	26	4.3.7.10; 4488;	2	1,590
6	4044; 4150	8	2,87		6394; 7186		
7	1128	0,5	2,76	27	2.2.4.14; 6288	1	1,549
8	3146; 3254	5	2,69		4.2.6.12		
9	4046; 3360	6	2,52	28	5.1.6.12; 8192	4	1,512
10	4262	4	2,42		8086; 4.0.4.14		
11	2248	2	2,33	29	0.0.0.16	1	1,484
12	4048	2	2,20	30		0,5	1,459
13	2.1.3.10; 4370; 6062	0,5	2,14	31		2	1,431
14	4372; 3258; 4266	2	2,10	32		1	1,359
15	5272; 4158	1	2,06	33		1	1,338
16	5166; 4374; 2.2.4.10	3	2,02	34		0,5	1,224
17	5274; 6172	0,5	1,971	35		1	1,208
18	4.0.4.10; 3368;	1	1,928	36		0,5	1,179
	1.1.2.10			37		0,5	1,169
19	4376; 6174; 4480	6	1,886	38		0,5	1,153
20	5276	0,5	1,854	39		1	1,127
21	6282; 5384; 6176	1	1,785	40		1	1,091
22	4378; 3.1.4.12; 6284	1	1,738	41		1	1,069

\* Оригинал хим. анализа 2.

\*\* В гексагональной установке.

#### Л и т е р а т у р а

1. Реасоск М. А., Berry L. C. Min. Mag., 1947, 28, No 196, 1 (критическая сводка всех данных; результаты всестороннего изучения).
2. Penfield S. L. Am. J. Sci., 1896, 2, 23.
3. Ungemach H. Bull. Soc. fr. Min., 1910, 33, 375.
4. Mügge O. N. Jb. Min., 1903, B.-B. 16, 394 и 401.
5. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
6. Staples L. W., Warren H. V. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 30.

7. Prior G. Min. Mag., 1890, 9, 9.
8. Rose G. Annal. Phys., 1829, 15, 573; 1833, 28, 156.
9. Шадлуи Т. Н. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 447.
10. Дмитриева М. З., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Кав. ССР, 1957, 1, 324.

### Полиаргирит, Polyargyrite



Назван от греч. *πολύς* (полис) и *ἀργυρός* (аргирос) — серебро (Зандбергер, 1869)<sup>1,2</sup>.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с. Наблюдались формы  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$  и  $i(hll)$ . Обычно кристаллы деформированы и имеют ромбический облик (напоминают кристаллы акантита).

**Физ. Сп. по (100).** Изл. неровный. Ковок. Тв. 2—3. Уд. в. 6,974. Цв. железно-черный до черновато-серого. Черта черная. Бл. металлический.

**Хим. Теор. состав:** Ag — 78,23; Sb — 7,24; S — 14,53. Состав полиаргирита из Вольфаха (анал. Петерсен)<sup>1</sup>: Ag — 77,42; Fe — 0,36; Zn — 0,30; Sb — 6,98; S — 14,78; сумма — 99,84.

**Диagn. исп.** Растворяется в конц.  $\text{HNO}_3$  с выделением S.

**П. и. тр.** легко сплавляется в черный шарик, который при дальнейшем нагревании выделяет  $\text{SO}_2$ , дает королек Ag и налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

**Нахожд.** Найден в окрестностях Вольфаха в Бадене (ФРГ) с аргентитом и доломитом.

**Искусств.** В результате сплавления  $12\text{Ag}_2\text{S}$  с  $1\text{Sb}_2\text{S}_3$  Зомерладом<sup>2</sup> получена тонкозернистая масса, описанная как «полиаргирит». Енсену при изучении системы  $\text{Ag}_2\text{S} - \text{Sb}_2\text{S}_3$  получить полиаргирит не удалось<sup>3</sup>.

Современными методами не проверен. Может быть, является прорастанием аргентита с полибазитом, пираргиритом или тетраэдритом<sup>4</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. Sandberger F. N. Jb. Min., 1869, 310; Petersen T. Ann. Phys., 1869, 137, 386.
2. Sommerlad H. Zs. anorg. Chem., 1898, 18, 429.
3. Jensen E. Avhandl. Norske Vid. Akad., Oslo, I Mat-Nat. Kl., 1947, No 2, 3.
4. Short M. N. U. S. Geol. Surv. Bull., 1931, No 825, 105.

### Стефанит Stephanite



Назван по имени горного директора Австрии — Стефана (Хайдингер, 1845).

**Синон.** Черная хрупкая серебряная руда (Валериус, 1747), хрупкая стекловатая серебряная руда (частично, Вернер, 1789), черное серебро (Аюи, 1801), меланглинк (Моос, 1824), черный серебряный блеск (Глокер, 1831), псатуроз (Бедан, 1832), меланаргирит (Глокер, 1839), гольдшмидтин (Пикок, 1939), тигровая руда, частично черная руда, сурьяно-серебряный блеск.

**Характ. выдел.** Кристаллы, зерна, тонкозернистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с. Вероятно,  $C_{2v}^{12} - \text{Cmc}2_1$ ;  $a_0 = 7,72$ ;  $b_0 = 12,34$ ;  $c_0 = 8,50$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,625 : 1 : 0,688$ ;  $Z = 4$  (для образца из Эльзаса, по Пикоку)<sup>1</sup>.

Ромбо-пирамид. кл.;  $a : b : c = 0,6291 : 1 : 0,6851$  (Врба).

Обычные формы<sup>2,3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_1$	$\rho_1$	$\varphi_2$	$\rho_2$
<i>c</i> 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
<i>b</i> 010	0°00'	90°00'	0 00	90 00	—	0 00
<i>a</i> 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
$\pi$ 130	27 55	90 00	0 00	62 05	90 00	27 55
<i>U</i> 120	38 28	90 00	0 00	51 32	90 00	38 28
<i>m</i> 110	57 49	90 00	0 00	32 11	90 00	57 49
<i>L</i> 210	72 32	90 00	0 00	17 28	90 00	72 32
$\lambda$ 310	78 09	90 00	0 00	11 51	90 00	78 09
<i>s</i> 012	0 00	18 54	71 06	90 00	0 00	71 06
<i>t</i> 023	0 00	24 33	65 27	90 00	0 00	65 27
<i>k</i> 011	0 00	34 25	55 35	90 00	0 00	55 35
<i>d</i> 021	0 00	53 52	36 08	90 00	0 00	36 08
<i>e</i> 041	0 00	69 57	20 03	90 00	0 00	20 03
$\beta$ 101	90 00	47 26	90 00	42 34	47 26	90 00
<i>g</i> 201	90 00	65 20	90 00	24 40	65 20	90 00
<i>q</i> 114	57 49	17 50	80 17	74 59	15 14	80 37
<i>M</i> 113	57 49	23 13	77 08	70 31	19 57	77 53
<i>h</i> 112	57 49	32 45	71 06	62 45	28 34	73 16
<i>l</i> 223	57 49	40 37	65 27	56 34	35 59	69 43
<i>P</i> 111	57 49	52 08	55 35	48 04	47 26	65 09
<i>r</i> 221	57 49	68 46	36 08	37 55	65 20	60 15
<i>T</i> 142	21 40	55 51	36 08	72 12	28 34	39 44
$\omega$ 134	27 55	30 10	62 49	76 23	15 14	63 38
<i>f</i> 133	27 55	37 47	55 35	73 20	19 57	57 13
<i>v</i> 132	27 55	49 18	44 13	69 13	28 34	47 56
<i>w</i> 131	27 55	66 44	25 57	64 32	47 26	35 44
<i>u:</i> 243	38 28	49 24	47 36	61 49	35 59	53 32
<i>p</i> 241	38 28	74 03	20 03	53 15	65 20	41 10
$\xi$ 312	78 09	59 04	71 06	32 55	58 31	79 52
$\zeta$ 311	78 09	73 19	55 35	20 22	72 59	78 40

*mm* (110) : (110) = 64°21'  
 $\lambda\lambda$  (310) : (310) = 23 41  
 $\pi\pi$  (130) : (130) = 55 50  
*dd* (021) : (021) = 107 45  
*kk* (011) : (011) = 68 50

$\beta\beta$  (101) : (101) = 94°53'  
*PP* (111) : (111) = 104 17  
*PP* (111) : (111) = 83 52  
*PP* (111) : (111) = 49 44  
*hh* (112) : (112) = 65 30

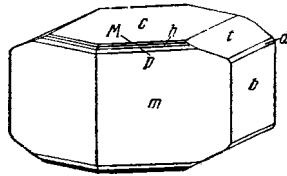
*hh* (112) : (112) = 54°30  
*hh* (112) : (112) = 33 30  
*MM* (113) : (113) = 38 59  
*MM* (113) : (113) = 24 14  
 $\zeta\zeta$  (311) : (311) = 22 41

Менее обычные формы:

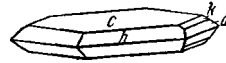
<i>i</i> 190	$\kappa$ 043	<i>p</i> 332	$\theta$ 152	<i>C</i> 3.9.10	<i>F</i> 213
<i>J</i> 150	<i>E</i> 061	$\varepsilon$ 773	$\gamma$ 151	<i>S</i> 372	<i>O</i> 212
$\pi_2$ 140	$\delta$ 071	<i>z</i> 331	$\Psi$ 2.10.1	$\Gamma$ 371	$\Sigma$ 211
<i>u</i> 350	$\gamma$ 081	<i>v</i> 441	<i>D</i> 3.13.6	$\chi$ 352	<i>A</i> 313
<i>M</i> 230	$\Phi$ 102	$\sigma$ 551	$\mu:$ 281	<i>y</i> 351	<i>N</i> 818
$\Xi$ 510	<i>G</i> 301	<i>R</i> 161	<i>Q</i> 141	<i>I</i> 7.11.9	
$\alpha$ 013	$\mu$ 334	$\tau$ 156	$\varphi$ 135	<i>H</i> 122	
<i>o</i> 045	$\Psi$ 554	<i>K</i> 155	$\psi$ 3.9.11	<i>R</i> 121	
$\Pi$ 065	$\Omega$ 443	<i>n:</i> 153	<i>B</i> 267	<i>x</i> 461	

Кроме того, известны 108 редких и недостоверных форм (см. Дана, 1944).

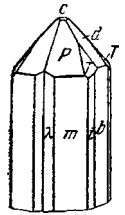
Кристаллы различного облика (фиг. 318—322), чаще всего короткопризматические, несколько удлиненные по оси *c*, реже таблитчатые по (001) и пирамидальные. На гранях (*hk*0) — вертикальная штриховка, на гранях (*Ok*l) — горизонтальная.



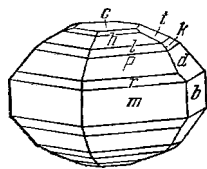
Фиг. 318. Кристалл стеванита (Хондрусбанья, Венгрия)  
По Токоди



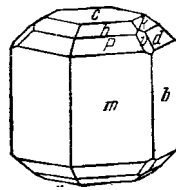
Фиг. 319. Кристалл стеванита (Вихней, Венгрия)  
По Креннеру



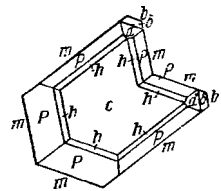
Фиг. 320. Кристалл стеванита (Вихней, Венгрия)  
По Креннеру



Фиг. 321. Кристалл стеванита (Азегур, Марокко)  
По Перменжа



Фиг. 322. Кристалл стеванита (Андреасберг, ФРГ)  
По Врба



Фиг. 323. Двойник стеванита (Андреасберг, ФРГ)  
По Врба

Дв. очень распространены: обычные дв. по (110) (фиг. 323), реже дв. по (130), которые развиваются на кристаллах, уже sdвойникованных по (110) (Токоди)<sup>2</sup>. Возможно, существуют также дв. по (100) или (010) с пл. сращения (001) (Майерс)<sup>2</sup>.

Физ. Сп. по (010) и (021) несовершенная. Изл. полураковистый до неровного. Хрупок. Тв. 2—2½. Уд. вес 6,24—6,32 (вычисл. 6,47). Цв. серовато-черный, железно-черный. Черта железно-черная. Бл. металлический. Неупрозрачен.

Отрицательный фотоэлектрический эффект  $< 0,01$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>4</sup>.

Микр. В инфракрасных лучах<sup>5</sup>:  $n_g = 3,077$ ;  $n_m = 3,053$ ;  $n_p = 3,001$ . В поляр. пл. в отраж. св. серовато-белый (немного светлее аргентита) с фиолетово-розоватым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 29, для оранжевых — 27,5, для красных — 24,5. Двукотражение в воздухе незначительное, в иммерсии более отчетливое: белый, бледный коричнево-розовый до розоватого. Сильно анизотропен. Внутренние рефлексы отсутствуют.

Хим. Теор. состав: Ag — 68,33; Sb — 15,42; S — 16,25. Иногда содержит очень незначительные количества Fe, Cu, As, что, возможно, связано и с наличием механических примесей.

Анализы:

	Ag	Sb	S	П.о.	Сумма	Уд. в.
1.	68,65	15,22	16,02	—	99,89	6,26
2.	68,08	15,16	16,51	0,49	100,24	6,284
3.	67,78	14,89	16,57	0,72	99,96	6,233

1 — Кошняно (Чили); анал. Прайор<sup>6</sup>; 2 — р-к О'Брайен (Кобальт, Канада); анал. Халер<sup>7</sup>; 3 — р-к Килей (Кобальт, Канада); анал. Халер<sup>7</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается в разбавленной нагретой  $\text{HNO}_3$  — выделением S и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

В полир. пл. от KCN быстро чернеет со слабым вскипанием, налет легко стирается; от  $\text{FeCl}_3$  появляются пятна, которые легко стираются; от KOH быстро образуется легко стирающийся темно-коричневый налет; иногда KOH не действует. HCl и  $\text{HNO}_3$  не действуют.

П. п. тр. на угле растрескивается, легко плавится и дает королек Ag и белый налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , окрашивающийся в красный цвет после продолжительного прокаливании. В закр. тр. после длительного нагревания дает налет оксисульфида Sb. В откр. тр. плавится с выделением  $\text{SO}_2$  и образованием налета  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

**Нахожд.** В небольших количествах довольно широко распространен в гидротермальных месторождениях серебра, образовавшихся в близкповерхностных условиях и в более глубинных серебряно-кобальтовых месторождениях. Принадлежит к минералам поздних стадий рудообразования; возможно, образуется также при гипергенных процессах. Сопровождается минералами Ag—аргентитом, самородным серебром, полибазитом, штаргиритом, а также тетраэдритом и др. Частично отлагался путем замещения смальтина, блеклой руды и других минералов.

В хороших кристаллах встречен в Чехословакии (Пршибрам, Банска Штявница и др.), в Венгрии (Хондрусбанья, Вихней), в ГДР (Гарц) и в других местах. Сравнительно обогащены стефанитом серебряные руды Комстока (шт. Невада, США).

**Изм.** Отмечены случаи замещения стефанита полибазитом, пруститом, самородным серебром. К продуктам гипергенного изменения стефанита принадлежат галогениды серебра, ковеллин и др.

**Искусств.** Получен в запаянной стеклянной трубке из смеси AgCl и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  (10 : 1) в растворе карбоната Na в присутствии  $\text{H}_2\text{S}$  при 80—150° (по Дёльтеру). При сплавлении  $\text{Ag}_2\text{S}$  и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  получить стефанит не удалось<sup>8</sup>.

**Практ. знач.** Входит в состав серебряных руд наряду с другими минералами Ag.

**Отл.** От сходных серебряных минералов отличается отсутствием внутренних рефлексов, от штроемeyerита — отсутствием двойников (в иммерсии). Стефанит несколько розовее и светлее аргентита и полибазита; последние мягче и полируются значительно хуже.

Межплоскостные расстояния стефанита из Марокко<sup>3</sup>  
Cu-антикатод, с фильтром

№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_a}{n}$
1		4	3,49	15	6	6	1,86
2		4	3,31	16	6	6	1,83
3	040	10	3,05	17	6	6	1,78
4		10	2,88	18	6	6	1,64
5		4	2,75	19	080	6	1,52
6		10	2,56	20	4	4	1,465
7		4	2,49	21	1	1	1,420
8		6	2,42	22	4	4	1,385
9		4	2,33	23	4	4	1,345
10		4	2,18	24	4	4	1,303
11	004	6	2,12	25	1	1	1,266
12		4	2,00	26	1	1	1,250
13		4	1,95	27	4	4	1,225
14		1	1,89	28	6	6	1,196

## Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 66.
2. Кристаллогр. изучение: Vrba K. Ber. Böhm. Ges., 1886, 119; Miers H. A. Min. Mag., 1890, 9, 1; Tokody L. Cbl. Min., 1928, A, 13; Krenner G. Cbl. Min., 1930, A, 159; Garcés V. N. Jb. Min., 1933, 1, 77; Murdoch J. Am. Min., 1942, 27, No 7, 501.
3. Permingeat F. Bull. Soc. fr. Min., 1954, 77, No 7—9, 1254.
4. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
5. Bailly R. Bull. Soc. fr. Min., 1947, 70, No 1—6, 97.
6. Prior G. Min. Mag., 1890, 9, 11.
7. Walker T. L. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1930, No 29, 13.
8. Jensen E. Avhandl. Norske Vid. Akad., Oslo, I Mat. No Nat. Kl., 1947, No 2, 3.

## Гаухекорнит Hauchecornite



Назван по имени В. Гаухекорна (Шайбе, 1891)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. В кристаллах.

Структ. и морф. крист. Тетраг. с.  $D_{2d}^1 - P\bar{4}2m$ ,  $D_4^1 - P422$  или  $D_{4h}^1 - P4/mmm$ ;  $a_0 = 7,29$ ;  $c_0 = 5,40 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 0,7407$  (Пикок)<sup>2</sup>.  
 $a : c = 1 : 1,05215$  (Шайбе)<sup>1</sup>.

Формы:

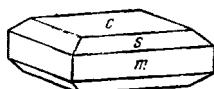
	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	0°00'	$e$ 101	90°00'	46°27'
$a$ 100	90°00'	90 00	$s$ 112	45 00	36 39
$m$ 110	45 00	90 00	$o$ 111	45 00	56 06

$oe$  (111) : (101) = 35°56'     $em$  (101) : (110) = 59°40'     $se$  (112) : (101) = 30°50'

Кроме того, известно несколько вичинальных форм.

В установке Пикок кристалл повернут на 45° по сравнению с описанием Шайбе; за единичную форму (111) принята  $e$  (101) Шайбе,  $c$  увеличено вдвое.

Кристаллы таблитчатые по (001) (фиг. 324), короткопризматические, кубовидные или пирамидальные. Зона призм и пирамид горизонтально истрихована; иногда штриховка на призмах вертикальная.



Фиг. 324. Кристалл гаухекорнита (рудник Фридрих)  
По Шайбе

Физ. Сп. не наблюдалась. Изл. плоскораконистый. Тв. 5. Уд. в. 6,36 (вычисл. 6,58). Цв. светлый, бронзово-желтый, наблюдается слегка более темная побежалость. Черта серовато-черная.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светло-бронзово-желтоватый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 40,5, для оранжевых — 42,5, для красных — 44,5. Едва заметное двуотражение. Ясно анизотроп.

тронеп, погасание прямое. При положении никелей под  $\angle 45^\circ$  синий<sup>2</sup>.  
Хим. Теор. состав (при Bi : Sb = 3 : 1): Ni — 45,57; Sb — 5,25; Bi — 27,05; S — 22,13.

Анализы Шайбе гаухекорнита из р-ка Фридрих<sup>1</sup>:

	Cu	Fe	Co	Ni	As	Sb	Bi	S	Сумма
1.	—	0,17	0,82	[45,88]	0,45	6,23	23,72	22,62	99,89
2.	0,09	Сл.	—	[45,26]	3,04	3,14	24,74	22,71	98,98

Диагн. исп. В HCl растворяется с выделением H<sub>2</sub>S. Растворяется в HNO<sub>3</sub> с выделением S. Легко растворяется царской водкой.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> светло-бурый, легко стирающийся налет.

П. п. тр. на угле легко сплавляется в бронзово-желтый магнитный королек и образует темно-желтый налет, светлеющий при охлаждении. С бурой дает перл Ni.

**Находк.** Редок. В р-ке Фридрих близ Виссена (ФРГ) обнаружен вместе с миллеритом, линнеитом, висмутином, бравойитом, ульманнитом, сфалеритом, сидеритом и кварцем как продукт изменения минералов группы линнеита в зоне цементации; образует гнезда или мелкие скопления кристаллов. В Монте-Нарба (Сардиния) минерал, весьма сходный с гаухекорнитом, встречен в ассоциации с ульманнитом, брейтгауптитом и др.

**Отл.** В полир.пл. по цвету сходен с миллеритом, а также с пирротитом, но у последнего анизотропия выражена значительно резче.

## Межплоскостные расстояния гаухекорнита из р-ка Фридрих 2

## Cu-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	110	2	5,20	25	242	2	1,393
2	011	6	4,34	26	004	3	1,350
3	—	1	4,16	27	251	3	1,314
4	020	5	3,64	28	052; 342; 043	2	1,280
5	120	5	3,25	29	024; 152	4	1,263
6	021	2	3,03	30	350; 124	1	1,249
7	121	10	2,79	31	351; 060	2	1,214
8	012	2	2,54	32	161; 442	3	1,165
9	112	7	2,39	33		1	1,153
10	221; 130	7	2,30	34		2	1,134
11	031	1	2,21	35		3	1,082
12	022	1	2,16	36		3	1,061
13	122	2	2,08	37		2	1,031
14	222	6	1,861	38		2	1,008
15	040	4	1,819	39		2	0,964
16	032	4	1,799	40		2	0,958
17	132; 013	2	1,754	41		1	0,931
18	330	3	1,717	42		2	0,920
19	141	2	1,679	43		3	0,903
20	232; 023	1	1,611	44		1	0,892
21	123	3	1,573	45		1	0,877
22	042	2	1,506	46		2	0,845
23	332	1	1,451	47		2	0,810
24	051; 341	1	1,408	48		3	0,782

## Л и т е р а т у р а

1. Scheibe R. Zs. Deutsch. geol. Ges., 1888, 40, 611 (описан сначала как сульфид Ni и Bi); Jb. Preuss. geol. Landesanst., 1891 (1892), 12, 91.
2. Реасоск М. А. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 440.

## ВИТТИХЕНИТ Wittichenite



Назван по месту первой находки около Виттихена в Шварцвальде (Кенгот, 1853). Синон. Медно-висмутовая руда (Зельб, 1805), висмутовая медная руда (Леонхард, 1826), виттихит (Кобель, 1853). Клапротит (Петерсен и Зандбергер, 1868), или клапротолит (Бруш, 1878), по данным Нафилда, является смесью виттихенита и эмплектита.

**Харак. выдел.** Плотные массы и кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $a_0 = 6,55$ ;  $b_0 = 7,55$ ;  $c_0 = 10,19 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,867 : 1 : 1,350$ ;  $Z = 2$  (Борхерт и Шрёдер)<sup>2</sup>.



Кл. и простр. гр. не выяснены; по Нафилду<sup>1</sup>:  $D_2^4 - P_{2,2,2,2,1}$ ; по Борхерту и Шрёдеру:  $D_{2h}^4 - P_{m\bar{m}m}$ , или  $D_2^4 - P_{222}$ , или  $C_{2v}^4 - P_{m\bar{m}}$ .

$a:b:c = 0,870:1:1,352$  (Борхерт и Шрёдер)<sup>1</sup>.

Главные формы:

	Ф	Р	Ф <sub>1</sub>	Р <sub>1</sub>	Ф <sub>2</sub>	Р <sub>2</sub>
<i>c</i> 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
<i>b</i> 010	0 00	90 00	0 00	90 00	—	0 00
<i>a</i> 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
<i>P</i> 130	20 57	90 00	0 00	69 03	90 00	20 57
<i>l</i> 120	29 53	90 00	0 00	60 07	90 00	29 53
<i>m</i> 110	48 58	90 00	0 00	41 02	90 00	48 58
<i>N</i> 240	66 29	90 00	0 00	23 31	90 00	66 29
<i>f</i> 011	0 00	53 30	36 30	90 00	0 00	36 30
<i>y</i> 021	0 00	69 42	20 18	90 00	0 00	20 18
<i>o</i> 102	90 00	37 50	90 00	52 10	37 50	90 00
<i>d</i> 101	90 00	57 13	90 00	32 47	57 13	90 00
<i>u</i> 112	48 58	45 50	55 57	57 14	37 50	61 54
<i>p</i> 111	48 58	64 06	36 29	47 16	57 14	53 48
<i>e</i> 221	48 58	76 21	20 18	42 52	72 09	50 22
<i>F</i> 132	20 57	65 17	26 14	71 03	37 50	31 58
<i>x</i> 123	29 53	46 07	47 58	68 57	27 23	51 19
<i>r</i> 121	29 53	72 13	20 18	61 41	57 14	34 21
<i>L</i> 241	66 29	73 33	36 30	28 26	72 09	67 30

Второстепенные формы:

<i>M</i> 320	<i>t</i> 023	<i>g</i> 104	<i>w</i> 114	<i>Q</i> 133	<i>I</i> 324	<i>q</i> 242
<i>k</i> 014	<i>n'</i> 054	<i>i</i> 103	<i>v</i> 113	<i>n</i> 131	<i>V</i> 214	<i>R</i> 423
<i>H</i> 013	<i>D</i> 061	<i>B</i> 201	<i>K</i> 141	<i>E</i> 124	<i>T</i> 213	<i>W</i> 421
<i>G</i> 012	<i>Z</i> 108	<i>h</i> 301	<i>S</i> 136	<i>s</i> 122	<i>A</i> 425	<i>j</i> 512

Приведенные в справочнике Дана (1944) данные измерений Уульфа кристаллов «клапротита» из Шапбахтала в Балене относятся к кристаллам виттихенита<sup>1</sup>.

Кристаллы столбчатые, удлиненные по оси *c* и уплощенные по (100).

Физ. Сп. ясно не выражена. Изл. неровный или раковистый. Хрупок. Тв. 2—3. Уд. в. 6,3 (вычисл. 6,5). Цв. стально-серый до оловянно-белого с бледно-свинцово-серой или лагуно-желтой побежалостью. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый с кремовым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 35, для оранжевых — 29,5, для красных — 28. Двухотражение очень слабое, неясное. Отчетливо анизотропен.

Хим. Теор. состав: Cu — 38,46; Bi — 42,15; S — 19,39. Анализы виттихенита в основном старые; новых анализов с данными порошкограмм нет. Отмечались примеси As, Sb, Ag, Zn, Co, но насколько чист был материал, неизвестно.

Анализы:

	Cu	Ag	Fe	Pb	Bi	As	S	Sb	Сумма
1.	36,22	—	—	—	44,34	—	19,44	—	100,00
2.	36,91	—	3,13	—	41,53	—	18,21	—	99,78
3.	38,20	0,01	—	0,85	41,75	0,30	18,85	0,25	100,21

1—2— Виттихен: 1 — р-к Нойглюк; анал. Петерсен<sup>3</sup>; 2 — р-к Даниэль; анал. Хильгер<sup>4</sup>; 3 — Колкихирка<sup>5</sup>.

— **Диагн. исп.** Растворяется в HCl с выделением H<sub>2</sub>S; HNO<sub>3</sub> с выделением S.

В полпр. пл. от конц. HNO<sub>3</sub> буреет; HCl, HgCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> не действуют.

П. п. тр. на угле легко плавится с образованием налета Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Со смесью KJ + S — красный налет BiJ<sub>3</sub>; с содой в восст. пл. дает Cu, в отк. тр. — сернистые пары и белый налет.

**Нахожд.** Установлен в немногих гидротермальных месторождениях в жилах, богатых медью и висмутом, частично в контактовых месторождениях. Виттихенит иногда замещает теннантит. Частью образуется также в результате распада твердого раствора (мелкие включения в борните)<sup>6</sup>. Нередко встречается вместе с другими висмутовыми минералами. Около Виттихена в Шварцвальде (ФРГ) — с баритом и флюоритом, около Зигена в Вестфалии (ФРГ) — с сидеритом, в месторождении Бьютт (шт. Монтана, США) — с гипогенным халькозином. Встречен в р-ке Колкихирка (Перу).

В СССР виттихенит обнаружен в Колыванском вольфрамовом месторождении (Алтайский край)<sup>7</sup>, где он находится в тесной ассоциации с айкинитом, в месторождении Адрасман (Тадж. ССР)<sup>8</sup> и др.

**Пзм.** Замещается самородным висмутом, висмутпном, халькопиритом, эмлектитом, малахитом.

**Искусств.** Виттихенит легко получается сплавлением в вакууме Cu, Bi и S в стехиометрических соотношениях<sup>1</sup>. В системе Cu — Bi — S Годен и Дике<sup>9</sup> получали вещество состава виттихенита из расплавов, но диагностика этого вещества рентгенометрически не проверена.

**Отл.** От висмутина и эмлектита отличается меньшей отраж. способностью, более слабой анизотропией и двуотражением, от висмутсодержащей блеклой руды — анизотропией и большей отраж. способностью.

Межплоскостные расстояния виттихенита<sup>1</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	011	1	5,66	15	032; 231; 301	3	2,39
2	020	1	5,20	16	311	0,5	2,34
3	111	4	4,54	17	141; 320; 132;	0,5	2,28
4	200	3	3,82	18	013; 321	2	2,16
5	121; 210	1	3,61	19	113	0,5	2,10
6	002; 201	1	3,33	20	330; 023; 042;	2	2,05
7	012; 211	3	3,18	21	312; 150; 123	2	1,984
8	031; 102;	8	3,07	22	151	0,5	1,905
9	(112)	1	2,95	23	322	3	1,890
10	131	10	2,84	24	133; 250; 340	3	1,816
11	022	0,5	2,81	25	052	3	1,757
12	122	4	2,65	26	421	2	1,729
13	040; 230	2	2,57	27	303; 160; 430	3	1,676
14	310	0,5	2,49	28	323; 252; 342	1	1,596
0,5	1,581	1	1,269	0,5	1,129	1	0,959
0,5	1,537	1	1,251	0,5	1,087	1	0,930
1	1,501	1	1,227	1	1,074	0,5	0,816
1	1,449	0,5	1,201	0,5	1,057	0,5	0,812
0,5	1,439	0,5	1,193	0,5	1,035	0,5	0,788
1	1,404	0,5	1,181	1	1,017	0,5	0,781
1	1,378	0,5	1,173	1	0,988		
1	1,289	1	1,156	0,5	0,976		

## Л и т е р а т у р а

1. Nuffield E. W. Econ. Geol., 1947, 42, No 2, 147 (рентгеновское изучение музейных образцов).
2. Borchert W., Schroeder R. Heidelb. Beitr. Min. Petr., 1947, 1, N. 1, 112 (рентгеновское и гониометрическое изучение одного кристалла длиной 2,4 мм из Садисдорфа (Саксония, ГДР), на котором наблюдалось 108 граней, принадлежащих 45 формам).
3. Sandberger F. N. Jb. Min., 1868, 418.
4. Hilger A. Ann. Phys., 1865, 125, 144.
5. Lindgren W. Econ. Geol., 1935, 30, No 4, 338.
6. Krieger P. Econ. Geol., 1940, 35, No 6, 687; Watanabe M. Sci. Rep. Tohoku Univ., 3 Ser., 1951, 4, 1 (по Chem. Abstr., 1951, 45, 4190); Sugaki A. J. Japan. Assoc. Min. Geol., Econ. Geol., 1949, 33, 85 (по Chem. Abstr., 1951, 45, 3765).
7. Спейт Ю. А., Новоселов А. М. Вестн. Зап.-Сиб. геол.-разв. треста, 1933, № 5, 45.
8. Шадлуи Т. Н. Минералы СССР. Изв. АН СССР, 1940, 2, 480.
9. Gaudin A. M., Dicke G. Econ. Geol., 1939, 34, No 2, 214.

**Идаит** — *idaite* (Френцель, 1958).  $\text{Cu}_5\text{FeS}_6$ ? Мельчайшие таблички. Гексаг. с. Дигексаг.-дипирамид. кл.?  $a_0 = 3,90$ ;  $c_0 = 16,95 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 4,346$ ;  $Z = 1$ . Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. вычисл. 4,21. Цв. сходный с цветом борнита, но нет побежалости. Бл. металлический. В полир. пл. в отраж. св. похож на свежее-отполированный борнит. Двухотражение сильное: красновато-оранжевый: красно-бурый (несколько темнее борнита) до светло-серого с желтоватым оттенком. Очень сильно анизотропен с зелеными цветными эффектами. Данные хим. изучения не опубликованы. Теор. состав: из формулы  $\text{Cu}_5\text{FeS}_6$ : Cu — 56,16; Fe — 9,86; S — 33,98.

Рассматривается как продукт распада борнита, сопровождается халькопиритом. Наблюдался в р-ке Ида (Кхан в Юго-Зап. Африке) и в шлифах борнита из ряда месторождений.

## Л и т е р а т у р а

- Frenzel G. N. Jb. Min., Monatsh., 1958, N. 6, 142; N. Jb. Min., Abhandl., 1959, 93, N. 1, 87.

С м и т и т *Smithite*

Назван по имени английского минералога Х. Смита (Соли, 1905)<sup>1</sup>.

Синон. Мышьяковый мпиргирит — арсеномпиргирит (Егер, Клоостер, 1912).

**Характ. выдел.** Очень мелкие кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^6$  —  $C2/c$  или  $C_s^4$  —  $Cc$ . У искусств.,  $a_0 = 17,23$ ;  $b_0 = 7,78$ ;  $c_0 = 15,19 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 101^\circ 42'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 2,216 : 1 : 1,952$ ;  $Z = 24$  (Пикок)<sup>2</sup>.

**Призмат. или диэдрич.** безосный кл.;  $a : b : c = 2,2206 : 1 : 1,9570$ ;  $\beta = 101^\circ 12'$  (Дана, 1944).

Главные формы<sup>1,3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ 001	—	$11^\circ 12'$	$P$ 111	$29^\circ 15'$	$65^\circ 59'$
$a$ 100	$90^\circ 00'$	90 00	$P$ $\bar{1}11$	$-19^\circ 41'$	64 19
$l$ 320	$34^\circ 33'$	90 00	$q$ 211	$45^\circ 33'$	70 18
$h$ 102	90 00	32 54	$r$ 311	$55^\circ 55'$	74 02
$e$ 101	90 00	47 38	$Q$ $\bar{2}11$	$-39^\circ 15'$	68 24
$d$ $\bar{1}01$	$-90^\circ 00'$	35 00	$R$ $\bar{3}11$	$-51^\circ 55'$	72 30

$ac (100) : (001) = 78^{\circ}48'$	$pa (111) : (100) = 63^{\circ}29'$	$Qa (\bar{2}11) : (\bar{1}00) = 53^{\circ}52'$
$ha (102) : (100) = 57\ 05$	$Pa (\bar{1}11) : (\bar{1}00) = 72\ 19$	$Ra (\bar{3}11) : (\bar{1}00) = 41\ 21$
$ea (104) : (100) = 42\ 22$	$qa (211) : (100) = 47\ 46$	$pb (111) : (010) = 37\ 10$
$da (\bar{1}01) : (\bar{1}00) = 55\ 00$	$ra (\bar{3}11) : (\bar{1}00) = 37\ 13$	$Pb (\bar{1}11) : (010) = 31\ 57$

Менее обычные формы:

$b\ 010$	$G\ 0.1.10$	$\beta\ 10.0.1$	$\chi\ 113$	$y\ 213$	$t\ 511$	$S\ \bar{4}11$
$u\ 140$	$K\ 013$	$\lambda\ \bar{4}03$	$J\ \bar{4}41$	$\alpha\ 15.7.7$	$\rho\ \bar{1}22$	$T\ \bar{5}11$
$w\ 130$	$o\ 011$	$\delta\ \bar{5}03$	$D\ 121$	$A\ 522$	$\tau\ \bar{2}33$	$U\ \bar{6}11$
$v\ 120$	$\epsilon\ 308$	$i\ \bar{2}01$	$\pi\ 355$	$H\ 3.1.10$	$\sigma\ \bar{3}44$	
$m\ 110$	$\zeta\ 305$	$r\ \bar{5}02$	$\theta\ 759$	$z\ 313$	$O\ \bar{2}14$	
$n\ 210$	$g\ 301$	$x\ \bar{1}1.0.3$	$B\ 322$	$\xi\ 413$	$Z\ \bar{3}13$	
$\nu\ 520$	$\eta\ 501$	$j\ \bar{4}01$	$C\ 215$	$s\ 411$	$\Xi\ \bar{4}13$	

Кристаллы (фиг. 325) изометрические или несколько таблитчатые по (100); искусств. — тонкотаблитчатый по (100) в виде псевдогексагональных табличек с равномерно развитыми зонами [010], [011] и [011].

Дв. в природном смитите не наблюдались, у искусств. очень обычны дв. по (100).

Физ. Сп. по (100) весьма совершенная. Изл. раковистый. Хрупок. Тв.  $1\frac{1}{2}$ —2. Уд. в. 4,88 (вычисл. 4,93). Цв. светло-красный, переходящий на свету в оранжево-красный. Черта ярко-красная. Бл. алмазный. Просвечивает.

Микр. В проход. св.<sup>3</sup> слабый плеохроизм. Двуосный (—). Пл. опт. ос. (010);  $Nm = b$ ;  $cNg \sim 6^{\circ}(\text{Na})$ ,  $4^{\circ}(\text{Li})$ ;  $n_{cp} \sim 3,27$  (Na). Двупр. очень высокое.  $2E \sim 65^{\circ}$ .

В полированных плитах не изучен.

Хим. Теор. состав: Ag — 43,69; As — 30,36; S — 25,95.

Состав смитита из Бинненталя (анал. Прайор)<sup>3</sup>: Ag — 43,9; As — 28,9; Sb — 0,4; S — 26,0; сумма — 99,2.

Наход. Принадлежит к очень редким минералам Бинненталя (Швейцария). Наблюдается вместе с гутчинсонитом, ленгенбахитом, реальгаром, аурипигментом, сфалеритом и шпритом в доломите.

Искусств. Получен совместно с аурипигментом нагреванием в стальной бомбе (при  $\sim 390^{\circ}$ ) металлического Ag, As и S в конц. растворе полисульфидов Na, при атомном отношении в растворе Ag : As меньше 1 :  $10^4$ . Возникновение в системе  $\text{Ag}_2\text{S} - \text{As}_2\text{S}_3$  не подтверждено рентгеновским изучением<sup>5</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. Solly R. H. Min. Mag., 1905, 14, No 64, 74.
2. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 81.
3. Smith G. F., Prior G. Min. Mag., 1907, 14, No 67, 293.
4. Bland R. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 79; Econ. Geol., 1948, 43, No 2, 1.
5. Jaeger F. M., Klosser H. S. Zs. anorg. Chem., 1912, 78, 245.

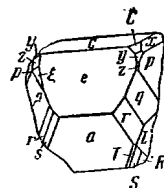
### Трехманнит Trechmannite



Назван по имени кристаллографа К. Трехмана (Соли, 1905)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. Мелкие кристаллы.

Структ. и морф. крист. Гексаг. с.



Фиг. 325. Кристаллы смитита (Бинненталь)

По Смиту (в установке Дана, 1944)

Триг.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1 : 0,6530$  (Смит и Прайор)<sup>2</sup>.  
Главнейшие формы<sup>1,2</sup>:

	φ	ρ		φ	ρ
<i>c</i> 0001	—	0° 00'	<i>n'</i> 1453	10° 53'	49° 02'
— <i>m</i> 0110	0° 00'	90 00	<i>n</i> 4153	49 07	49 02
<i>a</i> 1120	30 00	90 00	— <i>n'</i> 4513	—49 07	49 02
<i>m</i> 1010	60 00	90 00	<i>v'</i> 1231	19 06	63 22
— <i>a</i> 1210	—30 00	90 00	— <i>v'</i> 1321	—19 06	63 22
<i>r</i> 0111	0 00	37 01	— <i>v</i> 2311	—40 54	63 22
<i>e</i> 1012	60 00	20 39	<i>z'</i> 2461	19 06	75 56
<i>s</i> 2021	60 00	56 33	<i>x</i> 3141	46 06	69 48
<i>p</i> 1123	30 00	23 31	— <i>x'</i> 3411	—46 06	69 48
— <i>p</i> 1213	—30 00	23 31			

Положительные, отрицательные, левые и правые формы определены на основе рассмотрения чертежей Смита и Прайора.

<i>za</i> (2461) : (1120) = 17° 44'	<i>ea</i> (1012) : (1120) = 72° 13'	<i>pa</i> (1123) : (1120) = 66° 29'
<i>xa</i> (1341) : (1120) = 25 37	<i>sa</i> (2021) : (1120) = 43 44	<i>va</i> (1231) : (1120) = 28 38
	<i>ra</i> (0111) : (1120) = 58 14	

Более редкие и недостоверные формы (различия между положительными и отрицательными провести не удастся):

<i>F</i> 1450	<i>D</i> 2570	<i>G</i> 2027	$\Phi$ 5051	<i>g</i> 3584	$\eta$ 2355	$\chi$ 3471
<i>d</i> 1340	<i>H</i> 1015	<i>a</i> 4041	<i>V</i> 2681	$\zeta$ 3581	$\beta$ 2354	$\gamma$ 4592

Мало достоверны:  $\theta$  (2.29.31.9),  $k$  (1.12.13.4),  $\lambda$  (1.11.12.5),  $\Sigma$  (6.13.19.8) и  $\delta$  (4.9.13.4).

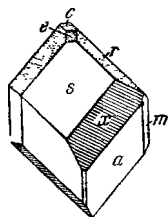
Мелкие кристаллы (до 1 мм) — призматические или неравномерно развитые, богаты гранями, частью изъедены (фиг. 326, 327).

Физ. Сп. хорошая по (0111) и ясная по (0001). Изл. раковистый. Тв. 1½—2. Цвет и черта пурпурно-красные (темнее, чем у гутчинсонита).

Прозрачен до просвечивающего.

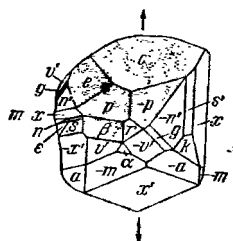
Микр. В пл. в прох. св. слабый плеохроизм: по *No* — бледно-красный, по *Ne* светлее, почти бесцветный. Одноосный (—). Светлопреломление очень высокое. Двупреломление сильное.

Хим. Данных количественного анализа нет. Качественно определены Ag, S и As. Предполагается, что состав аналогичен составу смитита.



Фиг. 326. Кристалл трехманнита (Бинненталь)

По Смиту и Прайору



Фиг. 327. Кристалл грехманнита (Бинненталь)

По Смиту и Прайору

Наход. Очень редок. Найден в белом кристаллическом доломите Ленгенбаха в Биннентале (Швейцария) на теннантите (бинните) в сопрождении зелигманнита, сфалерита, пирита и фуксита.

Отл. По цвету, черте и твердости подобен гутчинсониту и смититу, от которых отличается сингонией.

#### Литература

1. Solly R. H. Min. Mag., 1905, 14, 75; 1906, 14, 189.
2. Smith G. F., Prior G. Min. Mag., 1907, 14, 300; Solly R. H. Min. Mag., 1919, 18, 363.

$\alpha$ -трехманнит —  $\alpha$ -trichmaninite. Назван на основе сходства с трехманнитом (Соли, 1919)<sup>1</sup>. Изучен недостаточно.

Гексаг. с.; триг.-дипирамид. кл. Кристаллы идентичны кристаллам трехманнита.

$$a : c = 1 : 0,6839.$$

Наблюдались формы: (0001), (10 $\bar{1}$ 0), (14 $\bar{5}$ 0), (134 $\bar{0}$ ), (11 $\bar{2}$ 0), (10 $\bar{1}$ 5), (10 $\bar{1}$ 2), (02 $\bar{2}$ 1), (10 $\bar{1}$ 1), (40 $\bar{4}$ 1), (134 $\bar{1}$ ), (26 $\bar{8}$ 1), (12 $\bar{3}$ 1), (246 $\bar{1}$ ), (11 $\bar{2}$ 3) и наблюдавшиеся на кристаллах трехманнита формы: (1.13.14.6), (53 $\bar{8}$ 2), (31 $\bar{4}$ 2), (14 $\bar{5}$ 3), (7186) и (15 $\bar{6}$ 2). Наиболее развиты (01 $\bar{1}$ 1) и (11 $\bar{2}$ 0). Кристаллы призматические, очень мелкие (различить положительные и отрицательные формы не удалось).

Сп. по (0001) и по (01 $\bar{1}$ 1). Цв. свинцово-серый. Черта шоколадная.

Оптической характеристики и хим. анализа нет.

Найден в Ленгенбахе (Бингенталь, Швейцария) в виде мелких кристаллов на сарторите.

От трехманнита отличается по цвету и черте.

#### Литература

1. Solly R. H. Min. Mag., 1919, 18, 363.

### Валлерит Vallerite



Назван по имени шведского минералога Д. Валериуса (Бломстранд, 1870)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Чешуйчатые агрегаты, шаровидные выделения с зональным строением, очень мелкие пластинки.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.? Предположительно  $D_{2h}^5$  — *Pmma*;  $a_0 = 6,14$ ;  $b_0 = 9,83$ ;  $c_0 = 11,42$  Å;  $Z = 2$  (Хилер, 1939; на основе порошковой программы)<sup>2</sup>;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,625 : 1 : 1,162$ .

Структура, возможно, сходна со структурой пирротина.

Псевдогексагональный. Несовершенные кристаллы-чешуйки, уплощенные по базопинаккиду, с гексагональными очертаниями. Часто изогнуты, подобно чешуйкам графита или молибденита. Известны ориентированные сростания с халькопиритом<sup>3</sup>.

**Физ.** Сп. по базопинаккиду совершенная. У агрегатов изл. неровный. Тв. очень низкая (как у графита). Уд. в. 3,09—3,14. Цв. желтовато-черный. Черта на бумаге темная. Бл. металлический.

Магнитен<sup>4</sup>.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. спос. для  $\text{Fe}$  (параллельно удлинению) (в %): для зеленых лучей 47,5, для оранжевых — 46,0, для красных — 45; для  $\text{Fe}$  (перпендикулярно удлинению) соответственно: 19, 15, 18. Исключительно сильное двуотражение: желтовато- или коричневатобелый до серого. Очень сильная анизотропия

(почти как у ковеллина или молибденита и графита). Внутренние рефлексы отсутствуют. Наблюдается двойниковое сложение.

**Хим.** Состав не вполне ясен, близок к формуле  $\text{Cu}_2\text{Fe}_4\text{S}_7$ ; однако, возможна формула  $\text{Cu}_3\text{Fe}_4\text{S}_7$ , лучше отвечающая рентгеноструктурным данным. Теор. состав из формулы  $\text{Cu}_2\text{Fe}_4\text{S}_7$ : Cu—22,12; Fe—38,85; S—39,03; из формулы  $\text{Cu}_3\text{Fe}_4\text{S}_7$ : Cu—29,87; Fe—34,98; S—35,15. Анализировался не вполне однородный материал; состав минерала требует уточнения. Нередко он, по-видимому, содержит Ni, изоморфно замещающий Fe.

**Анализы:**

	1	2	3	4	5
Cu	26,66	22,68	29,84	29,90	24,74
Fe	39,52	37,92	35,70	34,38	36,13
Ni	—	(<0,07)	—	—	3,78
S	33,82	39,40	34,46	35,72	35,35
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1—4 — Кавельторп, пересчет на чистое вещество (оригиналы содержали до 38% примесей): 1 — средние данные из четырех анализов Бломстранда<sup>1</sup>; 2 — анал. Питзлер<sup>5</sup>; 3 — анал. Бликс<sup>6</sup>; 4 — анал. Бендиг<sup>2</sup>; 5 — Норильское м-ние; пересчет за вычетом н. о. и хлоритизированного плагиоклаза; As и Sb не обнаружены; анал. Фрейде<sup>6</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в HCl.

В полир. пл. обычно употребляемыми реактивами не травится.

**Нахожд.**<sup>3,5,7</sup> Крупных выделений не образует. В виде мелких пластинок, часто микроскопических размеров, наблюдается в месторождениях медно-никелевых руд, генетически связанных с основными интрузиями — Норильское месторождение (Красноярский край), Монче-тундра (Мурманская обл.), Бушвелд в Трансваале (Южная Африка), Садбери (Канада) и др. Обычно находится в парагенетической ассоциации с халькоширитом, кубанитом, пирротином и пентландитом, но выделяется после них. Единичные включения валлериита нередко наряду с кубанитом характерны для многих сравнительно высокотемпературных халькоширитов из различных гидротермальных месторождений. Помимо упомянутых выше месторождений, установлен в значительном количестве в р-ке Кавельторп (Швеция). Отмечается также в ряде колчеданных и свинцово-цинковых месторождений: Сулительма (Норвегия), Тренча (Югославия) и др.; в СССР — в некоторых колчеданных залежах Урала и Рудного Алтая, также на Кавказе в вольфрамо-молибденовом месторождении Тырнауз и др.

Валлериит образуется в интервале т-р 200—250° как промежуточный продукт распада твердых растворов  $\text{CuFeS}_2$ —FeS. Может служить геологическим термометром.

**Изм.** При окислении руд сначала переходит в темно-серую или бурую порошокатую массу, содержащую ковеллин; затем образуется лимонит.

**Отл.** Благодаря необычно сильной анизотропии и двуотражению валлериит определяется легко; от сходных с ним молибденита и графита отличается более высокой отраж. способностью, особенно в сечениях, параллельных удлинению.

Межплоскостные расстояния валлерита\* из Кавельторпа<sup>2</sup>Fe-антикатоде,  $D = 57,3$  мм

№**	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	001	10	11,56	10,48	16	060; 251	4	1,635	1,482
2	002	10	5,739	5,202	17	333	6	1,579	1,431
3	003	8	3,811	3,454	18	400; 226	6	1,534	1,391
4	030	10	3,270	2,964	19	315	2	1,508	1,366
5	103	8	3,216	2,915	20	055	2	1,488	1,348
6	200; 113	2	3,064	2,777	21	245	2	1,468	1,331
7	004	8	2,855	2,588	22	174; 048; 327	2	1,234	1,118
8	024	2	2,468	2,237	23	081; 265	2	1,221	1,106
9	222	8	2,354	2,134	24	531	4	1,142	1,035
10	005; 140	8	2,280	2,066	25	090	4	1,091	0,989
11	300; 214	6	2,045	1,854	26	437; 249	6	1,057	0,958
12	006	10	1,900	1,722	27	550	10	1,040	0,943
13	312; 320; 241	10	1,889	1,712	28	506; 471	10	1,030	0,934
14	016; 150	10	1,871	1,696	29	526	10	1,009	0,914
15	322; 135	8	1,790	1,622					

\* Оригинал хим. анализа 4.

\*\* Различные порошковые диаграммы валлерита сильно различаются количеством линий — только 15 линий (№ 1—4, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 16—19 и 26) наблюдались на всех порошковых диаграммах валлерита Хилер).

## Литература

1. Blomstrand P. W. Öfv. Akad. Stockh., 1870, 27, 19.
2. Hiller J. E. Zs. Krist., 1939, 101, 425.
3. Чирков И. Н. ДАН СССР, 1941, 31, № 5, 472.
4. Свешников Г. Б. Геофизические методы поисков полезных ископаемых. Госгеолгиздат, 1951, 52.
5. Ramdohr P., Ödman O. Geol. För. Förh., 1932, 54, No 1, 89.
6. Искюль Е. В. ДАН СССР, 1940, 27, № 3, 247.
7. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 416.

## Лиллианит Lillianite



Назван по месту находки в р-ке Лиллиан (Ледвилл, Колорадо) (Келер, 1885). Самостоятельность минерала неоднократно оспаривалась. По Эммонсу, Ирвингу и Лафлину<sup>1</sup>, материал из р-ка Лиллиан является смесью галенита, висмутина и аргентита. Согласно Бери<sup>2</sup>, материал из Гладхаммара (Швеция) представляет тонкое графическое прораствание галенобисмутита (63%) галенитом (37%). Лиллианит из Иллиярви (Финляндия) рассматривается как смесь Se-содержащего ковалита с галенитом (Ваасьёки, Кайтаро)<sup>3</sup>. Однако постоянство состава, подтверждаемое анализами, не позволяет считать лиллианит смесью.

**Характ. выдел.** Зернистые и радиальноволокнистые агрегаты; кристаллы редки.

**Структ. и морф. крист.** Ромб.  $a : b : c = 0,8002 : 1 : 0,5433$  (Флипп)<sup>4</sup>.

**Формы**<sup>4,5</sup>:

	Ф	Р		Ф	Р
<i>a</i> (100)	90°00'	90°00'	<i>n</i> (210)	68°41'	90°00'
<i>b</i> (010)	0 00	90 00	<i>k</i> (830)	73 18	90 00
<i>m</i> (110)	51 20	90 00	<i>e</i> (011)	0 00	28 31
<i>l</i> (320)	61 55	90 00			
<i>lm</i> (320):(110)	= 10°35'		<i>em</i> (011):(110)	= 72°50'	
<i>km</i> (830):(110)	= 21 58		<i>ke</i> (830):(011)	= 82 07	

Кристаллы призматические, вытянуты по оси *c*.



**Физ.** Сп. по (100) совершенная, по (010) ясная. Тв. 2—3. Уд. в. 7,0—7,2. Цв. стально-серый. Бл. металлический. Черта черная. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый со слегка кремовым оттенком или светло-серый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 51,5, для оранжевых — 45, для красных — 43,5. Двухотражение слабое, усиливающееся в иммерсии. Отчетливо анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 50,46; Bi — 33,93; S — 15,61. Pb изоморфно замещается Ag, Cu, Zn и Fe; Bi замещается Sb; S замещается Se. Спектральным анализом в лимпаните из Букуки установлено присутствие Sn, Cu и Cd (сотые доли процента), а также Se и Te.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Cu	0,69	1,12	1,74	2,65	—
Ag	—	—	—	0,88	2,20
Zn	0,05	—	—	0,49	—
Pb	48,05	48,21	48,21	43,83	48,30
Fe	0,16	—	Сл.	1,23	—
Sb	—	—	0,24	5,30	0,15
Bi	33,84	34,36	33,23	26,43	33,17
S	15,92	15,79	15,73	15,93	15,49
Se	—	—	—	2,97	—
Н. о.	0,45	—	—	—	—
Сумма	99,16	99,48	99,15	99,71	99,31
Уд. в.	7,0—7,07	7,14	7,09	7,22	—

1—3—Гладхаммар: 1—анал. Линдстрём<sup>6</sup>; 2—среднее из двух анализов Маузелиуса<sup>4</sup>; 3—анал. Тодд<sup>7</sup>; 4—Иллярви; 5—Букука; анал. Арапова<sup>9</sup>.

**Диагн. исп.** В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> (1 : 1) быстро бурет и темнеет, от HCl (1 : 1) бурет; от FeCl<sub>3</sub> образуется отчетливое бурое пятно, от HgCl<sub>2</sub>—бурая легко стирающаяся пленка.

**Нахожд.** Редкий гидротермальный минерал. Наблюдался в ряде месторождений Швеции, например, в Гладхаммаре в виде волокнистых агрегатов в тонком сростании с галенитом<sup>2</sup>. В Иллярви (Финляндия) образует однородные выделения в трещинах среди кварца. Установлен в вольфрамовом месторождении Букука (Читинская обл.) в тесной ассоциации с козалитом, а также с кальцитом (напирришпатом) и пиритом на кварце друзовых полостей<sup>9</sup>.

**Отл.** Трудно отличим от других висмутсодержащих сульфидов. В отличие от козалита в шлифах травится FeCl<sub>3</sub> и HgCl<sub>2</sub>.

#### Межплоскостные расстояния лимпанита из Букуки<sup>9</sup>

Fe-излучение,  $D = 57,9$  мм

№	$I$	$\frac{n_x}{n}$	№	$I$	$\frac{d_x}{n}$
1	4	3,50	8	9	2,13
2	8	3,36	9	10	2,03
3	5	2,97	10	3	1,943
4	10	2,89	11	4	1,757
5	7	2,76	12	3	1,449
6	2	2,35	13	3	1,326
7	1	2,22	14	3	1,288

## Л и т е р а т у р а

1. Emmons S. F., Irving J. D., Loughlin G. F. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 1927, 148, 1.
2. Berry L. G. Am. Min., 1940, 25, No 11, 726.
3. Vaasjoki O., Kaitaro S. Bull. Comm. Géol. Finl., 1951, 154, 123.
4. Flink G. Ark. Kemi, Min., Geol., 1910, 3, H. 6, No 35, 10.
5. Johansson K., Ark. Kemi, Min., Geol., 1924, 9, H. 2, No 8, 13.
6. Lindström G. Geol. För. Förh., 1889, 11, 171.
7. Walker T. L., Thomson E. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1921, No 12, 11.
8. Borgström L. H. Geol. För. Förh., 1910, 32, 1525.
9. Онтоев Д. О. ДАН СССР, 1959, 126, № 4, 855.

## Буланжерит Boulangerite



Назван по имени французского горного инженера К. Буланже (Таулов, 1837).

Синон. Сурьмяно-свинцовая обманка, серно-сурьмяный свинец, эмбриит (Брайтхаупт, 1837), плюмбостиб (Брайтхаупт, 1837), плюмозит (Хайдинггер, 1845) — частично, плюмит (Глокер, 1847), эпibuланжерит (Вебский, 1869), мулланит (Шенон, 1918), иквисит (eakinsite; Кёхлин, 1928), орландинит (Альфельд и Рейес), фалькманит или болиденит (Рамдор и Эдман, 1940)<sup>1</sup>; иенерит (Штейгер и Байремгил, 1943).

Разнов. Купробуланжерит — буланжерит, содержащий медь; не описан (Смирнов, 1933)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** Игольчатые, призматические или таблитчатые кристаллы, иногда тонковолокнистые стебельчатые агрегаты, еще реже — плотные массы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^5 - P2_1/a$ ;  $a_0 = 21,54$ ;  $b_0 = 23,51$ ;  $c_0 = 8,09$  Å;  $\beta = 100^\circ 48'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,9166 : 1 : 0,3475$ ;  $Z = 8$  (Бери, 1940; из м-ния Малэн, Айдахо)<sup>3</sup>.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 0,9158 : 1 : 0,3456$ ;  $\beta = 100^\circ 39'$  (Пэлэч и Берман).

Наиболее обычные формы<sup>4</sup>:

		$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>a</i>	100	90°00'	90°00'	<i>R</i>	251	28°57' 63°08'
<i>q</i>	130	20 19	90 00	<i>E</i>	121	39 37 41 54
<i>m</i>	110	48 01	90 00	<i>M</i>	211	70 07 45 28
<i>n</i>	210	65 46	90 00	$\varphi$	131	-10 41 46 32
<i>f</i>	031	10 17	46 30	$\varepsilon$	121	-15 49 35 41
<i>g</i>	041	7 47	54 22	$\rho$	251	-18 33 61 15
<i>D</i>	441	51 16	65 39	$\lambda$	651	-50 45 69 53
<i>a</i>	221	-39 59	42 03	$\tau$	321	-54 21 49 52
<i>G</i>	141	22 29	56 14	$\Delta$	421	-68 09 61 42

$$mm (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 83^\circ 58' \quad qq (130) : (\bar{1}30) = 40^\circ 38' \quad nn (210) : (\bar{2}10) = 48^\circ 28'$$

Менее обычные формы:

001	021	$\bar{2}01$	551	131	541	311	$\bar{2}51$	$\bar{6}41$	$\bar{3}11$
010	051	111	$\bar{3}31$	361	321	411	$\bar{2}41$	$\bar{2}11$	$\bar{4}11$
120	061	221	$\bar{4}41$	231	531	$\bar{1}51$	351	$\bar{4}21$	
011	101	331	151	341	421	$\bar{1}41$	231	$\bar{6}31$	

На основе измерения несовершенных кристаллов и наличия лишь одной грани головки Шёгреном<sup>5</sup> принимался за ромбический. Формула перехода от установки Шёгрена к установке Пэлэча 041/800/002.

Кристаллы игольчатые, удлинённые по оси *c*, несовершенные, с развитой вертикальной штриховкой, очень редко — с конечными гранями.

**Физ.** Сп. по (100). Хрупок, но отдельные тонкие волокна довольно гибкие. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 5,98—6,23 (вычисл. 6,21). Цв. свинцово-серый до железно-черного. Черта серо-черная с красноватым оттенком. Бл. металлический. Непрозрачен.

Максимальный фотоэлектрический эффект:—54 при  $\lambda = 645$  м $\mu$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>8</sup>.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 38, для оранжевых — 34,5, для красных — 33. Двуотражение слабое:  $\parallel a$  — зеленовато-серый,  $\parallel b$  — серовато-белый,  $\parallel c$  — голубовато-белый со слабым зеленоватым оттенком; в иммерсии эти эффекты более заметны. Отчетливо анизотропен. Внутренние рефлексы красные, наблюдаются только в порошке минерала в иммерсии.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 55,42; Sb — 25,69; S — 18,89. Состав не всегда точно отвечает формуле. В качестве примеси часто содержит Cu (до 1%) и Fe, иногда Zn и Sn, возможно, связанные с механическими примесями; установлено также содержание незначительных количеств Hg и Ag.

Содержание Pb достигает 58%, что, вероятно, связано с примесью галенита.

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Cu	—	0,38	0,40	—	0,08	—	—
Fe	0,54	0,43	0,08	0,39	0,24	Сл.	—
Zn	—	—	—	—	—	—	0,06
Hg	—	0,03	—	—	—	—	—
Sn	0,20	—	—	—	—	—	—
Pb	55,59	54,74	54,73	55,28	55,60	55,05	55,22
As	—	—	Нет	—	—	0,25	—
Sb	25,58	25,54	25,47	25,40	25,93	25,71	25,54
S	18,79	18,44	19,43	18,19	18,47	18,82	18,91
H. o.	—	—	—	0,62	—	—	0,23
Сумма	100,70	99,56	100,11	99,88	100,32	99,83	99,96
Уд. в.	(5,62)	—	—	5,98	5,995	6,274	6,185

1 и 2 — Есауловское м-ние (Нагольный край, УССР): 1 — анал. Белик<sup>7</sup> (уд. в., по-видимому, определен неточно); 2 — анал. лабор. МГРИ<sup>8</sup>; 3 — Третьеспасовский р-к (Нерчинский р-н Читинской обл.); анал. Шарлов<sup>9</sup>; 4 — Кливленд (шт. Вашингтон, США); анал. Гоньер<sup>4</sup>; 5 — Трещя (Югославия); анал. Ракич<sup>10</sup>; 6 — Сала (Швеция); анал. Маувелиус<sup>5</sup>; 7 — Сьюперior (шт. Монтана, США); анал. Шенон<sup>11</sup>.

**Диagni. исп.** Растворяется в горячей HCl с выделением H<sub>2</sub>S; не полностью разлагается HNO<sub>3</sub>.

В полир. пл. травится HNO<sub>3</sub>; KCN, HCl, FeCl<sub>3</sub>, KOH не действуют.

П. п. тр. на угле легко плавится с выделением Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SO<sub>2</sub>; образуется палет PbO.

**Находк.** Относится к числу относительно распространенных минералов, но, за исключением отдельных месторождений, обычно наблюдается в небольших количествах.

Наиболее часто встречается в гидротермальных месторождениях, образовавшихся при средних и низких температурах. Обычными спутниками являются разнообразные сложные сульфиды, антимонит, галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит, кварц и карбонаты. Иногда образует ориентированные сростания с джемсонитом.

В СССР наиболее широко распространен в свинцово-цинковых месторождениях Восточного Забайкалья<sup>12</sup>; отмечается<sup>13</sup> в ряде месторождений Якутии, Средн. Азии; описан буланжерит из Нагольного Кряжа и других районов. Установлен в месторождениях Сала, Болиден, Насафьелд<sup>5</sup> (Швеция), Вольфсберг (ГДР), Арнсберг (ФРГ), Пршибрам (Чехословакия), Трещца (Югославия), в ряде месторождений США, в Британской Колумбии (Канада) и в других местах.

Изм. В зоне окисления рудных месторождений легко выветривается с образованием церуссита и окислов сурьмы. Иногда при окислении буланжерита вначале образуется биндгеймит, который затем разлагается с образованием англезита, церуссита, валентинита, сенармонтита и др.

Искусств. Получен сплавлением в вакууме  $PbS$  и  $Sb_2S_3$ . Из водных растворов синтез не удался<sup>14</sup>.

Отл. От очень сходных с ним джемсонита и менегинита надежно отличается только по данным химического анализа и порошкограмме. В полир. пл. в отраж. свете от джемсонита отличается несколько меньшей отраж. способностью, более слабым двуотражением, более отчетливым цветным эффектом анизотропии; антимонит более резко анизотропен, травится КОН.

Межплоскостные расстояния буланжерита из Британской Колумбии<sup>14</sup>

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	0,5	6,74	11	5	3,210	21	4	2,145
2	1	6,43	12	4	3,020	22	2	2,056
3	0,5	5,20	13	8	2,815	23	1	1,967
4	0,5	4,86	14	3	2,691	24	2	1,920
5	0,5	4,61	15	1	2,578	25	7	1,861
6	1	4,36	16	0,5	2,515	26	0,5	1,829
7	2	3,89	17	1	2,435	27	6	1,757
8	10	3,71	18	5	2,337	28	2	1,726
9	1	3,43	19	0,5	2,303			
10	3	3,32	20	0,5	2,226			

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P., Ödman O. N. Jb. Min., 1939, B.-B. 75 A, 315; Hiller J. E. Zs. Krist., 1939, 102, 138; Robinson S. C. Am. Min., 1948, 33, No 11—12, 716; Hiller J. E. N. Jb. Min., Monatsh., 1955, H. 1, 1 и 1955, H. 9, 238 (подтверждается, что фалькманит является буланжеритом).
2. Смирнов С. С. Тр. Геол.-разв. объедин., 1933, № 327, 140, 284 и 338.
3. Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 5.
4. Palache C., Bergman H. Am. Min., 1942, 27, No 8, 552.
5. Sjögren H. Geol. Förh., 1897, 19, 153.
6. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
7. Велик П. Зап. Мин. о-ва, 1938, 67, № 1, 67.
8. Юшко С. А. Тр. Моск. геол.-разв. ин-та, 1948, 23, 211.
9. Смирнов С. С. Изв. Геолкома, 1925, 44, № 2, 277. Анализы из месторождений Союза см. также: Якжин А. А. Тр. ИГиН АН СССР, 1952, вып. 65, 1.
10. Rakič S. D. Geol. Annal. Balkan Poluost., 1950, 18, 145 (по Chem. Abstr., 1951, 45, 72).
11. Shannon E. V. U. S. Nat. Mus. Proc., 1920, 58, 594.
12. Станкеев Е. А., Аристов В. В. Изв. Высш. уч. зав., геол. и разведка, 1958, № 8, 66 (анализ).
13. Радкевич Е. А. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 457.
14. Robinson S. C. Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 293.

Семсейит *Semseyite*

Назван по имени А. Семсей, венгерского коллекционера минералов (Кренсер, 1881) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Кристаллы, лучистые и сферические агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^6 - C2/c$ ;  $a_0 = 13,66$ ;  $b_0 = 12,03$ ;  $c_0 = 24,58 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 105^\circ 49'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,135 : 1 : 2,043$ ;  $Z = 4$  (Нафилд и Пикок) <sup>2</sup>.

**Призмат. кл.;**  $a : b : c = 1,1356 : 1 : 2,0436$ ;  $\beta = 105^\circ 46'$  (Дана, 1944).

**Формы** <sup>3,4</sup>:

		$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i>	001	90°00'	15°46'	<i>l</i>	113	53 03
<i>a</i>	100	90 00	90 00	<i>n</i>	112	49 59
$\gamma$	310	69 59	90 00	<i>x</i>	111	46 29
<i>f</i>	102	50 36	90 00	$\Delta$	$\bar{2}29$	-16 21
<i>g</i>	101	90 00	65 05	<i>s</i>	$\bar{1}14$	-19 55
<i>G</i>	$\bar{1}01$	-90 00	57 48	<i>k</i>	$\bar{1}12$	-32 34
<i>p</i>	011	7 52	64 08	<i>X</i>	$\bar{1}11$	-37 51
<i>d</i>	021	3 57	76 17	$\sigma$	$\bar{3}12$	-67 57
<i>e</i>	114	55 44	42 13			69 50

Кристаллы таблитчатые по (001), несовершенные, с округлыми гранями; штриховка граней параллельна ребру зоны (111) : (001).

**Физ. Сп.** по (112) отчетливая. Изл. неровный. Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,03 (Нафилд, Пикок), 6,08 (Дана, 1944) (вычисл. 6,03). Цв. кристаллов свинцово-серый, светло-серый, в свежем изломе более светлый. Цв. агрегатов темно-серый. Иногда сине-желтая побежалость. Бл. металлический. Черта черная. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый со слабым зеленоватым оттенком. Отраж. спос. (в %): *Rm* для зеленых лучей 42,01, для оранжевых — 36,44, для красных — 33,25; *Rp* соответственно — 41,13, 35,63, 32,80 (Строкай). Двуотражение слабое, более отчетливое в иммерсии. Заметно анизотропен с прямым погасанием. Внутренних рефлексов нет.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 53,10; Sb — 27,73; S — 19,17; нередко содержит избыточное против формулы количество S <sup>4</sup>. Отмечались примеси Ag: в венгерском — до 0,56 %, в минерале из Оруро (Боливия) — 1,6 % <sup>5</sup>, но последний отличается от других и по содержанию Sb (24,8%), что, возможно, связано с неоднородностью исследованного материала; в некоторых образцах отмечены незначительные примеси Cu, Fe и следы Zn.

**Анализы:**

	1	2	3	4	5
Cu	0,06	Сл.	—	—	—
Ag	0,13	—	—	—	—
Fe	0,06	—	0,62	—	0,67
Pb	52,49	53,24	52,02	51,84	52,37
Sb	28,34	26,95	27,39	28,62	25,49
S	18,93	19,90	19,23	19,42	18,81
Н. о.	0,21	0,08	0,66*	—	0,81
Сумма	100,22	100,14	99,92	99,88	99,81**
Уд. в.	6,105	—	—	5,92	5,84

\* SiO<sub>2</sub>.

\*\* В том числе 1,66 CaCO<sub>3</sub>.

1—Хержа; анал. Лочка <sup>4</sup>; 2—Родна Веке; анал. Эндреди <sup>4</sup>; 3—р-н Бая Маре (Румыния) анал. Грасселли <sup>4</sup>; 4—Вольфсберг; анал. Прайор <sup>5</sup>; 5—Дамфрисшир; анал. Смит <sup>3</sup>.

Диагн. исп. В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  быстро чернеет, от царской водки вскипает и покрывается черным призрающим налетом.  $\text{KCN}$ ,  $\text{FeCl}_3$  не действуют.

Нахожд. Редкий минерал свинцово-цинковых жильных месторождений. Наблюдается в кварце с антимонитом, сфалеритом, пиритом, ширротинном, галенитом и со сложными сульфидами в ряде месторождений Румынии (Хержа, Родна Веке и др.)<sup>4</sup>, в р-ке Стефание (около Пришбрама, Чехословакия)<sup>6</sup>, в серебряно-оловянном месторождении Оруро (Боливия), в Вольфсберге (ГДР), Карнарвоншире (Англия)<sup>7</sup>, Дамфриспире (Шотландия)<sup>3</sup> и др. В месторождениях Румынии образовался после сфалерита, пирита и галенита. Установлен также в Азатекском свинцово-сурьмяном месторождении в Арм. ССР<sup>8</sup>.

Изм. Отмечалось замещение семсейита биндгеймитом.

Искусств. Получен в виде кристаллов из водного раствора<sup>9</sup>.

#### Межплоскостные расстояния семсейита из Вольфсберга (по XRDC)\*

Си-антикатод, Al-окошко

№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	5	4,21	12	5	2,130	22	5	1,419
2	9	3,77	13	2	2,030	23	5	1,393
3	5	3,57	14	7	1,895	24	5	1,351
4	7	3,32	15	2	1,834	25	5	1,311
5	10	3,20	16	5	1,789	26	5	1,282
6	10	2,97	17	2	1,749	27	5	1,261
7	5	2,82	18	5	1,713	28	5	1,234
8	7	2,68	19	5	1,677	29	2	1,213
9	5	2,43	20	2	1,625	30	5	1,180
10	2	2,34	21	5	1,478	31	5	1,116
11	7	2,23						

\* 1944, II — 1132.

#### Л и т е р а т у р а

1. Krenner J. Mag. Akad. Ertes, 1881, 15, 111.
2. Nuffield E. W., Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1944, No 49, 29 (рентген, оптика, сопоставление хим. анализов).
3. Smith G. F. H. Min. Mag., 1919, 18, 354.
4. Koch S. Math., term. tud Ertes., Budapest, 1932, 48, 800 (по реферату N. Jb. Min., 1933, 1, 75); Acta Min., Petr., Szeged, 1957, 10, 51.
5. Spencer L. J. Min. Mag., 1899, 12, 60.
6. Vrabka F. Rozpr. Ceskosl. Akad. Ved, 1954, 64, № 7, 23.
7. Russell A. Min. Mag., 1944, 27, No 184, 5.
8. Сагетелян Э. А. Изв. АН Арм. ССР, серия геол.-геогр. наук, 1957, 10, № 2, 41; Научн. тр. Ереванск. ун-та, сер. геол., 1957, 59, вып. 3, 179.
9. Robinson S. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 52, 56; Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 293.

### Дюфренуазит Dufrenoysite



Назван по имени французского минералога П. Дюфренуа (Дамур, 1845)<sup>1</sup>.

Синон. Готгардит (Рамельсберг, 1847), склероклаз (Вальтерсхаузен, 1855), свинцовый арсенид (Грот, 1874), плюмбобиннит (Вайсбах, 1880).

Характ. выдел. В кристаллах и сплошной.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^2$  —  $P2_1/m$ ;  $a_0 = 8,41$ ;  $b_0 = 25,85$ ;  $c_0 = 7,88$  Å;  $\beta = 90^\circ 30'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,326 : 1 : 0,306$ ;  $Z = 8$  (Бери)<sup>2</sup>.

Рентгеновская установка согласуется с морфологической и отличается лишь вдвое большим значением  $b$ .

Призмат. кл.;  $a : b : c = 0,6510 : 1 : 0,6126$ ;  $\beta = 90^\circ 33\frac{1}{2}'$  (Дана, 1944 на основе измерений Соли)<sup>3</sup>.

Наиболее обычные формы:

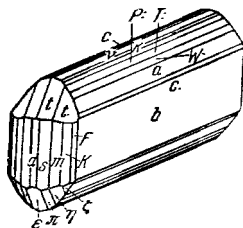
		$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$	
$c$	001	$90^\circ 00'$	$0^\circ 33'$	$T$ :	074	$0^\circ 31'$	$46^\circ 59'$
$b$	010	0 00	90 00	$W$ :	021	0 27	50 47
$a$	100	90 00	90 00	$a$ :	052	0 22	56 51
$F$	120	37 31	90 00	$c$ :	031	0 18	61 27
$K$	230	45 41	90 00	$e$ :	101	90 00	43 33
$m$	110	56 56	90 00	$\varepsilon$	$\bar{1}01$	$-90^\circ 00'$	42 58
$s$	210	71 58	90 00	$p$	111	57 12	48 31
$v$	012	1 49	17 02	$\pi$	$\bar{1}11$	$-56^\circ 40'$	48 07
$k$ :	034	1 13	24 41	$t$ :	232	45 58	52 54
$L$ :	056	1 05	27 03	$t$	212	72 08	44 58
$k$	011	0 54	31 30	$\eta$	$\bar{1}21$	$-37^\circ 14'$	56 59
$N$ :	054	0 44	37 26	$\zeta$	232	$-45^\circ 23'$	52 36
$P$	032	0 36	42 35				

$mm$	$(110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 66^\circ 08'$	$ec$	$(\bar{1}01) : (001) = 43^\circ 31'$	$\pi e$	$(\bar{1}11) : (\bar{1}01) = 24^\circ 09'$
$kk$	$(011) : (0\bar{1}1) = 62^\circ 59'$	$pb$	$(111) : (010) = 66^\circ 03'$	$tb$	$(212) : (010) = 77^\circ 29'$
$kb$	$(011) : (010) = 58^\circ 31'$	$pa$	$(111) : (100) = 50^\circ 58'$	$ta$	$(212) : (100) = 47^\circ 44'$
$Wb$	$(021) : (010) = 39^\circ 13'$	$\pi b$	$(\bar{1}11) : (010) = 65^\circ 51'$	$t:b$	$(232) : (010) = 56^\circ 20'$
$ea$	$(101) : (100) = 46^\circ 27'$	$\pi a$	$(\bar{1}11) : (\bar{1}00) = 51^\circ 32'$	$t:a$	$(232) : (100) = 55^\circ 01'$

Менее обычные формы:

$C$	130	$N$	450	$W$	530	$M$ :	076	$f$ :	092	$\chi$	$\bar{2}01$	$\varphi$	$\bar{2}52$
$D$	250	$O$	560	$Y$	310	$O$ :	043	$g$ :	051	$q$	121	$\mu$	$\bar{4}52$
$G$	590	$P$	670	$A$ :	410	$R$ :	053	$k$ :	081	$c$ :	432	$\pi$	$\bar{2}31$
$H$	470	$S$	760	$G$ :	014	$d$ :	072	$x$	201	$u$	211	$y$	$\bar{5}22$
$I$	350	$T$	430	$H$ :	013	$e$ :	041	$v$	$\bar{1}02$	$n$ :	412		

Кроме того, известны 72 редкие и сомнительные формы (см. Дана, 1944).



Фиг. 328. Кристалл до-фрекуавита (Имфельд)  
По Соли-Дана

Кристаллы таблитчатые по (010) (фиг. 328), иногда вытянуты по оси  $a$  или  $b$ . Грани вертикальных призм иштрихованы  $\parallel c$ . Двойники по (001)<sup>3</sup>.

Физ. Сп. по (010) совершенная. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 3. Уд. в. 5,53. Цв. стально-серый до свинцово-серого. Черта красновато-бурая. Бл. металлический. Полупрозрачен.

Положительный фотоэлектрический эффект меньше 0,01 (принимая чувствительность серого Se за 100)<sup>4</sup>.

Микр. В пл. в проход. св. темный красно-бурый.  $n > 2,72$  (Li). Очень сильное двуупреомление (Ларсен).

В полир. пл. в отраж. св. белый. Двуотражение слабое. Сильно анизотропен. Иногда темно-красные внутренние рефлексии. Изредка наблюдаются полисинтетические двойники.

Хим. Теор. состав: Pb — 57,20; As — 20,68; S — 22,12. Отмечались примеси Cu и Te.<sup>5</sup>

## Анализы:

	Pb	As	S	Сумма	Уд. в.
1.	57,42	20,89	22,55	100,86	5,52
2.	57,38	21,01	21,94	100,33	—

1 и 2 — Имфельд: 1 — кристалл; анал. Кёниг<sup>6</sup>; 2 — поверхностная часть кристалла; анал. Гиймэи<sup>7</sup>.

**Диагн. исп.** Легко плавится. В откр. тр. — запах  $\text{SO}_2$ , в верхней части трубки — налет S, в нижней —  $\text{As}_2\text{O}_3$ . При нагревании на угле растрескивается; от восст. пл. — белый налет арсената Pb, который улетучивается при нагревании, издавая чесночный запах; образуется королек свинца.

**Наход.** Редкий гидротермальный минерал. Впервые найден в друзах в сахаровидном доломите в Имфельде (Бинненталь, Швейцария); в Тироле (Австрия) — в зеленовато-белом гипсе со сфалеритом, реальгаром и аурипигментом; р-ке Дундас (Тасмания, Австралия) — с тетраэдритом и халькошпритом.

**Искусств.** Берцелиус (1826) получил красно-бурый осадок состава дюфренуазита при введении сульфоарсенита Na в раствор соли свинца; после высухания осадок стал черным. Зомерлад<sup>8</sup> получил дюфренуазит сплавлением  $\text{PbCl}_2 + \text{As}_2\text{S}_3$ , а также сплавлением  $2\text{PbS} + 4\text{As}_2\text{S}_3$  (светлые стально-серые игольчатые кристаллы с уд. в. 5,505). Установлен в системе  $\text{PbS} - \text{As}_2\text{S}_3$ <sup>9,10</sup>.

**Отл.** Сходен с сарторитом, от которого отличается красновато-бурым цветом черты (у сарторита черта шоколадно-бурая). Под микр. в отраж. св. без специальных исследований трудно отличим от баумгауерита, обладает несколько большей отраж. способностью, отсутствуют пластинчатые двойники.

## Межплоскостные расстояния дюфренуазита из Имфельда (по Харкорту)

Со-анткатод, Fe-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	4	0,5	3,36	8	4	0,5	1,91
2	4	0,5	5,20	9	4	0,5	1,86
3	10	4,0	3,01	10	4	0,5	1,53
4	9	3,0	2,84	11	2	0,2	1,45
5	6	1,0	2,32	12	2	0,2	1,42
6	4	0,5	2,20	13	2	0,2	1,22
7	8	2,0	2,09				

## Л и т е р а т у р а

1. Damour A. Ann. chim. Phys., 1845, 14, 379. Описанный Дамуром дюфренуазит оказался теннантитом (Вальтерсхаузен, 1855), а описанный Деклуазо (1855) — сарторитом и иорданитом.
2. Berry L. G. Am. Min., 1953, 38, No 3, 330.
3. Solly R. H. Min. Mag., 1902, 13, 151; Zs. Krist., 1903, 37, 331; Min. Mag., 1912, 16, 282.
4. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
5. Gramont A. Bull. Soc. fr. Min., 1895, 18, 292.
6. Baumhauer H. Zs. Krist., 1895, 24, 86.
7. Guillemin C. Zs. Krist., 1900, 33, 73.
8. Sommerlad H. Zs. anorg. Chem., 1898, 18, 445.
9. Wagemann K. Metall, 1908, 9, 518.
10. Rösch H., Hellner E. Naturwiss., 1959, 72.



## Ратит Rathite



Назван по имени немецкого минералога Г. Рата (Баумхауер, 1896)<sup>1</sup>.

Синон.  $\alpha$ -ратит (Соли, 1911)<sup>2</sup>, вилтширепт (Льюис, 1910)<sup>3</sup>, частично арсеномелан (Вальтерсхаузен, 1857).

Характер выдел. В виде кристаллов.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^3 - P2_1/n$ ;  $a_0 = 25,05$ ;  $b_0 = 7,926$ ;  $c_0 = 8,44$  Å;  $\beta = 99^\circ 00'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 3,160 : 1 : 1,064$ ;  $Z = 4$  (Бери, Пикок)<sup>4</sup>.

Ратит части образцов, анализированных Джексонем, несколько отличается от типичного ратита и выделен Берп<sup>5</sup> под названием ратит-II: монокл. с.  $C_{2h}^2 - P2_1/m$ ;  $a_0 = 8,32$ ;  $b_0 = 70,9$ ;  $c_0 = 7,91$  Å;  $\beta = 90^\circ$ ;  $Z = 2(Pb_{19}As_{26}S_{58})$ ; вычисл. уд. в. 5,52.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 3,1544 : 1 : 1,0698$ ;  $\beta = 98^\circ 43'$  (Бери и Пикок на основе измерений Льюиса для «вилтширепта»).

Наиболее развитые формы<sup>1-3</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	90°00'	8°43'	$\theta$ 10.1.0	72°41'	90°00'
<i>a</i> 100	90 00	90 00	<i>z</i> 101	90 00	26 24
<i>f</i> 110	17 47	90 00	<i>y</i> 301	90 00	49 47
<i>m</i> 210	32 40	90 00	<i>p</i> 111	24 54	49 42
<i>s</i> 310	43 53	90 00	$\sigma$ $\bar{2}11$	-26 28	50 05
<i>r</i> 410	52 04	90 00	<i>g</i> $\bar{3}11$	-39 19	54 08
<i>F</i> 510	58 03	90 00	<i>e</i> $\bar{4}11$	-48 44	58 21
<i>l</i> 610	62 32	90 00			

$$ff (110) : (\bar{1}10) = 35^\circ 34'$$

$$mm (210) : (\bar{2}10) = 65 20$$

$$pa (111) : (100) = 71^\circ 16'$$

$$\sigma a (\bar{2}11) : (\bar{1}00) = 70 01$$

$$ga (\bar{3}11) : (\bar{1}00) = 59^\circ 07'$$

$$zz (101) : (\bar{1}01) = 52 48$$

Второстепенные и редкие формы:

010	710	011	501	$\bar{3}01$	212	311	511
120	910	103	$\bar{1}01$	$\bar{5}01$	$\bar{1}12$	211	412
320	012	201	$\bar{2}01$	$\bar{7}01$	$\bar{1}11$	312	411

Баумхауером и Соли принимался за ромбический, Льюисом призван моноклинным с  $a : b : c = 1,587 : 1 : 1,070$ ;  $\beta = 100^\circ 44'$ , что близко отвечает рентгеновским данным Бери и Пикока ( $a$  Льюиса в 2 раза меньше). Формулы перехода от прежних установок к установке Бери-Пикока: от установки Баумхауера  $0.5.28 / 14.0.0 / 0.10.0$ ; от установки Соли  $0\bar{3}1 / 200 / 002$ ; от установки Льюиса  $\bar{2}01 / 010 / 001$ .

Соотношение символов некоторых форм по Льюису (Л.) и Бери (Б.):

Б. $\bar{1}00$	101	001	210	110	111	$\bar{2}11$	$\bar{3}11$	$\bar{4}11$
Л. 100	$\bar{1}01$	$\bar{1}02$	110	120	$\bar{1}11$	122	111	322

Кристаллы призматические до короткопризматических, со штриховкой || оси *c*. Полисинтетические дв. по (100) образуют псевдоромбические кристаллы; также дв. по  $\bar{3}01$ .

Физ. Сп. по (100) совершенная. Отдельность по (010). Изл. раковистый. Тв. 3. Уд. в. 5,32—5,42 (вычисл. 5,31). Цв. свинцово-серый; часто с призрающей побежалостью. Черта шоколадно-бурая. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (по Фоллинсби) 34,2%. Двухотражение ясное. Сильно анизотропен с цветным эффектом от оливково-зеленого до коричнево-фиолетового. Внутренние рефлексы темно-красные. Видны двойниковые пластинки разной толщины.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 51,38; As — 24,77; S — 23,85. Иногда Sb в небольшом количестве замещает As.

Анализы ратита из Бинненталя:

	Pb	Fe	As	Sb	S	Сумма	Уд. в.
1.	52,98	0,56	17,24	4,53	23,72	99,03	5,320
2.	51,51	—	24,62	—	23,41	99,54	5,412
3.	51,62	—	24,91	—	23,62	100,15	5,421

1 — анал. Бёмер<sup>1</sup>; 2 и 3 — анал. Джексона<sup>2</sup>.

**Диагн. исп.** В откр. тр. растрескивается и затем легко сплавляется; после охлаждения имеет радиально-лучистое строение. При более сильном нагревании образуется налет — желтый до красного. Остаток при нагревании на угле выделяет дым, становится матово-черным и уменьшается в объеме; остается шлаковая масса с мелкими шариками свинца.

**Находк.** Редкий гидротермальный минерал. Найден в Биннентале (Швейцария) в ассоциации с иорданитом, ливейнгитом, дюфренуазитом, баумгауеритом, сарторитом, гутчинсонитом, доломитом и др.

**Изм.** Замещается ливейнгитом, баумгауеритом, сарторитом, гутчинсонитом, реальгаром.

**Искусств.** Получен в автоклаве в присутствии воды сплавлением порошков As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> и PbS<sup>6</sup>.

**Отл.** По цвету и блеску не отличается от дюфренуазита, но обладает штриховкой на гранях и двойникованием. В полир. пл. от сходных сложных сульфидов отличается цветным эффектом анизотропии и отношением к реактивам при травлении.

#### Межплоскостные расстояния ратита из Бинненталя (по Харкорту)

Cu-анткатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	5	0,5	4,1	10	3	0,3	2,02
2	3	0,3	3,6	11	5	0,5	1,92
3	5	0,5	3,4	12	3	0,3	1,82
4	5	0,5	3,17	13	2	0,2	1,78
5	10	2,0	2,96	14	2	0,2	1,515
6	10	2,0	2,72	15	2	0,2	1,455
7	7	1,0	2,32	16	2	0,2	1,415
8	5	0,5	2,22	17	2	0,2	1,365
9	5	0,5	2,08				

#### Л и т е р а т у р а

1. Baumhauer H. Zs. Krist., 1896, 26, 503.
2. Solly R. H. Min. Mag., 1911, 16, 121.
3. Lewis W. J. Zs. Krist., 1910—11, 48, 514.
4. Berry L. G., Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 47 и 62.
5. Berry L. G. Am. Min., 1953, 38, No 3, 330.
6. Rösche H., Hellner E. Naturwiss., 1959, 72.

## Гетероморфит Heteromorphite



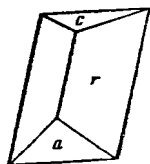
Название от греч. *heteros* (этерос) — иной и *morfē* (морфэ) — форма (Цинкен и Рамельсберг, 1849)<sup>1</sup>. Это название было дано плотному минералу из Вольфсберга, отличающемуся по форме от описанной ранее отсюда же «перистой руды» такого же состава. В 1860 г. Рамельсберг отнес гетероморфит к джемсониту. Пизани (1876)<sup>2</sup> и Спенсер (1899)<sup>3</sup> описали под названием гетероморфита минерал из Арнсберга (Вестфалия), близкий к плагиониту; описание этого минерала дано ниже. Его соотношение с гетероморфитом Цинкена и Рамельсберга остается неясным.

**Характ. выдел.** Плотные массы и мелкие кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.

Кристаллы несовершенные<sup>3</sup>, с округлыми гранями, удлинены по ребру  $(hkl) : (h\bar{h}l)$ . Отмечены формы  $c(001)$ ,  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $p(112)$ ,  $r(114)$  (фиг. 329).

**Физ.** Сп. по (221). Изл. неровный. Тв. 2½—3. Уд. в. 5,73. Цв. железно-черный, стально-серый. Черта черная. Бл. металлический. Неупруг.



**Микр.** Минераграфически почти не изучен. Отраж. спос. (в %):  $R_p$  для зеленых лучей 38,0, для желтых — 34,6, для красных — 31,5;  $R_m$  соответственно 38,9, 35,2 и 32,1.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 47,81; Sb — 32,11; S — 20,08.

**Анализы:**

Фиг. 329. Кристалл гетероморфита (Арнсберг)	1.	2.	3.	Cu	Zn	Pb	S	Sb	Сумма	Уд. в.
	1.	2.	3.	—	0,60	47,86	19,90	31,20	99,56	5,6—5,7
	2.	3.	—	0,10	0,18	48,89	19,36	31,08	99,61	5,73
	3.	—	—	—	—	48,48	20,32	32,98	101,78	5,68

По Спенсеру

1 и 2—Арнсберг: 1—анал. Пизани<sup>2</sup>, 2—анал. Прайор<sup>3</sup>; 3—Вольфсберг — «гетероморфит» (?) Цинкена и Рамельсберга; анал. Повельгер<sup>1</sup>.

**Наход.** Наблюдался в сурьмяном месторождении Арнсберг (Вестфалия, ФРГ) со сфалеритом.

Хилер<sup>4</sup> для гетероморфита (?) из Вольфсберга (ГДР) определил:  $a_0 = 11,95$ ;  $b_0 = 8,33$ ;  $c_0 = 14,21$  Å;  $\beta = 73^\circ 30'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,434 : 1 : 1,705$ ;  $Z = 1$  при  $Pb_{11}Sb_{14}S_{30}$ . Однако ввиду того, что рентгеноструктурный анализ Хилера не сопровождался химическим изучением, нельзя считать, что эти данные, так же как и приводимые ниже межплоскостные расстояния, с несомненностью относятся к гетероморфиту.

**Межплоскостные расстояния гетероморфита (?) из Вольфсберга<sup>4</sup>**

Fe-антикатод,  $D = 57,3$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	020	2	4,113	3,728	15	317; 434; 342	6	1,796	1,628
2	004 $\beta$	4	(3,753)	3,401	16	244; 620; 622	7	1,731	1,569
3	004	10	3,418	3,098	17	008	6	1,698	1,539
4	400 $\beta$	2	(3,152)	2,857	18	009; 209	2	1,513	1,371
5	123	2	3,053	2,767	19	428; 138	4	1,462	1,325
6	400	8	2,866	2,598	20	545	4	1,399	1,268
7	131	2	2,660	2,411	21	355; 822; 821	4	1,364	1,237
8	420; 404	4	2,364	2,142	22	519; 546	4	1,337	1,212
9	511	4	2,233	2,024	23	900; 903; 830	4	1,273	1,154
10	040; 306	8	2,080	1,886	24	4.2.10;	4	1,243	1,127
11	522; 026;	2	1,993	1,806		834; 462			
	430; 042				25	2.0.11; 357	2	1,235	1,119
12	523; 207	2	1,932	1,751	26	923; 728	4	1,217	1,104
13	017; 425; 433;	10	1,891	1,714	27	8.2.10;	6	1,031	0,935
	043; 505					4.0.13			
14	430; 431	4	1,821	1,650					

Л и т е р а т у р а

1. Zinken J. K., Rammelsberg C. Ann. Phys., 1849, 77, 240.
2. Pisani F. C. R., Paris, 1876, 83, 747.
3. Spencer L. J. Min. Mag., 1899, 12, 55.
4. Hiller J. E. Zs. Krist., 1939, 100, 128.

Баумгауерит Baumhauerite



Назван по имени швейцарского минералога Г. Баумгауера (Соли, 1903)<sup>1</sup>.

Характ. выдел. В кристаллах, зернистых агрегатах.

Структ. и морф. крист. Монокл. с.  $C_{2h}^2 - P2_1/m$ ;  $a_0 = 22,73$ ;  $b_0 = 8,34$ ;  $c_0 = 7,94 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 97^\circ 17'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 2,726 : 1 : 0,953$ ;  $Z = 3$  ( $Pb_4As_6S_{13}$ ) (Харлбат)<sup>2</sup>. По новым данным, трикл. с., псевдомоноклинный;  $a_0 = 22,74$ ;  $b_0 = 8,33$ ;  $c_0 = 7,89 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\beta = 97^\circ 25'$ ;  $\gamma = 90^\circ$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 2,729 : 1 : 0,948$ ;  $Z = 4$  ( $Pb_3As_4S_9$ ) (Бери)<sup>3</sup>.

Призмат. кл.;  $a : b : c = 2,7374 : 1 : 0,9472$ ;  $\beta = 97^\circ 17'$  (Дана, 1944).

Формы<sup>1-4</sup>:

	Ф	Р		Ф	Р		
c	001	90°00'	7°17'	π	203	90°00'	19°49'
b	010	0 00	90 00	Σ	102	90 00	16 49
a	100	90 00	90 00	Φ	103	90 00	13 43
F	510	61 30	90 00	g:	$\bar{1}02$	-90 00	2 40
H	410	55 50	90 00	l:	$\bar{1}01$	-90 00	12 28
K	310	47 51	90 00	q:	$\bar{2}01$	-90 00	29 41
O	210	36 22	90 00	t:	$\bar{3}01$	-90 00	42 34
m	110	20 13	90 00	w:	$\bar{7}02$	-90 00	47 33
k	011	7 41	43 43	z:	$\bar{4}01$	-90 00	51 44
ι	701	90 00	68 44	C:	$\bar{5}01$	-90 00	58 15
x	601	90 00	65 46	E	$\bar{6}01$	-90 00	63 02
μ	501	90 00	61 53	p	211	41 04	51 29
ξ	401	90 00	56 43	o	$\bar{2}11$	-31 02	47 52
ρ	301	90 00	49 35	n	111	26 43	46 41
ψ	201	90 00	39 32	N	$\bar{1}11$	-13 08	44 12
Δ	101	90 00	25 29				

$\Delta a (101) : (100) = 64^\circ 31'$	$ma (110) : (100) = 69^\circ 47'$	$na (111) : (100) = 70^\circ 54'$
$\psi a (201) : (100) = 50 28$	$Ka (310) : (100) = 42 09$	$kb (011) : (010) = 46 47$
$Oa (210) : (100) = 53 38$	$ka (011) : (100) = 84 42$	$\psi c (201) : (001) = 32 15$

Всего известно 120 форм (см. Дана, 1944).

Формула перехода от установки Пэлэча и Соли к установке Харлбата—Дана: 200/010/001.

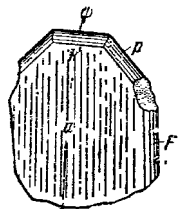
Кристаллы короткопризматические по оси  $b$  или таблитчатые по (100) (фиг. 330, 331). Грани (100) и (010) с вертикальной штриховкой. Вследствие сильного развития граней, параллельных оси  $b$  или  $a$ , кристаллы имеют округленный вид. Известны пластинчатые полисинтетические двойники, заметные на грани (100).

Физ. Сп. по (100) совершенная. Изл. раковистый. Тв. 3. Уд. в. 5,329 (вычисл. 5,43 на основе данных Бери, 5,66 по данным Харлбата).

Цв. свинцово-серый до стально-серого, иногда с призрающей побежалостью. Черта шоколадно-бурая. Непрозрачен.

Положительный фотоэлектрический эффект  $< 0,01$  (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>5</sup>.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. как у сарторита. Двухотражение отчетливое. Анизотропен с цветным эффектом от синезеленого и желтого до фиолетового.



Фиг. 330. Кристалл баумгауерита (Бинненталь)  
по Соли-Дана

Характерны темно-красные внутренние рефлексии. Часто наблюдается пластинчатое двойниковое строение.

**Хим.** Теор. состав из формулы  $Pb_4As_6S_{13}$ : Pb — 48,75; As — 24,61; S — 26,64. Состав баумгауерита из Ленгенбаха (анал. Джексона)<sup>1</sup>: Pb — 48,86; As — 24,39; S — 26,42; сумма — 99,67.

**Диагн. исп.** В полир. пл. легко травится NaClO; от KOH образуется налет, от HgCl<sub>2</sub> буреет.

**Нахожд.** Найден в белом доломите Ленгенбаха (Бинненталь, Швейцария) с другими сложными сульфидами свинца.

**Искусств.** Получен сплавлением соответствующих количеств As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> и PbS в автоклаве в присутствии воды<sup>6</sup>.

**Отл.** В полир. пл. характерны отношения к реактивам при травлении и цветной эффект анизотропии.

#### Межплоскостные расстояния баумгауерита из Ленгенбаха (по Харкорту)

Cu-анткатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	5	0,5	3,78	8	10	2,0	2,30
2	5	0,5	3,65	9	2	0,2	2,22
3	5	0,5	3,40	10	7	1,0	2,11
4	5	0,5	2,97	11	2	0,2	2,03
5	5	0,5	2,89	12	2	0,2	1,95
6	10	2,0	2,73	13	7	1,0	1,90
7	5	0,5	2,63	14	3	0,3	1,78

#### Литература

- Solly R. H. Min. Mag., 1903, 13, 151; Zs. Krist., 1903, 37, 321.
- Hurlbut C. S.— по Дана, 1944.
- Peacock M. A., Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 47; Berry L. G. Am. Min., 1953, 38, No 3, 330.
- Palache C., Richmond W. E. Am. Min., 1938, 23, No 11, 821. (Авторы исправили ошибку в вычислении отношения осей у Соли: вместо  $a = 1,1308$  дано 1,3687).
- Bergman L., Häsler J. Zs. Phys. 1936, 100, 62.
- Rösch H., Hellner E. Naturwiss., 1959, 72.

## Ливейнгит Liveingite



Назван по имени английского химика Г. Ливейнга (Соли, Джексона, 1901)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** В кристаллах и тонкозернистых агрегатах.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с. (псевдоромбический);  $\beta = 90^\circ 14\frac{1}{2}'$ . Дв. по (100)<sup>1</sup>. По облику кристаллов похож на ратит и сарторит.

**Физ.** Тв. 3. Уд. в. 5,3; Цв. темно-серый, зеленая и красная побежалость.

**Микр.** В полир. пл. отраж. спос. такая же, как у баумгауерита. Сильно анизотропен с цветным эффектом от зеленоватого до фиолетового или от синеватого до желтого. Внутренние рефлексии часто темно-красные. Наблюдаются пластинчатые двойники<sup>2</sup>.

**Хим.** Теор. состав: Pb — 47,44; As — 27,56; S — 25,00. Состав ливейнгита из Бинненталья (анал. Джексона)<sup>1</sup>: Pb — 47,58; As — 26,93; S — 24,91; сумма — 99,42.

Минерал недостаточно изучен. По химическому составу является промежуточным между ратитом и сарторитом.

**Диагн. исп.** В полир. пл. медленно травится NaClO (черно-бурый налет).

**Нахожд.** Очень редкий. Обнаружен только в Биннентале (Швейцария).

**Изм.** Переходит в баумгауерит, сарторит и гутчипсонит<sup>3</sup>.

**Отл.** От ратита отличается цветным эффектом анизотропии.

#### Литература

- Solly R. H., Jackson H. Cambr. Phil. Soc., Proc., 1901, 11, 239; Zs. Krist., 1904, 37, 304; Solly R. H. Min. Mag., 1902, 13, 160.
- Giusca D. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1930, 10, 164.
- Bader H. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1934, 14, 319.

## Плагионит Plagionite



Назван от греч. πλάγιος (плагиос) — косою, в соответствии с косым углом между кристаллографическими осями (Розе, 1833)<sup>1</sup>.

Синон. Розенит (Цинкен, 1835).

**Характ. выдел.** Сплошные, зернистые и мелкоигльчатые выделения, несовершенные кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^6 - C2, c$  или  $C_s^4 - Cc$ ;  $a_0 = 13,47$ ;  $b_0 = 11,83$ ;  $c_0 = 19,98 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 107^\circ 11'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,139 : 1 : 1,693$ ;  $Z = 4$  (Наффлд и Пикок)<sup>2</sup>.

Хилером<sup>3</sup> определены параметры элем. ячейки, отличающиеся от таковых Наффлда ( $a_0 = 18,44$ ;  $b_0 = 16,84$ ;  $c_0 = 13,52 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 72^\circ 45'$ ), и предложена формула  $Pb_5Sb_{14}S_{30}$ ; соответственно  $Z = 3$ . Уд. в. вычисл. 5,5.

**Призмат.** или диэдрич. бесосный кл.;  $a : b : c = 1,1318 : 1 : 1,6878$ ;  $\beta = 107^\circ 13'$  (Дана, 1944 — среднее из данных измерений различных лиц).

Наиболее обычные формы<sup>4-6</sup>:

	φ	ρ	φ	ρ
<i>c</i>	001 90°00'	17°13'	<i>f</i> $\bar{1}02$	-90°00' 25°11'
<i>a</i>	100 90 00	90 00	<i>g</i> $\bar{1}01$	-90 00 51 22
<i>b</i>	010 0 00	90 00	<i>j</i> 115	61 31 35 17
<i>m</i>	110 42 46	90 00	<i>e</i> 114	58 55 39 16
γ	310 70 11	90 00	<i>l</i> 113	55 53 45 05
ξ	013 28 51	32 42	<i>n</i> 112	52 16 54 03
η	023 15 24	49 24	<i>x</i> 111	47 57 68 21
<i>d</i>	021 5 14	73 34	<i>s</i> $\bar{1}14$	-10 48 23 15
<i>u</i>	102 90 00	47 29	<i>k</i> $\bar{1}12$	-29 09 44 01

<i>ca</i> (001) : (100) = 72°47'	<i>ss</i> ( $\bar{1}14$ ) : ( $\bar{1}14$ ) = 45°30'	<i>xc</i> (111) : (001) = 56°10'
<i>mm</i> (110) : ( $\bar{1}10$ ) = 83 32	<i>mc</i> (110) : (001) = 78 24	<i>nc</i> (112) : (001) = 41 23
<i>nn</i> (112) : ( $\bar{1}\bar{1}2$ ) = 59 11	<i>uc</i> (102) : (001) = 30 16	<i>ec</i> (114) : (001) = 25 50
<i>xx</i> (111) : ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) = 76 03	<i>dc</i> (021) : (001) = 72 46	<i>fc</i> ( $\bar{1}02$ ) : (001) = 42 24

Менее обычные формы:

150	011	332	$\bar{1}18$	$\bar{2}25$	314	$\bar{3}12$
130	118	221	$\bar{1}16$	$\bar{2}23$	313	$\bar{3}11$
025	116	331	$\bar{1}15$	137	311	$\bar{5}12$
012	223	$\bar{1}19$	$\bar{1}13$	421	$\bar{4}23$	$\bar{5}11$

Соотношения индексов в различных установках:

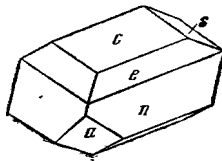
	<i>a</i> : <i>b</i> : <i>c</i>	β	Пл. сп.						
Замбоини <sup>4</sup> , Дана (1944)	1,1389 : 1 : 1,6884	107°32'	001	100	112	111	$\bar{1}12$	$\bar{1}14$	
Розе <sup>5</sup> , Людеке <sup>6</sup> , Дана (1892), Хинце	1,1363 : 1 : 0,4206	107 32	001	100	221	441	$\bar{2}21$	$\bar{1}11$	
Спенсер <sup>6</sup> , Гольшмидт	1,1331 : 1 : 0,8456	107 32	001	100	111	221	$\bar{1}11$	$\bar{1}12$	

Кристаллы обычно несовершенные, таблитчатые по *c* (001) (фиг. 332, 333).

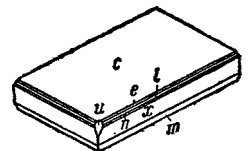
Физ. Сп. по (112) ясная. Изл. неровный, раковистый. Хрупок. Тв. 2—3. Уд. в. 5,4—5,6 (вычисл. 5,57). Цв. черновато-свинцово-серый. Черта серо-черная с красноватым оттенком. Бл. металлический.

Непрозрачен, в мелких осколках слегка просвечивает<sup>2</sup>. Непроводник электричества. Максимальный фотоэлектрический эффект: — 20 при λ = 659 мμ (чувствительность серого Se принята за 100)<sup>7</sup>.

Микр. В полир. плл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. снос. в сечениях ⊥ (001) (в %): *Rm* для зеленых лучей 37,19, для оранжевых — 34,36, для красных — 31,13; *Rp* соответственно — 36,07, 33,67 и 30,35. Двуотражение заметное. Анизотропия отчетливая, особенно в иммерсии, с цветным эффектом. Внутренние рефлексии редки (видны в иммерсии), темно-



Фиг. 332. Кристалл плагинита (Вольфсберг) По Розе



Фиг. 333. Кристалл плагинита (Оуро) По Замбоини

внутренние рефлексии редки (видны в иммерсии), темно-

красные. Характерны косое погасание в разрезах, близких к (010), и сильная дисперсия погасания.

Хим. Теор. состав: Pb — 40,75; Sb — 37,78; S — 21,47.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	—	—	—	Сл.
Ag	—	—	0,18	—
Sn	—	—	—	0,62
Pb	40,52	41,24	40,28	44,20
Sb	37,94	37,35	38,30	34,40
S	21,53	21,40	21,43	20,70
Н. о.	—	—	—	0,60
Сумма	99,99	99,69	100,19	100,52
Уд. вес	—	5,50	5,54	5,60

1 и 2—Вольфсберг: 1—анал. Розе<sup>1</sup>; 2—анал. Прайор<sup>6</sup>; 3 и 4—Оруро: 3—анал. Замбоини<sup>4</sup>; 4—анал. Пизани<sup>8</sup>.

**Диагн. исп.** Горячей HCl разлагается с выделением H<sub>2</sub>S. при охлаждении раствора выпадает осадок PbCl<sub>2</sub>.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> через некоторое время сереет и чернеет со вскипанием; от царской водки немедленно выделяет газ и сереет, от KOH образуется буровато-красное приливающее пятно, нацело стирающееся. KCN, HCl, FeCl<sub>3</sub>, HgCl<sub>2</sub> не действуют.

П. п. тр. очень легко плавится, растрескиваясь. На угле дает желтый и белый налеты, с содой — королек Pb. В откр. тр. выделяет SO<sub>2</sub> и дает белый налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в закр. тр. плавится, образуются налеты S и Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

**Наход.** Редкий минерал; возможно, распространен шире, чем это принято считать. Встречается в небольших количествах в некоторых свинцово-цинковых, сурьмяных и близповерхностных оловорудных месторождениях. Совместно с другими сложными сульфидами Pb установлен в Вольфсберге на Гарце (ГДР), Гольдкронахе в Фихтельгебирге (ФРГ), в Оруро (Боливия), Кантале (Франция) и др. В СССР впервые отмечен в свинцово-сурьмяном Азатекском месторождении (Арм. ССР)<sup>9</sup>.

**Изм.** Замещается кермеситом, иногда — буланжеритом; известны псевдоморфозы джемсонита по плагиониту (Дана, 1944).

Межплоскостные расстояния плагионита из Вольфсберга  
(по XRDC)\*

№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	5	3,82	12	5	1,98	23	2	1,424
2	5	3,54	13	5	1,97	24	2	1,368
3	10	3,22	14	2	1,91	25	5	1,346
4	10	2,90	15	2	1,90	26	2	1,308
5	5	2,75	16	2	1,82	27	2	1,290
6	9	2,61	17	5	1,72	28	2	1,241
7	5	2,45	18	2	1,66	29	2	1,226
8	5	2,34	19	2	1,61	30	5	1,208
9	5	2,21	20	2	1,549	31	5	1,191
10	7	2,13	21	5	1,490	32	5	1,178
11	5	2,07	22	2	1,441			

\* 1944, II-1105.

**Искусств.** В системе  $PbS - Sb_2S_3$  образуется при содержании 20%  $PbS$ ; в отличие от природных кристаллов, искусственные кристаллы игольчатые<sup>10</sup>. Получен также из водного раствора<sup>11</sup>.

**Отлич.** От других сульфосолей  $Pb$  отличим по химическому анализу. Данные порошкограмм разноречивы. В отличие от порошкограммы XRDC, порошкограмма плагинита по Хилеру<sup>3</sup> имеет очень яркую линию с  $d, n = 3,307$ , которая, вероятно, относится к примеси. Харкорт получил для плагинита порошкограмму, сходную с таковой гетероморфита.

#### Л и т е р а т у р а

1. Rose G. Ann. Phys., 1833, 28, 421.
2. Nuffield E. W., Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1944, No 49, 17.
3. Hiller J. Zs. Krist., 1939, 100, 128.
4. Zambonini F. Rev. Min. e Crist. Ital., 1912, 41, 338.
5. Luedescke O. N. Jb. Min., 1883, 2, 112.
6. Spencer L. J. Min. Mag., 1897, 11, 192 и 1899, 12, 56.
7. Bergman L., Hänsler J. Zs. Phys., 1936, 100, 62.
8. Laszkiewicz A. Arch. Min., Warszawa, 1932, 8, 109 (по реферату N. Jb. Min., 1935, 1. 493).
9. Сагетелян Э. А. Изв. АН Арм. ССР, сер. геол.-геогр. наук, 1957, 10, № 2, 1; Научн. тр. Ереванск. ун-та, сер. геол., 1957, 59, вып. 3, 179.
10. Savel M. Bul. Lab. Min. Univ. Bucuresti, 1934, 1, 3.
11. Robinson S. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 52, 62; Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 293.

### Сарторит Sartorite



Назван по имени Сарториуса Вальтерсхаузена, нашедшего в 1855 г. минерал и считавшего его смесью «арсеномелана» и «склероклаза» (Дана, 1868).

**Синон.** Биннит (Хойсер, 1855) — частично, склероклаз (Рат, 1864), арсеномелан (Петерсен, 1866) — частично, свинцово-мышьяковый блеск (Грот, 1882).

**Характ. выдел.** Кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с. (псевдоромбический).  $a_0 = 58,49$ ;  $b_0 = 7,81$ ;  $c_0 = 83,46 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 90^\circ$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 7,49 : 1 : 10,69$ ;  $Z = 240$  (Бэнистер, Пабст, Во)<sup>1</sup>. Простр. группа не определена.

Для ромбической псевдоячейки теми же авторами определены:  $D_2^4 - P2_12_12_1$ ;  $a_0 = 19,46$ ;  $b_0 = 7,78$ ;  $c_0 = 4,17 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 2,498 : 1 : 0,535$ ;  $Z = 4$ .

Рентгеновские данные согласуются с морфологией кристаллов, но связаны очень сложными соотношениями с данными измерений Трехмана<sup>2</sup>, а также Смита и Соли<sup>3</sup> (формулы перехода см. у Бэнистера и др.<sup>1</sup>). Смит и Соли наряду с моноклинной предложили и триклинные установки ( $\alpha$ -сарторит).

Ромбо-тетраэдр. кл.;  $a : b : c = 1,276 : 1 : 1,195$ ;  $\beta = 102^\circ 12'$  (Трехман).

Обычные формы:

		$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$	
$c$	001	90°00'	12°12'	$G$	$\bar{2}01$	—90°00'	59°32'
$a$	100	90 00	90 00	$H$	401	—90 00	74 33
$N$	120	21 51	90 00	$r$	111	44 30	59 10
$m$	110	38 43	90 00	$M$	443	43 10	65 24
$K$	320	50 15	90 00	$o$	441	40 16	80 56
$d$	101	90 00	49 35	$n$	322	54 09	63 53
$D$	$\bar{1}01$	—90 00	36 34	$u$	$\bar{1}23$	— 7 23	38 47
$E$	$\bar{5}04$	—90 00	44 28	$\varepsilon$	$\bar{2}45$	— 9 55	44 09
$F$	$\bar{9}05$	—90 00	56 28	$h$	$\bar{1}22$	—12 24	50 44



$Ga (\bar{1}01) : (\bar{1}00) = 30^{\circ}28'$	$ua (\bar{1}23) : (\bar{1}00) = 85^{\circ}33'$	$ru (111) : (\bar{1}23) = 42^{\circ}59'$
$Da (101) : (\bar{1}00) = 53^{\circ}26'$	$rb (111) : (010) = 52^{\circ}14'$	$rh (111) : (\bar{1}22) = 46^{\circ}34'$
$ra (111) : (100) = 52^{\circ}59'$	$hb (\bar{1}22) : (010) = 40^{\circ}52'$	
$ha (\bar{1}22) : (\bar{1}00) = 80^{\circ}25'$	$ub (\bar{1}23) : (010) = 51^{\circ}36'$	

Редкие и педостоверные формы:

010	510	045	401	$\bar{2}1.0.5$	5.10.8	12.1.1
2.13.0	11.4.0	011	$\bar{2}07$	902	2.4.3	166
140	310	065	$\bar{4}07$	$\bar{8}01$	241	$\bar{2}43$
130	720	085	$\bar{2}03$	$\bar{9}01$	211	$\bar{1}21$
540	410	041	$\bar{7}.0.10$	113	645	$\bar{4}83$
430	920	$\bar{2}07$	$\bar{4}03$	445	643	$\bar{1}41$
11.7.0	510	304	302	211	321	$\bar{3}22$
210	11.2.0	11.0.12	$\bar{8}05$	$\bar{1}11$	722	$\bar{6}41$
11.5.0	20.1.0	706	$\bar{5}02$	$\bar{4}41$	411	$\bar{2}11$
940	023	403	$\bar{8}03$	122	21.14.3	$\bar{7}22$
						611

Кристаллы (фиг. 334) призматические со штриховкой || оси  $b$ . Дв. по (100), часто полисинтетические. Известны параллельные и субпараллельные сростания.

**Физ.** Сп. по (100) ясная. Изл. раковистый. Очень хрупок. Тв. 3. Уд. в. 5,07 (вычисл. для псевдоячейки 5,10). Цв. темно-свинцово-серый. Черта шоколадно-коричневая. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полпр. пл. в отраж. св. почти чисто белый. Отраж. спос. 34,5%, как у баумгауерита. Двухотражение иногда наблюдается на границе двойников. Слабо анизотропен с незначительным цветным эффектом от серовато-синего до серовато-желтого. Иногда видны темно-красные внутренние рефлекссы.

**Хим.** Теор. состав: Pb—42,70; As—30,87; S—26,43.

Анализы сарторита из Бинненталья:

	Pb	As	S	Сумма	Уд. в.
1.	43,24	30,80	25,81	99,85	4,98
2.	42,93	31,11	25,32	99,36	—

1—анал. Джексона<sup>4</sup>; 2—анал. Джексона<sup>5</sup>.

**Диагн. исп.** В конц.  $HNO_3$  разлагается с выделением S.

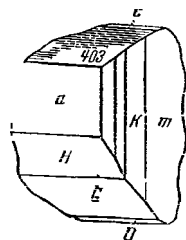
В полпр. пл. от KOH темнеет.  $HNO_3$ , KCN, HCl и  $FeCl_3$  не действуют. Очень быстро травится NaClO.

П. п. тр. на угле растрескивается, легко плавится, образуя королек Pb и белый налет, содержащий Pb и As; при нагревании во внутренней части пламени налет исчезает, издавая чесночный запах и оставляя королек Pb. В откр. тр. выделяет  $SO_2$ , на верхней части трубки — налет S, на нижней — белый налет  $As_2O_3$ . В закр. тр. растрескивается, плавится и дает налеты S и  $As_2S_3$ .

**Нахожд.** Очень редкий гидротермальный минерал. Найден в Биннентале (Швейцария) среди доломита, вместе с теннантитом, сфалеритом, галенитом, реальгаром, аурипигментом, гялофаном, турмалином, мусковитом, кальцитом, баритом, магнетитом, рутилом, кварцем, ратитом, ливейнгитом и баумгауеритом; частью образовался путем замещения трех последних минералов.

**Изм.** Отмечено замещение сарторита гутчинсонитом.

**Получен.** Получен сплавлением  $PbS$  с  $As_2S_3$  в автоклаве в присутствии воды<sup>6</sup>.



Фиг. 334. Обломок кристалла сарторита (Бинненталь)

По Дана, 1944

Отл. В полир. шл. очень сходен с баумгауеритом и ливейнгитом; от последнего отличается травлением.

Межплоскостные расстояния сарторита из Бинненталя  
(по Харкорту)

Си-антикатод, Ni-фильтр

№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_x}{a}$	№	<i>I</i>	<i>I'</i>	$\frac{d_x}{a}$
1	3	0,3	4,1	9	3	0,3	2,45
2	3	0,5	3,87	10	3	1,0	2,32
3	10	3,0	3,48	11	7	0,5	2,10
4	4	0,5	3,23	12	4	0,5	1,94
5	9	2,0	2,95	13	4	0,3	1,86
6	9	2,0	2,76	14	3	0,2	1,79
7	7	1,0	2,62	15	2	0,2	1,73
8	3	0,3	2,54	16	2	0,2	1,55

Л и т е р а т у р а

1. Bannister F. A., Pabst A., Vaux G. Min. Mag., 1939, 25, No 164, 264.
2. Trechmann C. O. Min. Mag., 1907, 14, 212.
3. Smith H., Solly R. H. Min. Mag., 1919, 18, 259.
4. Solly R. H. Min. Mag., 1900, 12, 282.
5. Lewis W. J. Min. Mag., 1903, 13, 34.
6. Rösch H., Hellner E. Naturwiss., 1959, 72.

Цинкенит Zinkenite



Назван по имени минералога Цинкена, открывшего и впервые предварительно описавшего минерал (Розе, 1826) <sup>1</sup>.

Синон. Свинцово-сурьмяный блеск, перистая руда (частично), килейт (Гордон, 1922) <sup>2</sup>.

Домингит (Грот, 1889) и частично варренит (Шкинс, 1890) являются смесями цинкениита с джемсонитом.

**Характ. выдел.** Игольчатые выделения, столбчатые и радиально-лучистые агрегаты, иногда кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с. Вероятно,  $C_6^6 - P6_3$ ;  $a_0 = 44,15$ ;  $c_0 = 8,62$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 0,195$ ;  $Z = 12$  при формуле  $Pb_6Sb_{14}S_{27}$  или 81 при  $PbSb_2S_4$  (Нафилд) <sup>3</sup>. По данным Во и Бэннистера <sup>4</sup>, псевдогексагональный, ромб. с.

С данными Нафилда не согласуются определения Феррари и Курти, а также Хилера <sup>3</sup>.

Структура не изучена. Игольчатое развитие предположительно обусловлено наличием цепочек  $Sb - S - Sb$ , ориентированных в направлении удлинения.

$a : c = 1 : 0,1938$  (Дана, 1944, на основе измерений Розе).



Фиг. 335. Кристалл цинкениита (Гарц)

По Дана, 1944

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$m \ 10\bar{1}0$	$60^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$r \ 10\bar{1}1$	$60^\circ 00'$	$12^\circ 37'$
$a \ 11\bar{2}0$	$30^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$k \ 22\bar{4}3$	$30^\circ 00'$	$14^\circ 29'$
$lk \ (22\bar{4}3) : (\bar{2}1\bar{2}3) = 14^\circ 24'$			$kk \ (22\bar{4}3) : (\bar{2}2\bar{4}3) = 28^\circ 58'$		$km \ (22\bar{4}3) : (10\bar{1}0) = 77^\circ 18'$

Кристаллы несовершенные, длиннопризматические вдоль оси *c*, с вертикальной штриховкой на гранях призм (фиг. 335).

**Физ.** Сп. неясная по (1120). Изл. неровный. Тв. 3—3½. Уд. в. 5,30—5,36 (вычисл. 5,22 при  $Pb_6Sb_{14}S_{27}$ , 5,35 при  $PbSb_2S_4$ ). Цв. стально-серый. Черта стально-серая, при тонком растирании с коричневым оттенком. Бл. металлический. Непрозрачен.

Непроводник электричества. Обладает фотоэлектрическими свойствами.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 37,5, для оранжевых — 33, для красных — 31. Едва заметное двуотражение. Анизотропен с прямым погасанием. Изредка темно-красные внутренние рефлексы.

**Хим.** Формула твердо не установлена: лучшие анализы отвечают формуле  $Pb_6Sb_{14}S_{27}$  (теор. состав Pb — 32,60, Sb — 44,70, S — 22,70), однако уд. вес, вычисленный по формуле  $PbSb_2S_4$  (теор. состав: Pb — 35,79, Sb—42,06, S — 22,15), лучше согласуется с данными определений уд. веса минерала. Ag, Cu, Fe, As в небольшом количестве, по-видимому, изоморфно замещают основные элементы. Минерал из Колорадо (анализ 8) содержит 5,64 As при пониженном количестве Sb; однако наличие Ca и щелочей вызывает сомнение в однородности анализируемого вещества.

По спектроскопическим данным, в минерале из Британской Колумбии (анализ 7)<sup>9</sup> содержатся следы Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Mn, V, Ti.

## Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu	0,42	0,70	0,64	—	—	—	—	1,20	—
Ag	—	—	0,52	—	—	—	—	0,23	—
Fe	—	0,06	0,84	0,08	—	—	0,50	0,02	1,83
Zn	—	—	1,24	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	0,18	—	—	—	—	—	—
Pb	31,84	34,33	29,80	29,33	31,52	31,41	34,58	32,77	34,31
S	22,58	22,63	23,02	23,10	22,87	22,02	21,84	22,50	21,08
As	—	—	0,27	—	—	—	0,48	5,64	—
Sb	44,39	42,15	43,32	46,17	45,61	46,57	42,30	35,00	40,12
H. o.	—	—	0,60	0,94	—	—	—	0,59	1,30**
Сумма	99,23	99,87	100,43	99,62	100,00	100,00	99,70	98,71*	98,64
Уд.в.	5,34	—	—	—	—	—	5,23	5,21	—

\* В том числе CaO — 0,31, щелочей — 0,45.

\*\* SiO<sub>2</sub>.

1 и 2 — Вольфсберг: 1 — анал. Розе<sup>1</sup>; 2 — анал. Гиймэн<sup>5</sup>; 3 — «килейит», Оруро; анал. Шенон<sup>6</sup>; 4—6—р-н Бая Маре: 4—анал. Финали<sup>7</sup>; 5 и 6—анал. Грасселли<sup>8</sup>; пересчет анализов за вычетом примесей сфалерита и др.; 7—Бонацца-Крик<sup>9</sup>; 8—Ред-Маунтин (шт. Колорадо, США); анал. Хилебранд<sup>10</sup>; 9 — Заводниское м-ние: анал. Ангинов<sup>11</sup>.

**Диагн. исп.** Разлагается горячей HCl с выделением H<sub>2</sub>S, при охлаждении выпадает осадок PbCl<sub>2</sub>. Окисляется HNO<sub>3</sub> в белый порошок.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> сразу чернеет, после стирания остается неоднородно-серое пятно. От паров HCl слегка буреет. KCN, HCl, FeCl<sub>3</sub> не действуют.

П. п. тр. на угле сильно растрескивается и очень легко сплавляется, образуются желтый и белый налеты; с содой в восст. пл. — корольки свинца.

В откр. тр. выделяются пары  $\text{SO}_2$  и белый возгон  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , в закр. тр. плавится, растрескиваясь, и дает возгоны  $\text{S}$  и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ .

**Наход.** Редкий минерал сурьмяных и свинцово-цинковых низко- и среднетемпературных месторождений. Встречается с антимонитом, сложными сульфидами  $\text{Pb}$ , сфалеритом, галенитом, халькопиритом, арсенопиритом и др. в месторождениях Адлерсбах в Бадене (ФРГ), Вольфсберг на Гарце (ГДР), Итос (близ Оруро, Боливия), в Сэкэрымбе (б. Нагпаг) и р-не Бая Маре (б. Нагпабья) в Румынии, в месторождении Гусарка в Низких Татрах (Чехословакия)<sup>12</sup> и др. В месторождении Бонанца-Крик (Британская Колумбия, Канада) сопровождается кальцитом, пиритом, сфалеритом, тетраэдритом и пирротинном. Встречен также в Заводинском месторождении на Рудном Алтае (Каз. ССР)<sup>11</sup>.

**Изм.** Отмечались случаи замещения цинкениита биндгеймитом.

**Искусств.** Получен<sup>13</sup> из щелочного водного раствора при  $425^\circ$ . Цинкениит или близкое к нему соединение получено при изучении системы  $\text{Sb}_2\text{S}_3\text{—PbS}^{14}$ .

**Отл.** От других сульфосолей свинца надежно отличается лишь по порошкограмме и по химическому анализу. Менее хрупок, чем джемсонит. Под микр. недостаточно изучен.

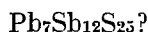
### Межплоскостные расстояния цинкениита<sup>3</sup>

Си-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$
1	44 $\bar{8}$ 0	0,5	5,49	21	4.16. $\bar{2}$ 0.2	1	1,875
2	08 $\bar{8}$ 0	0,5	4,79		0.10. $\bar{1}$ 0.4		
3	4.6. $\bar{1}$ 0.0	0,5	4,41	22	2.10. $\bar{1}$ 2.4	3	1,823
4	04 $\bar{4}$ 2	1	3,94	23	6.16. $\bar{2}$ 2.2	0,5	1,763
5	06 $\bar{6}$ 2	1	3,55		6.18. $\bar{2}$ 4.0		
6	2.10. $\bar{1}$ 2.0	10	3,44	24	4.20. $\bar{2}$ 4.0	1	1,711
7	44 $\bar{8}$ 2	1	3,36	25	12.12. $\bar{2}$ 4.2		
8	4.6. $\bar{1}$ 0.2	1	3,07		0.14. $\bar{1}$ 4.4	0,5	1,687
	4.10. $\bar{1}$ 4.0				6.10. $\bar{1}$ 6.4		
9	2.8. $\bar{1}$ 0.2	2	3,01	26	2.22. $\bar{2}$ 4.0	1	1,654
10	2.12. $\bar{1}$ 4.0	0,5	2,90		8.18. $\bar{2}$ 6.0		
11	6.6. $\bar{1}$ 2.2	4	2,80	27	4.14. $\bar{1}$ 8.4	0,5	1,579
12	2.10. $\bar{1}$ 2.2	0,5	2,69		4.22. $\bar{2}$ 6.0		
13	0.12. $\bar{1}$ 2.2	0,5	2,54		12.14. $\bar{2}$ 6.2		
	6.8. $\bar{1}$ 4.2			28		0,5	1,519
	2.14. $\bar{1}$ 6.0			29		1	1,459
14	2.12. $\bar{1}$ 4.2	1	2,41	30		0,5	1,445
	6.12. $\bar{1}$ 8.0			31		0,5	1,408
15	0.14. $\bar{1}$ 4.2	0,5	2,30	32		1	1,389
	6.10. $\bar{1}$ 6.2			33		0,5	1,366
16	4.12. $\bar{1}$ 6.2	1	2,25	34		1	1,340
	2.16. $\bar{1}$ 8.0			35		0,5	1,313
17	6.14. $\bar{2}$ 0.0	1	2,15	36		0,5	1,292
	8.10. $\bar{1}$ 8.2			37		0,5	1,143
18	0.18. $\bar{1}$ 8.0	2	2,13	38		0,5	1,123
19	4.16. $\bar{2}$ 0.0	2	2,06	39		0,5	1,066
	4.14. $\bar{1}$ 8.0			40		0,5	1,028
20	2.16. $\bar{1}$ 8.2	3	1,980				
	8.14. $\bar{2}$ 2.0						

## Л и т е р а т у р а

1. Rose G. Ann. Phys., 1826, 7, 91.
2. Gordon S. G. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 1922, 74, 101—описание килейита; соотношение последнего с цинкениитом рассмотрено в работах: Shannon E. V., Short M. H. Am. Min., 1927, 12, No 11, 405; Wherry E. T. Am. Min., 1928, 13, No 1, 29. Идентичность килейита с цинкениитом окончательно установлена Во и Баннистером.
3. Nuffield E. W. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1945, No 50, 49; Ferrari A., Curti R. Period. Min., Roma, 1935, 5, 173; Hiller J. Zs. Krist., 1938, 100, 137.
4. Vaux G., Bannister F. A. Min. Mag., 1938, 25, No 163, 221.
5. Guillemain C. Zs. Krist., 1900, 33, 73.
6. Shannon E. V., Short M. H. Am. Min., 1927, 12, No 11, 405.
7. de Finaly J. Magyar Tudom. Akad., Mat., Term. Értes., 1929, 46, 673.
8. Koch S. Acta Min. Petr., Szeged, 1957, 10, 51.
9. Warren H., Thomson R. M. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1944, No 49, 83.
10. Hillebrand W. F. Sci. Soc. Colorado, Proc., 1884, 1, 121.
11. Дмитриева М. З., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Кав. ССР, 1957, 1, 329.
12. Hak J. Časop. min. geol., 1958, 3, № 4, 397.
13. Robinson S. C. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 52, 59; Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 293.
14. Savul M. Bull. Labor. Min. Univ. București, 1934, 1, p. 1, 3.

Робинсонит *Robinsonite*

Назван по имени канадского минералога С. Робинсона (Бери и др., 1952)<sup>1</sup>, который впервые описал этот минерал под названием «минерал X».

**[Характ. выдел.** В кристалликах, волокнистых и плотных выделениях.

**Структ. и морф. крист.** Трикл. с. Вероятная простр. гр.  $C_1^1-P\bar{1}$ ;  $a_0 = 16,51$ ;  $b_0 = 17,62$ ;  $c_0 = 3,97\text{Å}$ ;  $\alpha = 96^\circ 04'$ ;  $\beta = 96^\circ 22'$ ;  $\gamma = 91^\circ 12'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,937 : 1 : 0,225$ ;  $Z = 4$  (Бери и др.)<sup>1</sup>.

Тонкие призматические кристаллики, вытянутые по осп  $c$ , со штриховкой, параллельной этой оси.

**Физ. Сп.** не наблюдалось. Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 5,20, для искусств. — 5,27 (вычисл. 5,40). Цв. синеваато-свинцово-серый. Бл. металлический, как у буланжерита. Непрозрачен.

**Микр.** Минераграфически не изучен. По-видимому, в полир. шл. сходен с буланжеритом. Спльно анизотропен.

**Хим.** Анализировалась лишь смесь робинсонита и буланжерита, в которой было всего 40,1% робинсонита. Теор. состав для предполагаемой формулы: Pb — 39,06; Sb — 39,35; S — 24,59.

**Диагн. исп.** Растворяется в HCl при нагревании на водяной бане.

В полир. шл. травится 40%-ным раствором KOH.

**Нахожд.** Гидротермальный минерал, образует небольшие скопления; ассоциируется с пиритом, сфалеритом, антимонитом, буланжеритом, кварцем, кальцитом, гарновитцитом в ртутном месторождении Ред-Бёрд (шт. Невада, США). Характерны тесные сростания робинсонита с буланжеритом.

**Изм.** При гипергенных процессах замещается биндгеймитом.

**Искусств.** Получен сухим сплавлением элементов в вакууме и водным синтезом в бомбах при отношении  $7\text{PbS} : 6\text{Sb}_2\text{S}_3^2$ .

**Отл.** В полир. шл. травится KOH быстрее, чем буланжерит.

Межплоскостные расстояния робинсонита из месторождения Ред-Бёрд<sup>1</sup>  
Cu-антиклат;  $\lambda=1,5418 \text{ \AA}$

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	1	7,4	14	2	2,81	26	4	1,787
2	1	6,0	15	8	2,75	27	2	1,716
3	1	5,44	16	8	2,67	28	1	1,656
4	1	4,35	17	1	2,59	29	1	1,583
5	8	4,04	18	2	2,33	30	2	1,449
6	8	3,92	19	2	2,27	31	2	1,342
7	6	3,79	20	1	2,18	32	1	1,305
8	6	3,66	21	4	2,11	33	1	1,276
9	5	3,47	22	3	2,05	34	1	1,248
10	10	3,39	23	1	2,01	35	2	1,199
11	6	3,18	24	3	1,969	36	1	0,955
12	8	3,03	25	6	1,862	37	1	0,907
13	2	2,88						

## Л и т е р а т у р а

1. Berry L. G., Fahey J. J., Bailey H. Am. Min., 1952, 37, No 5—6, 438.
2. Robinson S. Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 293; Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1948, No 52, 54.

## Фюлёппит Fülöppite



Назван по имени нашедшего минерал венгерского коллекционера Б. Фюлёпа (Финали и Кох, 1929)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** В мелких кристаллах.

**Структ. иморф. крист.** Монокл. с. Вероятно,  $C_{2h}^6 - C2/c$ ;  $a_0 = 13,39$ ;  $b_0 = 11,69$ ;  $c_0 = 16,90 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 94^\circ 41'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,1448 : 1 : 1,4464$ ;  $Z = 4$  (Нафилд)<sup>2</sup>.  
Призмат. кл.;  $a : b : c = 1,1448 : 1 : 1,4464$ ;  $\beta = 94^\circ 41'$  (Нафилд).  
Формы<sup>1</sup>:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	90°00'	4°41'	<i>p</i> 112	44°42'	45°30'
<i>a</i> 100	90 00	90 00	<i>t</i> 113	—35 15	30 33
<i>d</i> 102	—90 00	28 54	<i>o</i> 112	—37 21	42 17
<i>e</i> 114	47 48	28 18	<i>S</i> 111	—39 21	61 52

<i>oo</i> (111) : (112) = 64°40'	<i>ee</i> (114) : (114) = 37°08'	<i>pp</i> (112) : (112) = 60°55'
<i>oc</i> (112) : (001) = 45 14	<i>ec</i> (114) : (001) = 25 01	<i>pa</i> (112) : (100) = 59 53
<i>oa</i> (112) : (100) = 65 55	<i>ea</i> (114) : (100) = 69 26	<i>dc</i> (102) : (001) = 33 35

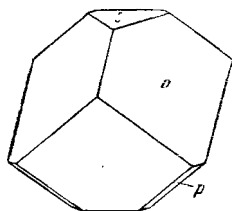
Кристаллы с преобладающим развитием отрицательных форм, короткопризматического или ромбоэдрического облика (фиг. 336), реже — таблитчатые по (001) (фиг. 337). На грани  $a(100)$  горизонтальная штриховка, на  $o(112)$  штриховка || ребру  $o(112):c(001)$ . Дв. не наблюдались.

**Физ. Сп.** не обнаружена. Изл. неровный. Хрупок. Тв. больше 2. Уд. в. 5,23 (вычисл. 5,23). Цв. свинцово-серый, иногда стально-синий, реже — бронзовая побежалость. Черта красновато-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полпр. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (по Строкал) (в %): (*Rm*) для зеленых лучей 35,6, для желтых — 33,2, для красных — 30,1, (*Rp*) соответственно — 34,7, 32,85 и 29,2. Слабо анизотропен.

Хим. Теор. состав: Pb — 27,66; Sb — 48,78; S — 23,56. Состав фюлѣппита из Сэкэрымба <sup>1</sup>: Pb — 28,29; S — 24,10; Sb — 47,50; SiO<sub>2</sub> — 0,19; сумма — 100,08.

Диaгн. исп. Растворяется в конц. HCl и конц. HNO<sub>3</sub>.



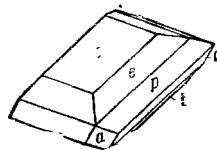
Фиг. 336. Кристалл фюлѣппита (Сэкэрымб) По Коху

В полир. пл. от KOH — легкое побурение, пятно легко стирается, от царской водки буровато-желтое, затем синее пятно, оставляющее после смывания серую поверхность. HNO<sub>3</sub>, поданным Коха, не действует, по Наффилду, вызывает быстрое посерение. HCl, KCN, FeCl<sub>3</sub> и HgCl<sub>2</sub> не действуют.

П. п. тр. легко плавится, дает белый и желтый налеты на угле. В откр. тр. легко плавится, выделяя пары SO<sub>2</sub> и образуя возгон Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

Нахожд. Наблюдается в Сэкэрымбе (б. Нагиат) в Румынии со сфалеритом, пинкениитом и доломитом.

Искусств. Получен из щелочного водного раствора в виде удлиненных кристаллов <sup>3</sup>.



Фиг. 337. Кристалл фюлѣппита (Сэкэрымб) По Коху

Межплоскостные расстояния фюлѣппита из Сэкэрымба <sup>2</sup>

№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	114; 312	10	3,86	15	3	2,12	
2	130; 114	1	3,74	16	1	2,03	
3	204; 131	1	3,67	17	3	1,975	
4	400	1	3,34	18	2	1,890	
5	313; 115	8	3,21	19	2	1,833	
6	133; 224	1	3,14	20	2	1,792	
7	025	5	2,91	21	2	1,735	
8	006	2	2,81	22	1	1,679	
9	404; 332; 315; 116	2	2,72	23	1	1,654	
10	240; 206; 241; 423	2	2,66	24	1	1,594	
11	225; 511; 510; 043	1	2,61	25	1	1,579	
12	206	1	2,50	26	1	1,537	
13		1	2,41	27	1	1,455	
14		2	2,18	28	1	1,289	

Л и т е р а т у р а

1. de Finaly J., Koch S. Min. Mag., 1929, 22, 179 (основная работа). См также: Koch S. Magyar Tudom. Akad., Mat., Term. Ertes, 1929, 46, 663; de Finaly J. Там же, 673.
2. Nuffield E. W. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 49.
3. Robinson S. C. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 52, 58; Econ. Geol., 1948, 43, No 4, 293.

ГРУППА СОЕДИНЕНИЙ ТИПА A<sub>m</sub>B<sub>n</sub>C<sub>p</sub>X<sub>q</sub>

В данной группе объединены сложные сульфиды с общей формулой A<sub>m</sub>B<sub>n</sub>C<sub>p</sub>X<sub>q</sub>, кристаллические структуры которых неизвестны. Минералы расположены в порядке возрастания отношения X : (A + B + C).

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в
Эпигенит	$\text{Cu}_8\text{Fe}_3\text{As}_2\text{S}_{10}?$	Ромб.	—	—	—	—	4,4
Самсонит	$\text{Ag}_4\text{MnSb}_2\text{S}_6$	Монокл.	10,31	8,07	6,62	$92^\circ 02'$	5,5
Ширмерит	$\text{Ag}_4\text{PbBi}_4\text{S}_9$	Ромб.	—	—	—	—	6,7
Ленгенбахит	$(\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{Pb}_6\text{As}_4\text{S}_{13}$	Монокл.	34,89	11,51	18,40	94 19	5,8
Франкеит	$\text{Pb}_5\text{Sn}_3\text{Sb}_2\text{S}_{14}$	Монокл.	46,94	11,64	17,31	94 48	5,9
Цилиндрит	$\text{Pb}_3\text{Sn}_4\text{Sb}_2\text{S}_{14}?$	?	—	—	—	—	5,4
Врбаит	$\text{TlAs}_2\text{SbS}_5$	Ромб.	13,38	23,37	11,25	—	5,3
Овихит	$\text{Ag}_2\text{Pb}_3\text{Sb}_6\text{S}_{15}$	Ромб.	22,82	27,20	8,19	—	6,4
Гутчинсонит	$\text{Ag}_2(\text{Pb}, \text{Tl})\text{As}_{10}\text{S}_{17}?$	Ромб.	10,80	35,35	8,16	—	4,6
Герстлиит	$(\text{Na}, \text{Li})_4\text{As}_2\text{Sb}_8\text{S}_{17} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	5,6	22—23	4,9	$97^\circ$	3,6

### Эпигенит Epigenite



Назван Зандбергером (1869) от греч. ἐπιγενής (эпигенес) — последующий, так как образовался позднее других минералов, совместно с которыми встречается. Первоначально был ошибочно описан как мышьяково-висмут-медная руда (Зандбергер, 1868) <sup>1</sup>.

Характ. выдел. Кристаллы, зернистые корочки.

Структ. и морф. крист. Ромб. с. Наблюдались формы:  $m(110)$ ,  $d(011)$  и  $(hol)$ ;  $mm(110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 69^\circ 40'$ .

По облику похож на арсенопирит.

Физ. Сп. не заметна. Изл. неровный. Тв. 3—4. Уд. в. 4,45. Цв. стально-серый или черный с синей побежалостью. Черта черная. Бл. металлический, слабый.

Микр. Оптически не изучен.

Хим. Формула неясна; состав требует уточнения. Теор. состав из формулы  $\text{Cu}_8\text{Fe}_3\text{As}_2\text{S}_{10}$ : Cu — 44,37; Fe — 14,61; As — 13,06; S — 27,96. Состав эпигенита из Нойглюка за вычетом 2,12% примеси виттихенита ( $\text{Cu}_3\text{BiS}_3$ ), (анал. Петерсен) <sup>2</sup>: Cu — 40,68; Fe — 14,23; As — 12,75; S — 32,34; сумма — 100,00.

Диagn. исп. Разлагается  $\text{HNO}_3$  с выделением S; получается зеленый раствор, который от аммиака синее, появляется буровато-красный осадок.

П. п. тр. на угле в окисл. пл. выделяет много  $\text{SO}_2$  и  $\text{As}_2\text{O}_3$ , образуется магнитный шлак с корольком Cu; с содой дает серебристо-белый корольок мышьяковистой меди в магнитном шлаке. В закр. тр. — налеты S и  $\text{As}_2\text{S}_3$ .

Нахожд. Найден в р-ке Нойглюк у Виттихена (ФРГ) в пустотах барита с виттихенитом, флюоритом и кальцитом.

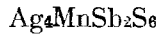
Современными методами не проверен.

### Л и т е р а т у р а

1. Sandberger F. N. Jb. Min., 1868, 415; 1869, 205.
2. Petersen T. Ann. Phys., 1869, 136, 502.



## Самсонит Samsonite



Назван по жиле Самсон в Андреасберге (Вернер и Фраад, 1910)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** В виде кристаллов и лучистых агрегатов.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^5$  —  $P2_1/n$ ;  $a_0 = 10,31$ ;  $b_0 = 8,07$ ;  $c_0 = 6,62 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 92^\circ 02'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,278 : 1 : 0,821$ ;  $Z = 2$  (Фрондел)<sup>2</sup>.

Призм. кл.;  $a : b : c = 1,2777 : 1 : 0,8192$ ;  $\beta = 92^\circ 42'$  (Кольбек, Гольдшмидт)<sup>3</sup>.

Формы:

	$\varphi$		$\rho$		$\varphi$		$\rho$	
<i>b</i>	010	0°00'	90°00'	<i>d</i>	101	90°00'	34°34'	
<i>a</i>	100	90 00	90 00	<i>e</i>	$\bar{1}01$	—90 00	30 44	
<i>q</i>	140	11 05	90 00	<i>g</i>	301	—90 00	61 58	
<i>s</i>	130	14 38	90 00	<i>h</i>	501	—90 00	72 27	
<i>n</i>	120	21 23	90 00	<i>p</i>	111	40 04	46 57	
<i>m</i>	110	38 05	90 00	$\pi$	$\bar{1}11$	—35 59	45 21	
<i>l</i>	210	57 27	90 00	<i>x</i>	$\bar{1}21$	—49 57	60 10	
<i>k</i>	012	6 31	22 25	$\delta$	$\bar{4}73$	—22 56	64 16	
<i>i</i>	011	3 17	39 22	<i>r</i>	212	59 16	38 43	
<i>f</i>	103	90 00	14 40					

*mm* (110) : ( $\bar{1}10$ ) = 76°10'

*nn* (120) : ( $\bar{1}20$ ) = 42 46

*de* (101) : ( $\bar{1}01$ ) = 65 18

*df* (101) : (103) = 19°54'

*dm* (101) : (110) = 69 31

*im* (011) : (110) = 58 37

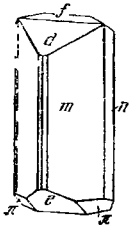
*pa* (111) : (100) = 61°56'

*pm* (111) : (110) = 43 05

$\pi m$  (111) : ( $\bar{1}10$ ) = 44 41

Кристаллы призматические (фиг. 338, 339), иногда игольчатые по оси *c* (до 3 см × 4 мм), с штриховкой по удлинению.

**Физ.** Сп. нет. Изл. раковистый. Хрупок. Тв. 2½. Уд. в. 5,51 (вычисл. 5,56). Цв. стально-черный. Черта темно-красная. Бл. металлический. Почти непрозрачен; в тонких осколках просвечивает темно-красным до бурого.



Фиг. 338.

Кристалл самсонита (Андреасберг)

По Славинку

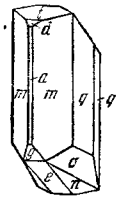
**Микр.** В проход. св. темно-красный до бурого. Плеохроизм слабый: параллельно вертикальной оси темнее, чем в перпендикулярном направлении. Угол погасания на (110) с осью *c* 28—30°.

В поляр. шл. в отраж. св. голубовато-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 32,5, оранжевых — 23,5, красных — 23. Слабо анизотропен. Внутренние рефлексы красные.

**Хим.** Теор. состав Ag — 46,79; Mn — 5,96; Sb — 26,40; S — 20,85. Состав самсонита из Андреасберга (содержит следы Pb, As, SiO<sub>2</sub>)<sup>1</sup>: Cu — 0,18; Ag — 45,95; Mn — 5,86; Fe — 0,22; Sb — 26,33; S — 20,55; CaCO<sub>3</sub> — 0,41; MgCO<sub>3</sub> — 0,46; сумма — 99,96.

**Диагн. исп.** Разлагается теплой HNO<sub>3</sub> с примесью винной кислоты. Травление в поляр. шл. не изучено.

П. п. тр. на угле плавится, сильно разбрызгиваясь, и дает слегка красноватый налет; при дальнейшем нагревании образуется белый королек Ag с небольшой примесью Sb. После прокаливания — реакция на Mn с бурой и фосфорной солью. В откр. тр. выделяются SO<sub>2</sub> и окислы сурьмы<sup>3</sup>. В закр. тр. легко плавится.



Фиг. 339.

Кристалл самсонита (Андреасберг)

По Славинку

**Наход.** Редкий гидротермальный минерал. Найден в значительных количествах в месторождении Андреасберг (Гарц, ФРГ) в кварцево-кальцитовой жиле с шпиргиритом, дискразитом, галенитом, блеклой рудой, халькопиритом, штернбергитом, пиролюзитом и др. В небольших количествах обнаружен в р-ке Силвер-Милер (Кобальт, Канада).

**Отлич.** Очень похож на шпиргирит, за который был принят первоначально; отличается от последнего большим содержанием Ag, присутствием Mn и обликом кристаллов.

Межплоскостные расстояния самсонита из Андреасберга  
(по Харкорту)

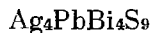
Си-антикатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	3	0,3	6,2	19	5	0,5	1,84
2	3	0,3	5,22	20	5	0,5	1,81
3	3	0,3	4,08	21	5	0,5	1,755
4	3	0,3	3,73	22	5	0,5	1,620
5	5	0,5	3,28	23	3	0,3	1,545
6	10	2,0	3,17	24	2	0,2	1,48
7	10	2,0	2,99	25	3	0,3	1,44
8	7	1,0	2,85	26	3	0,3	1,402
9	5	0,5	2,70	27	3	0,3	1,370
10	7	1,0	2,57	28	2	0,2	1,345
11	5	0,5	2,47	29	2	0,2	1,295
12	7	1,0	2,42	30	2	0,2	1,255
13	3	0,3	2,32	31	2	0,2	1,235
14	3	0,3	2,24	32	2	0,2	1,205
15	3	0,3	2,17	33	2	0,2	1,165
16	5	0,5	2,08	34	2	0,2	1,133
17	3	0,3	2,01	35	2	0,2	1,108
18	5	0,5	1,93	36	2	0,2	1,095
				37	2	0,2	1,082

Л и т е р а т у р а

1. Werner, Fraatz. *Syl. Min.*, 1910, 331.
2. Frondel C. *Am. Min.*, 1941, 26, No 1, 27.
3. Kolbeck F., Goldschmidt V. *Zs. Krist.*, 1912, 50, 455. Ближайшие данные: Palache. *C. Am. Min.*, 1934, 19, No 5, 200; Slavik F. *Rozpr. České Akad.*, 1911, 20, Tr. 2, № 20, 1.

Ширмерит Schirmerite



Назван по имени Д. Ширмера из Денвера (США) (Гент, 1874) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкозернистые агрегаты, отдельные удлиненные зерна.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.?

**Физ.** Сп. отсутствует. Изл. неровный. Хрупок. Тв. 2. Уд. в. 6,737. Цв. свинцово-серый до железно-черного. Бл. металлический. Непрозрачен.

Непроводник электричества.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый со слабым кремовым оттенком. Двуотражение в воздухе очень слабое, едва заметное даже на границе

зерен, в иммерсии более заметно. Слабо анизотропен. Внутренних рефлексов нет (Рамдор).

**Хим.** Теор. состав: Ag — 24,47; Pb — 11,75; Bi — 47,41; S — 16,37.

Анализы ширмерита из р-ка Трежери (анал. Гент)<sup>1</sup>:

	Ag	Fe	Zn	Pb	Bi	S	Сумма
1.	24,75	0,07	0,13	12,76	[47,27]	15,02	100,00
2.	22,82	0,03	0,08	12,69	46,91	14,41	96,94

1 — пересчет после вычитания 1,07 % кварца.

**Диagn.** исп. В полпр. пл. травится царской водкой (призриует и покрывается черным налетом); иногда буреет от HNO<sub>3</sub>.

**П. п. тр.** легко плавится, выделяя сернистые пары. Дает реакции на Bi, Pb, Ag.

**Наход.** Очень редкий. Встречен в нескольких месторождениях шт. Колорадо (США): в Трежери — в ассоциации с некоторыми теллуристыми минералами, в р-не Магнолия и в Лейк-Сити. Образцы из Трежери, как показало микроскопическое и рентгеновское изучение, совершенно однородны (Рамдор, 1955). Ширмерит из р-ка Ред-Клауд (шт. Колорадо, США) (Эндлих, 1874), по данным Гента, является смесью петцита с пиритом.

**Изм.** При выветривании на периферии зерен ширмерита появляется тонкозернистое вещество, состоящее из церуссита и вторичных висмутых минералов.

**Отл.** От матильдита отличается очень слабым двуотражением и анизотропией, а также отсутствием сложных двойников. От очень сходного бенжаминита отличается отсутствием ясной спайности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Genth F. A. Am. Phil. Soc., 1874, 14, 230.

### Ленгенбахит *Lengenbachite*



Назван по местонахождению в Ленгенбахе (Соли)<sup>1</sup>.

**Синон.** Нентшит (*jentschite*) (Кёхлин, 1904)<sup>2</sup>.

**Характ. выдел.** В кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с. Простр. гр. не установлена.  $a_0 = 34,89$ ;  $b_0 = 11,514$ ;  $c_0 = 18,40$  Å;  $\beta = 94^\circ 19'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 3,0302 : 1 : 1,5980$ ;  $Z = 12$  (Нафилд)<sup>3</sup>.

Кристаллы листоватые, пластинчатые, иногда волокнистые. На больших плоских гранях видна штриховка по оси удлинения.

**Физ.** Сп. параллельно пластинчатости совершенная; на пл. спайности видны следы трещинок двух других направлений спайности: параллельно и поперек удлинению. Гибок, но не эластичен. Слегка ковок. Мягкий (чертит бумагу). Уд. в. 5,80—5,85. Цв. стально-серый, иногда с радужной побежалостью. Черта черная, буровато-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полпр. пл.<sup>4</sup> в отраж. св. белый. Отраж. спос. невысокая: по Фоллинсби, 36,7%. Очень слабо анизотропен. При скрещенных николях видны двойниковые пластинки.

**Хим.** Теор. состав (при Ag : Cu = 7 : 5): Cu — 2,48; Ag — 5,88; Pb — 58,14; As — 14,04; S — 19,49. Состав ленгенбахита из Ленгенбаха<sup>5</sup>: Cu — 2,36; Fe — 0,17; Ag — 5,64; Pb — 57,89; As — 13,46; Sb — 0,77; S — 19,33; сумма — 99,62.

**Наход.** Редкий, гидротермальный. Найден в Ленгенбахе (Бинненталь, Швейцария) на плотных выделениях иорданита; сопровождается пиритом.

## Л и т е р а т у р а

1. Solly R. H. Nature, 1904, 71, 118; Min. Mag., 1905, 14, 78.
2. Kocchlin R. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 1904, 23, 551.
3. Nuffield E. W. Trans. R. Soc. Canada, 1944, 38, 59.
4. Guisca D. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1930, 10, 154.
5. Hutchinson A. Min. Mag., 1906, 14, 204.

Франкент *Francseite*

Назван по имени горных инженеров К. и Э. Фрапке (Штельцнер, 1893)<sup>1</sup>.  
Сивон-Лепидоламрит (Брайтхаупт, по Френцелю); чешуйчатый блеск (Брайтхаупт, по Френцелю, 1901); ликтерия—обозначение рудопроков Боливии.

**Характ. выдел.** Встречается в виде пластинчатых кристаллов и сплошных выделений; в последних различимы мелкие незакономерные прорастания таблитчатых кристаллов.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $a_0=46,94$ ;  $b_0=11,64$ ;  $c_0=17,31$  Å;  $\beta=94^\circ 48'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 4,031 : 1 : 1,487$ ;  $Z = 16$  (Наффлд)<sup>2</sup>.

На рентгенограмме вращения вокруг [010] намечается псевдопериод  $b' = \frac{b_0}{2} = 5,82$  Å; вайсенбергограммы показывают псевдоячейку  $a' = \frac{a_0}{8} = 5,86$  п  $c' = c$ , откуда  $a' : b' : c' = 1,008 : 1 : 2,974$ .

Ввиду отсутствия в работах Наффлда соответствующих указаний, увязать рентгеновские данные с морфологическими данными Альфельда, Химеля и Клебера<sup>3</sup> не удается. Последними на основе измерений несовершенных кристаллов минерал считался ромбическим, псевдотетрагональным.

$a : b : c = 1,051 : 1 : 1,808$  (Альфельд и др.)<sup>3</sup>.

Формы<sup>3</sup>:

	φ	ρ		φ	ρ
<i>c</i> 001	—	0°00'	<i>f</i> 011	0°00'	61°03'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	<i>y</i> 121	00 0	74 33
<i>a</i> 100	90 00	90 00	<i>i</i> 105	90 00	19 00
<i>M</i> 110	43 35	90 00	<i>d</i> 101	90 00	59 50
<i>N</i> 210	62 17	90 00	<i>R</i> 223	43 35	59 00
<i>D</i> 015	0 00	19 53	<i>o</i> 111	43 35	68 10
<i>S</i> 014	0 00	24 19			

Составители справочника Дана (1944) изменили установку Альфельда и др., переместив оси *b* и *c*.

Кристаллы тонкопластинчатые по (001), удлиненные по оси *b* (в установке Альфельда и др.).

На *c*(001) частая штриховка ||оси *b*, более грубая ||оси *a*. Кристаллы из Смирновского месторождения (Забайкалье)<sup>3а</sup> обычно скручены и изогнуты. Дв. обычны (закон не установлен).

**Физ. Сп.** по (001) весьма совершенная. Слегка ковок. Тв. 1—2. Гибок, но не эластичен. Уд. в. 5,88—5,92 (вычисл. 5,87). Цв. и черта серовато-черные. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. (в%): для зеленых лучей 37,5, для оранжевых — 32,5 для красных — 31. Двухотражение слабое, ясно наблюдается только в агрегатах зерен, усиливается в иммерсии. Отчетливо анизотропен с цветным эффектом от слегка желтоватого до голубовато-зеленоватого.

При скрещенных николях<sup>3а</sup> наблюдается сложное внутреннее строение

пластинок, по-видимому, вследствие их деформации. В округло изогнутых пластинках отмечаются веерообразно расходящиеся клиновидные двойники. В пачках слабо изогнутых и смещенных по (001) пластинчатых кристаллов наблюдается очень сложное строение, обусловленное развитием нескольких систем двойников. Характерно наличие системы сложных двойников сжатия, примерно перпендикулярных или косо ориентированных по отношению к плоскости (001).

Полируется очень различно, в зависимости от сечения, лучше всего — в плоскости  $\perp$  (001).

Хим. Теор. состав: Pb — 49,78; Sn — 17,10; Sb — 11,65; S — 21,47. Fe и Zn связаны с механическими примесями; содержит до 0,97% Ag (анализ 2), иногда Ge (~0,1%) (анализ 2) и In (анализ 4).

Анализы:

	1	2	3	4	5
Cu	—	—	—	—	0,90
Ag	—	0,97	0,88	—	—
Fe	2,48	2,69	2,55	3,42	Не обн.
Zn	1,22	0,57	0,79	—	Не обн.
In	—	—	—	0,14	—
Sn	12,34	17,05	16,08	15,88	23,75
Pb	50,57	46,23	46,11	49,25	46,20
S	21,04	21,12	21,14	20,90	19,16
Sb	10,51	11,56	10,98	10,62	9,45
Жильные минералы	0,71	—	0,72	—	—
Сумма	98,87	100,19	99,25	100,21	(99,46)

1 — Чокая; с примесью сфалерита и пирита; анал. Винклер<sup>1</sup>; 2 — Тринакрия; анал. Прайор<sup>2</sup>; 3 — р-к Порвеннр, р-н Уацунн; с примесью пирита и сфалерита; анал. Брендлер<sup>3</sup>; 4 — Смирновское м-ние; с примесью пирротина; анал. Нестерова<sup>4</sup>; 5 — Средн. Азия; анал. Касьянова<sup>5</sup> (в оригинале сумма — 99,25).

Диагн. исп. Горячей HNO<sub>3</sub> легко разлагается с выделением белого порошка окислов Sb и Sn. При растворении в HCl (с нагреванием) выделяет H<sub>2</sub>S; в HCl растворяется медленно, с выделением S.

В полдир. пл. от HNO<sub>3</sub> образуется пестрый, нестирающийся налет. Внутреннее строение выявляется при травлении в парах царской водки или при длительном травлении (в течение 4—5 мин.) HCl, а также CrO<sub>3</sub> + HCl (10—15 сек.).

П. и. тр. на угле дает желтый налет PbO, белый налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и иногда незначительный налет ZnO. С содой дает королек Pb и красновато-коричневый шлак. В откр. тр. выделяет SO<sub>2</sub> и Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в виде белого дыма.

Нахожд. Относится к числу гидротермальных минералов, характерных только для месторождений малых и средних глубин.

На территории СССР франкеит впервые встречен в свинцово-цинковых рудах Смирновского месторождения в Читинской обл.<sup>6</sup>, где относится к числу второстепенных минералов; преобладает в поздних ассоциациях, для которых характерны разнообразные сложные сульфиды; сопровождается буланжеритом, джемсонитом, геокронитом, галенитом и касситеритом; кроме этих минералов, для франкеитсодержащих разностей руд Смирновского месторождения характерны шприт и разнообразные карбонаты. Обнаружен также в Средн. Азии в ассоциации с тиллитом, касситеритом, станнином, а также галенитом и сфалеритом; образует тесные сростания с тиллитом. Совместно с буланжеритом встречается в агрегатах пирротина и марматита в оловорудных месторождениях Чат-Карагай и Курган в Таласском Ала-

тау<sup>8</sup>. Сравнительно широко распространен в оловорудных близповерхностных месторождениях Боливии, где местами является главным минералом: в больших количествах известен в р-не Уануни, в ассоциации с цилиндритом, буланжеритом, вюртцитом, арсенинитом, сфалеритом, пиритом и сидеритом (Порвенир, Мария Франсиско); в месторождениях р-на Поопо — с вюртцитом, касситеритом, цилиндритом, галенитом, пиритом и джемсонитом (Тринакриа, Монсеррат). Является главным рудным минералом оловянных руд бассейна р. Кол (Канада)<sup>9</sup>.

Изм. В Смирновском месторождении франкент в значительной части превращен в галенито-буланжерито-касситеритовые тонкозернистые агрегаты. По-видимому, разложение франкента происходило еще в процессе рудоотложения в результате изменения парциального давления O и S в рудообразующих растворах, что характерно и для других сложных оловосодержащих сульфидов<sup>10</sup> (см. тиллит). В зоне окисления по франкенту развиваются касситерит, англезит, церуссит и окислы сурьмы.

Отл. Очень похож на тиллит, но имеет несколько более темную окраску. Под микр. в отраж. св. также темнее тиллита и менее сильно анизотропен. По сравнению с другими пластинчатыми рудными минералами обладает очень слабым двуотражением<sup>6</sup>.

Межплоскостные расстояния франкента  
из Смирновского м-ния<sup>6</sup>

Fe-антикатод,  $D=57,9$  мм

№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{\bar{n}}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{\bar{n}}$
1	2	4,27	6	1	2,27
2	2	3,81	7	4	2,09
3	6	3,47	8	2	1,925
4	2	3,16	9	2	1,835
5	10	2,97	10	4	1,449

Л и т е р а т у р а

1. Stelzner A. N. Jb. Min., 1893, 2, 114.
2. Nuffield E. W. Am. Min., 1948, 33, No 3, 203; Bull. Geol. Soc. Am., 1947, 58 No 12, p. 2, 1214.
3. Ahlfeld F., Himmel H., Kleber W. Cbl. Min., 1935, A, Nr 10, 292.
- За. Полякова О. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 18, 46.
4. Prior G. Min. Mag., 1904, 14, No 63, 24.
5. Ahlfeld F., Moritz H. N. Jb. Min., 1933, B.-V. 66A, 205.
6. Полякова О. П. Тр. Мин. музея АН СССР, 1957, вып. 8, 103.
7. Мацокина-Ворониц Т. М. Зап. Узб. отд. Всес. мин. о-ва, 1954, 6, 117.
8. Бродин Б. В. Зап. Всес. мин. о-ва, 1959, 88, № 2, 144.
9. Evans A. M. Canadian Mineralogist, 1957, 6, p. 1, 119.
10. Бетехтин А. Г. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 311.

Ц и л и н д р и т *Cylindrite*



Назван в соответствии с цилиндрической формой выделений (Френцель, 1893).  
Синон. Килиндрит (*kyindrite*).

**Характ. выдел.** Цилиндрические и концентрически-скорлуповатые агрегаты, распадающиеся при растирании в ступке на мелколистовато-трубчатые образования; частью — неясно радиально-лучистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Сингония неизвестна.

**Физ. Сп. нет.** Тв. 2—2½. Уд. в. 5,42—5,49. Цв. черно-свинцово-серый. Черта черная. Бл. металлический, сильный. Неупрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 44, для оранжевых — 38,5, для красных — 35; по данным измерений с фотоэлементом — 33% (Фоллинсби). Двухотражение очень слабое, светлее окрашен вдоль удлинения, нежели перпендикулярно к нему. Анизотропен. Погасание, по-видимому, прямое.

Поперечные разрезы при скрещенных николях дают картину «прямого креста», характерную для сферолитов.

**Хим.** Формула недостоверна<sup>1</sup>. Теор. состав: Pb — 30,59; Sn — 23,36; Sb — 23,96; S — 22,09. Содержит до 3% Fe, что, возможно, связано с наличием включений пирита или станнина. Состав требует уточнения. По данным спектрального анализа, содержит Cu, Au, Ge при отсутствии Zn<sup>1</sup>.

Состав цилиндрита из Поопо — среднее из двух анализов Прайора<sup>2</sup>: Ag — 0,39; Fe — 2,79; Sn — 25,38; Pb — 34,61; S — 23,85; Sb — 12,64; сумма — 99,66.

**Диагн. исп.** Медленно растворяется в горячей HCl, а также в горячей HNO<sub>3</sub> с выделением S и окислов Sn и Sb.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> становится слегка коричневым, пятно нацело стирается. От царской водки сразу становится коричневым, пятно стирается. От KOH делается коричневатым. От паров HCl образуется незначительный коричневатый налет. KCN, FeCl<sub>3</sub> не действуют.

**П. и. тр.** на угле легко сплавляется в шарик и дает налет PbO и SnO<sub>2</sub>. С содой в восст. пл. дает королек Pb и красно-бурый шлак, содержащий Na<sub>2</sub>S, в откр. тр. — серпистые пары.

**Нахожд.** Очень редок. До последнего времени наблюдался лишь в низкотемпературных гидротермальных серебряно-оловянных месторождениях Боливии (р-ны Поопо, Уануни и др.)<sup>3</sup> в тесной ассоциации с франкеитом, джемсонитом, станнином, сфалеритом, пиритом и вторичным касситеритом.

В СССР впервые найден в рудах Смирновского оловянно-свинцово-цинкового месторождения (Читинская обл.)<sup>4</sup>, где ассоциируется с геокронитом, буланжеритом, джемсонитом, пиритом, галенитом, касситеритом, кварцем и карбонатами; представлен хорошо образованными цилиндриками высотой от долей миллиметра до 1,5—2,0 см и до 0,5—0,8 см в поперечном сечении. В значительной степени изменен<sup>5</sup>.

Единичные указания на находки цилиндрита в других оловянных месторождениях требуют уточнения.

**Изм.** Замещается касситеритом, буланжеритом, галенитом, марказитом, церусситом и др.; в Смирновском месторождении наблюдаются касситерито-сульфидные псевдоморфозы по цилиндриту, сохранившие цилиндрическую форму<sup>4,5</sup>.

**Искусств.** Цилиндрические образования отмечались в сплавах Sn—Sb — As, но цилиндрит, как таковой, не синтезировался.

**Отл.** Благодаря очень характерной форме выделений легко отличим от других сложных оловосодержащих сульфидов.

Межплоскостные расстояния цилиндрита из Боливии  
(по Харкорту)

Cu-анткатод, Ni-фильтр

№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	I	I'	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	2	0,2	3,45	5	6	1,0	1,81
2	2	0,2	3,45	6	3	0,3	1,455
3	10	4,0	2,89	7	2	0,2	1,290
4	6	1,0	2,03				

## Л и т е р а т у р а

1. Moritz H. N. Jb. Min., 1933, В.-В. 66А, 191.
2. Prior G. Min. Mag., 1904, 14, 25.
3. Ahlfeld F., Moritz H. N. Jb. Min., 1933, В.-В. 66 А, 179.
4. Полякова О. П. Тр. Мин. музея АН СССР, 1957, вып. 8, 103.
5. Полякова О. П. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 18, 46.

## Врбаит Vrbaitе



Назван по имени чешского минералога К. Врба (Ежек, 1912) <sup>1</sup>.  
Синон. Урбаит (urbaite, Дана, 1944).

Характ. выдел. В мелких кристаллах.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{18}$  — *Стса*;  $a_0 = 13,38$ ;  $b_0 = 23,37$ ;  
 $c_0 = 11,25 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,5725 : 1 : 0,4815$ ;  $Z = 21$  (Фрондел) <sup>2</sup>.  
Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,5659 : 1 : 0,4836$  (Ежек).  
Формы:

	φ	ρ	φ <sub>1</sub>	ρ <sub>1</sub>	φ <sub>2</sub>	ρ <sub>2</sub>
<i>c</i> 001	—	0°00'	90°00'	90°00'	0°00'	90°00'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	0 00	90 00	—	0 00
<i>a</i> 100	90 00	90 00	—	0 00	90 00	90 00
<i>f</i> 035	0 00	16 11	73 49	90 00	0 00	73 49
<i>e</i> 021	0 00	44 03	45 57	90 00	0 00	45 57
<i>d</i> 041	0 00	62 40	27 20	90 00	0 00	27 20
<i>q</i> 112	60 30	26 09	76 24	67 27	23 08	77 28
<i>p</i> 111	60 30	44 29	64 11	52 25	40 31	69 49
<i>o</i> 331	60 30	71 15	34 35	34 30	68 42	62 12
<i>r</i> 131	30 30	59 17	34 35	64 08	40 31	42 12

$$pa (111) : (100) = 52^\circ 25'$$

$$pb (111) : (010) = 69 49$$

$$pp (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 40 22$$

$$pp (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 88 58$$

$$qa (112) : (100) = 67^\circ 27'$$

$$qb (112) : (010) = 77 28$$

$$qq (112) : (\bar{1}\bar{1}\bar{2}) = 45 07$$

$$qq (112) : (\bar{1}\bar{1}\bar{2}) = 52 18$$

$$oa (331) : (100) = 34^\circ 30'$$

$$ob (331) : (010) = 62 12$$

$$oo (331) : (\bar{3}\bar{3}\bar{1}) = 55 35$$

$$oo (331) : (\bar{3}\bar{3}\bar{1}) = 37 30$$

Кристаллы большей частью таблитчатые по (010), в различной степени уплощенные (фиг. 340), реже дипирамидальные (фиг. 341).

Физ. Сп. по (010) ясная. Изл. неровный до раковистого. Хрупок. Тв. 3½. Уд. в. 5,302. Цв. серо-черный с синеватым или красноватым оттенком. Черта светло-красная с желтоватым оттенком. Бл. полуметаллический до металлического, частью жирный; в осколках темно-красное просвечивание.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. синевато-белый. Характерны красные внутренние рефлекссы.

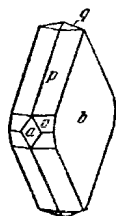
Хим. Теор. состав: TI — 32,16; As — 23,65; Sb — 18,92; S — 25,27. Состав минерала из Аллхара<sup>3</sup>: TI — 29,52; As — 24,06; Sb — 18,34; S — 25,20; Fe — 1,85; сумма — 98,97. Содержание Fe, по-видимому, связано с наличием механической примеси.



**Диагн. исп.** Растворяется (с выделением S) в теплой конц.  $H_2SO_4$ , в конц.  $HNO_3$  и в царской водке; щелочами разлагается частично. В HCl не растворяется.

В полир. шл. от царской водки быстро вскипает и чернеет; от KOH образуется блестящий налет, после стирания которого остается серое пятно.  $HNO_3$ , KCN, HCl и  $FeCl_3$  не действуют.

П. п. тр. очень легко плавится, окрашивая пламя в зеленый цвет (Ti) и распространяя чесночный запах. На угле дает белый, легко летучий



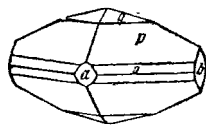
Фиг. 340.  
Кристалл  
врбаита  
(Алльхар)  
(По Ежену)

налет, с KCN и содой—королек сурьмы. В закр. тр. образуется возгон (белые и красные кольца), который постепенно чернеет, а по охлаждении снова становится красным.

**Нахожд.** Найден в тесной ассоциации с реальгаром и аурипигментом в сурьмяно-мышьяковом месторождении Алльхар (около Салоник, Греция).

**Искусств.** В системе  $Tl_2S - As_2S_3$  получено соединение  $TlAs_3S_5$ .

**Отл.** От сходного прустита отлича-



Фиг. 341.  
Кристалл  
врбаита  
(Алльхар)  
(По Ежену)

ется цветом черты (более желтоватая) и качественными реакциями.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ježek B. Zs. Krist., 1912, 51, 365.
2. Frondel C. Am. Min., 1941, 26, No 1, 25.
3. Křehlik F. Zs. Krist., 1912, 51, 379.
4. Canneri G., Fernandes L. Atti Accad. Naz. Lincei, Roma, 1925, 1. 671.

### Овихит Owyheeite



Назван по местности — графству Овихи (Оуайхи) в шт. Айдахо (Шепон, 1921)<sup>1</sup>. Сион. Серебряный джемсонит (Бёртон, 1868)<sup>2</sup>. Домингит (Грот, 1889) и варренит (Икинс, 1890) частично идентичны овихиту, частично являются смесями джемсонита с цинкениом (Робинсон)<sup>3</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкозернистый, неясноволокнистый; волосовидные агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{16} - Pnam$ ;  $a_0 = 22,82$ ;  $b_0 = 27,20$ ;  $c_0 = 8,19 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,8390 : 1 : 0,3011$ ;  $Z = 8$ . У псевдоячейки  $c_0 = 4,095 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Робинсон)<sup>3</sup>.

Ромбо-дипирамид. кл.

Игольчатые кристаллы удлинены вдоль оси  $c$ , на гранях штриховка по удлинению.

**Физ.** Сп. совершенная по (001). Очень хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,23—6,27; во многих определениях занижен из-за наличия мельчайших включений других минералов (вычисл. 6,43). Цв. светло-стально-серый, желтоватая побелость; в свежем изломе серебристо-белый. Черта на бумаге серая (как у твердого графита), на фарфоре — красновато-коричневая. Бл. металлический до алмазного. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. серо-белый с незначительным серо-зеленым или оливковым оттенком. Двухотражение заметное. Сильно анизотропен. Внутренних рефлексов нет.

**Хим.** Теор. состав: Ag — 8,80; Pb — 42,18; Sb — 29,41; S — 19,61. Частично Ag замещается Cu.

## Анализы:

	Cu	Ag	Fe	Pb	S	Sb	Сумма
1.	0,75	7,40	0,46	40,77	20,81	30,61	100,80
2.	1,55	6,14	0,05	43,86	19,06	29,26	99,92

1 — р-к Пурмен<sup>1</sup>; 2 — р-к Шеба<sup>2</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в горячей конц. HCl.

В полир. пл. травится лишь HNO<sub>3</sub>; от паров HCl и от KOH через 2—3 мин. покрывается налетом<sup>2</sup>.

П. п. тр. на угле легко плавится, образуются налеты окислов Pb и Sb; в восст. пл. с содой — королек Pb. В откр. тр. выделяет пары SO<sub>2</sub>, образуется белый налет Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; в закр. тр. легко плавится с образованием белого, желтого и красного налетов и черной корки Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

**Нахожд.** Очень редок. Встречается в кварцевых рудных жилах с галенитом, сфалеритом, тетраэдритом и пираргиритом. В р-ке Пурмен (графство Оуайхи в шт. Айдахо, США) образовался в последние моменты кристаллизации кварца и после него. В р-ке Бэнер (шт. Айдахо) установлен в ассоциации с пираргиритом, блеклой рудой, галенитом, сфалеритом, арсенопиритом, халькопиритом, мларгиритом и джемсонитом (?). В р-ке Шервуд на о-ве Ванкувер (Канада)<sup>4</sup> образует волосовидные выделения на кварце. Наблюдался также в р-ке Шеба (шт. Невада, США).

**Отл.** В полир. пл. определяется с трудом. Для точной диагностики необходимо применение различных методов.

Межплоскостные расстояния овихвита из р-на Бэнер<sup>3</sup>

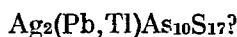
## Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	hkl <sub>i</sub>	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	260	0,5	4,19	19		0,5	2,39
2	011	0,5	4,05	20	1		2,33
3	450; 360	2	3,92	21	2		2,28
4	211; 600	1	3,82	22	5		2,23
5	221; 131	2	3,69	23	3		2,13
6	311	1	3,57	24	1		2,10
7	550; 321	7	3,49	25	6		2,05
8	180	4	3,37	26	2		2,01
9	280	10	3,25	27	1		1,945
10	251	1	3,14	28	2		1,864
11	161; 351	2	3,01	29	3		1,768
12	660; 531	5	2,90	30	3		1,732
13	810; 451	6	2,84	31	1		1,681
14		0,5	2,75	32		0,5	1,626
15		0,5	2,69	33		1	1,503
16		1	2,61	34		1	1,467
17		0,5	2,55	35		0,5	1,451
18		0,5	2,45	36		1	1,360

## Л и т е р а т у р а

1. Shannon E. V. U. S. Nat. Mus., Proc., 1920, 58, 601; Am. Min., 1921, 6, No 5, 82.
2. Burton B. S. Am. J. Sci., 1868, 45, 36.
3. Robinson S. C. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 398.
4. Thompson R. M. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 451.

Гутчинсонит Hutchinsonite



Назван по имени английского минералога А. Хатчинсона (Гутчинсона) (Соли, 1904) <sup>1</sup>.

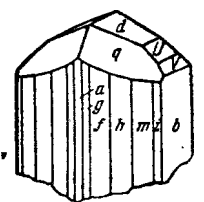
Синон. Хатчинсонит.

Характ. выдел. Мелкие кристаллы.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{15}-Pbca$ ;  $a_0 = 10,80$ ;  $b_0 = 35,35$ ;  $c_0 = 8,16 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,3055 : 1 : 0,2308$ ;  $Z = 4$  (Нафилд) <sup>2</sup>.

Ромбо-дипирамид. кл.:  $a : b : c = 0,6119 : 1 : 0,4619$  (Дана, 1944 — на основе измерений Смита и Прайора).

Формы <sup>3,4</sup>:



Фиг. 342. Кристалл гутчинсонита (Ленгенбах) По Дана

	Ф	ρ		Ф	ρ
<i>a</i>	100	90°00'	<i>U</i>	012	0°00'
<i>b</i>	010	0 00	<i>d</i>	011	0 00
<i>η</i>	150	18 06	<i>u</i>	021	0 00
<i>μ</i>	250	33 10	<i>v</i>	031	0 00
<i>F</i>	120	39 15	<i>w</i>	041	0 00
<i>l</i>	470	43 02	<i>Q</i>	131	28 35
<i>φ</i>	350	44 26	<i>o</i>	121	39 15
<i>k</i>	230	47 27	<i>q</i>	232	47 27
<i>i</i>	450	52 35	<i>p</i>	111	58 32
<i>m</i>	110	58 32	<i>N</i>	221	58 32
<i>h</i>	430	65 21	<i>t</i>	432	65 21
<i>f</i>	210	72 59	<i>r</i>	212	72 59
<i>L</i>	310	78 28	<i>n</i>	211	72 59
<i>g</i>	410	81 18	<i>s</i>	412	81 18

<i>mm</i> (110) : (110) = 62°56'	<i>dd</i> (011) : (011) = 49°36'	<i>pb</i> (111) : (010) = 69°46'
<i>gg</i> (410) : (410) = 17 24	<i>pa</i> (111) : (100) = 55 35	<i>qb</i> (232) : (010) = 61 03
<i>ii</i> (450) : (450) = 74 50	<i>qa</i> (232) : (100) = 58 11	<i>ob</i> (121) : (010) = 53 36
<i>φφ</i> (350) : (350) = 91 08	<i>oa</i> (121) : (100) = 61 00	<i>Qb</i> (131) : (010) = 42 07
<i>ηη</i> (150) : (150) = 36 12	<i>Qa</i> (131) : (100) = 66 10	<i>pp</i> (111) : (111) = 40 28

Второстепенные и редкие формы:

001	370	340	610	032	061	141	252
380	890	320	102	073	332	132	472
490	350	520	034	051	285	254	414

Рентгеновская установка Нафилда отличается от установки Дана (1944) вдвое большим *b*. В установке Дана переставлены *a* и *b* прежних морфологических установок Соли (0,8175 : 1 : 0,7549) и Смита и Прайора (1,6343 : 1 : 0,7549). Формулы перехода к установке Дана, 1944 (Д.): от установки Нафилда (Н.) 100/0<sup>1</sup>/<sub>2</sub>0/001, от установки Соли (С.) 010/200/001, от установки Смита и Прайора (С.-П.) 010/100/001. Соотношения индексов некоторых форм:

Д.	010	100	011	021	210	110	111	211
Н.	010	100	021	041	110	120	121	221
С.	100	010	102	101	140	120	122	142
С.-П.	100	010	101	201	120	110	111	121

Кристаллы призматические (фиг. 342) и игольчатые, иногда собраны в радиальные пучки. На кристаллах из Ленгенбаха преобладает форма (410). Кристаллы из Вислоха сплющены по (010), реже — по (100), с развитами (150) и (450), а также призматические, псевдотетрагонального облика с преобладающей формой (350).

Физ. Сп. по (010) хорошая. Изл. раковистый. Хрупок. Тв.  $1\frac{1}{2}$ —2. Уд. в. 4,6. Цв. и черта от ярко-красных до темных вишнево-красных. Бл. алмазный. В тонких осколках просвечивает красным.

Микр. В пл. в прох. св. слабый плеохроизм. Двусный (—). Пл. опт. осей (010).  $N_g = c$ ,  $N_m = b$ ,  $N_p = a^3$ .

Линия	$n_g$	$n_m$	$n_p$	$n_g - n_p$	$2V$	Дисперсия
C	3,073	3,063	2,779	0,294	19°44	$r < v$
D	3,188	3,176	3,078	0,110	37 34	Очень сильная

В полир. пл. отраж. спос. меньше, чем у других сложных сульфидов. Двухотражение сильное, от синевато-фиолетово-белого до синевато-белого с зеленым оттенком. Сильно анизотропен с цветным эффектом от нежно-бирюзово-синего через буровато-оливковый к красно-фиолетовому. Внутренние рефлексы карминово-красные.

Хим. Анализы произведены из малых навесок. Состав требует уточнения.

	Cu	Ag	Fe	Tl	Pb	As	Sb	S	Сумма
1.	—	9	—	25	12,5	30,5	—	26	103
2.	3	2	0,5	18	16	29,5	2	26,5	97,5

1 и 2 — Ленгенбах; анал. Смит и Прайор<sup>3</sup>: 1—навеска 0,0124 г, прозрачный темно-красный кристалл, черта блестящая ярко-красная (с небольшой примесью вещества, дающего черную или шоколадно-бурю черту); 2—навеска 0,0664 г, темно-красные иголки, черта темная вишнево-красная; содержит небольшую примесь пирита.

Диагн. исп. Разлагается хлором на холоду с образованием летучих (As, S) и нелетучих (Ag, Pb, Tl) хлоридов.

Наход. Очень редкий гидротермальный минерал. Найден в Ленгенбахе (Бинненталь, Швейцария) в белом доломите с другими сложными сульфидами, сфалеритом, ширитом, реалгаром и аурипигментом. Частью призм гутчинсонита нарастают в параллельном положении на призмы сарторита или ратита; мелкие кристаллы гутчинсонита покрывают некоторые выделения смитита. Выполняет трещинки в баумгауерите. Найден также в крупнозернистом известняке в Вислохе (ФРГ) в ассоциации с кальцитом, аурипигментом, сфалеритом, галенитом; мельчайшие кристаллики (до 1  $\mu$ ) гутчинсонита образуют включения в кальците.

Изм. Замещается галенитом, сфалеритом и сложным сульфидом, содержащим Pb<sup>4</sup>.

Отл. По цвету и оптическим свойствам похож на смитит (у смитита больше  $2V$  и немного больше  $n$ ). В отраж. св. от сходных минералов отличается низкой отражательной способностью, анизотропией и отчетливыми внутренними рефлексами.

Межплоскостные расстояния гутчинсонита из Ленгенбаха<sup>2</sup>

## Си-антикатод

№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	0,5	5,85	17	0,5	2,31	33	0,5	1,584
2	2	5,39	18	3	2,22	34	0,5	1,545
3	5	4,43	19	0,5	2,15	35	0,5	1,513
4	7	3,77	20	0,5	2,09	36	0,5	1,493
		3,68	21	0,5	2,03	37	3	1,471
5	0,5	3,59	22	0,5	1,984	38	0,5	1,439
6	0,5	3,39	23	0,5	1,959	39	0,5	1,421
7	0,5	3,21	24	3	1,901	40	0,5	1,384
8	2	3,19	25	2	1,840	41	0,5	1,366
9	6	3,04	26	0,5	1,812	42	0,5	1,346
10	0,5	2,98	27	2	1,770	43	0,5	1,361
11	1	2,87	28	2	1,747	44	0,5	1,305
12	10	2,73	29	0,5	1,711	45	0,5	1,283
13	10	2,68	30	0,5	1,676	46	0,5	1,046
14	0,5	2,62	31	0,5	1,637	47	0,5	1,031
15	0,5	2,51	32	0,5	1,616			
16	3	2,38						

## Л и т е р а т у р а

1. Solly R. H. *Cambr. Phil. Soc. Proc.*, 1904, 12, 277; *Min. Mag.*, 1905, 14, 72.
2. Nuffield E. W. *Univ. Toronto Stud., Geol. Ser.*, 1947, No 51, 79.
3. Smith G. F., Prior G. *Min. Mag.*, 1907, 14, No 67, 283.
4. Seeliger E. N. *Jb. Min., Abhandl.*, 1954, 86, Nr 2, 163 (формы даны в установке Нафилда).

## Герстлиит Gerstleyite



Назван по имени американского промышленника Д. Герстли (Фрондел и Морган, 1956)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкие сферолиты, тонкозернистые агрегаты и скопления мелких табличек.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.?  $a_0 = 5,6$ ;  $b_0 = 22-23$ ,  $c_0 = 4,9 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 97 \pm 3^\circ$ .

Кристаллики толстотабличчатые, изогнутые, образуют субпараллельные и веерообразные сростания.

**Физ. Сп.** по (100) и (010) совершенная, по (001) неясная. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 3,62. Цв. красный, как у киновари, до очень темно-красного. Черта красноватая (цвета киновари), на воздухе темнеет. Бл. слабый алмазный. В мелких зернах слегка просвечивает (крово-красный, оранжево-красный).

**Микр.** Слабый плеохроизм: по *Ng* и *Nm* темный крово-красный, по *Np* лососево-красный. Двуосный.  $n > 2,01$ ;  $2V$ , по-видимому, большой.

**Хим. Теор. состав** (при Na : Li = 9,8 : 1): Na — 4,48; Li — 0,14; As — 8,04; Sb — 52,28; S — 29,26; H<sub>2</sub>O — 5,80 Состав герстлиита из р-ка Бэйкер (анал. Морган) за вычетом ~8% жильных минералов: Na — 4,65; Li — 0,15; As — 8,02; Sb — 51,91; S — 29,33; H<sub>2</sub>O — 5,94; сумма — 100,00.

**Диагн. исп.** Растворяется в разбавленных растворах щелочей, под действием разбавленной HCl выделяются H<sub>2</sub>S и желтый осадок. Легко плавится.

**Нахожд.** Наблюдался в р-ке Бэйкер (шт. Калифорния, США) в виде сферолитов в глине, а также в виде включений в плотных массах буры и в кристалле кернита. Сопровождается пробертитом, реальгаром, тинкалкониом и антимонитом.

**Искусств.** Известны синтетические сложные сульфиды типа Na<sub>2</sub>Sb<sub>4</sub>S<sub>7</sub>·2H<sub>2</sub>O; Li<sub>2</sub>Sb<sub>4</sub>S<sub>7</sub>·3H<sub>2</sub>O; NaAs<sub>3</sub>S<sub>5</sub>·4H<sub>2</sub>O и др. (Гмелин-Краут, 1950).

## Л и т е р а т у р а

1. Frondel C., Morgan V. Am. Min., 1956, 41, No 11—12, 839.

НЕДОСТАТОЧНО ИЗУЧЕННЫЕ И СОМНИТЕЛЬНЫЕ СУЛЬФИДЫ  
СЛОЖНОГО СОСТАВА

		Сингония	Уд. в.
Аллхарит	?	Ромб	?
Беегерит	Pb <sub>6</sub> Bi <sub>2</sub> S <sub>9</sub> ?	Куб. ?	7,27
Бенжаминит	?	Монокл.	?
Бертонит	Cu <sub>7</sub> Pb <sub>2</sub> Sb <sub>5</sub> S <sub>13</sub>	?	5,49
Боливиян	Ag <sub>2</sub> Sb <sub>12</sub> S <sub>19</sub> ?	Ромб.	4,82
Бурсаит	Pb <sub>5</sub> Bi <sub>14</sub> S <sub>11</sub>	Монокл.	?
Висмутовый джемсонит	?	?	?
Дервиллит	?	Монокл.	?
Догначкаит	Cu <sub>2</sub> Bi <sub>4</sub> S <sub>7</sub> ?	?	6,79
Дюрфельдит	Pb (Ag, Cu, Fe) MnSb <sub>2</sub> S <sub>6</sub> ?	?	5,40
Канницарит	Pb <sub>8</sub> Bi <sub>1</sub> S <sub>11</sub> ?	Монокл.	~6,7
Кокинерит	Cu <sub>4</sub> AgS	?	6,14
Маррит	?	Монокл.	?
Минерал Q	?	Монокл.	?
Минерал типа рецбаниита	Pb <sub>4</sub> (Bi, Sb) <sub>10</sub> S <sub>19</sub> ?	?	?
Питанкит	2 (Ag, Pb, Cu)S·Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ?	?	5,8
Пломбоманганит	?	?	4,01
Реворедит	?	?	?
Сангвинит	?	Гексаг. ?	?
Соллиит	Pb <sub>3</sub> As <sub>4</sub> S <sub>9</sub>	Гексаг. ?	5,45
Сульфоантимонид серебра и свинца	Ag <sub>2</sub> Pb <sub>7</sub> Sb <sub>8</sub> S <sub>20</sub>	?	?
Тинит	(Pb, Ag, Zn) <sub>20</sub> Bi <sub>2</sub> S <sub>23</sub>	?	?
Эйхбергит	(Cu, Fe) Sb <sub>3</sub> Bi <sub>5</sub> S <sub>5</sub>	?	5,36

Аллхарит — allcharite (Ежек, 1912)<sup>1</sup>. Состав неизвестен. Внешне по цвету, блеску и развитию кристаллов очень сходен с антимонитом. Наблюдался совместно с реальгаром, аурипигментом и вртаитом в месторождении Аллхар (Греция) всего в количестве трех кристаллов.

Ромб. с.;  $a : b : c = 0,9284 : 1 : 0,6080$ .

Формы:

	φ	ρ		φ	ρ
b 010	0° 00'	90° 00'	u 011	0° 00'	31° 18'
m 110	47 08	90 00	z 101	90 00	33 13
n 210	65 06	90 00	p 111	47 08	41 47
$mm(110):(1\bar{1}0)=94°16'$ $pp(111):(1\bar{1}1)=53°55'$ $pp(111):(1\bar{1}1)=58°28'$					

## Л и т е р а т у р а

1. Ježek B. Zs. Krist., 1912, 51, 275.

**Беегерит — beegerite (Кёниг, 1881).  $Pb_6Bi_2S_9$ ?**

Назван по имени Г. Беегера, металлурга из Денвера (Кёниг, 1881) <sup>1</sup>.

Плотные или тонкозернистые массы, реже мелкие кристаллы.

Куб. с. ? Анизотропия беегерита говорит о его возможной принадлежности к одной из более низких сингоний.

Облик кристаллов тетраэдрический; встречаются комбинации двух тетраэдров, равномерно развитых<sup>2</sup>, иногда искаженные кубические кристаллы<sup>1</sup>.

Сп. по (100) совершенная. Хрупок. Тв. ~ 2; Уд. в. 7,27. Цв. свинцово-серый до темно-серого (в сплошных массах более светлый, чем в кристаллах). Черта черная. Бл. металлический. Неупруг. Непрозрачен.

В полир. шл. в отраж. св. минерал из Колорадо белый с очень слабым кремевым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 40, для оранжевых — 36, для красных — 37,5. Двуотражение очень слабое. Сильно анизотропен с цветным эффектом (синий, фиолетовый, коричневый). Иногда наблюдаются пластинчатые двойники.

Теор. состав: Pb — 63,74; Bi — 21,45; S — 14,81. Содержит некоторое количество Cu и Ag, иногда Fe, следы Se, As. Некоторые анализы<sup>3</sup> минерала из Колорадо показали значительное содержание Ag (9,98 и 15,40%), но, по-видимому, анализированный материал был нечистым.

Анализы:

	Ag	Pb	Bi	As	S	Se	Сумма	Уд. в.
1.	0,02	63,43	22,15	Сл.	14,28	Сл.	99,88	7,271
2.	—	64,59	20,59	—	15,71	—	100,89	7,273

1 — р-к Юлия; кристаллы; анал. Солодовникова<sup>2</sup>; 2 — Болтик-Лоуд<sup>3</sup>.

Разлагается HCl с выделением H<sub>2</sub>S (в тонком порошке при нагревании).

В полир. шл. травится HNO<sub>3</sub> (без вскипания).

П. п. тр. легко плавится с образованием темно-желтого налета. Со смесью KJ + S кирпично-красный налет BiJ<sub>3</sub>. В откр. тр. выделяет SO<sub>2</sub>, в закр. тр. растрескивается и плавится при т-ре красного каления.

В контактово-метасоматическом месторождении Юлия в Кемеровской обл. встречен в виде вкрашленников и плотных зернистых агрегатов в мраморе и гранато-везувияновой породе; в Болтик-Лоуд и Трежер-Вольт (шт. Колорадо, США) — в гидротермальных жилах в ассоциации с халькопиритом, пиритом, галенитом, сфалеритом, а также кварцем, баритом.

Природа и однородность минерала требуют выяснения. Возможно, что под названием «беегерит» описаны разные минералы, так как наблюдавшаяся Рамдором сильная анизотропия беегерита не согласуется с указаниями Солодовниковой и Кёнига на кубический (тетраэдрический) облик кристаллов. Порошкограмма беегерита из р-ка Юлия показывает наличие двух фаз: галенита и другого минерала, межплоскостные расстояния которого не отвечают такому-либо известному сульфиду Pb или Bi. Порошкограмма беегерита (?) из Колорадо, по Харкорту, отвечает порошкограмме матильдита; по Штрунцу, беегерит является смесью матильдита и шпирмерита.

*Л и т е р а т у р а*

1. Koenig G. A. Am. Chem. J., 1881, 2, 379.
2. Солодовникова Л. Л. Изв. АН СССР, 1927, 279.
3. Lovering T. S. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 1935, No 178, 53.

Бенжаминит — benjaminite. Под названием бенжаминита Шенон<sup>1</sup> описал сложный сульфид Bi, Pb, Cu и Ag из кварцевой жилы р-ка Аутлау (близ Раунд-Маунтин, шт. Невада, США). Материал Шенона, однако, представлял смесь двух минералов<sup>2</sup>: преобладающего айкинита и ближе не определенного серебродержащего минерала; для последнего Наффилд предложил сохранить название бенжаминит. Из-за отсутствия материала минерал не изучен. Монокл. с.  $a_0 = 13,34$ ;  $b_0 = 4,06$ ;  $c_0 = 20,25$  Å;  $\beta = 104^\circ$ .

Межплоскостные расстояния бенжаминита Наффилда<sup>2</sup>

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D = 57,3$  мм

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	7	3,47	7	6	2,00	13	1	1,453
2	1	3,48	8	1	1,943	14	1	1,410
3	1	2,95	9	1	1,845	15	2	1,322
4	10	2,82	10	3	1,752	16	2	1,271
5	1	2,18	11	1	1,705	17	1	1,157
6	1	2,07	12	2	1,633			

Л и т е р а т у р а

1. Shannon E. V. U. S. Nat. Mus. Proc., 1924, 65, No 24,1.
2. Nuffield E. W. Am. Min., 1953, 38, No 5—6, 550.

Бертонит — berthouite (Бутгенбах, 1923)<sup>1</sup>. Образует мелкозернистые агрегаты. Спайность отсутствует. Тв.  $4\frac{1}{2}$ . Уд. в. 5,49. Цв. свинцово-серый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен. В полир. пл. серый, анизотропен. Хим. состав: Cu — 23,68; Pb — 21,83; Sb — 32,45; S — [22, 17]. Данные анализа отвечают формуле  $Cu_7Pb_2Sb_5S_{13}$ . Найден с галенитом в прожилках рудника Слата в Тунисе.

По Томпсону<sup>2</sup>, бертонит идентичен бурнониту, однако порошкограмма бертонита по мнению Михеева, отличается от порошкограммы бурнонита.

Межплоскостные расстояния бертонита по Вальдо<sup>3</sup>

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10	3,10	8	4	1,769
2	4	2,73	9	4	1,635
3	4	2,54	10	4	1,551
4	6	2,33	11	2	1,172
5	6	2,13	12	2	1,060
6	8	1,950	13	2	1,022
7	8	1,906			

Л и т е р а т у р а

1. Buttgenbach H. Ann. Soc. Géol. Belg., 1923, 46, 212.
2. Thompson R. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 51, 81.
3. Waldo A. W. Am. Min., 1935, 20, No 8, 575.



Боливиан — bolivian (Брайтхаупт, 1866)<sup>1</sup>? Боливианит — (Дана, 1892) bolivianite, (Ag<sub>2</sub>Sb<sub>12</sub>Si<sub>19</sub>); Ромб. с. Удлиненные призматические кристаллики, собранные в пучки. Сп. отчетливая по (010). Тв. 2½. Уд. в. 4,820—4,828. Цв. стально-серый (немного темнее, чем у антимонита). Бл. полуметаллический. Содержит до 8,5% Ag. Качественно определено наличие Sb и S. Наблюдался в Боливии.

*Л и т е р а т у р а*

1. B r e i t h a u p t A. Berg. u. Hütt. Ztg., 1866, 25, 188.

Бурсаит — bursaite (Вийкерслот, 1955)<sup>1</sup>. Pb<sub>5</sub>Bi<sub>4</sub>Si<sub>11</sub>. Монокл. с., псевдоромбический. Кристаллы удлинены по оси с. Формы: (001), (100), (010). На (100) и (010) вертикальная штриховка. Сп. по (100) и (010). Цв. серебристо-серый. Бл. металлический. В полир. шл. сходен с галенитом; отличается наличием двойников.

Наблюдался совместно со сфалеритом и халькопиритом в вольфрамовом месторождении Улудаг в Турции.

*Л и т е р а т у р а*

1. W i j k e r s l o o t h P. Symposium de Géol. Appliquée, Ankara 14—17.XI 1955 (по реферату в Bull. Soc. fr. Min., 1956, 79, 157)

Висмутовый джемсонит — bismuth-jamesonite (Сахарова, 1955)<sup>1</sup>. Состав, по данным анализа: Cu — 0,30; Fe — 1,39; Pb — 32,25; Sb — 16,50; Bi — 30,50; S — 17,62; н. о. — 1,59; сумма 100,15. Порошкограмма отвечает порошкограмме джемсонита, но состав не отвечает хотя бы приблизительно формуле последнего. Содержит мельчайшие включения сурьмы. Цв. свинцово-серый.

В полир. шл. белый. Двуотражение и красноватые внутренние рефлексы заметны только в иммерсии. Сильно анизотропен. Отраж. спос. 34%.

Наблюдался в ассоциации с реальгаром и киноварью в полостях кварцевых и карбонатных рудных жил Устарасая (Узб. ССР).

*Л и т е р а т у р а*

1. С а х а р о в а М. С. Тр. Мин. муз. АН СССР, 1955, № 7, 112.

Дервиллит — devillite (Вейль, 1941)<sup>1</sup>. Состав неизвестен. Монокл. с.  $a : b : c = 1,0691 : 1 : 1,4853$ . Мелкие кристаллы с восемью формами. Сп. по одному направлению. Тв. небольшая. Очень хрупок. Цв. буровато-черный. Черта черная. Бл. металлический. Содержит Sb, Pb, немного S и, по-видимому, Bi. Не анализировался. Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

Найден в пустотах самородного мышьяка с лаутитом в р-ке Габеготес около Сент-Мари-о-Мин (Эльзас, Франция).

По указанию автора, отличается от лаутита и других минералов по рошкограмме.

*Л и т е р а т у р а*

1. W e i l R. Rév. sci. nat. Auvergne, Clermont-Ferrand, 1941, 7, 110 (по рефератам Bull. Soc. fr. Min., 1950, 73, No 7—9, 473 и Min. Mag., 1949, 28, No 203, 353).

Догначкаит — *dognacskaite* (Креннер, 1884)<sup>1</sup>.  $\text{Cu}_2\text{Bi}_4\text{S}_7$ ? Цв. серый с буроватой побежалостью. Сп. весьма совершенная по одному направлению. Уд. в. 6,79.

Теор. состав: Cu — 10,70; Bi — 70,40; S — 18,90. Анализы догначкаита из месторождения Догнэча<sup>1,2</sup>:

Cu	Bi	S	Сумма	Уд. в.
10,04	71,88	17,91	99,83	6,79
12,28	71,79	15,75	99,82	—

Найден в месторождении Догнэча (Догначка) в Румынии в сопровождении самородного золота, пирита, халькозина и висмутовой охры.

Шорт<sup>3</sup> считает догначкаит смесью висмутина с халькозином и другими сульфидами меди.

#### Л и т е р а т у р а

1. Krenner J. *Földt. Közl.*, 1884, 14, 564; *Zs. Krist.*, 1886, 11, 265.
2. Neugebauer F. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, 1905, 24, 323.
3. Short M. N. *U. S. Geol. Surv. Bull.*, 1931, No 825, 104.

Дюрфельдит — *dürfeldtite* (Раймонди, 1878)<sup>1</sup>.  $\text{Pb}(\text{Ag}, \text{Cu}, \text{Fe})\text{MnSb}_2\text{S}_6$ ?. Возможно, представляет механическую смесь. Волокнистые выделения в пустотах кварца. Тв. 2—3. Уд. в. 5,40. Цв. светло-серый. Бл. слабый металлический. Хим. состав (за вычетом кварца): Pb — 25,84; Ag — 7,34; Cu — 1,86; Fe — 2,24; Mn — 8,08; Sb — 30,52; S — 24,15; сумма — 100. В  $\text{HNO}_3$  разлагается с выделением  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  и  $\text{PbSO}_4$ . П. п. тр. легко сплавляется в магнитный шарик, с бурой — реакция на Mn.

Найден в р-ке Ирисмачай в Перу.

#### Л и т е р а т у р а

1. Raimondi A. *Minéraux du Pérou*, Paris, 1878, 125.

Канницарит — *cannizzarite* (Замбонини, деФиоре, Короби, 1925)<sup>1</sup>.  $\text{Pb}_3\text{Bi}_2\text{S}_{11}$ ? Изученный Вольфе «канницарит» с о-ва Вулкано оказался галенобисмутитом<sup>2</sup>. Снова обнаружен и изучен Грэхэмом, Томпсоном и Бери<sup>3</sup>.

Образует мельчайшие тонкие удлиненные таблички со штриховкой вдоль удлинения.

Монокл. с. Рентгенограммы фиксируют две решетки: А)  $C_{2h}^1 - P2/m$ ;  $a_0 = 4,13$ ;  $b_0 = 4,10$ ;  $c_0 = 15,5 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 99^\circ 00'$  и В)  $C_{2h}^3 - C2/m$ ;  $a_0 = 7,07$ ;  $b_0 = 4,10$ ;  $c_0 = 15,5 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 99^\circ 00'$ .

Удлинение по оси  $b$ . Цв. серебристо-серый. Уд. в. 6,7<sup>3</sup>. Очень хрупок. Анализировался лишь в смеси с висмутином и галенобисмутитом<sup>2</sup>; указываемые Замбонини и другими исследователями физические свойства, видимо, относятся к смеси этих минералов.

Наблюдался в тесной ассоциации с висмутином и галенобисмутитом среди вулканических возгонов на о-ве Вулкано (Липарские о-ва, Италия).

Получен искусственно в смеси с висмутином<sup>3</sup>.

Межплоскостные расстояния каншицарита с о-ва Вулкано<sup>3</sup>Cu-антикатод,  $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ 

№	hkl		I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl		I	$\frac{d_\alpha}{n}$
	A	B				A	B		
1	002	002	1	7,38	16	$\bar{1}22$ ; 121	313	3	1,791
2	003	003	2	5,13	17	122	222	1	1,734
3	$\bar{1}02$ ; 004; 101	004	10	3,82	18	025	025	2	1,684
4	—	110; $\bar{2}01$	3	3,49	19	—	—	1	1,618
5	102	111; $\bar{2}02$	3	3,38	20	—	—	1	1,573
6	—	$\bar{1}12$ ; 201	1	3,29	21	—	—	1	1,526
7	$\bar{1}04$	$\bar{1}13$ ; 202	6	3,01	22	—	—	1	1,488
8	$\bar{1}11$ ; 110	—	5	2,87	23	—	—	1	1,441
9	$\bar{1}12$ ; 111	—	2	2,76	24	—	—	1	1,384
10	—	$\bar{1}14$ ; 203	6	2,68	25	—	—	1	1,326
11	006	006	2	2,54	26	—	—	1	1,295
12	—	$\bar{1}15$	1	2,39	27	—	—	1	1,274
13	$\bar{1}15$	115	5	2,22	28	—	—	1	1,232
14	$\bar{2}01$ ; $\bar{2}02$ ; 200	$\bar{3}12$ ; $\bar{3}11$	5	2,03	29	—	—	1	1,201
15	008	008; 312	4	1,910	30	—	—	2	1,172

## Л и т е р а т у р а

- Zambonini F., de Fiore O., Carrobbi G. Rend. Accad. Sci. Fis. Mat. Napoli, 1925, ser. 3, 31, 28.
- Wolfe C. W. Am. Min., 1938, 23, No 1, 790; Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1943, No 48, 9.
- Graham A. R., Thompson R. M., Berry L. G. Am. Min., 1953, 38, No 5—6, 536.

Кокинерит — cocinерite (Хок, 1919).  $\text{Cu}_4\text{AgS}$ . Плотный, похож на сплав. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,14. Цв. серебристо-белый с черной побежалостью. Черта свинцово-серая. Бл. металлический. Теор. состав: Cu — 64,50; Ag — 27,37; S — 8,13. Состав кокинерита из р-ка Кокинера: Cu — 60,58; Fe — 1,55; Ag — 27,54; S — 9,65; сумма — 99,32. Найден в небольшом количестве в зоне окисления в р-ке Кокинера (Сан-Луис-Потоси, Мексика) в ассоциации с окислами Cu, самородными медью и серебром и с карбонатами.

## Л и т е р а т у р а

- Hough G. J. Am. J. Sci. (4), 1919, 48, 206.

Маррит — marrite (Соли, 1905)<sup>1</sup>. Состав неизвестен (сложный сульфид?). Мелкие кристаллы. Монокл. с., призмат. кл.;  $a : b : c = 0,5763 : 1 : 0,4739$ ;  $\beta = 91^\circ 15'$ .

Преобладающие формы<sup>1,2</sup>:

	$\varphi^*$	$\rho^*$		$\varphi^*$	$\rho^*$		
c	001	90°00'	1°15'	ι	031	0°53'	54°45'
b	010	0 00	90 00	e	201	90 00	59 02
a	100	90 00	90 00	E	$\bar{2}01$	-90 00	58 22
k	120	40 57	90 00	d	101	90 00	40 10
m	110	60 03	90 00	h	$\bar{1}01$	-90 00	38 41
K	210	73 56	90 00	p	111	60 42	44 05
ε	011	2 38	25 23	P	$\bar{1}11$	-59 23	42 56
ξ	021	1 19	43 29	w	211	74 08	60 01

\*  $\varphi$  и  $\rho$  вычислены на основе данных Соли, буквы приведены по Дана (1944);  $\varphi$  и  $\rho$ , указанные у Дана, не отвечают измерениям Соли.

$ea$ (201) : (100) = 30°58'	$eb$ (011) : (010) = 64°39'	$pa$ (111) : (100) = 52°42'
$da$ (101) : (100) = 49 50	$ib$ (031) : (010) = 35 08	$pc$ (111) : (001) = 42, 59
$Ea$ (201) : (100) = 31 38	$wa$ (211) : (100) = 33 27	$Pb$ (111) : (010) = 70 06
$ea$ (011) : (100) = 88 53	$wc$ (211) : (001) = 58 48	$Pb$ (111) : (010) = 69 42

Менее развитые формы:

$f$ 170	$j$ 130	$I$ 720	$\delta$ 023	$\lambda$ 041	$t$ 131	$v$ 312	$Y$ $\bar{2}31$
$g$ 160	$l$ 230	$a$ 015	$\eta$ 073	$N$ $\bar{1}12$	$x$ 271	$T$ $\bar{1}31$	$R$ $\bar{2}12$
$h$ 150	$L$ 320	$\beta$ 013	$\theta$ 083	$O$ $\bar{2}23$	$s$ 121	$S$ $\bar{1}21$	$W$ $\bar{2}11$
$i$ 140	$J$ 310	$\gamma$ 012	$\kappa$ 072	$u$ 151	$r$ 212	$Q$ $\bar{2}33$	

Кристаллы мелкие (2—3 мм), изометрические (псевдокубические) или таблитчатые по (010). Зона призм с вертикальной штриховкой.

Сп. нет. Изл. раковистый. Тв. 3. Уд. в. неизвестен. Цв. свинцово-серый до стально-серого; наблюдается красная, желтая и синяя побежалость. Черта черная с буроватым оттенком. Бл. сильный металлический. Непрозрачен. Анализа не произведено.

Найден в количестве 15 кристалликов на ленгенбахите и пирите в штуфе белого доломита из Ленгенбаха (Швейцария).

#### Л и т е р а т у р а

1. Solly R. H. Min. Mag., 1905, 14, 76; 1906, 14, 188.
2. V a d e r H. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1934, 14, 401.

Минерал Q — *mineral Q* — предположительно сложный сульфид<sup>1</sup>. При спектральном анализе обнаружены Fe, Cu, Sb, Pb, Ag (в порядке уменьшения их количества). Монокл. с.  $C_{2h}^1$  —  $P2/m?$ ;  $a_0 = 19,06$ ,  $b_0 = 4,11$ ,  $c_0 = 17,26\text{Å}$ ;  $\beta = 95^\circ 50'$ . Удлинение по оси  $b$ . Игольчатый, серый.

Наблюдался в небольшом количестве в тесной ассоциации с джемсонитом, в пирито-арсенопиритовых рудах в Йеллоунайфе (Канада).

На порошкограмме очень сильная линия отвечает  $d = 3,33$ , сильные линии — 3,65 и 2,79, средние — 3,12, 2,05 и 1,881, слабые 2,89, 2,23, 1,797 и 1,712, очень слабые 3,00 и 2,62.

#### Л и т е р а т у р а

1. Coleman L. C. Am. Min., 1953, 38, No 5—6, 506.

Минерал типа рецбаниита (Сахарова, 1955)<sup>1</sup>.  $Pb_4(Bi, Sb)_{10}S_{19}?$  Сплошные выделения. Сингония не определена. Светло-серый. В отраж. св. белый, резко анизотропный с заметным двуотражением. Отраж. спос. близка к таковой устарасита. Содержит мельчайшие включения самородного висмута.

Формула недостоверна. Теор. состав (при Bi : Sb = 6 : 1): Pb — 24,35; Bi — 52,64; Sb — 5,11; S — 17,90. Согласно спектральному анализу содержит Ag. Состав минерала с примесью самородного висмута и лимонита (анал. Сендерова): Fe — 0,50; Pb — 22,80; Bi — 55,50; Sb — 4,56; S — 16,30, н. о. 0,55; сумма — 100,21.

Травится  $FeCl_3$ ,  $HNO_3$  (1 : 1),  $HCl$ (1 : 1); от  $HgCl_2$  — призирующая пленка.

Наблюдался в небольшом количестве в кварцевых жилах Устарасая (Узб. ССР) совместно с висмутином, устараситом, самородным висмутом и др.

## Межплоскостные расстояния минерала типа ребанита

Fe-излучение, Mn-фильтр,  $D=57,9$  мм

№	<i>l</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	3	3,872	8	6	2,290	15	10	1,721	22	4	1,310
2	10	3,505	9	8	2,244	16	2	1,699	23	4	1,249
3	9	3,382	10	8	2,124	17	2	1,552	24	4	1,187
4	4	3,053	11	7	2,025	18	4	1,479	25	1	1,163
5	5	2,772	12	10	1,938	19	4	1,431	26	6	1,139
6	5	2,696	13	1	1,884	20	2	1,386			
7	8	2,504	14	1	1,852	21	2	1,348			

## Л и т е р а т у р а

1. Сахарова М. С. Тр. Мин. музея АН СССР, 1955, вып. 7, 112.

Питанкит—*pitankite*.  $2(\text{Ag}, \text{Pb}, \text{Cu})\text{S} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3?$  Беловато-серый. Тв. 3—3 $\frac{1}{2}$ . Уд. в. 5,8. Не описан. Упоминается в оглавлении к «Курсу описательной минералогии» А. К. Болдырева (1926, вып. 1, 259).

Плюмбоманганит—*plumbomanganite* из неизвестного месторождения. Сомнительный сульфид Mn и Pb. Стально-серый. Уд. в. 4,01. Состав: Mn—49,00; Pb—30,68; S—20,73 (Hannay J. V. Min. Mag., 1877, 1, 151).

Реворедит — *revoredite* (Амстут, Рамдор и де-Лас-Касес, 1957)<sup>1</sup>. Сложный сульфид As и Pb.

Почковидные корки, сталактиты, также порошковатый. Рентгено-аморфный. Изл. раковистый. Очень мягкий. Цв. серебристо-серый, карминовый до оранжевого. Порошок буро-красный. Почти непрозрачен, в очень тонких чешуйках просвечивает желтым или красноватым цветом.

В полир. шл. в отраж. св. изотропен. Отраж. способность сходна с таковой галенита.

Неполные анализы:

Tl	Pb	S	As
0,5	8,7	34,9	52,1
1,0	2,7	34,7	51,9

В результате нагревания чернеет и плавится.

Наблюдался на глубоких горизонтах р-ка Серро-де-Паско (Перу). Сходный минерал обнаружен в р-ке Кирувилка (Перу).

## Л и т е р а т у р а

1. Amstutz G. C., Ramdohr P., de Las Cases F. Bol. Soc. Geol. Peru, Lima, 1957, 32, 25 (по рефератам в Bull. Soc. fr. Min., 1958, 81, 238 и в Am. Min., 1958, 43, No 7—8, 794); Milton Ch., Ingram B. Am. Min., 1959, 44, No 9—10, 1070.

Сангвинит — *sanguinite* (Майерс, 1890)<sup>1</sup>. По качественным реакциям — сульфид As и Ag. Мелкие чешуйки, изогнутые и скрученные. Гексаг. или триг. с. Красный (несколько темнее прустита), в очень тонких чешуйках — желто-красный. Изл. раковистый. Черта красно-коричневая. Опт. одноосный. Наблюдался с пруститом на аргентите в Чаньярсилло (Чили).

## Л и т е р а т у р а

1. Miers H. A. Min. Mag., 1890, 9, 182.

Соллит — sollyite. (Соли, 1919; Гагарин и Куомо, 1949)<sup>1,2</sup>.  $PbAs_4S_8$ . Игольчатые или волокнистые кристаллы. Измерена только зона призм. По углам близок к дюфренуазиту и гутчинсониту, а по хим. составу соответствует ратиту. Сп. в одном направлении. Уд. в. 5,453. Цв. свинцово-серый. Черта поволоковая.

Теор. состав: Pb — 51,36; As — 24,79; S — 23,85. Состав соллита из Бинненталя: Pb — 51,41; Ag — 0,76; Cu — 0,10; Tl — 0,23; Fe — 0,21; As — 23,37; Sb — 0,74, S — 23,22, н.о. 0,24; сумма — 99,98. Разлагается в HCl.

Найден в Биннентале (Швейцария) с зелигманнитом в пустотах доломита. Иногда покрывает в виде корочек выделения баумгауерита; частью пронизан мелкими кристаллами зелигманнита.

#### Л и т е р а т у р а

1. Solly R. H. Min. Mag., 1919, 18, No 86, 360.
2. Gagarin G., Cuomo J. R. Comun. Inst. Nacion. Invest. Cienc. Natur., Mus. Argentino Cienc., Nat., Cienc. geol., 1949, No 5, 7.

Сульфoантимонид серебра и свинца (Бэнди, 1946)<sup>1</sup>.  $Ag_2Pb_7Sb_8S_{20}$ . Похож на антимонит. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. В полир. пл. наблюдается двуотражение, погасание под углом  $45^\circ$  к длине волокон.

Хим. состав (анал. Кёртис): Ag — 6,23; Fe — 0,50; Zn — 2,05; Pb — 42,70; Sb — 28,50; S — 19,90; сумма — 99,88. Теор. состав: Pb — 44,20; Ag — 6,58; Sb — 29,68; S — 19,54. Близок к овихииту.

Найден с галенитом и блеклыми рудами в свинцовом месторождении Колкечака (Боливия).

#### Л и т е р а т у р а

1. Bandy M. C. Mineria Boliviana, 1946, 3, No 29, 11 (по реферату в Min. Mag., 1947, 28, No 199, 147).

Тинит — tinyte (Росети, 1950)<sup>1</sup>.  $(Pb, Ag, Zn)_{20}Bi_2S_{23}$ . Призматические кристаллы или чаще плотные массы. Цв. светло-серый. Тв. 3—4. Химический состав (за вычетом примеси граната): Pb — 73,81; Ag — 1,16; Zn — 1,26; Bi — 8,52; S — 15,25; сумма — 100,00.

Образует рассеянные выделения в граните из Ориды в Сардинии (Италия).

#### Л и т е р а т у р а

1. Rossetti V. Rec. Assoc. Min. Sarda, 1950, 55, 5 (по реферату в Period. Min., Roma, 1951, 20, 332).

Эйхбергит — eichbergite (Гросшич, 1911)<sup>1</sup>.  $(Cu, Fe)Sb_3Bi_3S_5$ . Найден на одном штуфе в смеси с кварцем. Плотный, железно-черный. Изл. раковистый. Тв. > 6, Уд. в. 5,36.

Состав: Cu — 3,62; Fe — 1,45; Bi — 51,53; Sb — 30,00; S — 12,74; сумма — 99,34.

Найден в магнезите Эйхберга близ Земмеринга (Австрия) с антимонитом, блеклой рудой, доломитом, пиритом, тальком, галенитом, румпфитом и др.

#### Л и т е р а т у р а

1. Grosspietsch O. Zbl. Min., 1911, 433.

Юнгит — youngite. Сомнительный сульфид Zn, Pb, Fe и Mn из неизвестного месторождения и из Балларата (Австралия). По-видимому, является смесью различных сульфидов (Hannay J. B. Min. Mag., 1877, 1, 151; 1878, 2, 88).

## С Е Л Е Н И Д Ы

<i>Структура типа флюорита</i>	
<i>группа берцелианита</i>	
берцелианит	$Cu_{2-3}Se$
[умангит]	$Cu_3Se_2$
<i>Структура типа эвкайрита</i>	
<i>группа эвкайрита</i>	
эвкайрит	$AgCuSe$
<i>Структура типа галита</i>	
<i>группа клаусталита</i>	
клаусталит	$PbSe$
<i>Структура типа сфалерита</i>	
<i>группа тиманнита</i>	
тиманнит	$HgSe$
штиллит	$ZnSe$
<i>Структура типа вюртцита</i>	
<i>группа кадмоселита:</i>	
кадмоселит	$CdSe$
<i>Структура типа никелина</i>	
<i>группа фребольдита:</i>	
фребольдит	$CoSe$
<i>Структура типа ковеллина</i>	
<i>группа клокманнита</i>	
клокманнит	$CuSe$
<i>Структура типа шпинели</i>	
<i>группа борнхардтита</i>	
борнхардтит	$Co_3Se_4$
[тиррелит]	$(Cu, Co, Ni)_3Se_4?$
<i>Структура типа тетрадимита</i>	
<i>группа парагуанахуатита</i>	
парагуанахуатит	$Bi_2(Se, S)_3$
[лайтакарнит]	$Bi_8(Se, S)_7?$
<i>Структура типа антимонита</i>	
<i>группа гуанахуатита</i>	
гуанахуатит	$Bi_2(Se, S)_3$
<i>группа виттита</i>	
виттит	$Bi_6Pb_5(Se, S)_{14}$
<i>Структура типа пирита</i>	
<i>группа блокита</i>	
троггалит	$CoSe_2$
блокит	$(Ni, Cu)Se_2$
<i>Структура типа марказита</i>	
<i>группа ферроселита</i>	
ферроселит	$FeSe_2$
хастит	$CoSe_2$

Структура не выяснена

крукесит	(Cu, Tl, Ag) <sub>2</sub> Se
науманнит	Ag <sub>2</sub> Se
агвиларит	Ag <sub>4</sub> SeS

Недостаточно изученные и сомнительные селениды

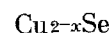
ашавалит	FeSe?
эскеборнит	CuFe <sub>3</sub> Se <sub>4</sub> ?
платинит	PbBi <sub>2</sub> (S, Se) <sub>3</sub> ?
селенокобеллит	Pb <sub>2</sub> (Bi, Sb) <sub>2</sub> (S, Se) <sub>5</sub> ?

### СТРУКТУРА ТИПА ФЛЮОРИТА

#### ГРУППА БЕРЦЕЛИАНИТА

		СИНГОНИЯ	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Берцелианит [Умангит]	Cu <sub>2-x</sub> Se	Куб.	5,74	—	—	6,9
	Cu <sub>3</sub> Se <sub>2</sub>	Ромб.	4,28	6,40	12,46	6,7

### Берцелианит Berzelianite



Впервые описан в 1818 г. Берцелиусом, назван его именем (Дана, 1850).

Синон. Селенпстая медь, селенокуприт (Берцелиус, 1818), берцелин (Ведан, 1832).

**Характ. выдел.** Плотные выделения, вкрапленники и дендритовидные корочки, порошковатые массы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^3 - Fd\bar{3}m$ ;  $a_0 = 5,740 \text{ \AA}$  (Эрли)<sup>1</sup>. Структура сходна со структурой флюорита.

**Физ.** Сп. нет. Тв. 2. Уд. в. 6,65—7,7 (при  $x = 0,15$  вычисл. уд. вес 6,96). Цв. в свежем изломе серебристо-белый с голубым оттенком, быстро тускнеет до черного. Черта блестящая. Бл. в свежем изломе металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серовато-голубовато-белый, быстро тускнеет и синее. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 29, для оранжевых — 25, для красных — 18,5; в потемневших шлифах отраж. спос. снижается. Изотропен.

**Хим.** Теор. состав для Cu<sub>2-x</sub>Se при  $x = 0$ : Cu — 64,62; Se — 38,38; в природном  $x \sim 0,15-0,20$ . Обнаруженные в некоторых анализированных образцах Ag и Tl входят в состав примесей эвкайрита и крукесита.

Анализы берцелианита из р-ка Скрикерум (анал. Норденшельд<sup>2</sup>):

	Cu	Ag	Fe	Tl	Se	Сумма
1.	53,14	4,73	0,54	0,38	39,85	98,64
2.	52,15	8,50	0,35	Сл.	38,74	99,74

**Диagn. исп.** Растворим в HNO<sub>3</sub>.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> появляется побежалость.

П. п. тр. на угле легко сплавляется в серый шарик и выделяет пары Se, при сплавлении с содой образуется Cu. В откр. тр. красный возгон Se и белые кристаллы SeO<sub>2</sub>, издает запах гнилой редьки.

**Наход.** Очень редкий гидротермальный минерал. Впервые установлен среди грубозернистого кальцита и среди серпентина вместе с другими селенидами в медном р-ке Скрикерум (Швеция); в Лербакхе (ФРГ) наблюдается в железных рудах вместе с халькозином, клаусталитом, умангитом, тилманнитом; встречен также в Сьерра-де-Качеута (Аргентина), Реджанг-Лебонг на Суматре (Индонезия) и в других местах.

**Искусств.** Получен сплавлением Cu и Se, пропусканием селеновых паров над нагретой Cu или газообразного H<sub>2</sub>Se над кристаллической CuCl, а также при взаимодействии порошкообразных Cu и Se под большими давлениями<sup>4</sup>.

**Отл.** От других селенидов в полир. пл. отличается синим цветом, который темнее, чем цвет халькозина. В потускневших шлифах синий цвет обнаруживается в иммерсии; характерна изотропность.

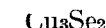
#### Межплоскостные расстояния берцелианита из Скрикерума<sup>1</sup> Cu-антикатод, Ni-фильтр, D=57,3 мм

№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_x}{n}$
1		1	3,51	12	311	8	1,726
2	111	9	3,32	13	400	4	1,431
3	200	2	2,87	14	331	3	1,314
4		2	2,62	15	422	5	1,169
5		1	2,48	16	511; 333	3	1,103
6		1	2,25	17	440	2	1,012
7		2	2,13	18	531	2	0,967
8	220	10	2,02	19	620	3	0,906
9		1	1,905	20	533	2	0,874
10		1	1,822	21	444	1	0,826
11		1	1,776	22	711; 551	2	0,802

#### Литература

1. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 351.
2. Nordenskiöld A. E. N. Jb. Min., 1869, 235.
3. Zwieryzki J. Przegląd Gorn.-Hutn. Kattowitz, 1933, 189 (по реферату в N. Jb. Min., 1937, 2, 719).
4. Molé R. Ann. Chim., 1954, 9, 145.

### Умангит Umangite



Назван по Сьерра-де-Уманго в Аргентине (Клокман, 1891)<sup>1</sup>. Умангит является одним из компонентов цоргита (Розе, 1824), который ранее принимался за самостоятельный минерал.

**Характ. выдел.** Зернистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_2^3 - P22_12_1$ ;  $a_0 = 4,28$ ;  $b_0 = 6,40$ ;  $c_0 = 12,46 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,669 : 1 : 1,947$ ;  $Z = 4$  (Эрли)<sup>2</sup>.

**Физ.** Сп. в двух направлениях. Изл. неровный. Тв. 3. Уд. в. требует уточнения: по Эрли у искусств. 6,44—6,49, по Клокману у природного 5,620, что маловероятно (вычисл. 6,78). Цв. в свежем изломе темно-вишнево-красный с фиолетовым оттенком. Быстро тускнеет и становится фиолетово-синим. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл.<sup>3</sup> в отраж. св. светлый красно-фиолетовый, на воздухе постепенно темнеет. Отраж. спос. (в %): Ro для зеленых лучей 17, для оранжевых — 14, для красных — 16; Re соответственно 19, 14 и 14. Двухотражение отчетливое в серо-фиолетовых тонах. Сильно анизотропен, с резким цветным эффектом — ярко-оранжево-красным до пурпурного. Наблюдаются пластинчатые двойники.

**Хим.** Теор. состав: Cu — 54,70; Se — 45,30.

Анализы:

	Cu	Ag	Se	Прочие	Сумма
1.	56,03	0,49	41,44	2,04	100,00
2.	44,27	0,45	36,18	—	—

1 — 2 — Сьерра-де-Уманго; анал. Бодлендер<sup>1</sup>; прочие — CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и др.



Диагн. исп. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

В полир. шл. от  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{FeCl}_3$  синее.

П. п. тр. ведет себя подобно берцелианиту.

Наход. В наибольшем количестве обнаружен в месторождениях Аргентины: Сьерра-де-Уманго, Сьерра-де-Качеута, Сьерра-де-Сенагаста; в первом из них ассоциируется с эвкайритом, тиманнитом, борнитом, кальцитом. В ФРГ наблюдался в кальцитовых жилах вместе с другими селенидами, а также с халькопиритом, кобальтином и пиритом на Гарце (Клаусталь, Андреасберг, Тилькероде, Лербах); в р-ке Скрикерум (Швеция) — вместе с берцелианитом и халькопиритом. Встречен в небольшом количестве на Кавказе в Парагачайском медно-молибденовом месторождении (Азерб. ССР) с самородным золотом, эвкайритом, алтанитом, и др.<sup>4</sup> Установлен также в ряде урановых месторождений Канады.

Изм. При выветривании умангита образуются малахит и халькоменит.

Искусств. Получается сплавлением  $\text{Cu}$  и  $\text{Se}$  в стехиометрических соотношениях в вакууме<sup>2</sup>, а также в результате спрессовывания порошков  $\text{Cu}$  и  $\text{Se}$  при относительно небольшом давлении (в отличие от берцелианита, образующегося под большим давлением)<sup>5</sup>.

Отл. В полир. шл. цвет, двуотражение и анизотропия настолько характерны, что умангит легко отличим от всех других минералов.

#### Межплоскостные расстояния умангита из Сьерра-де-Уманго<sup>2</sup>

$\text{Cu}$ -анткатод,  $\text{Ni}$ -фильтр,  $D=57,3$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	100	2	4,28	24	4	1,201	
2	110; 102	10	3,57	25	2	1,186	
3	020	5	3,20	26	2	1,163	
4	004; 021; 112	5	3,10	27	1	1,143	
5	022	3	2,86	28	1	1,131	
6	120; 023	4	2,56	29	1	1,109	
7	122	2	2,37	30	1	1,097	
8	024	5	2,26	31	1	1,066	
9	105; 200	3	2,13	32	1	1,052	
10	210; 032	4	2,01	33	1	1,036	
11	130	4	1,905	34	1	1,012	
12	132; 213	9	1,819	35	1	0,998	
13	220	8	1,776	36	1	0,984	
14	017; 222	1	1,711	37	1	0,966	
15	223; 107	2	1,637	38	2	0,941	
16	040	1	1,596	39	1	0,911	
17	008; 027; 042	2	1,554	40	1	0,902	
18	311; 232; 127	1	1,465	41	1	0,885	
19	118; 300; 044; 233	2	1,421	42	1	0,869	
20		1	1,389	43	1	0,855	
21		2	1,357	44	1	0,818	
22		1	1,277	45	1	0,793	
23		1	1,231	46	1	0,780	

#### Л и т е р а т у р а

1. Klockmann F. Zs. Krist., 1891, 19, 269.
2. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 337.
3. Ramdohr P. Cbl. Min., 1928, 225.
4. Твалчрелидзе Г. А. Советская геология, 1948, № 29, 92.
5. Molé R. Ann. Chim., 1954, 9, 145.

## СТРУКТУРА ТИПА ЭВКАЙРИТА

## ГРУППА ЭВКАЙРИТА

Эвкайрит    AgCuSe    Ромб. с.     $a_0$  4,10     $b_0$  20,35     $c_0$  6,31    Уд. в. 7,9

## Эвкайрит Eucairite

## AgCuSe

Назван от греч. εὔκαιρος (эукайрос) — своевременно, так как был найден Берцелиусом<sup>1</sup> (1818) вскоре после открытия элемента Se.

Синон. Селено-медистое серебро.

Характ. выдел. Преимущественно в зернистых агрегатах.

Структ. и морф. крист. Ромб. с., псевдотетрагональный.  $a_0 = 4,105$ ;  $b_0 = 20,35$  ( $5 \times 4,07$ );  $c_0 = 6,31$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,202 : 1 : 0,310$ ;  $Z = 10$  (Фрю и др.)<sup>2</sup>. Для псевдотетрагональной ячейки:  $D_{4h}^2$  —  $P4/nmm$ ;  $a_0 = 4,083$ ;  $c_0 = 6,30$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,54$ ;  $Z = 2$  (Эрли, 1950)<sup>3</sup>.

В решетке эвкайрита атомы Ag находятся в плоскостях, перпендикулярных оси  $c$ . Около каждого из них располагаются 4Ag на расстоянии 2,96 Å и 6 Se на расстояниях: 2,67 Å (4 Se), 3,59 Å (1 Se) и 3,64 Å (1 Se). Атомы Se образуют вытянутые тетраэдры, в которых находятся атомы Cu. Расстояние Se — Se = 3,30 Å; расстояния Cu — Se от 2,06 до 2,50 Å; наименьшее расстояние Cu — Ag = 2,98 Å (Фрю и др.)<sup>2</sup>.

Кристаллы представляют собой сростки мельчайших ромбических кристалликов, у которых оси  $c$  параллельны, а оси  $a$  одних параллельны осям  $b$  других<sup>2</sup>.

Физ. Сп. нет. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 7,6—7,8 (вычисл. 7,91). Цв. на свежем изломе кремово-белый, быстро становится светло-бронзовым. Черта блестящая. Бл. металлический, сильный. Непрозрачен. Ковок.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. желтовато-белый. Отраж. снос. (в %): для зеленых лучей 33, для оранжевых — 27, для красных — 28. Двуотражение в воздухе очень слабое. Сильно анизотропен с цветным эффектом в синих и оливково-коричневых тонах.

Хим. Теор. состав: Cu — 25,36; Ag — 43,04; Se — 31,60.

Анализы:

	Cu	Ag	Se	Сумма
1.	25,30	42,73	28,54	96,57
2.	26,35	43,39	30,04	99,78
3.	26,42	43,14	30,44	100,00

1 — Скрикерум; анал. Берцелиус<sup>1</sup>; 2 и 3 — Аргентина: 2 — анал. Фроме; 3 — анал. Клокман<sup>4</sup>.

Диагн. исп. Растворяется в горячей конц.  $HNO_3$ .

В полир. пл. от  $HNO_3$  травится без вскипания, от  $FeCl_3$  возникает слабая иризация, от KCN получается коричнево-черное пятно. KOH и HCl не действуют.

П. п. тр. плавится; на угле дает темный королек и выделяет дым Se с характерным запахом.

Повед. при нагр. При 190—195° переходит в высокотемпературную модификацию<sup>2</sup>.

Наход. Встречается в гидротермальных месторождениях вместе с другими селенидами. Найден в Парагачайском медно-молибденовом месторождении (Азерб. ССР)<sup>6</sup>, в медном р-ке Скрикерум (Швеция) в серпентините с кальцитом, в Ла-Риоха и Сьерра-де-Качеута (Аргентина) с тиманнитом и кальцитом, в месторождениях Лербах и Тилькероде (Гарц, ФРГ), в р-ке Фламенко (Чили).

Изм. Отмечено образование клокманнита при разложении эвкайрита. Искусств. Получен в вакууме сплавленном эквимолекулярных количествах Ag, Cu и Se<sup>3</sup>.

Отл. Характерны реакции на Se, Ag, Cu. В полир. пл. трудно отличим от других белых относительно мягких минералов.

Межплоскостные расстояния эвкайрита из Скрикерума

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1		0,5	3,76	18	031	0,5	1,340
2	101	0,5	3,44	19	222	0,5	1,316
3	002	1	3,14	20	130	0,5	1,289
4	110	5	2,88	21	131	0,5	1,267
5	111	7	2,61	22	032; 024	0,5	1,242
6	012	4	2,48	23	015	1	1,202
7		0,5	2,34	24	132; 124; 223	1	1,192
8		0,5	2,22	25	033	0,5	1,135
9	112	10	2,12	26	125; 034	1	1,034
10	020	2	2,02	27	040; 016	0,5	1,019
11	013	1	1,861	28	035; 332; 234	0,5	0,921
12	022; 113	0,5	1,705	29	240; 126	0,5	0,911
13		0,5	1,624	30	135; 007; 143	0,5	0,898
14	122; 004	1	1,576	31	017; 242; 333	0,5	0,876
15		0,5	1,540	32	117; 044	0,5	0,859
16	023	1	1,456	33	341; 051; 127	0,5	0,806
17	114; 123	0,5	1,376				

Л и т е р а т у р а

1. Berzelius J. Afhandl. Fis., Kemi Min., 1818, 6, 42.
2. Frueh A. J., Czamanske G. K., Knight Ch. Zs. Krist., 1957, 108, 389.
3. Early J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 345.
4. Fromme J. J. prakt. Chem., 1890, 42, 57.
5. Bodländer G. Zs. Krist., 1891, 19, 266.
6. Твалчрелидзе Г. А. Советская геология, 1948, № 29, 92.

СТРУКТУРА ТИПА ГАЛИТА

ГРУППА КЛАУСТАЛИТА

Клаусталит PbSe Куб. с.  $a_0$  6,12, Уд. в. 8,2

Клаусталит Clausthalite

PbSe

Назван по м-нию Клаусталь на Гарце (Бедан, 1832).

Синон. До открытия селена (до 1817 г.) описывался как кобальто-свинцовый блеск и кобальто-свинцовая руда (Хаусман, 1813). Селенистый свинец (Цинкен, 1823), селеновый свинцовый блеск (Глокер, 1831). Смесьми<sup>1</sup>, существенно состоящими из клаусталита, оказались селено-медистый свинец и селено-свинцовая медь (Розе, 1824), селено-кобальтовый свинец и селено-ртутный свинец (Розе, 1825), тилькеродит (Хайдингер, 1845), цоргит (зоргит, zorgite) и лербахит (Брук и Милер, 1852), рафаносмит (Кобель, 1853).

Характ. выдел. Тонкозернистые агрегаты, мелкие зерна.

Структ. и морф. крист. Куб. с.  $O_h$  —  $Fm\bar{3}m$ ;  $a_0$  6,122 Å (Эрли)<sup>2</sup>.

Изоморфен с галенитом; размеры ячейки возрастают от галенита к клаусталиту по мере увеличения содержания Se<sup>3,4</sup> (см. галенит).

Физ. Сп. по (001) совершенная. Изл. зернистый. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 8,08—8,22 (вычисл. 8,28). Цв. свинцово-серый, несколько голубоватый. Черта серо-черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 50, для оранжевых — 43, для красных — 40. Изотропен. Наблюдаются треугольники выкрашивания, как у галенита.

Хим. Теор. состав: Pb — 72,34; Se — 27,66. Содержание Co, Hg, Cu объясняется наличием включений других минералов.

Анализы:

	Pb	As	S	Se	Co	Сумма
1.	71,81	—	—	27,59	—	99,40
2.	70,85	—	—	27,99	1,10	99,94
3.	72,0	0,6	0,4	25,6	—	98,6

1—Тилькероде; анал. Розе<sup>5</sup>; 2—Клаусталь; анал. Штрмайер<sup>6</sup>; 3—Юта; анал. Шервуд<sup>4</sup>.

Диагн. исп. Растворим в  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . При добавлении  $\text{H}_2\text{O}$  к сернокислому раствору выпадает красный осадок Se.

П. п. тр. чистый PbSe полностью улетучивается, не плавясь, дает налеты Se и PbO и издает сильный запах гнилой редьки. С содой дает королек Pb. В откр. тр. около пробы образуется белый налет PbO, несколько далее — красный возгон Se и белый —  $\text{SeO}_2$ . В закр. тр. растрескивается, но не изменяется.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. 1065—1088°.

Нахожд. Редкий гидротермальный минерал. Наиболее часто ассоциируется с селенидами Cu и Hg. Встречен в месторождениях Клаусталь, Лербах, Тилькероде и Цорге на Гарце (ФРГ), в р-не Фрейберга (ГДР), в Сьерра-де-Качеута (Аргентина), в р-ках Скрикерум и Фалун (Швеция), в Рио-Тинто (Испания), Пакахаке (Боливия), Гуйчжоу (Китай), в урановом р-ке Корвусит (шт. Юта) и в урано-ванадиевых месторождениях плато Колорадо (США), где наблюдается совместно с промежуточными минералами ряда галенит—клаусталит<sup>4</sup>. Обнаружен в СССР в осадочных палеогеновых отложениях Средн. Азии<sup>7</sup>.

Отл. В полир. шл. похож на галенит и алтаит, от которых отличим лишь при непосредственном сравнении, особенно в иммерсии: отраж. спос. галенита ниже, а отраж. спос. алтаита выше; отличается также травлением и реакцией на Se.

#### Межплоскостные расстояния клаусталита из Клаусталя<sup>2</sup>

Cu-антикатоде, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	2	3,52	11	440	2	1,079
2	200	10	3,05	12	531	1	1,032
3	220	9	2,16	13	600; 442	2	1,018
4	311	5	1,840	14	620	2	0,965
5	222	5	1,764	15	622	3	0,920
6	400	2	1,526	16	444	1	0,882
7	331	1	1,400	17	711; 551	1	0,856
8	420	5	1,366	18	640	2	0,847
9	422	4	1,247	19	642	3	0,816
10	333; 511	2	1,175	20	731	2	0,796

## Л и т е р а т у р а

1. Frebold G. Cbl. Min., 1927, A, 16.
2. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 356.
3. Синдеева Н. Д., Годовиков А. А. ДАН СССР, 1959, 127, № 2, 431.]
4. Coleman R. G. Am Min., 1959, 44, No 1—2, 166.
5. Rose G. Ann. Phys., 1825, 3, 287.
6. Stromeyer F. Ann. Phys., 1824, 2, 417.
7. Ченцов И. Г. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 28, 83.

## СТРУКТУРА ТИПА СФАЛЕРИТА

## ГРУППА ТИМАННИТА

		Сингония	$a_0$	Уд.в.
Тиманнит	HgSe	Куб.	6,08	8,3
Штиллит	ZnSe	Куб.	5,67	5,3

## Тиманнит Tiemannite



Назван по имени Тимана, открывшего минерал (Науман, 1855). Впервые описан в 1828 г. Марксом как «селенистая ртуть».

Характ. выдел. Обычно зернистый, реже в кристаллах.

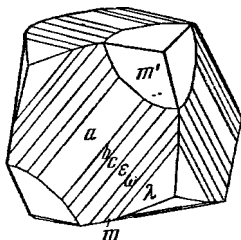
Структр. и морф. крист. Куб. с.  $T_d^2 - F\bar{4}3m$ ;  $a_0 = 6,084 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Эрли)<sup>1</sup>. Структура как у сфалерита.

Тиманнит (HgSe) изоморфен с метациннабаритом (HgS); размеры элементарной ячейки и уд. вес возрастают соответственно с увеличением содержания Se от метациннабарита через промежуточный член изоморфного ряда — онофрит (см. стр. 205) к тиманниту. Размеры элементарных ячеек искусственных соединений следующие (по Эрли)<sup>1</sup>:

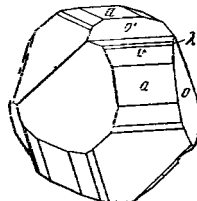
HgSe, % <sup>2</sup>	0	20	40	60	80	100 <sup>2</sup>
$a_0$ ,	5,934	5,971	6,014	6,050 <sup>2</sup>	6,098	6,122 <sup>2</sup>

Гексатетраэдр. кл. Формы:  $a(100)$ ,  $o(111)$ , —  $o(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ,  $w(511)$ ,  $m(311)$ , —  $m(\bar{3}\bar{1}\bar{1})$ ,  $\lambda(733)$ .

Облик кристаллов разнообразный<sup>2</sup> (фиг. 343). Часто наблюдается штриховка  $\parallel [1\bar{1}0]$ . Грани (111) тусклые, ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) — блестящие; дв. обычны, дв. ось  $[111]$  (фиг. 344).



Фиг. 343. Кристалл тиманнита (Мэрисвейл) По Пенфилду



Фиг. 344. Двойник тиманнита (Мэрисвейл) По Пенфилду

Физ. Сп. нет. Изл. неровный, до раковистого. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 8,24—8,47 (вычисл. 8,26). Цв. стально-серый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Хороший проводник электричества.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 30, для оранжевых — 27, для красных — 25. Изотропен. Внутренних рефлексов нет.

Хим. Теор. состав: Hg — 71,70; Se — 28,30. В качестве примесей обнаруживаются небольшие количества Cd и S.

Анализы:

	Hg	Cd	Se	S	Н. о.	Сумма
1.	75,11	—	24,39	—	—	99,50
2.	69,84	0,34	29,19	0,37	0,06	99,80

1 — Клаусталь; анал. Керл<sup>3</sup>; 2 — Мэрисвейл; анал. Пенфилд<sup>2</sup>

Диагн. исп. Растворяется только в царской водке.

В полир. пл. все стандартные реактивы не действуют.

П. п. тр. на угле плавится и улетучивается, окрашивая пламя в голубой цвет; дает блестящий налет с темно-бурой каймой; издает запах гнилой редьки. В откр. тр. образует черный или красновато-бурый возгон с белой каймой селенистого соединения Hg. В закр. тр. растрескивается и улетучивается, давая черный, выше — красно-бурый возгон.

Нахожд. Очень редкий гидротермальный минерал. В р-не Мэрисвейла (шт. Юга, США) встречен в значительных количествах в жилах среди известняка, вместе с баритом, кальцитом и окислами Mn; наблюдался в свинцово-цинковом месторождении Клаусталь, в месторождениях селенидов Лербах, Цорге и Тилькероде на Гарце (ФРГ), где сопровождается умангитом, клаусталитом и др.; встречается также в р-ке Пакахакке (Боливия).

Отл. В полир. пл. определяется с трудом. Может быть принят за халькозин или фалерит, особенно в тех случаях, когда сопровождающий клаусталит принимается за галенит. Для однозначного определения необходимо применение различных методов.

#### Межплоскостные расстояния тиманнита из Клаусталья<sup>1</sup>

Cu-анткатод, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	10	3,50	11	422	3	1,238
2	200	3	3,04	12	511; 333	2	1,169
3*		2	2,80	13	440	2	1,074
4	220	8	2,14	14	531	3	1,025
5*		2	1,988	15	620	1	0,959
6	311	8	1,829	16	533	1	0,926
7	222	1	1,754	17	444	1	0,875
8	400	2	1,515	18	711; 551	1	0,849
9	331	3	1,394	19	642	2	0,811
10	420	1	1,355	20	731	2	0,790

\* Избыточные линии не индексируются.

#### Л и т е р а т у р а

1. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 358.
2. Penfield S. L. Am. J. Sci., 1885, 29, 450.
3. Kerl B. Berg.-Hütt. Ztg., 1852, 47.

Штиллеит *Stilleite*

Назван по имени немецкого геолога Х. Штилле (Рамдор, 1956)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Наблюдался в шлифах.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_d^2 - F\bar{4}3m$ ;  $a_0 = 5,67 \text{ \AA}$ . Структура типа сфалерита.

**Физ.** Вычисл. уд. в. 5,29, у искусств. ZnSe — 5,28.

**Микр.** В отраж. св. в полир. пл. по цвету и отраж. спос. очень похож на тетраэдрит. Изотропен. В иммерсии заметны слабые внутренние рефлексы.  $n \sim 2,5$ . Наблюдаются двойники.

**Хим.** Теор. состав: Zn — 45,30; Se — 54,70.

**Нахожд.** Наблюдался<sup>1</sup> в тесной ассоциации с линнеитом в шлифе образца из месторождения Шинколовбе в Бельгийском Конго; сопровождается пиритом, клаусталитом, ближе не определенными рудными минералами и доломитом. Ранее селенид цинка предположительно указывался в составе руд месторождения Ротер-Бэр около Андреасберга на Гарце (ФРГ)<sup>2</sup>.

Межплоскостные расстояния штиллеита из Шинколовбе<sup>1</sup>

№	hkl	$\frac{d_x}{n}$	№	hkl	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	$\frac{d_z}{n}$
1	110	4,10	8	222	1,636	15	422	1,158
2	111	3,29	9	320	1,608	16	511	1,092
3	200	2,84	10	321	1,517	17	520	1,053
4	210	2,53	11	331	1,299	18	521	1,037
5	211	2,311	12	420	1,269	19	440	1,003
6	220	2,004	13	421	1,241	20	600	0,9459
7	311	1,706	14	332	1,213	21	611	0,9213

## Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P. Geotekton. Symposium z. Ehre H. Stille. Stuttgart, 1956, 484 (предварительное сообщение).
2. Geilmann W., Rose G. N. Jb. Min., 1928, В.-В. 57А, 785.

## СТРУКТУРА ТИПА ВЮРТЦИТА

## ГРУППА КАДМОСЕЛИТА

Кадмоселит CdSe Гексаг. с.  $a_0 4,27$   $c_0 6,97$  Уд. в. 5,8

Кадмоселит *Cadmoselite*

Назван по составу (Бурьянова и др., 1957)<sup>1</sup>

**Характ. выдел.** Мелкие ксеноморфные зерна, редко в кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с.  $a_0 = 4,271$ ;  $c_0 = 6,970 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,632$ ;  $Z=2$  (Ковалев)<sup>1</sup>.

Изоструктурен с искусственным CdSe<sup>2</sup> и с вюртцитом. Кристаллы пирамидального облика, аналогичны кристаллам вюртцита; образованы гексагональной пирамидой и (000 $\bar{1}$ ). Грани пирамиды с горизонтальной штриховкой.

**Физ.** Сп. совершенная (вероятно, по призме). Тв. средняя. Очень хрупок. Уд. в. (вычисл.) 5,816. Цв. черный. Черта черная. Бл. смолистый до алмазовидного. Непрозрачен.

**Микр.** В прох. св. в иммерсии порошок непрозрачен, при включении линзы Лазо просвечивает темно-красным; погасание прямое.

В полир. шл. в отраж. св. серый (несколько светлее сфалерита), в иммерсии окраска имеет слабый буроватый оттенок.

**Хим.** Содержит Cd, Se и, по-видимому, примесь S. Zn не обнаружен. Теор. состав: Cd — 58,74; Se — 41,26.

**Диagn. исп.** В  $\text{HNO}_3$  на холоду медленно растворяется, при подогревании растворение проходит бурно.

**Нахожд.** Встречен в ассоциации с ферроселитом, клаусталитом, самородным Se, с Cd-содержащим сфалеритом, пиритом и др. в песчанике в Тувинской авт. обл.

**Искусств.** Получен сплавлением Cd с Se<sup>2</sup>.

#### Межплоскостные расстояния кадмоселита<sup>1</sup>

Fe-антикатод,  $D=57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	10 $\bar{1}0$	7	3,67	11	20 $\bar{2}3$	6	1,443
2	0002	4	3,46	12	21 $\bar{3}0$	3	1,394
3	10 $\bar{1}1$	5	3,24	13	21 $\bar{3}1$	4	1,369
4	10 $\bar{1}2$	3	2,53	14	10 $\bar{1}5$	5	1,299
5	11 $\bar{2}0$	10	2,13	15	30 $\bar{3}0$	5	1,230
6	11 $\bar{1}3$	7	1,960	16	21 $\bar{3}3$	7	1,196
7	20 $\bar{2}0$	4	1,844	17	30 $\bar{3}2$	5	1,160
8	11 $\bar{2}2$	8	1,816	18	20 $\bar{2}5$	3	1,112
9	20 $\bar{2}1$	3	1,781	19	22 $\bar{4}0$	5	1,067
10	20 $\bar{2}2$	1	1,629	20	22 $\bar{4}2$	7	1,020
					1126		

#### Л и т е р а т у р а

1. Бурьянова Е. З., Ковалев Г. А., Комков А. М. Зап. Всес. мин. об-ва, 1957, 86, № 5, 626.
2. Zachariasen W. Zs. phys. Chem., 1926, 124, 436.

#### СТРУКТУРА ТИПА НИКЕЛИНА

##### ГРУППА ФРЕБОЛЬДИТА

Фребольдит CoSe Гексаг. с.  $a_0$  3,61  $c_0$  5,28

#### Фребольдит Freboldite

CoSe

Назван по имени немецкого геолога Г. Фребольда (Штрупц, 1957). Открыт и описан Рамдором и Шмидтом без названия, как «селенид кобальта».

**Характ. выдел.** Обнаружен в шлифах.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с.  $a_0 = 3,614$ ;  $c_0 = 5,278$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,460$ , что соответствует данным для искусственного CoSe. Структура как у никелина.



Микр. Анизотропен. Значительно мягче трогталя и хастита. Хорошо полируется. В полир. пл. больше всего похож на никелин, но в иммерсии более фиолетовый, без желтоватого оттенка, менее сильно анизотропен.

Хим. Теор. состав: Co — 42,74; Se — 57,26.

Наход. Наблюдался лишь под микроскопом совместно с другими селенидами в образцах из мелких доломитовых жил Трогталя на Гарце (ФРГ).

#### Межплоскостные расстояния фребольдита

Со-антикатод,  $D=57,3$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	123	Слаб.	0,963	5	111	Оч. слаб.	1,71
2	105	Оч. слаб.	0,992	6	102	Слаб.	2,05
3	114	Слаб.	1,066	7	002	Оч. слаб.	2,4
4	212	Оч. слаб.	1,08				

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P., Schmidt M. N. Jb. Min., Monatsh., 1955, N. 6, 133.

### СТРУКТУРА ТИПА КОВЕЛЛИНА

#### ГРУППА КЛОКМАННИТА

Клокманнит CuSe Гексаг. с.  $a_0$  3,94  $c_0$  17,25 Уд. в. 6,1

#### Клокманнит Klockmannite

CuSe

Назван по имени немецкого минералога] Ф. Клокмана (Рамдор, 1928)<sup>1</sup>.

Характ. выд. Зернистые агрегаты.

Структ. и морф. крист. Гексаг. с.  $D_{6h}^4$  —  $P6_3/mmc$ ;  $a_0=3,94$ ,  $c_0 = 17,25$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 4,38$ ;  $Z = 6$  (Эрли)<sup>2</sup>.

Структура как у ковеллина (см. стр. 225) с большими межатомными расстояниями. Изоморфен с ковеллином.

Физ. Сп. по (0001) совершенная. Тв. 3. Уд. в. 5,99 (вычисл. 6,13). Цв. темно-серый, изменяющийся в синевато-черный. Бл. в свежем изломе металлический, быстро тускнеющий. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светлый голубовато-зеленовато-серый. Отраж. спос. (в %): *Ro* для зеленых лучей 18,5, для оранжевых — 15, для красных — 10; *Re* соответственно — 35, 25 и 24. Двуотражение исключительно сильное — от оливково-серого до серо-белого. Очень сильная анизотропия, цветные эффекты от белого до розовато-коричневых. Иногда образует ориентированные сростания с берцелианитом и умангитом.

Хим. Теор. состав: Cu — 43,58; Se — 56,42. Опубликованные анализы неудовлетворительны, в большинстве случаев сумма значительно меньше 100; выполнены они на сильно загрязненном материале.

Анализы клоқманнита из Сьерра-де-Уманго (анал. Гайльман)<sup>1</sup>:

	Cu	Ag	Pb	Se	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма
1.	35,37	0,73	0,84	45,73	0,74	1,34	7,32	92,07
2.	35,42	0,73	0,80	45,68	0,79	1,30	6,88	91,60

Диагн. исп. В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  травится без вскипания. Остальные реактивы не действуют.

Нахожд. Встречается вместе с другими селенидами в гидротермальных жилах Сьерра-де-Уманго и Сьерра-де-Качеута (Аргентина), в месторождении Лербах (ФРГ), в р-ке Скрикерум (Швеция) и в ряде урановых месторождений Канады. Частью представляет продукт разложения эвкайрита.

Изм. При выветривании образуются малахит и халькопентит<sup>3</sup>.

Отлич. В полир. пл. характерны двуотражение и цветные эффекты при скрещенных николях; показателен парагенезис.

Межплоскостные расстояния клокманнита\* из Сьерра-де-Уманго<sup>2</sup>

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

№	$hkl$	$I$	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	$hkl$	$I$	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	10 $\bar{1}$ 1	6	3,34	24	2.0. $\bar{2}$ .10	0,25	1,206
2	10 $\bar{1}$ 2	9	3,17	25	21 $\bar{3}$ 6	0,50	1,174
3	10 $\bar{1}$ 3	1	2,93	26	1.0. $\bar{1}$ .14	4	1,156
4	00 $\bar{6}$ 6	10	2,87	27	30 $\bar{5}$ 0	2	1,136
5	10 $\bar{1}$ 6	3	2,19	28	21 $\bar{3}$ 8	3	1,103
6	0008	0,25	2,15	29	1.0. $\bar{1}$ .15	0,5	1,083
7	10 $\bar{1}$ 7	4	1,996	30	0.0.0.16	0,5	1,076
8	11 $\bar{2}$ 0	8	1,963	31	30 $\bar{3}$ 6	1	1,053
9	11 $\bar{2}$ 2	0,25	1,909	32	2.0. $\bar{2}$ .14	3	0,997
10	10 $\bar{1}$ 8	6	1,815	33	20 $\bar{2}$ 4	1	0,982
11	11 $\bar{2}$ 4	0,25	1,782	34	22 $\bar{4}$ 2; 30 $\bar{3}$ 9	0,5	0,977
12	20 $\bar{2}$ 0; 20 $\bar{2}$ 1	1	1,695	35	1.1. $\bar{2}$ .16; 31 $\bar{4}$ 0	3	0,944
13	20 $\bar{2}$ 2; 10 $\bar{1}$ 9	1	1,673	36	22 $\bar{4}$ 6	0,5	0,930
14	11 $\bar{2}$ 6	5	1,619	37	31 $\bar{4}$ 6	0,5	0,896
15	1.0. $\bar{1}$ .10	0,5	1,534	38	2.1. $\bar{3}$ .14	4	0,889
16	20 $\bar{2}$ 6	0,5	1,468	39	31 $\bar{5}$ 8	2	0,865
17	0.0.0.12	0,5	1,436	40	2.1. $\bar{3}$ .15	0,5	0,857
18	1.0. $\bar{1}$ .11	0,5	1,420	41	1.0. $\bar{1}$ .20	1	0,834
19	20 $\bar{2}$ 7	1	1,398		3.0. $\bar{3}$ .14		
20	20 $\bar{2}$ 8	3	1,331	42	2.1. $\bar{3}$ .16	0,5	0,826
21	21 $\bar{3}$ 0; 21 $\bar{3}$ 1	0,5	1,284	43	1.0. $\bar{1}$ .21	0,25	0,797
22	21 $\bar{3}$ 2; 20 $\bar{2}$ 9	1	1,275	44	0.0.0.22	2	0,782
23	21 $\bar{3}$ 4	0,25	1,233				

\* Оригинал хим. анализа 2.

Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P. *Syl. Min.*, 1928, 225.
2. Earley J. W. *Am. Min.*, 1949, 34, No 5—6, 435.
3. Berry L. G. *Am. Min.*, 1954, 39, No 5—6, 504.

СТРУКТУРА ТИПА ШПИНЕЛИ

ГРУППА БОРНХАРДТИТА

	Сингония	$a_0$	Уд. в.
Борнхардтит	Куб.	10,2	?
[Тирреллит]	Куб.	10,0	6,6

Борнхардтит Bornhardtite



Назван по имени географа В. Борнхардта (Рамдор и Шмидт, 1955)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Микроскопические оторочки около кристаллов трогта-лита.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.;  $a_0 \sim 10,2 \text{ \AA}$ . Изоструктурен с линнеитом. Физ. Тв. ~4.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. розовый. Изотропен.

**Хим.** Химический анализ отсутствует. Теор. состав: Co — 35,89; Se — 64,11.

**Нахожд.** В небольшом количестве наблюдался в шлифах образцов из доломитовых жилок, вскрытых в каменоломнях Трогталя (Гарц, ФРГ). Сопровождается другими селенидами кобальта, клаусталитом и гематитом.

#### Межплоскостные расстояния борхардтита <sup>1</sup>

Со-антикатод,  $D = 57,3 \text{ мм}$

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	321	Оч. слаб.	2,7	5	510	Оч. слаб.	2,0
2	410	»	2,4	6	511	»	1,96
3	420	»	2,3	7	642	»	1,42
4	421	»	2,2				

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P., Schmidt M. N. Jb. Min., Monatsh., 1955, Н. 6, 133.

### Тирреллит Tyrgrellite



Предварительно описан Робинсоном и Брукером в 1952 г. как «селенид кобальта, никеля и меди», (cobalt-nickel-copper-selenide) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Наблюдался в виде округлых зерен или обломков кубических кристаллов.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^7 - Fd\bar{3}m$  (Махачки и Штраднер) <sup>2</sup>; по Робинсону и Бруку:  $O_h^5 - Fm\bar{3}m$ ;  $a_0 = 10,005 \text{ \AA}$ . Предположительно относится к минералам со структурой шинелей (слабые линии 003 и 031 на порошкограмме, возможно, связаны с наличием примеси).

**Физ.** Сп. по (100)? Хрупок. Тв.  $3 \frac{1}{2}$ . Уд. в. 6,6 (при Cu:Co:Ni = 3,5:3:2 и указанной формуле вычисл. уд. в. 6,59). Цв. светло-бронзовый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен даже в тонких осколках.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. светлый медно-бронзовый. Изотропен.

**Хим.** Состав требует выяснения. Формула предположительная (приведена по Махачки и Штраднеру; по Робинсону и Бруку:  $\text{Co}_3\text{Ni}_2\text{Cu}_2\text{Se}_5$ ). Микрхимически определены Co, Ni, Cu, Se.

**Нахожд.** Найден в окр. Голдфилдс (пров. Саскачеван, Канада) в сопровождении умангита, клокманнита, берцелианита, клаусталита, шприта, гематита и халькопирита. Эти минералы цементируют раздробленную породу. Co-Ni-Cu-селенид пронизан прожилками умангита. Отмечено замещение тирреллита умангитом.

Ранее принимался за пентландит, но заметно отличается от него по порошковой диаграмме.

## Межплоскостные расстояния тирреллита

Cu-антикатод,  $\lambda = 1,5418$ ,  $D = 114,58$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	4	5,780	22	157; 555	1	1,156
2	022	4	3,537	23	266	1	1,149
3	003	1	3,350	24	048	4	1,121
4	013	1	3,183	25	119; 357	1	1,099
5	113	6	3,016	26	139	2	1,050
6	222	7	2,886	27	448	4	1,023
7	004	9	2,501	28	177; 339	1	1,006
8	133	1	2,296	29	159; 377	3	0,9680
9	224	1	2,042	30	468	1	0,9337
10	115; 333	6	1,926	31	088	2	0,8855
11	044	10	1,769	32	179	2	0,8751
12	135	1	1,693	33	0.6.10; 668	1	0,8572
13	335	1	1,527	34	3.3.11; 379	1	0,8497
14	226	4	1,509	35	2.6.10	1	0,8466
15	444	4	1,445	36	488	2	0,8347
16	155	2	1,402	37	777	1	0,8261
17	246	1	1,340	38	2.2.12	1	0,8125
18	355	2	1,304	39	579	1	0,8048
19	008	3	1,253	40	0.4.12	4	0,7920
20	337	1	1,224	41	0.8.10; 688	1	0,7835
21	066; 228	1	1,181				

## Литература

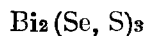
1. Robinson S. C., Brooker E. J. Am. Min., 1952, 37, No 5—6, 542.
2. Machatschki F., Stradner E. Anzeig. Österr. Akad. Wiss., Math.-nat. Kl., 1952, Nr 13, 241.

## СТРУКТУРА ТИПА ТЕТРАДИМИТА

## ГРУППА ПАРАГУАНАХУАТИТА

		Сингония	$a_h$	$c_h$	Уд. в.
Парагуанахуатит	$\text{Bi}_2(\text{Se}, \text{S})_3$	Триг.	4,08	54,7	?
[Лайтакаринит]	$\text{Bi}_8(\text{Se}, \text{S})_7$ ?	Триг.	4,22	39,9	7,9

## Парагуанахуатит Paraguanajuatite



Название происходит от характерных для минерала параморфоз по гуанахуатиту (Рамдор, 1948).

Характ. выдел. Образует параморфозы по первичному ромбическому гуанахуатиту.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с  $a_h = 4,076$ ,  $c_h = 54,7 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 13,42$  (Рамдор, 1948)<sup>1</sup>. Структура парагуанахуатита подобна структурам тетрадимита и теллурувисмутита и соответствует структуре искусственного  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ .

**Физ.** Сп. по (0001) совершенная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый с желтоватым оттенком.

**Хим.** Хим. анализ минерала отсутствует.

**Нахожд.** Обнаружен в Фалуне (Швеция) и в Японии (?).

**Искусств.** Тригональная модификация  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  получена при пропускании  $\text{H}_2\text{Se}$  и  $\text{HCl}$  над  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

#### Литература

1. Ramdohr P. Comite Direct Invest., Recurses Min. Mexico, 1948, 20, 1: Die Erzminerale u. ihre Verwachsungen, 1955, 542.

### Лайтакаринт Laitakariite



Назван именем финского геолога А. Лайтакари, впервые в 1932 году обнаружившего минерал<sup>1</sup>.

**Триг. с.**  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ,  $D_3^7 - R32$  или  $C_{3v}^5 - R3m$ ;  $a_h = 4,225$ ;  $c_h = 39,93 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 9,45$ . Сп. по (0001) хорошая. Мягк. Уд. в. 7,93. Цв. свинцово-серый. В полир. пл. в отраж. св. белый с сероватым оттенком. Двухотражение слабое. Анизотропен. Анализ не опубликован. Содержит больше 16% Se при S:Se около 1:2. По спектральному анализу содержит незначительную примесь Te (слабая линия). Найден в составе руд месторождения Ориярви (Финляндия) в ассоциации с самородным висмутом, халькопиритом, сфалеритом, молибденитом и др. Первоначально был принят за гуанахуатит.

По указанию автора, порошковая диаграмма (данные не опубликованы) сходна с порошковой диаграммой жозеита и грюнлингита; минерал, предположительно, изоструктурен с жозеитом-А, однако приводимая автором формула отличается от формулы жозеита. Соотношение с парагуанахуатитом требует выяснения.

#### Литература

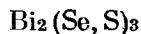
1. Vogt A. Geologi. 1959, 11, No 2, 11.

### СТРУКТУРА ТИПА АНТИМОНИТА

#### -ГРУППА ГУАНАХУАТИТА

Гуанахуатит  $\text{Bi}_2(\text{Se}, \text{S})_3$  Ромб. с.  $a_0 11,37$   $b_0 11,50$   $c_0 4,05$  Уд. в.  $\approx 6,6$

### Гуанахуатит Guanajuatite



Впервые описан Кастилло в 1873 г. Назван по м-нию Гуанахуато в Мексике (Фернандес, 1873).

**Синон.** Селено-висмутовый блеск (Френцель, 1874), френцелит (Дана, 1875), кастиллит (Домейко, 1879), селенистый висмут, селеновисмутит (Вернадский, 1918).

Силаонит (Фернандес, Навиа, 1877) — смесь гуанахуатита с самородным Bi (Брунс, 1878).

Характ. выдел. Игольчатые кристаллы, листоватые и зернистые массы. Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $a_0 = 11,37$ ;  $b_0 = 11,50$ ;  $c_0 = 4,05$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,989 : 1 : 0,352$  (Эрли)<sup>1</sup>. Изоструктурен с антимонитом и висмутином.

Кристаллы призматические до игольчатых с продольной штриховкой.

Физ. Сп. по (010) ясная, по (001) менее ясная. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 6,25—6,98. Цв. голубовато-серый. Черта серая, блестящая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый с желтоватым оттенком. Отраж. спос. близка к таковой висмутина. Двухотражение отчетливое. Анизотропен. В некоторых сечениях — своеобразная решетчатая внутренняя структура. Заметна спайность по двум направлениям.

Хим. Теор. состав (при Se : S = 2 : 1): Bi—68,75; S—5,28; Se—25,97.

Анализы:

	Bi	Se	S	Сумма
1.	67,38	24,13	6,60	98,11
2.	68,86	25,50	4,68	99,04

1 и 2 — Гуанахуато: 1 — анал. Френцель<sup>2</sup>; 2 — анал. Гент.<sup>3</sup>

Диагн. исп. Растворяется в царской водке при нагревании.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> радужная побежалость. Остальные реактивы не действуют.

П. п. тр. плавится, окрашивая пламя в голубой цвет и издавая резкий запах гнилой редьки. На угле с KJ дает красный налет BiJ<sub>3</sub>.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. 690°.

Находж. Очень редкий гидротермальный минерал. Наблюдался вместе с висмутином, самородным висмутом и пиритом в р-ках Санта-Катарина и Ла-Индустриаль (Гуанахуато, Мексика), с клаусталитом и др. — в кальцитовых жилах Андреасберга на Гарце (ФРГ), в других местах. Обнаружен в СССР на Колыме<sup>4</sup> в тесной ассоциации с самородным висмутом.

Изм. Отмечено образование самородного Se при выветривании гуанахуатита.

Межплоскостные расстояния гуанахуатита (по Харкоргу)

Cu-антикатоде, Ni-фильтр

№	hkl	I	I'	$\frac{d_a}{n}$	№	hkl	I	I'	$\frac{d_a}{n}$
1	200	3	0,5	5,85	14	8	4,0	1,98	
2	210	5	1,0	5,15	15	5	1,0	1,89	
3	220	5	1,0	4,05	16	6	2,0	1,765	
4	310	10	9,0	3,61	17	2	0,3	1,702	
5	320; 211	10	8,0	3,16	18	6	2,0	1,585	
6	230	2	0,3	3,01	19	5	1,0	1,518	
7		8	4,0	2,86	20	3	0,5	1,460	
8		5	1,0	2,76	21	3	0,5	1,382	
9		5	1,0	2,67	22	3	0,5	1,330	
10		7	3,0	2,57	23	2	0,3	1,278	
11		3	0,5	2,50	24	2	0,3	1,215	
12		7	3,0	2,29	25	2	0,3	1,160	
13		5	1,0	2,15					

**Искусств.** Получен в результате пропускания  $H_2Se$  над нагретым  $Bi_2O_3$ . В системе  $Bi-Se$   $Bi_2Se_3$  является устойчивым соединением<sup>6</sup>.

**Отл.** В полир. шл. недостаточно изучен, отличается по реакциям на  $Bi$  и  $Se$ .

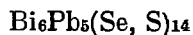
#### Литература

1. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 362.
2. Frenzel A. N. Jb. Min., 1874, 680.
3. Genth F. A. Am. J. Sci., 1891, 41, 403.
4. Салтыкова В. С. Тр. Ин-та мин. геох. редких элем. АН СССР, 1959, вып. 2, 189.
5. Carpanese T. Period. Min., Roma, 1937, 8, 289.
6. Абрикосов Н. Х., Банкина В. Ф. Докл. совещания по исследованию диаграмм состояния. Изд. АН СССР, 1956, 27.

#### ГРУППА ВИТТИТА

Виттит  $Bi_6Pb_5(Se, S)_{14}$  Ромб. с.? Уд. в. 7,12

#### Виттит Wittite



Рассматривается как Se-содержащий хаммарит.

Назван в честь шведского горного инженера Т. Витта (Йоханссон, 1924)<sup>1</sup>.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.?

**Физ.** Сп. ясная в одном направлении. Тв. 2—2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Уд. в. 7,12. Цв. светлый свинцово-серый. Черта черная. Бл. металлический. Похож на молибденит.

**Микр.** Микроскопически не изучен.

**Хим.** Теор. состав: Pb—35,98; Bi—43,55; S—12,25; Se—8,22. Состав виттита из Фалуна (анал. Йоханссон): Pb—33,85; Bi—43,33; S—12,14; Se—8,46; Ag—0,19; Zn—0,26; Cu—0,08; Fe—0,28; н. о.—0,54; сумма—99,13.

Нуждается в дальнейшем изучении.

**Нахожд.** Наблюдался вместе с кварцем, магнетитом, кордиеритом и пиритом в амфиболовой породе в Фалуна (Швеция).

#### Литература

1. Johansson K. Ark. Kemi, Min., Geol. 1924, 9, N:o 9, 2.

#### СТРУКТУРА ТИПА ПИРИТА

#### ГРУППА БЛОКИТА

		Сингония	$a_0$	Уд. в.
Трогталит	$CoSe_2$	Куб.	5,87	?
Блокит	$(Ni,Cu)Se_2$	Куб.	5,99	6,1

#### Трогталит Trogtalite



Назван по месту нахождения (Рамдор и Шмидт, 1955)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Обнаружен только в шлифах в виде ксеноморфных выделений.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $a_0 = 5,87 \text{ \AA}$ . Тип решетки пиритовый.

**Физ.** Тв. очень высокая.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. фиолетово-розовато-коричневый. Изотропен. Плохо полируется.

**Хим.** Химический анализ отсутствует. Состав установлен по аналогии порошкограммы с порошкограммой искусственного  $\text{CoSe}_2$ . Теор. состав: Co — 27,18; Se — 72,82.

**Наход.** Обнаружен в каменоломнях Трогталя (Гарц, ФРГ). Образует тесные прорастания с клаусталитом, хаститом, борнхардитом и другими селенидами в маломощных доломитовых жилках с гематитом. Отмечался также в шлифах руд из р-ка Ротер-Бэр (близ Андреасберга, Гарц, ФРГ).

**Отл.** Под микроскопом очень похож на плохо полированный кобальтин, но имеет более интенсивную розово-фиолетовую окраску.

#### Межплоскостные расстояния трогталита

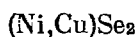
Со-антикатод,  $D = 57,3 \text{ мм}$

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	210	Ср. сильн.	2,620	6	421	Оч. слаб.	1,273
2	211	Ср. сильн.	2,390	7	520	Слаб.	1,093
3	220	Оч. слаб.	2,070	8	521	Оч. слаб.	1,076
4	320	Оч. слаб.	1,622	9	440	Слаб.	1,035
5	321	Оч. слаб.	1,560	10	611	Слаб.	0,951

#### Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P., Schmidt M. N. Jb. Min., Monatsh., 1955, Н. 6, 133.

### Блокит Blockite



Назван по имени Х. Блока, доставившего материал для исследования (Герценберг и Альфельд, 1935)<sup>1</sup>.

Герценберг<sup>2</sup> и Рамдор<sup>3</sup> доказали, что пирозенит, первоначально описанный как самостоятельный минеральный вид (Гордон)<sup>4</sup>, является смесью блокита с клаусталитом.

**Характ. выдел.** Почковидные агрегаты с кристаллическими гранями на поверхности, имеющие в изломе радиально-лучистое строение; шарообразные формы, иногда обнаруживающие скорлуповатую отдельность.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_h^6 - Pa3$ ;  $a_0 = 5,991 \text{ \AA}$ ;  $Z = 4$  (Эрли)<sup>5</sup>. Структурный тип пирита.

**Физ.** Сп. по (100) иногда отчетливая, по (110) и (111) едва выраженная (по Рамдору). Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 6.05—6,1. Цв. серый, синевато-серый. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. кремово-серый. Отраж. спос. немного выше, чем у блеклой руды. Изотропен. Часто зональный. Образует сростания с клаусталитом.

**Хим.** В большинстве случаев анализировался загрязненный материал, представляющий смеси блокита с клаусталитом, науманнитом и другими селеновыми минералами; анализ 2 отвечает составу наиболее чистого материала.



## Анализы:

	1	2	3	4	5	6
Pb	17,25	0,36	13,72	8,27	10,88	6,35
Hg	—	1,98	1,45	1,41	4,42	3,80
Ag	2,05	1,76	2,13	7,78	5,00	0,59
Cu	7,90	6,81	4,50	3,55	3,72	6,05
Fe	—	1,31	Сл.	0,72	0,72	0,35
Co	1,35	2,49	1,10	0,52	0,71	2,10
Ni	11,22	14,34	8,89	10,30	9,88	14,50
Se	60,23	70,93	67,01	67,31	66,59	64,60
S	—	—	0,39	Сл.	0,52	0,25
Pt	—	0,022	—	—	—	0,138
Pd	—	—	—	—	—	0,007
H <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	0,15
H.o.	—	—	—	—	—	0,22
Сумма	100,00	100,00	99,19	99,86	102,14	99,10
Уд. вес	6,93	6,05	6,87	—	6,71	—

1—6—Боливия: 1—анал. Уитфилд<sup>2</sup>; 2—анал. Герценберг<sup>1</sup>; 3—5 микрохим. анализы Хей<sup>6</sup> (навески ~ 20 мг), не приводящие к строгим стехиометрическим отношениям; 6—анал. Герценберг<sup>3</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub> со вскипанием.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub>—серое пятно, от KCN — серо-коричневое.

П. п. тр. легко плавится. В закр. тр. дает возгон Se.

**Наход.** В значительных количествах встречен в месторождении Пакахаке (Боливия) в жиле, состоящей в основном из сидерита и барита. Сопровождается клаусталитом, науманнитом, тиманнитом и другими селенидами, а также развивающимися по ним селенитами<sup>7</sup>.

**Изм.** Замещается клаусталитом и ближе не определенными селеновыми минералами.

**Искусств.** Получен сплавлением составных частей в вакууме<sup>5</sup>.

Межплоскостные расстояния блокита из Пакахаке<sup>5</sup>

Си-антикатод, Ni-фильтр, D = 57,3 мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1*		1	3,55	17	332	2	1,274
2	200	3	3,01	18	422	1	1,220
3	021	9	2,67	19	511; 333	4	1,149
4	211	9	2,45	20	520; 432	3	1,109
5*		1	2,16	21	521	2	1,090
6	220	2	2,12	22	440	3	1,054
7	300	1	1,992	23	600	1	0,995
8*		1	1,843	24	610	1	0,981
9	311	8	1,802	25	614; 532	3	0,968
10	222	1	1,720	26	533	2	0,910
11	320	3	1,659	27	630	2	0,891
12	321	5	1,596	28	631	2	0,881
13	400	2	1,493	29	640	1	0,829
14*		1	1,361	30	720; 641	2	0,821
15	420	1	1,332	31	552; 633	2	0,814
16	421	3	1,301				

\* Линии, которые, вероятно, относятся к клаусталиту.

**Отл.** Для полной диагностики необходимо всестороннее изучение минерала; характерна ассоциация с клаусталитом и другими селенидами.

Л и т е р а т у р а

1. Herzenberg R., Ahlfeld F. Cbl. Min., 1935, A, 277.
2. Герценберг Р. Мин. сб. Львов. геол. о-ва, 1956, № 10, 57.
3. Ramdohr P. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, 1955, 634.
4. Gordon S. G. Proc. Acad. Sci. Philadelphia, 1925 (1926), 77, 317.
5. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 360.
6. Bannister F. A., Hey M. H. Am. Min., 1937, 22, No 5, 319.
7. Block H., Ahlfeld F. Zs. prakt. Geol., 1937, Nr 1, 9; Ahlfeld F., Reyes J. M. Mineralogie von Bolivien. Berlin, 1938, 14.

СТРУКТУРА ТИПА МАРКАЗИТА

ГРУППА ФЕРРОСЕЛИТА

		Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Уд. в.
Ферроселит	FeSe <sub>2</sub>	Ромб.	4,79	5,74	3,58	7,21
Хастит	CoSe <sub>2</sub>	Ромб.	4,84	5,72	3,60	7,22

Ферроселит Ferroselite



Назван по составу (Бурьянова, Комков, 1955) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Мелкие кристаллы (до 0,5 мм в длину).

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{12} - Pnn2$  или  $C_{2v}^{10} - Pnn2$ ;  $a_0 = 4,789$ ;  $b_0 = 5,74$ ;  $c_0 = 3,577$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,834 : 1 : 0,623$ ;  $Z = 2$ . (Бурьянова и Комков<sup>1,2</sup> для минерала из Тувы; сходные данные получены Донэй<sup>3</sup> для ферроселита из Темпл-Маунтин). Структура как у марказита.

Ромбо-дипирамид. кл.;  $a : b : c = 0,834 : 1 : 0,620$  (Бурьянова)<sup>2</sup>.

Формы<sup>2,4</sup>:

	Ф	Р		Ф	Р
$b$ 010	0°00'	90°00'	$n$ 210	67°22'	90°00'
$a$ 100	90 00	90 00	$l$ 011	0 00	31 48
$q$ 230	39 17	90 00	$e$ 101	90 00	36 38
$w$ 450	43 48	90 00	$f$ 302	90 00	48 07
$m$ 110	50 10	90 00	$r$ 431	57 58	74 05
$M$ 650	55 12	90 00	$p$ 211	67 22	58 10
$N$ 320	60 56	90 00			

$mm$  (110) : (110) = 79°40'

$pb$  (211) : (010) = 70°55'

$pm$  (211) : (110) = 35°45'

$ll$  (011) : (011) = 63 36

$pa$  (211) : (100) = 38 21

$rb$  (431) : (010) = 59 20

$ee$  (101) : (101) = 73 16

$pp$  (211) : (211) = 38 10

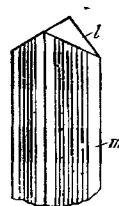
$ra$  (431) : (100) = 35 23

Кристаллы призматические, по облику напоминают кристаллы марказита и лёллингита (фиг. 345). На (110) грубая вертикальная штриховка. Наблюдаются двойники прорастания. Поперечные сечения имеют форму ромбов, иногда округлые за счет выделений.

**Физ.** Сп. совершенная параллельно удлинению. Очень хрупок. Тв. 6—6½. Уд. в. 7,214. Цв. стально-серый до оловянно-белого, с розовым оттенком. Черта черная. Бл. металлический. Немагнитен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. розовато-кремовый. Отраж. спос. высокая. Двукотражение слабое. Сильно анизотропен, с зеленовато-серыми и лилово-серыми цветными эффектами.

**Хим.** Теор. состав: Fe — 26,13; Se — 73,87. Fe частично изоморфно замещается Co.



Фиг. 345. Кристалл ферроселита (Тува)

По Бурьяновой

## Анализы:

	Fe	Co	Se	Н. о.	Сумма
1.	26,43	—	68,42	4,00	98,85
2.	27,86	—	72,14	—	100,00
3.	25,2	—	73,8	—	99,0
4.	23,8	1,1	73,2	—	98,1

1 и 2 — Тува<sup>2</sup>; 1 — анал. Исаева; навеска 0,087г; S и Te не обнаружены; 2 — пересчет анализа 1 за вычетом н. о. 3 — р-к Вёрджин; анал. Шервуд<sup>5</sup>; 4 — Темпл-Маунтин; анал. Шервуд<sup>5</sup>.

**Диагн. исп.** Растворяется в  $\text{HNO}_3$  — на холоду медленно, при нагревании бурно, со вскипанием; в  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  растворяется очень слабо.

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  буреет.

**П. п. тр.** плавится. В закр. тр. — темно-красный возгон и запах гнилой редьки.

**Повед. при нагр.** После прокаливания становится магнитным.

**Находж.** В осадочных отложениях живецкого яруса Тувинской авт. обл. образует выделения как в кальците, слагающем цемент полимиктовых песчаников, так и в довольно крупных обломках пелитов, реже — кислых эффузивов, содержащихся в этих песчаниках. Местами ассоциируется с подчиненным халькопиритом. Наблюдается в СССР также в осадочных палеогеновых отложениях Средн. Азии<sup>6</sup>. Широко распространен в урано-ванадиевых месторождениях плато Колорадо (США) (Темпл-Маунтин в шт. Юта, р-к Вёрджин в округе Монтроз и др.), где ферроселит наблюдается в ассоциации с пиритом, марказитом и др.<sup>3,5</sup>

**Измен.** Замещается кобальтоменитом, самородным селеном.

**Искусств.** Получен<sup>3</sup> в результате длительного нагревания смеси  $\text{FeSe}$  и  $\text{Se}$  (1 : 1) при  $450^\circ$ .

**Отл.** От марказита, раммельсбергита и хастита отличим лишь на основе хим. анализа.

Межплоскостные расстояния ферроселита<sup>2</sup>  
Fe-антикатаод,  $D=57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	110	3	3,67		22	022,230	1	1,498	
2	101 $\beta$	2	(3,16)	2,87	23	301	1	1,476	
3	011	3	3,02		24	122	8	1,443	
4	101,020	6p	2,85		25	202	2	1,426	
5	111 $\beta$	2	(2,81)	2,55	26	311	4	1,409	
6	120 $\beta$	4	(2,71)	2,46	27	320,212	5	1,392	
7	200	1	2,63	2,39	28	231	2	1,379	
8	111	9	2,56		29	240 $\beta$	1	(1,357)	
9	120	10	2,46		30	321	1	1,297	
10	200	4	2,39		31	222,312 $\beta$	1	(1,281)	1,161
11	210	3	2,20		32	132	1	1,263	
12	211 $\beta$	3	(2,07)	1,877	33	240	8	1,233	
13	121	3	2,03		34	322 $\beta$	1	(1,211)	1,097
14	130 $\beta$ ,002 $\beta$	2	(1,966)	1,784	35	400	4	1,196	
15	211	10	1,876		36		1	1,182	1,071
16	220	3	1,836		37	410	2	1,171	
17	130,002	7	1,781		38	312,013	7p	1,164	
18	031	7	1,688		39	331,103	2	1,156	
19	221	3	1,633		40	113	4	(1,134)	
20	131	6	1,593		41	411,042	4	1,119	
21	310	7	1,533		42	322	8	1,098	

## Л и т е р а т у р а

1. Бурьянова Е. З., Комков А. Н. ДАН СССР, 1955, 105, № 4, 812.
2. Бурьянова Е. З. Зап. Всес. мин. об-ва, 1956, 85, № 3, 286.
3. Kullerud G., Donnay G. Geochim. cosmochim. acta, 1958, 15, No 1—2, 73..
4. Кашенова А. Г. Зап. Всес. мин. об-ва, 1959, 88, № 4, 454.
5. Coleman R. G. Geochim. cosmochim. acta, 1959, 16, No 4, 296.
6. Ченцов И. Г. Тр. ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 28, 83.

## Хастит Hastite



Назван по имени немецкого горного инженера Хаста (Рамдор и Шмидт, 1955) <sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Наблюдался лишь в шлифах в виде радиально-лучистых скоплений и отдельных удлиненных кристаллов.

**Структ. и морф. крист.** Ромб. с.  $D_{2h}^{12} - Pnm$ ;  $a_0 = 4,84$ ;  $b_0 = 5,72$ ;  $c_0 = 3,60$  Å (близко к данным для искусственного FeSe<sub>2</sub>, в установке, принятой для марказита);  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,846 : 1 : 0,629$ ;  $Z = 2$ . Решетка типа марказита.

**Физ.** Тв. высокая, повышающаяся у концов кристаллов. Уд. в. (вычислен.) 7,22.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. желтый; интенсивность окраски возрастает к концам кристаллов. Двухотражение сильное (от красно-коричневого до темно-красновато-фиолетового). Сильно анизотропен. Характерны двойникование (как у марказита) и чешуйчатые образования.

**Хим.** Не анализирован. Состав установлен на основе сходства порошкограммы с порошкограммой FeSe<sub>2</sub>. Теор. состав: Co — 27,18; Se — 72,82.

**Находк.** Найден в доломитовых жилках в каменоломнях Трогталя (Гарц, ФРГ) в ассоциации с гематитом и в тесном сростании с клаусталитом, трогталитом, борнхардтитом и другими селенидами.

**Искусств.** Синтезировать вещество состава CoSe<sub>2</sub> не удалось.

Межплоскостные расстояния хастита <sup>1</sup>

Сс-антикатод,  $D = 57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	110	Оч. слаб.	2,9	5	031	Оч. слаб.	1,61
2	111	Средн.	2,6	6	221	» »	1,44
3	012	»	2,5	7	025	Средн.	1,02
4	003	»	1,9				

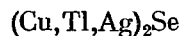
## Л и т е р а т у р а

1. Ramdohr P., Schmidt M. N. Jb. Min., Monatsh., 1955, H. 6, 133.

## СТРУКТУРА НЕ ВЫЯСНЕНА

		Сингония	Уд. в.
Крукесит	(Cu, Tl, Ag) <sub>2</sub> Se	Монокл.	?
Науманнит	Ag <sub>2</sub> Se	?	7,5
Агвиларит	Ag <sub>4</sub> SeS	Ромб.?	7,5

## Крукесит Crookesite



Назван Норденшельдом <sup>1</sup> (1866) по имени В. Крукса, открывшего элемент таллий.

**Характ. выдел.** Плотный.

**Структ и морф. крист.** Монокл. с.  $a_0=14,71$ ;  $b_0=14,71$ ;  $c_0=3,93\text{Å}$ ;  $\beta=90^\circ$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1 : 1 : 0,267$ ;  $Z=16$ . Псевдотетрагональный.  $D_{27}^{17} - I4/mmm$ ;  $a'_0=10,40$  ( $14,71=10,40 \cdot \sqrt{2}$ );  $c_0=3,93\text{Å}$ ;  $a_0 : c_0=1 : 0,378$ ;  $Z=8$  (Эрли)<sup>2</sup>.  
**Физ.** Тв. 2—3. Хрупок. Уд. в. 6,90 (вычисл. 7,44, при  $\text{Cu} : \text{Tl} : \text{Ag} = 46 : 17 : 5$ ). Цв. свинцово-серый. Бл. металлический.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. по цвету похож на тетраэдрит, но светлее. Ясно анизотропен. Характерны мирмекитовые сростания с берцелианитом, а также сростания с умангитом и часто с клокманнитом.

**Хим.** Анализы крукесита из Скрикерума (анал. Норденшельд)<sup>1</sup>:

	Cu	Ag	Fe	Tl	Se	Сумма
1.	46,11	1,44	0,63	18,55	33,27	100,00
2.	46,55	5,04	0,36	16,27	30,86	99,08
3.	44,21	5,09	1,28	16,89	32,10	99,57

**Диагн. исп.** Растворяется в  $\text{HNO}_3$ , не растворяется в  $\text{HCl}$ .

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  буреет без вскипания. Остальные реактивы не действуют.

П. п. тр. легко сплавляется в зелено-черную эмаль, окрашивая пламя в характерный для таллия ярко-зеленый цвет.

**Наход.** Встречен в медном р-ке Скрикерум (Швеция) вместе с другими селенидами и в месторождении Пинки-Фолт (пров. Саскачеван, Канада).

**Искусств.** Получается сплавлением компонентов в вакууме.

#### Межплоскостные расстояния крукесита из Скрикерума<sup>2</sup>

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	020	2	5,20	14	260	1	1,637
2	220	1	3,71	15	161; 042	2	1,563
3	130	10	3,29	16	332	1	1,530
4	121	8	3,00	17	451	1	1,495
5	040; 031	10	2,59	18	361; 460	1	1,439
6	330	2	2,44	19	352; 080	2	1,319
7	240; 231	4	2,32	20	561	2	1,256
8	141	6	2,11	21	660; 181; 471	1	1,223
9	002	1	1,967	22	480; 362	1	1,158
10	440	5	1,833	23	091	2	1,106
11	350	5	1,779	24	082; 671	1	1,081
12	222; 060; 251	1	1,726	25	282; 581	2	1,059
13	132	1	1,682				

#### Л и т е р а т у р а

1. Nordenskiöld A. E. N. Jb. Min., 1869, 235.
2. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 347.

### Науманнит Naumannite

#### $\text{Ag}_2\text{Se}$

Назван по имени немецкого минералога и кристаллографа К. Наумана (Хайдингера, 1845).

Синон. Селенистое серебро (Розе, 1828), селено-серебряный блеск (Глокер, 1847), селено-свинцовое серебро, тасцин (tascine, Берцелиус). По-видимому, смесью науманнита с клаусталитом, ашавалитом и другими селенидами является качеутаит — schenutaite (Адам, 1869).

**Характ. выдел.** Зернистые агрегаты и кристаллы.

**Структ. и морф. крист.** По-видимому, в природе наблюдаются параморфозы низкотемпературной модификации по высокотемпературной кубической модификации с  $a_0 = 4,993 \text{ \AA}$  (Ральфс)<sup>1</sup>. Сингония низкотемпературной модификации не установлена.

**Кристаллы** кубического облика.

**Физ. Сп.** по (100) совершенная. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 7—8 (вычисл. 7,866). Цв. железно-черный. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый. Отраж. снос. (в%): для зеленых лучей 36, для оранжевых — 34,5, для красных — 30. Анизотропен. Нередко видны миметические двойники.

**Хим. Теор. состав:** Ag — 73,15; Se — 26,85.

**Анализы:**

	Ag	Pb	S	Se	Сумма
1.	65,56	4,91	—	29,53	100,00
2.	75,98	—	1,10	22,92	100,00

1 — Тилькероде; анал. Розе<sup>2</sup>; 2 — Айдахо; анал. Шевов<sup>3</sup>.

Во всех остальных анализированных образцах науманнита содержится от 20 до 60% Pb, — по-видимому, анализировались смеси науманнита и клаусталита.

**Диагн. исп.** В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> образуется коричневое пятно, от HgCl<sub>2</sub> — призирующее пятно и выявляются трещины, от FeCl<sub>3</sub> выявляется структура. HCl и KOH не действуют.

**П. п. тр.** в окисл. пл. плавится спокойно, в восст. пл. — со вспучиванием; при затвердевании снова раскаляется. На угле с содой дает королек Ag, при охлаждении покрывающийся черной пленкой; при добавлении буры пленка не образуется. В откр. тр. дает возгон красного Se, несколько выше — звездчатые кристаллы SeO<sub>2</sub>; появляется запах гнилой редьки.

**Повед. при нагр.** Низкотемпературная модификация при 133° переходит в кубическую<sup>1</sup>.

**Межплоскостные расстояния науманнита из Тилькероде<sup>4</sup>**

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D = 57,3 \text{ мм}$

№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	2	4,14	19	1/2	1,556	37	1/2	1,041
2	1/2	3,76	20	1	1,501	38	1/2	1,009
3	1	3,29	21	1/2	1,471	39	1/2	0,999
4	1	2,88	22	2	1,437	40	1/2	0,975
5	1	2,71	23	1/2	1,389	41	1/2	0,952
6	10	2,66	24	1	1,342	42	1/2	0,936
7	10	2,56	25	1	1,321	43	1/2	0,930
8	2	2,42	26	1/2	1,302	44	1/2	0,913
9	6	2,23	27	1/2	1,264	45	1/2	0,908
10	2	2,11	28	2	1,240	46	1/2	0,896
11	2	2,07	29	1/2	1,211	47	1/2	0,889
12	4	2,00	30	1/2	1,191	48	1/2	0,879
13	1/2	1,936	31	1/2	1,171	49	1/2	0,862
14	2	1,868	32	1/2	1,141	50	1/2	0,823
15	1	1,816	33	1/2	1,122	51	1/2	0,813
16	1	1,714	34	1/2	1,096	52	1/2	0,809
17	1	1,665	35	1/2	1,071	53	1/2	0,795
18	2	1,606	36	1/2	1,057	54	1/2	0,787

**Наход.** Редок. Встречается в ассоциации с клаусталитом и другими селенидами в кварцево-карбонатных жилах Тилькероде на Гарце (ФРГ), в Сьерра-де-Качеута (Аргентина), в Де-Ламар (шт. Айдахо, США); наблюдался также в Пакахакке (Боливия), в Глава (Вермланд, Швеция) и в других месторождениях.

**Искусств.** Синтезирован действием паров Se на металлическое Ag в токе азота при т-ре красного каления, а также сплавлением порошков Ag и Se в эквивалентных количествах<sup>4</sup>.

**Отл.** К характерным диагностическим признакам науманнита относятся малая твердость, анизотропия, качественные реакции на Se и Ag.

#### Л и т е р а т у р а

1. R a h l f s P. Zs. phys. Chem., 1936, B-31, 157.
2. R o s e G. Ann. Phys., 1828, 14, 471.
3. S h a n n o n E. V. Am. J. Sci., 1920, 50, 390.
4. E a r l e y J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 340.

### Агвиларит Aguilarite



Назван по имени Агвилара (Агилара) — управляющего рудником, где впервые был найден минерал (Гент, 1891)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Скелетные кристаллы, игольчатые, восковедные, проволочковидные, сплошные выделения.

**Структ. и морф. крист.** При обычных температурах, возможно, ромбический<sup>2</sup> ( $\beta\text{-Ag}_4\text{SeS}$ ); образует параморфозы по кубической модификации ( $\alpha\text{-Ag}_4\text{SeS}$ ), которая устойчива при т-ре выше 130°. Самостоятельность агвиларита как минерального вида твердо не доказана.

Додекаэдрические кристаллы, часто удлинены в направлении ребер куба или октаэдра.

**Физ.** Сп. нет. Изл. занозистый. Тв. 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Уд. в. 7,40—7,586. Цв. железно-черный. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В поляр. пл. в отраж. св. светло-серый с зеленоватым оттенком. Изотропен или слабо анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Ag—79,50; Se — 5,91; S — 14,59. Анализы агвиларита из Гуанахуато (анал. Гент)<sup>1</sup>:

	1	2	3	4
Cu	—	0,50	0,07	0,49
Ag	79,07	79,41	80,27	84,40
Fe	—	—	0,26	—
S	5,86	5,93	6,75	11,36
Sb	—	—	0,41	—
Se	14,82	13,96	12,73	3,75
Сумма	99,75	99,80	100,49	100,00

**Диагн. исп.** При медленном нагревании в откр. тр. дает металлическое Ag, возгон (иголки SeO<sub>2</sub>) и выделяет SO<sub>2</sub>.

**Наход.** Очень редок. Наблюдался вместе с аргентитом и самородным серебром в Гуанахуато (Мексика)<sup>1</sup>, с аргентитом, серебром и стефанитом в Комстокском месторождении в шт. Невада (США)<sup>3</sup>.

Межплоскостные расстояния агвиларита из Гуанахуато (по Харкорту)  
Cu-антикатод, Ni-фильтр

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	3	3,41	5	5	2,22	9	4	1,261
2	10	2,82	6	6	2,09	10	4	1,154
3	3ш	2,65	7	8	1,99			
4	9	2,44	8	4	1,625			

Межплоскостные расстояния  $\beta$ -Ag<sub>4</sub>SeS<sup>2</sup>  
Cu-антикатод, Ni-фильтр, *D* = 57,3 мм

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	5	4,09	10	1	1,883	19	1	1,242
2	1	3,70	11	1	1,720	20	1	1,220
3	2	2,83	12	1	1,578	21	0,5	1,090
4	2	2,62	13	1	1,545	22	0,5	1,038
5	2	2,58	14	1	1,470	23	0,5	1,030
6	10	2,42	15	1	1,425	24	0,5	0,959
7	6	2,19	16	1	1,353	25	0,5	0,950
8	2	2,07	17	1	1,305	26	0,5	0,855
9	2	1,971	18	1	1,286			

Литература

1. Genth F. A. Am. J. Sci., 1891, 141, 401.
2. Earley J. W. Am. Min., 1950, 35, No 5—6, 337.
3. Coats R. Am. Min., 1936, 21, No 8, 532.

НЕДОСТАТОЧНО ИЗУЧЕННЫЕ И СОМНИТЕЛЬНЫЕ СЕЛЕНИДЫ

		Сингония	Уд. в.
Ашавалит	FeSe ?	?	?
Эскеборнит	CuFe <sub>3</sub> Se <sub>4</sub> ?	?	?
Платинит	PbBi <sub>2</sub> (S,Se) <sub>3</sub> ?	Триг.	7,98
Селенокобеллит	Pb <sub>2</sub> (Bi,Sb) <sub>2</sub> (S,Se) <sub>5</sub> ?	?	?

Ашавалит — *achawalite*. (Ользахер, 1939). FeSe? Обнаружен в Сьерра-де-Качеута (Аргентина), где он встречается вместе с другими селенидами.

Твердость, как у галенита. Сп. более отчетливая, чем у пирротина; так же, как пирротин, магнитен. Константы известны только для искусственного FeSe:  $a_0 = 3,62$ ;  $c_0 = 5,88 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,626$ , но, по указанию Рамдора (1955), свойства ашавалита из Сьерра-де-Качеута не отвечают свойствам искусственного FeSe.

Литература

1. Olsacher J. Bol. Fac. Cienc. Univ. Cordoba, 1939, 2, N 3—4, 73 (по реферату в Min. Mag., 1949, 28, No 206, 722).

Эскеборнит — *eskebornite* (Рамдор, 1950)<sup>1</sup>. CuFe<sub>3</sub>Se<sub>4</sub>? Обнаружен в руде из штольни Эскеборн в Тилькероде на Гарде (ФРГ). По внешнему виду и оптическим особенностям гексагональный, но по порошковой диаграмме кубический, близкий к сульфваниту. Сп. довольно совершенная по (0001). Тв. 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Бл. металлический. Магнитен.



Под микр. в полир. пл. очень похож на пирротин. Двухотражение слабое, заметное на границах зерен, особенно в иммерсии. Анизотропия сильная. Агрегаты эскеборнита состоят из пластинок величиной до 1 мм, нередко изогнутых. Замещается науманнитом, клаусталитом, халькопиритом. В Тилькероде, помимо названных минералов, с ним ассоциируются тиманнит, клокманнит, берцелианит, умангит.

#### Литература

1. Ramdohr P. Fortschr. Min., 1950, 28, 70; Die Erzminerale u. ihre Verwachsungen, 1955, 467.

Платинит—platynite (Флинк, 1910)<sup>1</sup>.  $PbBi_2(S, Se)_2$ ? Тонкие пластинки или листочки. На основе измерений спайных выколов — триг. с.;  $(0001) : (10\bar{1}1) = 54^\circ 56'$ . Сп. по  $(0001)$  совершенная, по  $(10\bar{1}1)$  ясная. Тв. 2—3. Уд. в. 7,98. Цв. железно-черный до стально-серого. Похож на графит. Черта черная, блестящая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Состав (анал. Маузелиус)<sup>1</sup>: Cu — 0,32; Fe — 0,30; Pb — 25,80; Bi — 48,98; S — 4,36; Se — 18,73; н. о. — 0,36; сумма — 98,85. Состав и формула вызывают сомнение; возможно, что анализированный материал содержал примесь самородного висмута.

Наблюдался в кварце с халькопиритом в Фалуне (Швеция).

#### Литература

1. Flink G. Ark. Kemi, Min., Geol., 1910, 3, N:o 35, 5.

Селенокобеллит—selenokobellite (Эдман, 1941)<sup>1</sup>.  $Pb_2(Bi, Sb)_2(S, Se)_2$ ? Зернистые, столбчатые и лучистые агрегаты. Уд. в. 6,048—6,573. В отраж. св. беловато-серый; по цв. и отраж. спос. сходен с галенитом. Мягче галенита.

Среднее из четырех анализов не вполне однородного материала, содержащего примесь арсенопирита, кобеллита, халькопирита и сфалерита: Pb — 38,64; Bi — 21,45; Sb — 14,55; Se — 5,28; Te — 0,20; S — 16,16; As — 0,46; Cu — 1,43; Fe — 1,02; Ni — нет или сл.; Co — 0,04; Zn — 0,13; Ag — 0,39; сумма — 99,75.

Наблюдался в турмалино-кварцевых жилах месторождения Болиден (Швеция).

#### Литература

1. Ödman O. H. Sver. Geol. Unders., ser. C, N:o 438, 1941, Arsbok 35, No 4, 89.

## ТЕЛЛУРИДЫ

<i>Структура типа гессита</i>	
<i>группа гессита</i>	
гессит	$\text{Ag}_2\text{Te}$
<i>Структура типа вейссита</i>	
<i>группа вейссита</i>	
вейссит	$\text{Cu}_2\text{Te}$
<i>Структура типа риккардита</i>	
<i>группа риккардита</i>	
риккардит	$\text{Cu}_{4-x}\text{Te}_2$
<i>Структура типа галита</i>	
<i>группа алтаита</i>	
алтаит	$\text{PbTe}$
<i>Структура типа сфалерита</i>	
<i>группа колорадоита</i>	
колорадоит	$\text{HgTe}$
<i>Структура типа тетрадимита</i>	
<i>группа теллуровисмутита</i>	
хедлингит	$\text{Bi}_7\text{Te}_2$
жозеит А	$\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{1-x}\text{S}_2$
жозеит В	$\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{2-x}\text{S}$
[грюплингит]	$\text{Bi}_4\text{TeS}_3$
верлит	$\text{Bi}_{2+x}\text{Te}_{3-x}?$
теллуровисмутит	$\text{Bi}_2\text{Te}_3$
тетрадимит	$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$
[чикловаит]	$\text{Bi}_2\text{TeS}_2$
<i>Структура типа марказита</i>	
<i>группа фробергита</i>	
фробергит	$\text{FeTe}_2$
<i>Структура типа мелонита</i>	
<i>группа мелонита</i>	
мелонит	$\text{NiTe}_2$
<i>Структура типа калаверита</i>	
<i>группа калаверита</i>	
калаверит	$\text{AuTe}_2$
<i>Структура типа креннерита</i>	
<i>группа креннерита</i>	
креннерит	$(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$
сильванит	$\text{AuAgTe}_4$
<i>Структура типа петцита</i>	
<i>группа петцита</i>	
петцит	$\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$

Структура не выяснена

эмпрессит	$\text{Ag}_{5-x}\text{Te}_3$
мутманнит	$(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}$
монтбрейит	$\text{Au}_2\text{Te}_3$
нагиагит	$\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te}, \text{Sb})_4\text{S}_{5-s}$

Недостаточно изученные и сомнительные теллуриды

орюзит	$\text{Bi}_8\text{TeS}_4$
арсепотеллурит	$\text{As}_2\text{Te}_2\text{S}_7$

### СТРУКТУРА ТИПА ГЕССИТА

#### ГРУППА ГЕССИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
Гессит	$\text{Ag}_2\text{Te}$	Монокл.	8,09	4,48	8,96;	$123^\circ 20'$ 8,4

#### Гессит Hessonite



Впервые описан как «теллуристое серебро» из Заводинского м-ния на Рудном Алтае (Розе, 1830)<sup>1</sup>. Назван в честь профессора Петербургского горного ин-та Г. Н. Гесса, занимавшегося изучением этого минерала (Фрбель, 1843).

Синон. Заводинскит (Юо, 1841), ботезит (Врба, 1926), теллуристый серебряный блеск.

**Характ. выдел.** Тонкозернистый, плотный, в кристаллах.

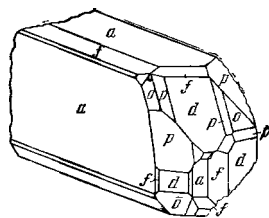
**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $^2 C_{2h}^5 - P2_1/c$ ;  $a_0 = 8,09$ ;  $b_0 = 4,48$ ;  $c_0 = 8,96 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 123^\circ 20'$ ;  $a_0 \cdot b_0 : c_0 = 1,806 : 1 : 2,000$ ;  $Z = 4$  (Фрю<sup>2а</sup>).

Отвечает низкотемпературной модификации  $\text{Ag}_2\text{Te}$ . Структура характеризуется атомами Ag двух типов:  $\text{Ag}_I$  окружены четырьмя Te по искаженному тетраэдру (среднее расстояние Ag—Te 2,95 Å),  $\text{Ag}_{II}$  имеют ближайшими 5 Te. Расстояния Te—Te не меньше 4,26 Å (Фрю)<sup>2а</sup>.

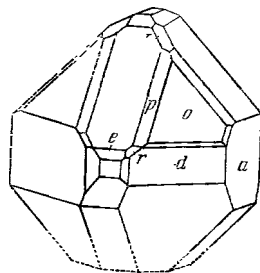
Вопрос о сингонии гессита поднимался неоднократно<sup>3,4</sup>; Фрю предполагает, что предыдущие исследователи имели дело с двойниковыми кристаллами.

Природные кристаллы псевдокубические, являются параморфозами моноклинного гессита по высокотемпературной кубической модификации.

Кристаллы обычно неправильного развития (фиг. 346), реже — изометрические, отвечающие по симметрии кубической сингонии (фиг. 347).



Фиг. 346. Кристалл гессита, вытянутый вдоль одного из ребер псевдокуба (Ботес) По Беке



Фиг. 347. Изометрический кристалл гессита (Ботес) По Беке

Формы (в куб. установке):  $a$  (100),  $d$  (110),  $o$  (111),  $g$  (320),  $e$  (210),  $f$  (310),  $\beta$  (322),  $n$  (211),  $m$  (311),  $r$  (332),  $p$  (221),  $\Gamma$  (552),  $q$  (331),  $\rho$  (441),  $s$  (321),

**Физ. Сп.** по (100) (в куб. установке) неясная. Изл. ровный. Режется пожом. Тв. 2—3. Уд. в. 8,24—8,45 (вычисл. 8,40). Более высокие значения измеренного уд. веса по сравнению с вычисленным обусловлены постоянным присутствием микроскопических включений самородного золота. Цв. от свинцово-серого до стально-серого. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей—43, для оранжевых — 40, для красных—42. Двухотражение в воздухе часто едва заметно, в иммерсии отчетливое, от слабо-коричневатого до сиренево-розоватого. Ясно анизотропен с цветным эффектом от темно-оранжевого до темно-синего. Под микр. видны двойниковые пластинки. Известны мирмекиновые сращения гессита с сильванитом.

**Хим.** Теор. состав: Ag — 62,86; Te — 37,14. Содержит включения Au.

**Анализы:**

	1	2	3	4	5	6	7
Ag	62,42	62,32	62,80	63,29	62,57	62,45	61,16
Au	—	—	—	—	—	0,20	—
Pb	—	—	—	—	—	—	1,90
Fe	0,24	0,50	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	0,30	—	—	—
Te	36,96	36,89	35,80	36,32	37,13	37,06	36,11
Проч.	—	—	1,24*	—	—	—	[0,83]**
Сумма	99,62	99,71	99,84	99,91	99,70	99,71	100,00
Уд. в.	8,412	8,565	8,0	—	—	—	8,14

\* CaO—0,34; MgO—0,10; FeO—0,80.

\*\* S, Fe, Zn.

1 и 2—Заводинское м-ние; анал. Розе<sup>1</sup>; 3 и 4—р. Хорогоч; 3—анал. Белоусов<sup>5</sup> (S и Se не обнаружены); 4—анал. Ненадкевич<sup>5</sup>; 5—6—Красный ключ; анал. Подвальная<sup>6</sup>; 7—Сан-Себастьян; анал. Хилебранд<sup>7</sup>.

**Диagn. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>. При растворении в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> раствор окрашивается в малиновый цвет. В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> быстро бурет. Отношение к растворителям гессита из разных месторождений несколько варьирует<sup>8</sup>. HCl (1 : 1), HgCl<sub>2</sub>, KCN иногда не действуют, иногда вызывают побурение; от FeCl<sub>3</sub> призирует; KOH не действует.

**П. п. тр.** плавится, окрашивая пламя в бледно-зеленый цвет. При прокаливании на угле дает черный королек, который после обработки в восст. пламени и охлаждения покрывается дендритами Ag; с содой дает королек Ag. В откр. тр. — белый налет TeO<sub>2</sub>.

**Повед. при нагр.** Плавится при 955—959°. При нагревании спайность часто становится более отчетливой. При 155° переходит в изотропную (кубическую) модификацию Ag<sub>2</sub>Te.

**Нахожд.** Встречается в некоторых гидротермальных (средне- и низкотемпературных), богатых теллуридами сереброносных жилах и в свинцово-цинковых месторождениях; иногда в очень малых количествах обнаруживается в колчеданных месторождениях. Ассоциируется с другими теллуридами золота и серебра, самородным золотом, пиритом, галенитом, блеклой рудой и другими минералами. Отмечено замещение гесситом креннерита. В СССР<sup>9</sup> совместно с пиритом, халькопиритом, сфалеритом, алтанитом и др. встречен в Заводинском месторождении на Рудном Алтае (Каз. ССР), где вес его скопления достигал 200 кг; в виде очень мелких зерен, преимущественно в галените, наблюдался в других месторождениях Рудного Алтая<sup>8</sup>, в виде окатанных кристаллов и галек — в россыпях ключа Красного (Бурятская АССР)<sup>10,11</sup>; обнаружен в золотоносных россыпях р. Хорогоч (бассейн р. Амазар в Читинской обл.). Установлен в месторождениях Сан-Себастьян (Мексика), Калаверас и Невада-Сити (шт. Калифорния, США), Калгурли (Зап. Австралия), Сэкэрьюмб (б. Нагиаг) и Ботес (Румыния), Кокимбо (Чили), Садбери (Канада) и др.

**Измен.** Замещается золотом.

**Искусств.** Получается путем пропуска пара Te в смеси с N над нагретым Ag, а также сплавлением составных частей. Наиболее новые данные по синтезу принадлежат Роулэнду и Бери<sup>2</sup>: получен из водных щелочных растворов в автоклаве при 350—490°.

**Практ. знач.** При достаточных содержаниях в рудах может служить для получения теллура или серебра.

**Отлич.** В полир. шл. от арсентита отличается более сильной анизотропией и коричневатым оттенком в иммерсии. От некоторых теллуридов (эмпрессита, петцита) в полир. шл. достоверно не отличим.

Межплоскостные расстояния искусственного  $\text{Ag}_2\text{Te}^2$   
Си-антикатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	011	1	7,14	17		1	1,926
2	330; 060	1	4,53	18		1	1,845
3	002	1	3,74	19		1	1,824
4	202; 071; 132	1	3,40	20		1	1,771
5	510; 271	2	3,19	21		1	1,734
6	152; 501	6	3,01	22		1	1,695
7	062	8	2,87	23		1	1,600
8	550; 402	1	2,80	24		1	1,585
9	600; 422; 352	1	2,69	25		1	1,544
10	570; 512; 123	1	2,45	26		2	1,447
11	710; 660	10	2,31	27		4	1,389
12	323; 730; 552	7	2,25	28		1	1,341
13	602; 253	2	2,20	29		2	1,305
14	392; 413; 750	6	2,14	30		1	1,278
15	1.11.2	1	2,01	31		1	1,247
16		1	1,957	32		1	1,192

Л и т е р а т у р а

1. Rose G. Ann. Phys., 1830, 18, 64; Горн. журн., 1830. 3, № 7, 15.
2. Rowland H., Berry L. G. Am. Min., 1951, 36, No 5—6, 471.
- 2a. Frueh A. J. Zs. Krist., 1959, 112, 44.
3. Tokody L. Zs. Krist., 1932, 82, 155; 1934, 89, 416.
4. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 354.
5. Ненадкевич К. А. ДАН СССР, 1926, А, 139.
6. Негурей Е. П., Земель В. К. Проблемы советской геологии, 1937, № 1, 62.
7. Hillebrand W. F. Am. J. Sci., 1899, 8, 298.
8. Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 131.
9. Боршанская С. С., Доломанова Е. И. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 565.
10. Соболевский В. И. Советская геология, 1939, № 45, 95.
11. Ли А. Ф. Зап. Всес. мин. о-ва, 1957, 86, № 1, 40.

СТРУКТУРА ТИПА ВЕЙССИТА

ГРУППА ВЕЙССИТА

Вейссит  $\text{Cu}_2\text{Te}$  Псевдокуб.  $a_0$  7,23 Уд. в. 6

Вейссит Weissite

$\text{Cu}_2\text{Te}$

Назван по имени Л. Вейса, бывш. владельца р-ка Гуд-Хоуп (Кроуфорд, 1927)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Сплошной, в мелких выделениях.

**Структ. и морф. крист.** Псевдокубический.  $a_0=7,23 \text{ \AA}$ ;  $Z=8$  (Томпсон)<sup>2</sup>.

Искусств.  $\text{Cu}_2\text{Te}$  гексаг с.  $D_{6h}^1$  —  $P6/mmm$ ;  $a_0=4,246$ ;  $c_0=7,289 \text{ \AA}$ ;  $Z=2$ ;  $a_0:c_0=1:1,717$  (Новотный, Цеман, 1950)<sup>3</sup>.

Структура типа гексагонального  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Атомы Те образуют трехгранные призмы, внутри которых размещаются пары из атомов Си по мотиву: слой

призм заполнен — слой пустой. В результате возникает структура, переходная от слоистой к координационной. Слои гофрированные<sup>3,4</sup>.

**Физ.** Сп. нет. Изл. неровный. Тв. 3. Уд. в. 6. Цв. на свежем изломе темный, синевато-черный, на несвежем изломе до черного. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. светло-серый с голубоватым оттенком. Отраж. снос., по Волыньскому, около 28%, по данным Мозеса, измеренная с фотоэлементом, — 31,8%. Двухотражение заметное. Ясно анизотропен.

**Хим.** Теор. состав для  $\text{Cu}_2\text{Te}$  (формула Томпсона): Cu — 49,91; Te — 50,09. Кроуфорд вывел формулу  $\text{Cu}_5\text{Te}_3$  (теор. состав: Cu—45,36; Te—54,64). Состав вейссита из Колорадо<sup>1</sup>: Cu — 45,84; Te — 53,97; сумма — 99,81.

**Диагн. исп.** От  $\text{HNO}_3$  вскипает и бурет; от HCl,  $\text{HgCl}_2$ , KCN становится светло-бурым, от  $\text{FeCl}_3$ —бурым, от KOH — слегка светло-бурым.

**Повед. при нагр.** Т-ра плавления искусственного  $\text{Cu}_2\text{Te}$  880°.

**Находж.** Условия образования изучены недостаточно. Встречается очень редко. В золотоносных кварцевых жилах в р-ках Гуд-Хоуп и Мамот-Чимни (шт. Колорадо, США) наблюдается в ассоциации с пиритом, теллуrom, силванитом, пеццитом, риккардитом. Кроме того, обнаружен в р-ках Тэйн (Хоккайдо, Япония) и Глава (Вермланд, Швеция).

**Искусств.** Получен при пропускании под давлением  $\text{H}_2\text{Te}$  над кристаллической  $\text{CuCl}$ ; при спрессовывании порошков Cu и Te получен в смеси с риккардитом<sup>5</sup>. В системе Cu — Te получается соединение  $\text{Cu}_2\text{Te}$ , которое в виде твердого раствора может содержать до 5% Te<sup>6</sup>.

#### Межплоскостные расстояния искусственного $\text{Cu}_2\text{Te}$ (по Котовичу)

Cu-антикатод,  $D=57,29$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	200	10	3,612	3,260	19	7	7,444	(1,301)	
2	210	5	3,242	2,926	20	510	4дв	1,413	(1,276)
3		1р	2,745	2,477	21		1р	1,364	1,231
4	220	5	2,559	2,310	22	520	7	1,338	(1,208)
5	300	2р	2,398	2,164	23		1	(1,315)	1,187
6		3р,ш	(2,301)	2,077	24	440	1	1,276	1,152
7		5	(2,214)	1,999	25		1дв	(1,260)	1,138
8	311	3	2,174	1,962	26	600	1р	1,202	1,085
9	222	9	2,084	(1,881)	27	610	6	1,185	(1,070)
10	320	10	1,994	(1,838)	28	620	6	1,139	(1,028)
11	400	6	1,806	1,630	29	621	1	1,122	1,013
12	610	2	1,753	1,582	30	541	1р	1,084	0,978
13	420	3р,дв	1,613	1,456	31	444	1р	1,043	0,941
14		2р	(1,597)	1,441	32		2р	0,999	0,901
15		1р	(1,567)	1,414	33	72Q	2р	0,991	0,894
16	332	1р	1,538	1,388	34	650	3р,ш	0,923	0,833
17		1р	1,509	1,362	35	832	3р,ш	0,820	0,830
18		1р	(1,481)	1,337					

#### Л и т е р а т у р а

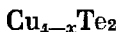
1. Crawford W. P. Am. J. Sci., 1927, 13, 345.
2. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 357.
3. Nowotny H., Zemanu J. Anzeig. Österrh. Akad. Wiss., Math.-nat. Kl., 1950, 315.
4. Бокый Г. Б. Введение в кристаллохимию. Изд. МГУ, 1954, 378.
5. Molé R. Ann. Chim., 1954, 9, 145; Hoscart R., Molé R. C. R., Paris, 1952, 234, No 1, 141.
6. Фогман S. A., Реасоск M. A. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 443.

## СТРУКТУРА ТИПА РИККАРДИТА

## ГРУППА РИККАРДИТА

Риккардит  $\text{Cu}_{4-x}\text{Te}_2$  Тетраг. с.  $a_0$  3,98,  $c_0$  6,12. Уд. в. 7,54

## Риккардит Rickardite



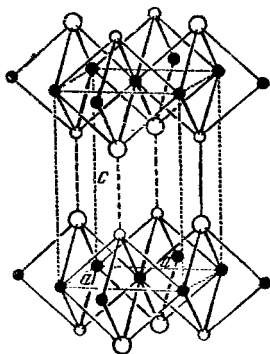
Назван по имени горного инженера Т. Риккарда, редактора Engineering and Mining Journal (Форд, 1903) <sup>1</sup>.

Синон. Санфордит (Ores and Metals, 1903).

**Характ. выдел.** Сплошной; в виде мелких выделений. Кристаллы не наблюдались.

**Структ. и морф. крист.** Тетраг. с.  $D_{4h}^2 - P4/nmm$ ;  $a_0 = 3,98$ ;  $c_0 = 6,12 \text{ \AA}$ ;  $a_0 : c_0 = 1 : 1,54$ ;  $Z = 1$  (Формэн и Пикок) <sup>2</sup>.

Структура слоистого типа, дефектная: не все положения Cu заняты (фиг. 348). Слои с плотнейшей упаковкой атомов сравнительно слабо связаны в вертикальном направлении из-за отсутствия части атомов Cu; это обуславливает спайность по (001) <sup>2</sup>.



Фиг. 348. Структура риккардита

Маленькие черные кружки показывают полностью занятые положения атомов Cu, маленькие белые кружки — частично занятые положения; большие белые кружки — Te

**Физ.** Сп. по (001). Изл. неровный. Хрупок. Тв.  $3\frac{1}{2}$ . Уд. в. 7,54. Цв. на свежем изломе пурпурно-красный, напоминает цвет поверхности борнита с побежалостью. Быстро тускнеет. Изменяет цвет, как умангит. Черта красная. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. <sup>3</sup> в отраж. св. пурпурно-красный. Отраж. спос. (в %):  $R_o - 20$ ,  $R_e - 14$ . Сильное двуотражение — от пурпурно-красного до фиолетово-серого. Анизотропия исключительно сильная с цветным эффектом от канареечно-желтого до коричнево-красного.

**Хим.** Формула дана Формэном и Пикоком <sup>2</sup> с учетом дефектности структуры. По Форду <sup>1</sup> —  $\text{Cu}_4\text{Te}_2$  (теор. состав: Cu — 39,91; Te — 60,09), по Томпсону <sup>4</sup> —  $\text{Cu}_3\text{Te}_2$  (Cu — 42,77; Te — 57,23). Состав риккардита из Гуд-Хоупа (анал. Форд) <sup>1</sup>: Cu — 40,74; Te — 59,21; сумма — 99,95.

**Диагн. исп.** Растворим в  $\text{HNO}_3$ . Горячую  $\text{H}_2\text{SO}_4$  окрашивает в малиновый цвет.

В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  чернеет со вскипанием, от  $\text{HCl}$  становится серым до бурого, от  $\text{KCN}$  слегка сереет, от  $\text{FeCl}_3$  сереет или буреет, от  $\text{KOH}$  — радужная (до черной) побежалость, от  $\text{HgCl}_2$  — красноватая побежалость.

П. п. тр. сплавляется в хрупкий шарик.

**Находк.** Встречается с другими теллуридами в медных сульфидных рудах и в золотоносных кварцевых жилах. Частью образуется в зоне цементации в результате действия медьсодержащих растворов на теллуриды золота. В некоторых рудах наблюдаются структуры замещения риккардитом самородного теллура, халькозина, мелонита. Найден в пиритовых жилах р-ка Гуд-Хоуп (шт. Колорадо, США) в линзообразных массах в тесной ассоциации с самородным теллуrom, петцитом, бертьеритом, антимонитом. В Намакваланде в Юго-Зап. Африке встречается в составе относительно высокотемпературных борнитовых руд. Обнаружен также в р-ке Эмпресс-Джозефин (шт. Колорадо, США), в Калгурли (Зап. Австралия), в нескольких месторождениях Японии и в ряде других мест.

**Изм.** Замещается вейсцитом.

**Искусств.** Получен<sup>2</sup> сплавлением в вакууме порошков Си и Те в отношении Си : Те = 4 : 3; в смеси с вейсцитом получен в результате спрессовывания порошков Си и Те<sup>5</sup>.

**Отл.** Легко отличим в полир. пл. благодаря характерным оптическим свойствам.

Межплоскостные расстояния риккардита из р-ка Гуд-Хоуп<sup>4</sup>  
Си-антикатор, Ni-фильтр.  $D=57,3$  мм

№	<i>hkl</i> *	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i> *	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	001	0,5	6,05	13	004	1	1,528
2	101	6	3,35	14	104	2	1,421
3	002	1	3,03	15	220	2	1,404
4	110	2	2,81	16	114	1	1,339
5	111	4	2,54	17	301	0,5	1,292
6	102	0,5	2,42	18	310	0,5	1,254
7	112	10	2,07	19	311	0,5	1,229
8	003	1	2,05	20	204	0,5	1,209
9	200	4	1,984	21	214; 312	3	1,156
10	103	1	1,816	22	303	1	1,121
11	211	2	1,703	23	313	1	1,083
12	202	0,5	1,665	24	224	0,5	1,034

\* Индексировано Михеевым.

### Л и т е р а т у р а

1. Ford W. E. Am. J. Sci., 1903, 15, 69.
2. Forman S. A., Peacock M. A. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 441.
3. Ramdohr P. Cbl. Min., 1937, A, Nr 7, 193.
4. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 358.
5. Molé R. Ann. chim., 1954, 9, 145; Носарт R., Molé R. C. R., Paris, 1952, 234, No 1, 111.

## СТРУКТУРА ТИПА ГАЛИТА

### ГРУППА АЛТАИТА

Алтайт РbTe Куб. с.  $a_0$  6,45 Уд. в. 8,2

### Алтайт Altaite

#### RbTe

Впервые описан Розе<sup>1</sup> как «теллурид свинца» из окрестностей Заводинского м-ния (Алтай): назван по району находки (Хайлингер, 1845).

**Синон.** Теллуристый свинец (Розе, 1830), элазмозин (Юо, 1841). Генриит (Эндлех, 1874) — смесь алтайта с пиритом.

**Характ. выдел.** Обычно сплошной, редко в кристаллах, также в виде мелких зерен.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O_h^2 - Fm\bar{3}m$ ;  $a_0=6,452$  Å;  $Z=4$  (Томпсон)<sup>2</sup>. Структурный тип NaCl — MgO — PbS. Гексоктаэдр. кл. Кристаллы в виде кубов и октаэдров. Наблюдались формы (100), (111), (322).

**Физ.** Сп. совершенная по (100). Изл. неровный до раковистого. Хрупок. Тв. 3. Уд. в. 8,19 (вычисл. 8,274). Цв. оловянно-белый с желтоватым оттенком, нередко бронзовая побежалость. Черта черная. Бл. металлический. Непрозрачен.

Обладает детекторными свойствами.

**Микр.** В отраж. св. белый. Отраж. спос. очень высокая (в %): для зеленых лучей 61, для оранжевых — 55, для красных — 52. Изотропен. Иногда образует микремкитовые сростания с креннеритом.



Хим. Теор. состав: Pb — 61,91; Te — 38,09. Небольшие количества Ag, Au, Cu и Fe содержатся, по-видимому, в виде примесей.

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	—	0,01	0,20	—
Ag	1,28	0,43	—	—
Au	—	0,02	—	—
Pb	60,35	61,33	61,26	60,17
Fe	—	0,13	0,64	0,69
S	—	—	0,29	—
Se	—	0,08	—	—
Te	38,37	38,43	36,84	37,55
H. o.	—	—	0,46	1,93
Сумма	100,00	100,43	99,69	100,34
Уд. в.	8,158	8,223	8,19	—

1 — Алтай; анал. Розе<sup>1</sup>; 2 — Калгурли<sup>2</sup>; 3 — Лейк-Шор; оригинал рентг. исследования; анал. Рикэби<sup>2</sup>; 4 — Стэнижа; анал. Грассели<sup>4</sup>.

**Диагн. исп.** Полностью растворяется в HNO<sub>3</sub> при нагревании, окрашивает горячий раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в малиновый цвет. При охлаждении окраска исчезает, при подогревании появляется вновь.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> вскипает и темнеет, от HCl тускнеет, от FeCl<sub>3</sub> буреет, иризирует. KCN, HgCl<sub>2</sub> и KOH не действуют.

П. п. тр. плавится и, если не содержит примесей, полностью улетучивается, окрашивая восст. пл. в голубой цвет; около пробы образуется блестящий налет теллуристого свинца с коричнево-желтой каймой. В откр. тр. дает налет TeO<sub>2</sub>.

**Повед. при нагре.** Т-ра плавл. 820—850°.

**Нахожд.** До широкого применения минерографического метода исследования алтаит считался редким, так как он лишь иногда образует значительные скопления. Минерографическими исследованиями обнаруживается довольно часто, но в малых количествах<sup>5</sup>. В СССР<sup>6</sup>, кроме известного Заводинского месторождений на Рудном Алтае<sup>7</sup>, обнаружен в ряде колчеданных и свинцово-цинковых месторождений Урала, Алтая, Кавказа<sup>8</sup> и в некоторых золоторудных месторождениях. В свинцово-цинковых рудах преимущественно ассоциируется с галенитом. В месторождении Степняк (Каз. ССР) алтаит ассоциируется с самородным золотом, самородным серебром, аргентитом, риккардитом, гесситом, блеклой рудой, борнитом, пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и другими минералами. В кварцево-пирротиновых рудах месторождений типа Ольховского (Хакасская авт. обл.) алтаит наблюдается в ассоциации с пирротином, пиритом, халькопиритом. В значительных количествах встречается в Голд-Хилле (Колорадо, США) и в Калгурли (Зап. Австралия)<sup>3</sup> в ассоциации с другими теллуридами, пиритом, сидеритом и кварцем. Отмечено также наличие алтаита в р-ке Лейк-Шор (Канада), месторождении Стэнижа (Румыния)<sup>4</sup> и ряде других месторождений.

**Изм.** При начальном выветривании имеет желтоватый оттенок и сохраняет металлический блеск. При более значительном выветривании приобретает буровато-черный цвет и смолистый блеск. При окислении иногда переходит в данхемит.

**Искусств.** Получается сплавлением составных частей в атмосфере азота.

**Отл.** От сходного в полир. пл. галенита отличается значительно более высокой отраж. способностью, отсутствием треугольных выкрашивания. От очень сходного самородного теллура, встречающегося совместно с алтаитом,

а также от самородной сурьмы и дискразита отличается изотропностью (от последних — и по парагенезису).

Межплоскостные расстояния алтаита из р-ка Лейк-Шор<sup>2</sup>  
Си-антикатод, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	1	3,73	8	422	4	1,311
2	200	10	3,22	9	440	1	1,136
3	220	8	2,28	10	600; 442	2	1,070
4	311	1	1,928	11	620	2	1,017
5	222	3	1,854	12	622	2	0,968
6	400	2	1,606	13	640	1	0,894
7	420	5	1,439	14	642	2	0,860

#### Л и т е р а т у р а

1. Rose G. Min.-Geognostische Reisen nach d. Ural, 1837, 1, 617a.
2. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 361.
3. Simpson E. S. Western Austr. Geol. Surv. Bull., 1912, No 42, 94.
4. Koch S., Grassely G. Acta Min. Petr. Szeged, 1950, 4, 47.
5. Волынский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом. 1949, 26.
6. Боршанская С. С., Доломанова Е. И. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 578.
7. Филипенко П. П. Минералогия Западного Алтая. Изв. Томск. ун-та, 1915, 62, 367; Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полуметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН Каз. ССР, 1957, 1, 456.
8. Хачатурян Э. А. ДАН Арм. ССР, 1958, 26, № 3, 177.

### СТРУКТУРА ТИПА СФАЛЕРИТА

#### ГРУППА КОЛОРАДОИТА

Колорадоит HgTe. Куб. с.  $a_0$  6,45 Уд. в. 8,10

#### Колорадоит Coloradoite

HgTe

Назван по местности (Гент, 1877).

Синон. Теллуристая ртуть. Смесь колорадоита и петцита была описана под названием калгурлита (Питмен, 1898).

**Характ. выдел.** Сплошные зернистые массы. Кристаллы неизвестны.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $T_d^2 - F\bar{4}3m$ ;  $a_0 = 6,453$  Å;  $Z = 4$  (Томпсон)<sup>1</sup>.

**Физ.** Сп. нет. Хрупок. Изл. неровный. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 8,10. Цв. железно-черный. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый с розовато-серым оттенком. Отраж. спос., измеренная с фотоэлементом, по Фолипсби, — 37,7%. Изотропен.

**Хим.** Теор. состав: — 61,14; Te — 38,86.

**Анализы:**

	Hg	Te	Pb	Н.о.	Сумма
1.	60,95	39,38	—	—	100,33
2.	61,62	38,43	—	—	100,05
3.	58,55	39,10	1,60	0,25	99,50

1 — Калгурли; анал. Спенсер<sup>2</sup>; 2 — Калгурли; анал. Симпсон<sup>3</sup>; 3 — Лейк-Шор; содержит небольшую примесь алтаита; анал. Рикэби<sup>1</sup>.

**Диагн. исп.** Растворим в кипящей  $\text{HNO}_3$  с выделением теллуристых кислот. В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  и  $\text{FeCl}_3$  буреет, затем иризирует. Остальные реактивы не действуют.

**П. п. тр.** улетучивается, окрашивая пламя в бледно-зеленый цвет. В закр. тр. растрескивается, плавится и дает палеты  $\text{Te}$ ,  $\text{Hg}$  и  $\text{TeO}_2$ .

**Нахожд.** Встречен в золоторудном месторождении Калгурли (Зап. Австралия)<sup>3</sup> с теллуридами  $\text{Au}$  и  $\text{Ag}$ , турмалином и магнетитом, в золотоносных кварцевых жилах шт. Колорадо (США), в р-ках Лейк-Шор, Тобурн и др., в пров. Онтарио (Канада), в золотоносных кварцевых жилах около Иловы (Чехословакия)<sup>4</sup>.

**Искусств.** Получен сплавлением в вакууме  $\text{Hg}$  и  $\text{Te}^5$ .

**Отл.** В полир. пл. определяется с трудом. Особенно сходен с пецитом, но последний слабо анизотропен.

Межплоскостные расстояния колорадонита из р-ка Тобурн<sup>1</sup>  
Cu-анткатод, Ni-фильтр,  $D = 57,3$  мм

№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	111	10	3,73	9	440	1	1,138
2	200	1	3,22	10	531	3	1,087
3	220	9	2,28	11	620	1	1,047
4	311	7	1,943	12	533	0,5	0,982
5	400	2	1,611	13	444	0,5	0,928
6	331	3	1,479	14	711; 551	1	0,903
7	422	4	1,314	15	642	2	0,860
8	511; 333	3	1,240	16	731; 553	1	0,839

#### Л и т е р а т у р а

1. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 363.
2. Spencer L. J. Min. Mag., 1903, 13, 368.
3. Simpson E. S. West. Austr. Geol. Surv. Bull., 1912, No 42, 97.
4. Morávek P. Časop. min. geol., 1957, 2, № 1, 31.
5. Thompson R. M. Am. Min., 1948, 33, No 3—4, 209.

### СТРУКТУРА ТИПА ТЕТРАДИМИТА

#### ГРУППА ТЕЛЛУРОВИСМУТИТА

	Сингония	$a_h$	$c_h$	Уд. в.	
Хедлит	$\text{Bi}_7\text{Te}_3$	Триг.	4,47	119,04	8,9
Жозеит А	$\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{4-x}\text{S}_2$	Триг.	4,25	39,77	8,2
Жозеит В	$\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{2-x}\text{S}$	Триг.	4,34	40,83	8,3
[Грюнлинцит]	$\text{Bi}_4\text{TeS}_8$	?	—	—	8,15
Верлит	$\text{Bi}_{2+x}\text{Te}_{3-x}^2$	Триг.	4,43	29,91	8,4
Теллуровисмутит	$\text{Bi}_2\text{Te}_3$	Триг.	4,38	30,45	7,8
Тетрадимит	$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$	Триг.	4,33	30,07	7,2
[Чикловаит]	$\text{Bi}_2\text{TeS}_2$	?	—	—	—

#### Хедлит Hedleyite



Назван по местности (Уорен, Пикок, 1945)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Пластинки (шириной до 6 мм и толщиной до 1 мм).  
**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 39,76 \text{ \AA}$ ;

$\alpha = 6^{\circ}26'$ ;  $Z = 2$ ;  $a_h = 4,47$ ;  $c_h = 119,04 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 26,64$ ;  $Z = 6$  (Уорен, Пикок)<sup>1</sup>.

**Физ. Сп.** по (0001). Легко раскалывается на гибкие и упругие пластинки. Тв. 2. Уд. в. 8,91 (вычисл. 8,93). Цв. оловянно-белый, наблюдается железо-черная побежалость. Бл. металлический, сильный.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Слабо анизотропен.

**Хим. Теор. состав:** Вi—79,26; Те—20,74. Состав минерала из Британской Колумбии<sup>1</sup>:

	Вi	Те	S	Сумма
1.	81,55	17,60	0,04	99,19
2.	80,60	18,52	0,12	99,24

**Диагн. исп.** В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  вскипает и быстро сереет.  $\text{FeCl}_3$  дает бурое (до радужного) пятно. Остальные реактивы не действуют.

**Нахожд.** Исключительно редок. Найден в р-ках Гуд-Хоуп и Хедли (Британская Колумбия, Канада) в кварцевых прожилках в гранат-пироксено-эпидотовом скарне вместе с висмутом, жозеитом, пирротином, арсениритом, золотом и кальцитом, а также в месторождении Апер-Баруэш-Крик (Юкон, Канада) в ассоциации с висмутом, молибденитом и саффлоритом<sup>2</sup>.

**Искусств.**  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и Вi образуют эвтектику; между эвтектической смесью и  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  существует несколько фаз, представляющих твердые растворы Вi в  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ; одна из таких фаз отвечает хедлииту.

#### Межплоскостные расстояния хедлиита<sup>1</sup>

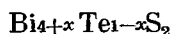
Си-анткатод, Ni-фильтр,  $D=57,3 \text{ мм}$

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1		1	4,38	8	02 $\bar{2}$ 1	3	1,840
2	10 $\bar{1}$ 1 $\beta$	0,5	3,26	9	20 $\bar{2}$ 2	4	1,621
3	10 $\bar{1}$ 1	10	3,25	10	11 $\bar{2}$ 3	4	1,480
4	01 $\bar{1}$ 2	5	2,36	11	21 $\bar{3}$ 1	3	1,449
5	11 $\bar{2}$ 0	4	2,23	12	10 $\bar{1}$ 4	2	1,389
6		1	2,11	13	12 $\bar{3}$ 2	2	1,308
7	0003	3	1,984	14	30 $\bar{3}$ 0	1	1,288

#### Л и т е р а т у р а

- Warren H. V., Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1945, 49, 55.
- Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 364; 1951, 36, No 5—6, 505.

### Жозеит А Joseite A



На основе рентгеновского изучения установлены две разновидности жозеита — А и В, различающиеся, по-видимому, по уд. весу и незначительно — по составу<sup>1,2,3</sup>.

Назван по месту Сан-Жозе в Бразилии (Кенгот, 1853).

Синон. Борнит (Хаусман, 1852), борнит (Дюфренуа, 1856).

**Характ. выдел.** Агрегаты пластинок.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 13,48 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 18^{\circ}08'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 4,25$ ;  $c_h = 39,77 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 9,36$ ;  $Z = 3$  (Пикок)<sup>1,2</sup>.

Структура слоистая. В отличие от тетрадимита, в слоистой решетке имеется 21 слой.

Физ. Сп. в одном направлении совершенная. Тв. 2. Гибок. Данные по уд. весу расходятся (см. при анализах): по Фронделу — 8,18 (Дана, 1944) (вычисл. — 8,2 при  $x=0$ ). Цв. серебрино-белый, наблюдается свинцово-серая или радужная побелка. Бл. металлический.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. зеленовато-серый; в базальных сечениях изотропен, в других сечениях анизотропен.

Хим. Пикок<sup>2</sup> предложил формулу  $Vi_{4+x}Te_{1-x}S_2$ , где  $x=0-0,3$ . Теор. сост. для  $Vi_4TeS_2$  ( $x=0$ ): Vi — 81,34; S — 6,24; Te — 12,42. Анализы 4 и 5 ближе отвечают формуле  $Vi_3TeS$  с теор. составом: Vi — 79,70; S — 4,08; Te — 16,22.

Анализы:

	1	2	3	4	5
Vi	79,3	82,7	82,92	79,15	80,03
S	6,0	6,0	6,19	3,15	4,51
Se	—	—	Сл.	1,48	—
Te	12,2	12,0	9,16	15,93	15,43
Проч.	—	—	1,56*	—	—
Сумма	97,5	100,7	99,83	99,71	99,97
Уд. в.	8,6	—	7,74	7,93	7,66

\* Mn—0,77; Fe—0,47; в. о.—0,32.

1—2—ледник Галч: 1—анал. Форуорд<sup>3</sup>; 2—анал. Мин<sup>1</sup>; 3—Новый Южный Уэльс; 4—анал. Мингэй<sup>4</sup>; 4—Сан-Жозе (Дамур, 1845); 5—Беица Бихорулуй, среднее из двух анализов Грассели<sup>5</sup>.

Диagn. исп. В полир. пл. от  $HNO_3$  и  $HCl$  остается серое пятно.  $FeCl_3$ ,  $KCN$ ,  $KOH$ ,  $HgCl_2$  не действуют.

В откр. тр. выделяет немного S, затем белый дым  $TeO_2$ , иногда издает запах гнилой редьки (за счет Se), в нижней части трубки — палет  $Vi_2O_3$ .

Наход. Установлен в некоторых золоторудных месторождениях. Впервые найден в зернистом известняке Сан-Жозе (Бразилия); наблюдался у ледника Галч в Британской Колумбии (Канада), в Беица Бихорулуй (б. Рецбапья, Румыния), в Испании, в Новом Южном Уэльсе (Австралия).

Межплоскостные расстояния жозита А из Британской Колумбии<sup>2</sup>  
Си-антикатод

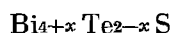
№	hkl	I*	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	0009	6	4,38	18	1.1.2.21	6	1,409
2	0112	6	3,61	19	2137	6	1,345
3	1017 $\beta$	1	3,09	20	1.1.2.24	4	1,302
4	0.0.0.12	4	3,30	21	1.2.3.14	6	1,246
5	1017	10	3,07	22	3030	1	1,221
6	0.1.1.11	6	2,57	23	2.1.3.16	6	1,210
7	0.1.1.14	8	2,24	24	3039	1	1,176
8	1120	8	2,11	25	1.1.2.33	1	1,044
9	1.0.1.16	4	2,05	26	3.0.3.21	4	1,026
10	0.1.1.17	4	1,967	27	1347	6	1,005
11	0.0.0.21	6	1,894	28	1.1.2.36	4	0,982
12	1.0.1.19	1	1,819	29	3.1.4.14	4	0,956
13	1.1.2.12	1	1,779	30	3.0.3.27	4	0,943
14	0227	6	1,774		2.1.3.31		
15	0.0.0.24		1,654	31	4047	6	0,907
16	1.0.1.22	1	1,616	32	3257	6	0,836
17	2.0.2.14	6	1,537	33	1.1.2.45	6	0,816

\* Перевод пятибалльной шкалы на десятибалльную:  $\tau\tau s=10$ ;  $s=8$ ;  $m=6$ ;  $w=4$ ;  $\tau w=1$

## Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A., Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 60.
2. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1941, No 46, 83.
3. Warren H. V., Davis P. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 110.
4. Mingay J. C. Rec. Geol. Surv. N. S. Wales, 1916, 9, 127.
5. Koch S., Grasselly J. Acta Min. Petr. Szeged., 1948, 2, 13 и 20.

## Жозеит В Joseite В



**Характ. выдел.** Листоватые агрегаты<sup>1</sup>.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 13,84 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 18^\circ 02'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 4,34$ ;  $c_h = 40,83 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 9,43$ ;  $Z = 3$  (Шюкк)<sup>2,3</sup>.

**Физ.** Физ. свойства жозеитов А и В из Британской Колумбии в основном одинаковы. Сп. жозеита В совершенная по (0001). Уд. в. 8,3 (вычисл. 8,39 при  $x = 0$ ). Цв. стально-серый. При раздавливании разделяется на отдельные листочки, гибкие, но не упругие.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый с большей отраж. способностью, чем у гессита. Ясно анизотропен с цветным эффектом от серого до темно-коричневого<sup>1</sup>. При скрещенных николях наблюдаются двойники.

**Хим.** Теор. состав для  $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$  ( $x = 0$ ): Bi — 74,4; S — 2,9; Te — 22,7. Состав минерала из района ледника Галч (анал. Форуорд)<sup>4</sup>: Pb — 0,68; Fe — 0,52; Bi — 75,14; S — 3,64; Te — 19,25; н. о. — 0,30; сумма 99,53.

**Находж.** В Канаде встречен у ледника Галч и в р-ке Гуд-Хоуп. В СССР наблюдался в россыпи ключа Красного в Бурятской АССР<sup>1</sup>.

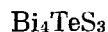
Межплоскостные расстояния жозеита В из ключа Красного<sup>1</sup>  
Си-антикатод,  $D. - 57,6 \text{ мм}$

№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$	№	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	$\frac{d_\beta}{n}$
1	2	3,70	3,34	11	3	1,773	1,600
2	2	3,50	3,16	12	1	1,659	1,498
3	10	3,45	2,845	13	1	1,616	1,458
4	2	2,80	2,529	14	2	1,571	1,420
5	1	2,63	2,375	15	2	1,452	1,311
6	4	2,33	2,102	16	3	1,364	1,232
7	6	2,45	1,941	17	1	1,329	1,198
8	1	2,058	1,858	18	2	1,309	1,182
9	3	1,957	1,767	19	1	1,270	1,146
10	1	1,853	1,673				

## Л и т е р а т у р а

1. Ли А. Ф. Зап. Всес. мин. о-ва, 1957, 86, № 1, 40.
2. Peacock M. A., Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 60.
3. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1941, No 46, 83.
4. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 367.

## Грюнлингит Gruenlingite



Назван по имени Ф. Грюнлинга, хранителя минералогической коллекции в Мюнхенском университете (Мутман, Шрёдер, 1897)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Пластинчатые массы.

**Физ.** Сп. совершенная в одном направлении. Иногда на плоскостях спайности треугольная сеть штриховки (результат меха-

нической деформации). Гибок. Тв. 2. Уд. в. по Пикоку<sup>2</sup> — 8,15; Кох<sup>3</sup> указывает 8,34, Фрондел (по Дана, 1944) — 8,08. Цв. стально-серый с темной или радужной побежалостью. Черта темно-серая. Бл. металлический.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. спос. высокая. В сечениях, перпендикулярных оси *c*, изотропен, в других сечениях анизотропен с розовато-коричневыми и темно-коричнево-серыми цветными эффектами. Иногда наблюдаются веретенообразные формы.

**Хим.** Теор. состав: Bi — 78,89; S — 9,08; Te — 12,03. Состав грюнлингита из месторождения Беица Бихорулуй (анал. Грассели)<sup>3</sup>:

	Bi	S	Se	Te	Сумма
1.	77,82	9,11	0,58	13,09	100,60
2.	78,22	8,24	1,17	12,45	100,08

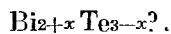
**Диагн. исп.** В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> вскипает, остается коричневое пятно с коричневой призирующей каймой. HCl не действует.

**Нахожд.** В Карок-Фел в Камберленде (Англия) встречен среди кварца в ассоциации с висмутином и самородным золотом. В Серралия де-ла-Ронда (Испания) входит в состав смеси, описанной первоначально под названием рубисита<sup>4,5</sup>. Наблюдался в гранатовом скарне месторождения Беица Бихорулуй (б. Рецбанья, Румыния)<sup>3</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

1. Muthmann W., Schröder E. Zs. Krist., 1897, 29, 145.
2. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 47.
3. Koch A., Grasselly J. Acta Min. Petr. Szeged., 1948, 2, 12 и 19.
4. de Rubies P. Anales Españ. Fis. Quim., 1920, 18, 335; 1921, 19, 367.
5. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1941, No 46, 83.

### Верлит Wehrlite



Назван по имени А. Верле, описавшего теллурид висмута из р-на г. Бавска Штявница в Чехословакии (Юо, 1841).

**Синон.** Молибденовое серебро (де Борн, 1790), зеркальный блеск (Брайтхаупт, 1830), пыльзит (Кенгот, 1853), бёржённит — börsönnyite (Пап, 1933).

**Характ. выдел.** Пластинчатые агрегаты. Напоминает тетрадимит.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 10,29 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 24^\circ 51'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 4,43$ ;  $c_h = 29,91 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 6,753$ ;  $Z = 3$  (Пикок)<sup>1</sup>.

**Физ.** Сп. совершенная в одном направлении. Тв. 2. Спайные пластинки гибки и слегка эластичны. Уд. в. 8,37—8,44. Цв. оловянно-белый. Бл. металлический.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый. Слабо анизотропен.

**Хим.** Состав точно не установлен.

Томпсон<sup>2</sup> рассматривает верлит как твердый раствор Bi в Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> и, следовательно, считает минерал разновидностью теллуровисмутита. По Строкаи<sup>3</sup>, верлит является смесью различных минералов.

#### Анализы:

	Ag	Bi	S	Te	Сумма	Уд. в.
1.	2,07	61,15	2,33	29,74	95,29	8,44
2.	0,48	70,02	1,33	28,52	100,35	—
3.	4,37	59,47	—	35,47	99,31	8,368

1 — 3 — Бёржённы: 1 — анал. Верле<sup>4</sup>; 2 и 3 — анал. Сип<sup>5</sup>ч<sup>5</sup>

**Диагн. исп.** В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> чернеет, от HCl становится серовато-бурым, от FeCl<sub>3</sub> — коричневым, радужным. KCN, KOH, HgCl<sub>2</sub> не действуют.

**Нахожд.** Встречается в ассоциации с другими теллуридами: гесситом, алтаитом, петцитом, а также с галенитом, халькопиритом, борнитом, пиритом и самородным золотом. Найден около Бёржёнъ (б. Дойч-Пильзен, Венгрия), а также в Британской Колумбии, Онтарио и Квебеке (Канада); в СССР — в Якутской АССР (хр. Черского) и, совместно с самородным висмутом, в шлихах из долины р. Визницы в Закарпатье<sup>6</sup>.

Межплоскостные расстояния верлита из Онтарио<sup>2</sup>  
Cu-антикатоид, Ni-фильтр

№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	<i>l</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	2	4,91	8	3	1,819	14	2	1,180
2	1	3,82	9	3	1,606	15	1	1,140
3	1	3,23	10	3	1,484	16	1	1,105
4	10	3,22	11	4	1,402	17	2	1,075
5	7	2,36	12	2	1,301	18	2	1,041
6	5	2,21	13	1	1,275	19	1	0,999
7	3	1,992						

*Л и т е р а т у р а*

1. Warren H. V., Peasock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1945, No 49, 55.
2. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 369.
3. Sztrókay K. Ann. Hist.-Nat. Musei Nation Hungar, 1946, 39, 75.
4. Wehrle A. Zs. Phys. Math., 1831, 9, 144.
5. Sirőez L., Zs. Krist., 1885, 11, 212.
6. Лесняк В. Ф., Гиллер Я. Л. Мин. сб. Львовск. геол. о-ва, 1959, № 13, 235.

**Теллуровисмутит Tellurobismuthite**



Назван по составу (Уэри, 1920).

Синон. Теллурбисмут, теллуристый висмут (Бальх, 1863), теллуру-висмутый блеск.

Разнов. Стибиотеллуровисмутит.

**Характ. выдел.** Пластинки и листоватые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$ ;  $a_{rh} = 10,46 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 24^\circ 11\frac{1}{2}'$ ;  $Z=1$ ;  $a_h = 4,384$ ;  $c_h = 30,45 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 6,94$ ;  $Z=0$  (Шикок<sup>1</sup> для искусств.);  $a_h = 4,39$ ;  $c_h = 30,7$  (Фрондел<sup>2</sup> для минерала из Уайтгорна).

Структура типа тетрадимита.

**Физ. Сп.** по (0001) совершенная. Тв. 2. Уд. в. 7,815 (вычисл. 7,86). Пластинки гибки, но не эластичны. Цв. свинцово-серый. Черта свинцово-серая. Бл. металлический, в свежем изломе сильный.

**Микр.** В полпр. шл. белый. Слабо анизотропен. Часто образует сростания с тетрадимитом или алтаитом.

**Хим. Теор. состав:** Bi — 52,09; Te — 47,91; часто содержит следы Se (анализы приведены на след. стр.).

**Диагн. исп.** Травится только  $\text{HNO}_3$  и  $\text{FeCl}_3$ .

**П. п. тр.** на угле плавится и полностью улетучивается. В откр. тр. дает белый дым  $\text{TeO}_2$ .

**Повед. при нагр.** Плавится при  $585^\circ$ .

**Нахожд.** Встречается в золотоносных кварцевых жилах вместе с другими минералами Те, самородным золотом и сульфидами. Обнаружен в США<sup>7</sup> — в р-ке Тельюрием (шт. Виргиния), в россыях Хайлэнда (шт. Монтана), в р-ке Литл-Милдред (шт. Нью-Мексико), в месторождении Уайтхорн (шт. Колорадо), наблюдался в р-ке Оя (Япония), в Бюлидене (Швеция), в месторождениях Британской Колумбии и Онтарио (Канада) и в других местах.



## Анализы:

	1	2	3	4	5	6
Sb	—	—	—	—	—	2,7
Bi	49,7	47,7	53,07	51,99	52,14	46,9
S	не обн.	не обн.	—	0,12	0,14	0,45
Se	—	—	сл.	—	0,20	—
Te	45,1	47,9	48,19	47,89	46,62	47,5
Н.о.	—	—	—	—	0,15	1,55
Сумма	94,8	95,6	101,26	100,00	99,47 *	99,10
Уд. в.	—	—	7,83	—	7,82	—

\* В том числе 0,22% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

1 и 2—Британская Колумбия; анал. Форуорд<sup>3</sup>; 1—Хантер-Майн; 2—Эшло-Майн; 3—р-к Тельюрием; анал. Гент<sup>4</sup>; 4—Оя; анал. Яги, 1936 (по Дана, 1944); 5—Уайтхорн; анал. Хилебранд<sup>5</sup>; 6—стибиотеллуровисмутит; Зодское м-ние; анал. Стукалова и Иваниц<sup>6</sup>.

Изм. При выветривании переходит в монтанит и висмутовые охры.

Искусств. Получен сплавлением в вакууме соответствующих формуле количеств Bi и Te<sup>8</sup>. Образуется в системе Bi—Te; растворимость Te в соединении Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> меньше 1%, растворимость Bi в Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> не установлена<sup>9</sup>.

Разнов. Стибиотеллуровисмутит (Магакьян, 1957)—зодит—zodite (Магакьян, 1956). Sb-содержащий<sup>6</sup>. Тонкие, гибкие, но не эластичные пластинки.  $a_h = 4,33$ ;  $c_h = 30,06 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 6,94$ . Тв. 1½—2 (пачкает бумагу). Цв. оловянно-белый. Бл. сильный металлический. В отраж. св. белый с кремовым оттенком. Отраж. спос. 60%. Анизотропен. Слабое двуотражение. Внутренних рефлексов нет. Таблички иногда изогнуты. Состав (анализ 6) отвечает формуле Bi<sub>10</sub>SbTe<sub>7</sub>. Растворяется в конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, окрашивая раствор при нагревании в пурпурный цвет. В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> (1 : 1) буреет, призирует; от FeCl<sub>3</sub> (20%) призирует.

Наблюдался в кварцевой жиле Зодского месторождения золота в верховьях р. Масрик (Басаргечарский р-н Арм. ССР) в тесной ассоциации с самородным золотом.

Межкюкостные расстояния теллуровисмутита  
из Британской Колумбии<sup>1</sup>

Си-антикарод, Ni-фильтр, D=57,3 мм

№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	2	5,05	13	1	1,568	25	2	1,118
2	1	3,77	14	5	1,486	26	1	1,092
3	10	3,21	15	1	1,450	27	3	1,072
4	1	2,69	16	3	1,410	28	4	1,045
5	8	2,37*	17	3	1,394	29	1	1,038
6	2	2,23	18	2	1,339	30	1	1,025
7	5	2,19	19	3	1,297	31	1	1,016
8	5	2,03	20	2	1,267	32	3	0,995
9	1	1,996	21	2	1,247	33	1	0,964
10	4	1,809	22	2	1,207	34	1	0,951
11	2	1,696	23	2	1,186	35	1	0,928
12	4	1,608	24	4	1,157	36	3	0,920

\* Харкорт приводит еще одну слабую линию с  $\frac{d_\alpha}{n} = 2,50$ .

## Л и т е р а т у р а

1. Peacock M. A., Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 67.
2. Frondel C. Am. J. Sci., 1940, 238.
3. Warren H. V., Davis P. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1940, No 44, 107.
4. Genth F. A. Am. J. Sci., 1855, 19, 16.
5. Hillebrand W. F. U. S. Geol. Surv. Bull., 1905, No 262, 57.
6. Магакьян И. Г. ДАН Арм. ССР, 1956, 23, № 5, 215; Зап. Всес. мин. о-ва, 1957, 86, № 3, 343.
7. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 367.
8. Thompson R. M. Am. Min., 1948, 33, No 3—4, 209.
9. Абрикосов Н. Х., Банкина В. Ф. Доклады совещания по исследованию диаграмм состояния. Изд. АН СССР, 1956, 27.

## Тетрадимит Tetradymite



Название происходит от греч. τετραδιμος (тетрадимос) — четырехкратный — по характерным для минерала четверникам (Хайдинггер, 1831). Впервые описан в 1790 г. Барном как соединение Вi и Мо, правильно определил его состав Розе в 1822 г.

Синон. Теллуристый висмут (Берцелиус, 1823), борни (Бедан, 1832), эвтомит (Хаусман, 1852), серно-теллуристый висмут (Рамельсберг, 1860), дафиллит (Честер, 1896). Под названием вандиестита (Пирс, 1898) или диестита (Кюменж, 1899) была описана смесь теллуровисмутита и гессита, под названием тапальпита или теллуrowисмутитового серебра (Монроу, 1869) — смесь тетрадимита, аргентита и гессита.

Характ. выдел. Обычно листоватые или зернистые агрегаты, отдельные пластинчатые выделения.

Структ. и морф. крист. Триг. с.  $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$  или  $D_3^7 - R32$ ;  $a_{rh} = 10,33 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 24^\circ 10'$ ;  $Z = 1$ ;  $a_h = 4,326$ ;  $c_h = 30,07 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 6,952$ ;  $Z = 3$  (Харкер)<sup>1</sup>.

Решетка типично слоистая с атомами одного рода в каждом слое; слои из атомов Те и S образуют плотнейшую упаковку — «тетрадимитовую», в октаэдрах которой атомы располагаются в следующем порядке: ...Te — Вi — S — Вi — Те... Те — Вi — S — Вi — Те... (фиг. 349). Атомы Вi находятся в координации 6, располагаясь по октаэдру среди трех Те с одной стороны и трех S — с другой. На период повторяемости с приходится 9 слоев «аннонов», проложенных шестью слоями из атомов Вi. Между атомами Те, не проложенными катионами Вi, — плоскости, по которым проявляется совершенная спайность.

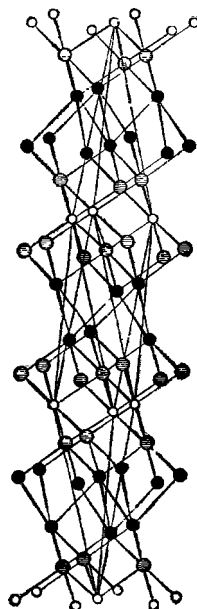
Тригон.-трапецоэдр. или тригон.-скаленоэдр. кл.;  $a : c = 1 : 6,952$  (Дана, 1944).

## Формы:

	φ	ρ		φ	ρ
c 0001	—	0°00	P 10 $\bar{1}$ 4	60°00'	63°30'
f 0 $\bar{1}$ 12	0°00'	76 00	r 10 $\bar{1}$ 1	60 00	82 54

Хайдинггером (1831) на основе измерения кристаллов из Жарновицы было выведено  $a : c = 1 : 1,5871$  (рентгеновские данные, принятые у Дана (1944), отличаются в 4 раза большим c).

Кристаллы ромбоэдрического облика (фиг. 350), несовершенные; на гранях ромбоэдров горизонтальная штриховка. Обычны четверники с плоскостью срастания (0 $\bar{1}$ 18) или (0 $\bar{1}$ 15) (фиг. 351).



Фиг. 349. Структура тетрадимита

Большие черные круги — Те, заштрихованные — Вi, малые — S

**Физ.** Сп. совершенная. Тв.  $1\frac{1}{2}$ —2. Уд. в. 7,2—7,3 (вычисл. 7,24). Пластины гибкие, но не эластичные. Цв. бледный стально-серый. Черта стально-серая. Бл. металлический. Побежалость тусклая или радужная. Непрозрачен.



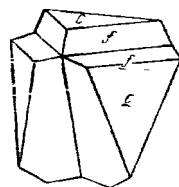
Фиг. 350.

Кристаллы тетрадимита (Жарновица)

По Хайдинггеру

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. белый со слабым желтоватым оттенком. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 48,5, для оранжевых — 48,0, для красных — 47,5 (по данным измерений с фотоэлементом, по Фолинсби, — 56,9%). Двуотражение очень слабое, наблюдаемое только в иммерсии. Анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Вi — 59,27; S — 4,55; Те — 36,18. Иногда содержит до 2% Se.



Фиг. 351. Кристалл тетрадимита (Жарновица)

По Хайдинггеру

**Анализы:**

	Cu	Au	Вi	S	Se	Те	Сумма	Уд. в.
1	0,48	—	59,15	4,45	—	35,57	99,65	—
2	сл.	—	59,44	4,24	Сл.	35,80	99,48	—
3	0,08	Сл.	60,21	4,36	—	35,18	99,83	—
4	0,19	Не опр.	59,32	4,42	—	34,66	98,59	7,22

1—Шилово-Исетское м-ние (Свердловской обл.); анал. Ненадкевич<sup>2</sup>; Фроловский р-к (Свердловской обл.); анал. Ненадкевич<sup>2</sup>; 3 и 4—Тояльмышское м-ние (Кирг. ССР); 3—анал. Гребнева<sup>3</sup>; 4—анал. Поваренных<sup>3</sup>.

**Диагн. исп.** Концентрированную горячую  $H_2SO_4$  окрашивает в характерный малиновый цвет. Легко растворим в  $HNO_3$  с выделением S.

В полир. пл. травится  $HNO_3$  со вскипанием и становится темно-коричневым.  $FeCl_3$  действует слабее, чем  $HNO_3$ , и выявляет структуру. Травится царской водкой и многосернистым аммонием.  $HCl$  действует не всегда.  $KOH$ ,  $KCN$  и  $HgCl_2$  не действуют.

**И. п. тр.** легко плавится и улетучивается, окрашивая восст. пл. в голубоватый цвет. С содой дает королек Вi, с  $KJ$  — красный налет  $ВiJ_3$ . В откр. тр. — белый налет  $TeO_2$ .

**Повед. при нагр.** Т-ра плавл.  $600^\circ$ .

**Нахожд.** Из теллуридов наиболее распространенный минерал, но крупных скоплений не образует. Встречается в гидротермальных жилах (преимущественно среднетемпературных), а также в некоторых контактово-метасоматических месторождениях. Является одним из наиболее высокотемпературных теллуридов. Особенно часто ассоциируется с другими теллуридами, золотом, пиритом, халькопиритом и галенитом.

В СССР<sup>4</sup> впервые был обнаружен на Урале Вернадским в 1907 г., проанализирован и описан Ненадкевичем<sup>2</sup> (Шилово-Исетский и Фроловский р-ки Свердловской обл.). Известен также в золотоносных кварцевых жилах Стешняга в Каз.ССР, в ряде мест на Алтае, в Кирг.ССР<sup>3</sup> и др.

В виде хорошо образованных сдвойникованных кристаллов встречен в Жарновице около г. Банска Штявница (Чехословакия); обнаружен в ряде месторождений Румынии (Беица Бихорулуй, Окна-де-фер, Чиклова, Оравица); в Ред-Клауд (шт. Колорадо). Монтгомери (шт. Аризона), Китинг (шт. Монтана), Трейл-Крик (шт. Айдахо) и в других месторождениях в США<sup>5</sup>; в Канаде в месторождениях Лидел-Крик (Британская Колумбия), Пайнкиллер-Лейк (Онтарио), Мак-Уотерс (Квебек) и др.; в месторождениях Дунален, Шамрок, Норонго (Австралия), Болиден (Швеция), Фолдам (Норвегия), Нью-Мистери (Родезия), Сората (Боливия) и др. Совместно с халькопиритом, сфалеритом, пирротинном,

другими теллуридами Bi и с шеелитом встречен в кварцевой жиле среди тоналитов в месторождении Эль (Бельгия)<sup>5</sup>, с самородным золотом—в Илове (Чехословакия)<sup>6</sup>.

Изм. В поверхностных условиях тетрадимит легко выветривается с образованием висмутовых охр и монтанита.

Отл. Под микр. в полир. пл. распознается сравнительно легко вследствие того, что, в противоположность другим пластинчатым минералам, почти лишен двуотражения и обладает высокой отраж. способностью.

Межплоскостные расстояния тетрадимита из Жарновицы (по Харкверу)<sup>1</sup>  
Mo-антикатод, Zr-фильтр

№	hkl	I*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	222	0,85	6	5,06	11	011	1,10	8	2,16
2	100	0,65	5	3,74	12	555; 231; 544	0,60	5	1,99
3	110	0,30	3	3,57	13	554; 111; 200	0,13	2	1,86
4	333; 211	0,20	2	3,36	14	220; 342; 311	0,40	4	1,79
5	221	3,75	10	3,20	15	331	0,02	1	1,72
6	322	0,35	3	2,84	16	665; 666; 422	0,25	2	1,68
7	332	0,50	4	2,65	17	453	0,13	2	1,63
8	444	0,25	2	2,52	18	665; 442	0,35	3	1,59
9	433	0,80	6	2,35	19	533	0,06	1	1,54
10	443	0,15	2	2,21					

\* Интенсивности, оцененные с помощью микрофотометра.

Ниже приводятся межплоскостные расстояния для тетрадимита по Томпсону<sup>7</sup>. Они отличаются от вышеприведенных более чем на 1% от измеренной величины и потому должны быть приняты во внимание.

Различие, возможно, обусловлено большим содержанием S в минерале. Данные Харкорта согласуются с данными Томпсона.

Межплоскостные расстояния тетрадимита с р. Селуин в Канаде (по Томпсону)<sup>7</sup>.  
Cu-антикатод, Ni-фильтр, D=57,3 мм

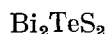
№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$ *	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	2	4,94	14	1	1,766	26	5	1,207
2	1	3,64	15	4	1,747	27	1	1,181
3	1	3,24	16	5	1,640	28	1	1,080
4	10	3,10	17	2	1,601	29	2	1,051
5	2	2,76	18	2	1,551	30	4	1,012
6	3	2,59	19	1	1,506	31	2	0,979
7	3	2,45	20	3	1,439	32	2	0,962
8	5	2,28	21	2	1,423	33	3	0,941
9	3	2,16	22	3	1,347	34	3	0,914
10	4	2,11	23	5	1,292	35	4	0,980
11	4	1,963	24	3	1,254	36	4	0,839
12	4	1,916	25	1	1,216	37	4	0,823
13	1	1,819						

Л и т е р а т у р а

1. Наккер D. Zs. Krist., 1934, 89, 175.
2. Ненадкевич К. А. Тр. Геол. музея АН, СПб., 1907, 1, 98.
3. Поваренных А. С. Зап. Всес. мин. о-ва, 1952, 81, № 3, 212.

4. Щербина В. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 561.
5. Wambeker L. van., Bull. Soc. Belg. Géol., 1954, 63, N° 3, 260.
6. Paděra K. Sborn. Ústředn. Ústav, u Geol., Praha, 1951, 18, 633.
7. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 342.

### Чикловаит Csiklovaite



Назван по месторождению Чиклова (Кох, 1948) <sup>1</sup>.

Недостаточно охарактеризован.

Характ. выдел. Листочки и их агрегаты.

Структ. и морф. крист. Кристаллографические и рентгеноструктурные данные отсутствуют.

Микр. В полир. шл. похож на тетрадимит. Отличается от последнего несколько более голубым тоном в иммерсии и заметным двуотражением. Анизотропен, с цветным эффектом от темно-серого до буроватого.

Хим. Теор. состав: Bi — 68,56; S — 10,51; Te — 20,93. Состав чикловаита из месторождения Чиклова (анал. Грассели): Fe — сл.; Bi — 67,76; S — 9,97; Se — 1,37; Te — 20,41; н. о. — 0,40; сумма — 99,91.

Диагн. исп. В полир. шл. от конц. HNO<sub>3</sub> становится коричневым; от HNO<sub>3</sub> (1 : 1) становится коричневато-серым быстрее, чем тетрадимит.

Наход. Наблюдался в небольшом количестве в ассоциации с халькопиритом, тетрадимитом и кальцитом в месторождении Чиклова (Румыния).

#### Литература

1. Koch S. Acta Min. Petr. Szeged., 1948, 2, 11 и 19.

### СТРУКТУРА ТИПА МАРКАЗИТА

#### ГРУППА ФРОБЕРГИТА

Фробергит FeTe<sub>2</sub> Ромб. с. a<sub>0</sub> 3,86 b<sub>0</sub> 5,29 c<sub>0</sub> 6,27 Уд. в. 7,98

#### Фробергит Frobergite



Назван по имени геолога М. Фроберга (Томпсон, 1947) <sup>1</sup>. Первоначально был принят за шпротит.

Характ. выдел. Наблюдался только в полир. шл. в виде тонкозернистого агрегата.

Структ. и морф. крист. Ромб. с.  $D_{2h}^{12}$  —  $Pm\bar{m}n$ ; a<sub>0</sub> = 3,86; b<sub>0</sub> = 5,29; c<sub>0</sub> = 6,27 Å; a<sub>0</sub>: b<sub>0</sub>: c<sub>0</sub> = 0,729 : 1 : 1,486; Z = 2 (Томпсон).

Структура аналогична структуре марказита (характеризуется наличием групп Te<sub>2</sub><sup>2-</sup>).

Физ. Хрупок. Тв. 3—4. Уд. в. вычисл. 7,98.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. белый с голубовато-розовым оттенком. Отраж. спос. высокая (ниже, чем у алтаита, и выше по сравнению с халькопиритом). Двуотражение очень слабое. Сильно анизотропен, цветной эффект слабый, но характерный (пурпурно-красный переходит в синий).

Хим. Теор. состав: Fe — 17,96; Te — 82,04.

**Диагн. исп.** От  $\text{HNO}_3$  (1 : 1) вскипает и чернеет.  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{HgCl}_2$  не действуют.

**Нахожд.** Встречен в шлифах руд из р-ка Роб-Монтбрей в пров. Квебек (Канада) в виде каемок шириной до 50  $\mu$  вокруг выделений халькопирита на контакте с алтаитом и в виде включений в самородном золоте, петштите, халькопирите. Помимо названных минералов, в ассоциации с фробергитом наблюдаются мелонит, монтбрейит, теллурувисмутит, пирит, сфалерит, марказит, ковеллин.

**Искусств.** Получается сплавлением в вакууме Fe и Te в отношении 1 : 2<sup>2</sup>.

**Отл.** От других сопутствующих теллуридов отличается меньшей отраж. способностью и характером анизотропии. По сравнению с мелонитом несколько темнее, имеет слабый фиолетовый оттенок, является более твердым.

Межплоскостные расстояния фробергита<sup>1</sup>  
Fe-антикатод,  $K\alpha_1$ -излучение, Mn-фильтр

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	101	4	3,29	16	220; 131	2	1,554
2	002; 110	3	3,13	17	032	1	1,532
3	111	10	2,80	18	221; 123	3	1,511
4	012	8	2,70	19	024; 033	3	1,347
5	020	2	2,64	20	040	1	1,319
6	021	1	2,44	21	231; 133	2	1,273
7	112	1	2,22	22	141; 311; 015	2	1,221
8	121	6	2,06	23	232	3	1,201
9	022	1	2,01	24	115; 312	3	1,163
10	013; 200	4	1,935	25	321	2	1,136
11	103	5	1,841	26	134	1	1,120
12	122	1	1,791	27	224; 133	4	1,105
13	211; 113	2	1,739	28	240; 125; 322	1	1,086
14	031	1	1,699	29	241; 143; 313	3	1,071
15	212; 004	4	1,573	30	016	2	1,024

#### Л и т е р а т у р а

1. Thompson R. M. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1947, No 51, 35: Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 360.
2. T e n g n e r S. Zs. anorg. Chem., 1938, 239, 126.

### СТРУКТУРА ТИПА МЕЛОНИТА

#### ГРУППА МЕЛОНИТА

Мелонит  $\text{NiTe}_2$  Триг. с.  $a_h$  3,842  $c_h$  5,266 Уд. в. 7,73

#### Мелонит Melonite

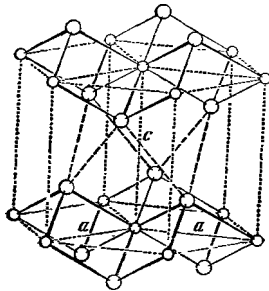


Назван Гентом (1868) по р-ку Мелонес в Калифорнии, где впервые был найден. Синон. Теллуристый никель (Рамельсберг, 1875).

**Характ. выдел.** Неясно-листоватые выделения.

**Структ. и морф. крист.** Триг. с.  $D_{3d}^3 - P\bar{3}m1$ ;  $a_h = 3,842$ ;  $c_h = 5,266 \text{ \AA}$ ;  $a_h : c_h = 1 : 1,370$ ;  $Z = 1$  (Пикок, Томпсон)<sup>1</sup>.

Структура слоистая типа  $CdJ_2$ , идентична структуре искусственно полученного  $NiTe_2$ . Атомы Те образуют плотнейшую гексагональную упаковку, атомы Ni располагаются между слоями I — II, III — IV, V — VI и т. д., отсутствуют между слоями II—III, IV—V и т. д., чем определяется весьма совершенная спайность по базису (фиг. 352).



Фиг. 352. Структура мелонита  
Большие круги — Те,  
малые — Ni

Дитриг.-скален. кл. Образует гексагональные пластинчатые кристаллы, величина которых в единичных случаях достигает 1 см.

Физ. Сп. по (0001) весьма совершенная. Тв. 1—1½. Гибок. Уд. в. 7,72 (вычисл. 7,73). Цв. красновато-серебристо-белый, иногда коричневатая побежалость. Черта темно-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. пл. в отраж. св. светло-розовый. Отраж. спос. высокая (выше, чем у креннерита). Двухотражение слабое, заметное лишь в иммерсии. Анизотропен².

Хим. Теор. состав для  $NiTe_2$ : Ni — 18,70; Те — 81,30. По Бокию³, формула мелонита  $Ni_{1+x}Te_2$ .

Анализы:

	Ag	Au	Fe	Co	Ni	Ni	Te	Сумма
1	0,86	—	—	—	18,34	—	80,75	99,92
2	0,077	0,322	1,33	0,75	16,73	0,04	80,17	99,82*

\* В том числе Al—0,29; Ca—0,117.

1—Калифорния; анал. Хилебранд⁴; 2—Вортурна (Австралия); анал. Георги⁵.

Диagn. исп. Растворяется в  $HNO_3$ , придавая раствору зеленую окраску.

В полир. пл. от  $HNO_3$  вскипает и становится черным.  $HCl$ ,  $KCN$ ,  $KOH$ ,  $HgCl_2$  не действуют. От  $FeCl_3$  медленно окрашивается в светло-бурый цвет, выявляются трещинки.

П. н. тр. окрашивает пламя в голубой цвет, на угле дает летучий налет  $TeO_2$  и зеленовато-серый остаток, с содой — серый магнитный порошок Ni, в откp. тр. — налет  $TeO_2$ .

Находк. Очень редкий гидротермальный минерал. Встречается вместе с другими теллуридами, с самородным золотом, шпритом, халькопиритом, галенитом, кальцитом, сидеритом преимущественно в кварцевых жилах. Наблюдался главным образом под микроскопом. В СССР встречен в никеле-носных породах Западной Сибири. В США обнаружен в р-ках Мелонес и С тэнпслэус (шт. Калифорния), в Крилл-Крик (шт. Колорадо)⁶, в Канаде — в крупных кристаллы в р-ке Роб-Монтбрей (пров. Квебек), в Австралии — в Калгурли, в Юго-Зап. Африке — в высокотемпературных медных месторождениях Намаквалэнда.

#### Межплоскостные расстояния мелонита из Роб-Монтбрей¹

Cu-антикагод, Ni-фильтр

№	l	$\frac{d_x}{n}$	№	l	$\frac{d_x}{n}$	№	l	$\frac{d_x}{n}$
1	1	5,26	7	2	1,586	13	0,5	1,136
2	1	3,32	8	6	1,544	14	0,5	1,109
3	10	2,81	9	1	1,404	15	2	1,081
4	3	2,63	10	1	1,311	16	1	1,022
5	5	2,05	11	2	1,224	17	1	1,001
6	5	1,912	12	1	1,201			

**Искусств.** Получается сплавлением Ni и Te в вакууме<sup>7</sup>.

**Отл.** Для точной диагностики необходимо применение различных методов.

*Литература*

- 1 Peacock M. A., Thompson R. M. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 63.
- 2 Ramdohr P. Cbl. Min., 1937, A, Nr 7, 193.
- 3 Боккий Г. Б. Геохимия, 1956, № 6, 82.
- 4 Hillebrand W. F. Am. J. Sci., 1899, 8.
- 5 Dieseldorff A. Cbl. Min., 1901, 168.
- 6 Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 359.
- 7 Thompson R. M. Am. Min., 1948, 33, No 3—4, 209.

**СТРУКТУРА ТИПА КАЛАВЕРИТА**

**ГРУППА КАЛАВЕРИТА**

			$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в.
Калаверит	AuTe <sub>2</sub>	Монокл. с.	7,19	4,41	5,08	90°30'	9,3

**Калаверит Calaverite**



Назван по местности Калаверас в Калифорнии (Гент, 1868).

Кулгардит (Карно, 1901) — смесь калаверита, колорадоита и силванита.

**Характ. выдел.** В кристаллах, зернистых агрегатах, единичных мелких зернах.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^3 - C2/m$  или  $C_2^3 - C2$ ;  $a_0 = 7,19$ ;  $b_0 = 4,41$ ;  $c_0 = 5,08$  Å;  $\beta = 90^\circ 30'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,632 : 1 : 1,152$ ;  $Z = 2$  (Танел и Ксэндэ)<sup>1</sup>.

Каждый атом Au окружен шестью атомами Te, из которых два находятся на более близком расстоянии, чем остальные. Каждый атом Te окружен тремя Au и тремя Te на неравных расстояниях.

Призмат. или диэдрич. безосный кл.;  $a : b : c = 1,6298 : 1 : 1,1492$ ;  $\beta = 90^\circ 08'$  (Гольдшмидт, Пэлэч, Пикок)<sup>2</sup>.

На кристаллах наблюдалось около 100 форм<sup>2,4</sup> (перечисление см. у Гольдшмидта, Пэлэча, Пикок и у Дана, 1944). Наиболее часто встречающиеся формы («S формы»):

	$\varphi_2$	$\rho_2$		$\varphi_2$	$\rho_2$
$c$ 001	89°52'	90°00'	$A$ 304	62°01	90°00'
$b$ 010	0 00	0 00	$E$ 801	40 03	90 00
$a$ 100	0 00	90 00	$f$ 112	70 28	61 34
$m$ 110	0 00	31 32	$p$ 111	54 43	46 50
$\beta$ 310	0 00	61 29	$w$ 111	-54 54	46 46
			$C$ 3.5.29	-40 34	7 53

При изучении кристаллов калаверита Гольдшмидт, Пэлэч и Пикок установили постоянное присутствие граней со сложным символом (3.5.29), лежащих на пересечении весьма развитых зон кристаллов (по Гольдшмидту — «сингулярные узлы»); многие из остальных обычных для минерала форм также имеют сложные индексы. Для получения простых символов этих форм три автора на одной и той же проекции проводили разные координаты, и символы одних граней относили к одним координатам, других — к другим, соответственно обозначали формы: «S-формы», «C-формы» и т. п. Формы «S» очень близки к таковым силванита. Борхерт<sup>3</sup> высказал предположение, что такое обилие форм со сложными символами может объясниться тем, что природные кристаллы являются параморфозами устойчивой при низких температурах модификации по высокотемпературной.



Кристаллы призматические, значительно вытянутые вдоль оси *b* и игольчатые, с сильно развитой птриховкой ||оси *b*. Обычны двойники по (100), менее часто по (031) и по (111).

Физ. Сп. нет. Изл. неровный. Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ —3. Уд. в. 9,10—9,40 (вычисл. 9,31). Цв. латунино-желтый до серебриано-белого. Черта зеленова-то-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полир. шл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей 56,5, для оранжевых — 54, для красных — 52,5; по данным измерения с фотоэлементом — 63,2% (по Фолинсби). Двухотражение слабое. Ясная анизотропия.

Хим. Теор. состав: Au — 43,59; Te — 56,41. Часто в небольших количествах Au замещается Ag.

#### Анализы:

	1	2	3	4	5
Au	42,77	41,90	41,66	42,15	41,37
Ag	0,40	0,79	0,77	0,60	0,58
Te	[56,75]	56,93	57,87	57,00	57,27
Н. о.	0,08	—	—	—	—
Сумма	100,00	99,62	100,30	99,75	99,22
Уд. в.	9,388	9,163	9,148	9,314	9,311

1—3—Крипл-Крик; 1—анал. Пенфилд<sup>4</sup>; 2 и 3—анал. Прайор<sup>5</sup>; 4 и 5—Калгурли<sup>6</sup>.

Диагн. исп. В HNO<sub>3</sub> растворяется с образованием осадка Au цвета ржавчины. Сообщает малиновую окраску H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при нагревании.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub>— радужная побежалость, от FeCl<sub>3</sub> и KOH — коричневый налет (не всегда). HCl и KCN не действуют.

П. п. тр. на угле с содой дает королек Au, в откр. тр.— белый налет TeO<sub>2</sub>.

Повед. при нагр. Т-ра плавл. 464°.

Нахожд. Калаверит является гидротермальным минералом среднетемпературных и низкотемпературных месторождений. Отлагается в поздние стадии рудоотложения. Ассоциируется с самородным золотом, электрумом, сальванитом и другими теллуридами, а также с пиритом, галенитом, сфалеритом, блеклой рудой, антимонитом, иногда с молибденитом и др. Описано замещение калаверитом золота. В значительных количествах встречается в Крипл-Крик (шт. Колорадо, США) и в Калгурли (Зап. Австралия), где является основным рудным минералом. Встречается также в ряде других месторождений в США, Канаде, Румынии, Мексике, Сальвадоре, на Филиппинских о-вах и т. д. В СССР в микрокопических выделениях наблюдался в некоторых колчеданных месторождениях на Южном Урале (Учалы в Башкирской АССР и др.), в золоторудных месторождениях Ключи (Читинская обл.) и им. Кирова (Амурская обл.), в арсенопиритовом месторождении Джалинда (Амурская обл.)<sup>7</sup>.

Изм. При выветривании калаверита возникает самородное золото.

Искусств. Синтезирован сплавлением в вакууме порошков Au и Te в соответствующих количествах<sup>8</sup>.

Практ. знач. При достаточных содержаниях в рудах используется для получения золота.

Отл. Похож на пирит, от которого отличается низкой твердостью и реакциями на Au и Te. Под микр. в полир. шл. от сальванита отличается более слабой анизотропией, от креннерита — отсутствием спайности.

Межплоскостные расстояния калаверита из р-ка Лейк-Шор  
(Онтарио, Канада)<sup>8</sup>Си-антикатор, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	1	5,02	16	1	1,459	30	2	1,028
2	0,5	3,76	17	0,5	1,431	31	2	1,002
3	10	3,01	18	2	1,378	32	3	0,974
4	3	2,92	19	3	1,337	33	2	0,949
5	4	2,19	20	3	1,311	34	0,5	0,934
6	8	2,09	21	2	1,247	35	0,5	0,920
7	2	2,06	22	0,5	1,227	36	4	0,888
8	1	2,01	23	0,5	1,211	37	1	0,857
9	2	1,936	24	4	1,195	38	1	0,843
10	0,5	1,840	25	0,5	1,160	39	1	0,819
11	0,5	1,786	26	0,5	1,094	40	1	0,812
12	3	1,754	27	1	1,081	41	1	0,808
13	3	1,685	28	1	1,070	42	1	0,779
14	1	1,537	29	2	1,048	43	1	0,776
15	3	1,501						

## Л и т е р а т у р а

1. Tunell G., Ksanda C. J. J. Wash. Acad. Sci., 1935, 25, 32.
2. Goldschmidt V., Palache C., Peacock M. A. N. Jb. Min., 1932 В-В. 63A, 1.
3. Borchert W. N. Jb. Min., 1935, В-В. 69A, 468.
4. Penfield S. L., Ford W. E. Zs. Krist., 1902, 35, 430.
5. Prior C. Min. Mag., 1902, 13, 149.
6. Simpson E. S. West. Austr. Geol. Surv. Bull., 1912, No 42, 107 (по Дана, 1944); Thompson R. M. Am. Min., 1948, 33, No 3—4, 209.
7. Земель В. К. Редкие металлы. 1936, № 6, 15; Францкая Е. В. Сб. тр. Иркутск. горн. ин-та, 1938, вып. 1, 13.
8. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 347.

## СТРУКТУРА ТИПА КРЕННЕРИТА

## ГРУППА КРЕННЕРИТА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Уд. в	
Креннерит	(Au,Ag)Te <sub>2</sub>	Ромб.	16,54	8,82	4,46	—	8,62
Сильванит	Au Ag Te <sub>4</sub>	Монокл.	8,96	4,49	14,62	145°26'	8,11

## Креннерит Krennerite



Назван (Patt, 1877)<sup>1</sup> в честь венгерского минералога Ж. Креннера, описавшего минерал в 1877 г. под названием «бунзенит».

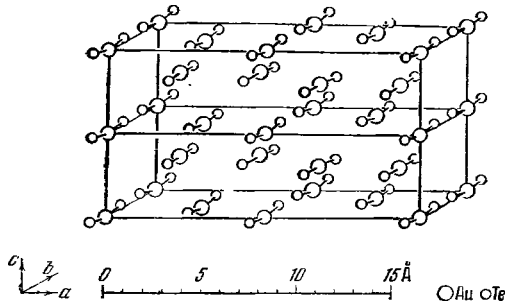
Синон. Желтая руда (Карстен, 1810), миолерин (Бедан, 1832), бунзенит (Креннер, 1877), спекулит (Лайвинг, 1903).

Характ. выдел. В зернах, в кристаллах.

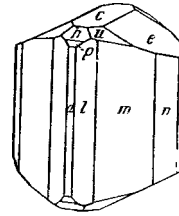
Структ. и морф. крист. Ромб.с.  $C_{2v}^4$  — Pma 2;  $a_0=16,54$ ;  $b_0=8,82$ ;  $c_0=4,46$  Å;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,875 : 1 : 0,506$ ;  $Z = 8$  (Танел, Мурата<sup>2</sup> для креннерита из Крипл-Крик — оригинала хим. анализа 3).

Решетка сходна с решеткой сильванита. Атомы Au(Ag) располагаются по линиям, параллельным оси  $b$ . Каждый атом Au (Ag) окружен

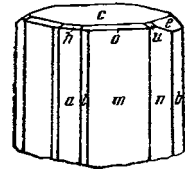
шестью Te по искаженным октаэдрам. Атомы Te также имеют координацию 6:  $3Au + 3Te$  или  $5Au + 1Te$  или  $1Au + 5Te$  (фиг. 353)  
Ромбо-пирамид. кл.:  $a : b : c = 0,9407 : 1 : 0,5045$  (Рат)<sup>1,3</sup>.



Фиг. 353. Структура креннерита (изображены две ячейки)



Фиг. 354. Кристаллы креннерита (Сакарымб) По Рату



Фиг. 355. Кристалл креннерита (Крипл-Крик) По Пенфилду

На кристаллах наблюдалось около 60 форм.

Наиболее обычные формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
<i>c</i> 001	—	0°00'	<i>h</i> 101	90°00'	28°21'
<i>b</i> 010	0°00'	90 00	<i>s</i> 201	90 00	47 07
<i>a</i> 100	90 00	90 00	$\tau$ 301	90 00	58 18
<i>l</i> 320	57 57	90 00	<i>o</i> 111	46 47	36 31
<i>m</i> 110	46 47	90 00	<i>t</i> 121	28 02	48 57
<i>n</i> 120	28 02	90 00	<i>u</i> 122	28 02	29 52
<i>e</i> 011	0 00	26 53	<i>i</i> 322	57 57	43 41
<i>d</i> 021	0 00	45 24	<i>p</i> 211	64 50	50 01

$$mm (110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 86^\circ 26'$$

$$nn (120) : (\bar{1}\bar{2}0) = 56 04$$

$$ee (011) : (0\bar{1}1) = 53 46$$

$$dd (021) : (0\bar{2}1) = 90 48$$

$$hh (101) : (\bar{1}01) = 56 42$$

$$em (011) : (110) = 72^\circ 01'$$

$$hm (101) : (110) = 69 52$$

$$he (101) : (011) = 38 06$$

$$oa (111) : (100) = 64 17$$

$$ob (111) : (010) = 65 58$$

$$oo (111) : (\bar{1}\bar{1}1) = 51^\circ 10'$$

$$oo (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 47 56$$

$$uu (122) : (\bar{1}\bar{2}2) = 26 55$$

Менее обычные формы:

<i>J</i> 160	<i>k</i> 210	$\epsilon$ 032	$\rho$ 201	$\chi$ 144	$\phi$ 344	$\xi$ 411
<i>j</i> 140	<i>L</i> 520	<i>G</i> 052	$\Pi$ 502	<i>r</i> 142	$\varphi$ 343	
<i>S</i> 130	<i>f</i> 310	<i>q</i> 031	$\pi$ 401	$\beta$ 141	<i>x</i> 342	
<i>c</i> 230	$\alpha$ 013	$\mu$ 104	$\nu$ 501	<i>w</i> 124	<i>D</i> 562	
<i>N</i> 340	$\gamma$ 012	<i>H</i> 103	<i>P</i> 701	<i>v</i> 362	<i>R</i> 542	
<i>M</i> 650	$\theta$ 054	<i>g</i> 102	$\lambda$ 901	$\gamma$ 582	$\zeta$ 522	
<i>z</i> 540	$\delta$ 043	$\omega$ 503	<i>y</i> 221	<i>F</i> 231	<i>E</i> 311	

Рентгеновское отношение осей Танела и Мурата отличается от морфологического в 2 раза большим значением *a*. Установка Дана (1944)  $a : b :: = 0,5323 : 1 : 0,2699$  отличается от рентгеновской установки взаимным перемещением осей *a* и *b*. Формула перехода от установки Дана (1944) к принятой здесь установке Рата:  $0^{1/2}0/100/001$ ; от установки Танела и Мурата к установке Рата:  $^{1/2}00/010/001$ .

Кристаллы короткопризматические, обычно незначительно удлиненные вдоль оси *c* (фиг. 354 и 355). Грани (*hk0*) с вертикальной штриховкой.

Физ. Сп. по (001) совершенная. Изл. полураковистый до неровного. Хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 8,62. Цв. серебрино-белый до светлого латуно-желтого. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. спос. по Ор-селю — для желтых лучей 67%, измеренная с фотоэлементом по Мозесу — 61,8%. Двуотражение слабое. Анизотропен.

**Хим.** Теор. состав из формулы  $\text{AuTe}_2$ : Au — 43,59; Te — 56,41; отношение Au : Ag достигает 2,7. При отношении Au : Ag = 2,5 : 1 теор. состав : Ag — 7,22; Au — 32,99; Te — 59,79.

Анализы:

	Cu	Ag	Au	Fe	Sb	Te	Н о.	Сумма	Уд. в.
1.	—	0,46	43,86	—	—	55,68	—	100,00	—
2.	—	4,87	36,19	0,05	—	58,50	0,09	99,70	8,62
3.	0,34	5,87	34,77	0,59	0,65	58,60	—	100,82	8,35

1 и 2 — Крипл-Крик: 1 — анал. Майерс<sup>4</sup>; пересчет за вычетом 1,21 нерастворимого остатка; 2 — анал. Мурата<sup>2</sup>; 3 — Сэкэрымб; анал. Спич<sup>3</sup>.

**Диагн. исп.** В полир. пл. от  $\text{HNO}_3$  вскипает, появляется радужная побежалость. От  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{KOH}$  — коричневый налет, но эффект от этих двух реактивов непостоянен.  $\text{HCl}$  и  $\text{KCN}$  не действуют.

По отношению к кислотам и п. п. тр. ведет себя, подобно калавериту.

**Наход.** Гидротермальный минерал, образующийся при относительно низких температурах. Встречается в тех же условиях, что калаверит и сильванит, нередко в парагенезисе с ними. В СССР креннерит встречен в Константиновском золоторудном месторождении в Красноярском крае, в ассоциации с пиритом, халькопиритом, пирротинном, золотом<sup>6</sup>.

Межплоскостные расстояния креннерита из м-ния Крипл-Крик<sup>2</sup>  
Со-ангикатод, Сг-фильтр

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	210	1	6,08	26	4	1,32	
2	310	2	4,69	27	4	1,268	
3	001	1	4,47	28	1	1,251	
4	011; 201	3	3,94	29	3	1,232	
5	220; 111	3	3,88	30	3	1,212	
6	401	10	3,03	31	5	1,202	
7	030; 221	7	2,94	32	1	1,179	
8	620	1	2,35	33	1	1,165	
9	002; 331	6	2,23	34	2	1,120	
10	012	2	2,16	35	1	1,089	
11	431	8	2,11	36	3	1,082	
12	800; 621	5	2,07	37	2	1,074	
13	312	2	2,01	38	2ш	1,062	
14	141; 402	3	1,97	39	3	1,048	
15	241; 412; 222	3	1,92	40	2	1,036	
16	540; 811; 730	2	1,84	41	4	1,015	
17	032	5	1,78	42	1	0,999	
18	232	2	1,74	43	3	0,983	
19		5	1,69	44	2	0,977	
20		5	1,52	45	1	0,971	
21		1	1,50	46	2	0,965	
22		4	1,47	47	3	0,959	
23		3	1,40	48	3	0,941	
24		5	1,35	49	2	0,935	
25		3	1,33				

Наиболее известные месторождения: Сэкэрымб (б. Нагиаг, Румыния), Калгурли (Зап. Австралия), Крипл-Крик (шт. Колорадо, США), Роб-Монтбрэй (Канада) и др.

**Практ. знач.** При достаточных содержаниях в рудах может служить источником получения золота.

**Отл.** От очень похожего калаверита в полир. пл. отличается наличием спайности, несколько более сильной анизотропией, положительной микрохимической реакцией на Ag. От сходного сильванита отличается отсутствием двойников.

#### Л и т е р а т у р а

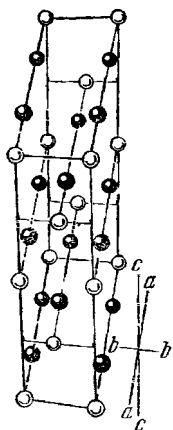
1. Rath G. Zs. Krist., 1877, 1, 614; 1878, 2, 252.
2. Tunell G., Murata K. J. Am. Min., 1950, 35, No 11—12, 959.
3. Penfield S. L., Chester A. H. Zs. Krist., 1898, 30, 594.
4. Chester A. H. Am. J. Sci., 1898, 5, 377.
5. Siroëz L. Zs. Krist., 1885, 11, 210.
6. Тимофеевский Д. А. Советская геология, 1947, № 20. 60.

### Сильванит Sylvaniaite



Назван по Трансильвании, где был впервые найден, а также по одному из названий теллура (сильваний) (Некер, 1835).

**Синон.** Письменное золото (Борн, 1790), письменная (графическая) руда (Эсмарк, 1798), письменный теллур (Хаусман, 1813), графический теллур (Айкин, 1814), письменный блеск (Брайтхауит, 1832), сльван (Бедап, 1832), ауротеллуриг (Дана, 1837), белый теллур (Петц, 1842), гольдшмидтит (Хобс, 1899).



Фиг. 356. Структура сльванита

(Черные шары — Те, светлые — Au и Ag)

**Характ. выдел.** Кристаллы, дендритообразные выделения, напоминающие письмена (откуда названия «письменный теллур» и др.), а также зернистые агрегаты.

**Структ. и морф. крист.** Монокл. с.  $C_{2h}^4$  —  $P2/c$ ;  $a_0 = 8,96$ ;  $b_0 = 4,49$ ;  $c_0 = 14,62 \text{ \AA}$ ;  $\beta = 145^\circ 26'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 1,996 : 1 : 3,256$ ;  $Z = 2$  (Танел)<sup>1</sup>.

В решетке атомы Те располагаются почти по одной линии с атомами Au и Ag; линии эти  $\parallel (010)$ , чем обусловлена совершенная спайность минерала по (010) (фиг. 356). Атомы Au, Ag, Те находятся в шестерной координации. Структура сходна со структурой креннерита.

**Призмат. кл.**;  $a : b : c = 1,6339 : 1 : 1,1265$ ;  $\beta = 90^\circ 25'$  (Шрауф)<sup>2,3</sup>.

На кристаллах наблюдалось свыше 60 форм.

Наиболее обычные формы:

	$\varphi$	$\rho$	$\varphi_2$	$\rho_2$
$c(001)$	$90^\circ 00'$	$0^\circ 25'$	$0^\circ 25'$	$90^\circ 00'$
$b(010)$	0 00	90 00	—	0 00
$a(100)$	90 00	90 00	90 00	90 00
$e(110)$	31 28	90 00	90 00	31 28
$f(210)$	50 45	90 00	90 00	50 45
$K(021)$	0 11	66 04	0 25	23 56
$d(011)$	0 22	48 24	0 25	41 36
$m(101)$	90 00	34 52	34 52	90 00
$n(201)$	90 00	54 12	54 12	90 00
$M(\bar{1}01)$	—90 00	34 18	—34 18	90 00

$N(\bar{2}01)$	—90 00	53 56	—53 56	90 00
$r(111)$	34 44	52 57	34 52	47 15
$p(\bar{1}11)$	—34 12	52 47	—34 18	47 04
$y(123)$	17 31	38 13	13 20	53 51
$s(121)$	17 11	67 01	34 52	28 25
$t(323)$	42 51	45 41	34 52	58 22
$i(321)$	42 39	71 55	64 17	45 39
$c(\bar{1}21)$	—16 51	66 59	—34 18	28 15
$ee$ (110) : $(\bar{1}10) = 62^\circ 56'$	$db$ (011) : (010) = $41^\circ 35'$	$pb$ $(\bar{1}11)$ : (010) = $47^\circ 03'$		
$mM$ (101) : $(\bar{1}01) = 69 10$	$Kb$ (021) : (010) = 23 56	$pa$ $(\bar{1}11)$ : $(\bar{1}00) = 65 38$		
$mN$ (101) : $(201) = 88 48$	$rb$ (111) : (010) = 47 15	$pM$ $(\bar{1}11)$ : $(\bar{1}01) = 42 56$		
$ma$ (101) : (100) = 55 08	$ra$ (111) : (100) = 65 10	$cb$ $(\bar{1}21)$ : (010) = 28 15		
$na$ (201) : (100) = 35 48	$rm$ (111) : (101) = 42 45	$ca$ $(\bar{1}21)$ : $(\bar{1}00) = 74 31$		
$Na$ $(\bar{1}01)$ : $(\bar{1}00) = 55 42$	$yb$ (123) : (010) = 53 51	$cM$ $(\bar{1}21)$ : $(\bar{1}01) = 61 45$		

## Менее обычные формы:

$R$ 120	$z$ 023	$D$ 221	$n$ 341	$\eta$ 523	$Q$ $\bar{1}41$	$\lambda$ $\bar{2}11$
$L$ 320	$T$ 103	$\varphi$ $\bar{1}12$	$\epsilon$ 543	$i$ 521	$\omega$ $\bar{1}31$	$\iota$ $\bar{4}21$
$g$ 310	$E$ 102	$\xi$ $\bar{2}23$	$F$ 542	$\Psi$ 314	$Y$ $\bar{1}23$	$\varphi$ $\bar{5}22$
$h$ 410	$l$ 203	$\Delta$ $\bar{2}21$	$\mu$ 213	$\beta$ 313	$\Pi$ $\bar{1}22$	$\kappa$ $\bar{5}21$
$S$ 510	$L$ $\bar{2}03$	$q$ 141	$\gamma$ 212	$\delta$ 311	$\tau$ $\bar{3}23$	$\bar{3}12$
$U$ 610	$G$ $\bar{3}02$	$o$ 131	$k$ 211	$h$ 621	$J$ $\bar{3}21$	$\bar{3}11$
$Z$ 710	$V$ 301	$P$ 122	$i$ 421	$u$ 723	$v$ $\bar{2}13$	$\chi$ $\bar{6}21$
$x$ 012	$p$ 112	$\Theta$ 343	$v$ 525	$\alpha$ 414	$\vartheta$ $\bar{2}12$	$\Gamma$ $\bar{7}21$

Установка Штрауфа была принята Хинце, Гольдшмидтом, Дана (1892) и Кокшаровым (1889). У Дана (изд. 1944) сильваниту придана морфологическая установка, по Пикоку; эта установка не имеет, однако, каких-либо явных преимуществ перед установкой Штрауфа; последняя принята здесь с целью облегчения пользования многочисленными изображениями кристаллов, имеющимися в литературе. Установка Штрауфа подчеркивает и близость между сильванитом и калаверитом. Соотношения знаков для различных установок следующие:

	$a : b : c$	$\beta$	Символы				
Штрауф	1,6339 : 1 : 1,1265	$90^\circ 25'$	010	100	001	$\bar{1}01$	101
Дана (1944)	1,9778 : 1 : 1,9913	$110 49\frac{1}{2}'$	010	$10\bar{1}$	101	001	100
Танел	1,996 : 1 : 3,256	145 26	010	—	100	—	001
Штрунц	3,257 : 1 : 1,995	145 40	010	—	001	—	100

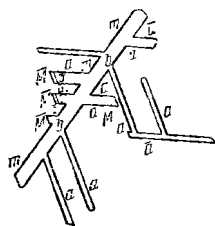
Формулы перехода от установки Дана (1944) к установке Штрауфа:  $10\bar{1}/020 / 101$ ; от установки Штрауфа к установке Дана (1944):  $101/010/101$ .

Кристаллы очень разнообразны по облику: короткопризматические по осям  $b$  и  $c$ , толстотаблитчатые по (100), (010) или по (101), несовершенностолбчатые; нередки дендриты (фиг. 357—361). Дв. по (101) обычны (двойники прорастания или сростания).

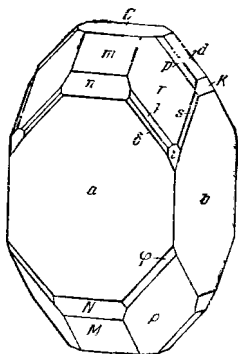
Физ. Сп. по (010) совершенная. Изл. неровный. Хрупок. Тв. 2. Уд. в. 8,07—8,24 (вычисл. 8,11). Цв. в свежем изломе серебристо-белый. Черта стально-серая. Бл. металлический. Непрозрачен.

Микр. В полпр. шл. в отраж. св. кремово-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей —57, для оранжевых —48, для красных —46. Двухотражение ясное. Сильно анизотропен. Обнаруживает полисинтетическое двойникование.

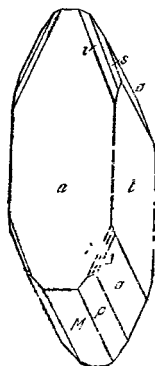
Хим. Теор. состав (при  $Ag : Au = 1 : 1$ ): Au — 24,19; Ag — 13,22; Te — 62,59. Отношение  $Ag : Au = 1 : 1$ , иногда Au немного преобладает.



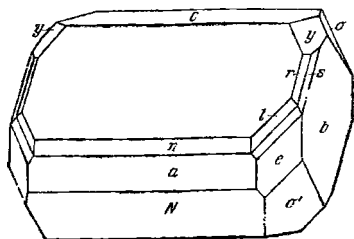
Фиг. 357. Дендриты  
спльванита  
(Сэгарымб)  
По Шрауфу



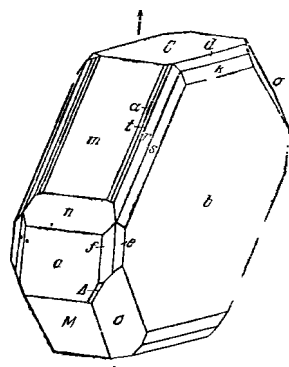
Фиг. 358. Кристалл  
спльванита (Бая-де-  
Ареш)  
По Шрауфу



Фиг. 359. Кри-  
сталл спльва-  
нита (Бая-де-  
Ареш)  
По Шрауфу



Фиг. 360. Кристалл  
спльванита (Бая-де-Ареш)  
По Шрауфу



Фиг. 361. Кристалл  
спльванита (Бая-де-  
Ареш)  
По Шрауфу

Анализы:

	1	2	3	4
Cu	—	0,40	0,32	0,15
Ag	13,94	11,90	9,76	9,18
Au	25,45	25,87	28,55	29,85
Fe	—	0,40	0,06	—
Ni	—	—	0,40	0,10
S	—	—	0,09	—
Se	—	—	0,20	—
Te	60,61	62,45	60,83	60,45
Н. о.	—	—	0,05	—
Сумма	100,00	100,72	99,96	99,73

1—Крип-Крик; анал. Пёрс (1894, по Дана);  
2—Бая-де-Ареш; анал. Спёч<sup>4</sup>; 3—Кулгарди;  
анал. Вёльблинг<sup>5</sup>; 4—Калгурли, анал. Карно<sup>6</sup>.

Диagn. исп. Разлагается  $\text{HNO}_3$ , выделяя осадок Au цвета ржавчины. Прибавление к раствору  $\text{HCl}$  вызывает появление белого, творожистого осадка  $\text{AgCl}$ . Горячую концентрированную  $\text{H}_2\text{SO}_4$  окрашивает в характерный малиновый цвет.

В полир. шл. травится  $\text{HNO}_3$ . Остальные реактивы не действуют.

П. п. тр. ведет себя подобно калавериту.

**Наход.** Характерный минерал некоторых низкотемпературных месторождений золота; в более высокотемпературных месторождениях относится к минералам поздних стадий. Встречается вместе с другими теллуридами. Примерами более высокотемпературных месторождений являются месторождение им. Кирова в Амурской обл.<sup>7</sup>, где сильванит наблюдается в ассоциации с калаверитом, теллу ровисмутитом, золотом, висмутином, халькопиритом, сфалеритом, арсенопиритом, пиритом и образовался в самую позднюю стадию минерализации; месторождение Ключи<sup>8</sup> в Читинской обл., в котором сильванит выделился в самую позднюю стадию образования высокотемпературных турмалино-кварцевых золоторудных жил, содержащих много пирита, халькопирит, галенит, сфалерит, теннантит, буланжерит. Из относительно низкотемпературных месторождений известны Сэкэрымб (б. Нагиаг) и Бая-де-Аръеш (б. Оффенбанья, Румыния). В сравнительно больших количествах встречен в месторождении Крипл-Крик (шт. Колорадо, США). Сильванит обнаружен также в месторождениях Калгурли и Кулгарди (Австралия), Аракака (Британская Гвиана), Глава (Вермланд, Швеция), Поркьюпайн (Онтарио, Канада), в р-нах Мелонес (шт. Калифорния, США), Корнукопия (шт. Орегон, США) и др.

**Изм.** При выветривании сильванита образуется тонкокристаллическое порошковатое самородное золото.

**Практ. знач.** Как и другие золотосодержащие теллуриды, может служить для извлечения золота.

**Отл.** От других теллуридов золота отличается двуотражением, сильной анизотропией и полисинтетическим двойникованием.

#### Межшлоскостные расстояния сильванита из Калгурли<sup>9</sup>

Cu-антикатод, Ni-фильтр,  $D = 57,3$  мм

№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	$I$	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	0,5	7,35	14	1	2,08	27	1	1,361
2	1	5,08	15	3	1,984	28	1	1,344
3	0,5	4,52	16	1	1,836	29	0,5	1,319
4	1	3,97	17	2	1,792	30	0,5	1,272
5	1	3,82	18	0,5	1,750	31	0,5	1,233
6	0,5	3,16	19	1	1,714	32	1	1,219
7	10	3,04	20	0,5	1,643	33	1	1,190
8	2	2,97	21	0,5	1,571	34	0,5	1,136
9	0,5	2,47	22	2	1,519	35	0,5	1,084
10	0,5	2,39	23	0,5	1,493	36	0,5	1,049
11	3	2,25	24	0,5	1,467	37	1	1,020
12	5	2,14	25	1	1,415	38	0,5	0,999
13	1	2,12	26	1	1,411			

#### Л и т е р а т у р а

1. Tunnel G., Ksanda C. J. Am. Min., 1937, 22, No 5, 728; 1941, 26, No 8, 457.
2. Schrauf A. Zs. Krist., 1878, 2, 211.
3. Palache C. Am. J. Sci., 1900, 10, 419.
4. Sipőez L. Zs. Krist., 1886, 11, 210.
5. Krusch P. Cbl. Min., 1901, 199.
6. Carnot A. Bull. Soc. fr. Min., 1901, 24, 356.
7. Скрипин А. Д. Советская геология, 1941, № 2, 97.
8. Францкая Е. В. Сб. тр. Иркутск. горно-мет. ин-та, 1938, вып. 1. 13
9. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 359.



## СТРУКТУРА ТИПА ПЕТЦИТА

## ГРУППА ПЕТЦИТА

Петцит  $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$  Куб. с.  $a_0$  10,38 Уд. в. 8,7

Петцит *Petzite*

Впервые описан как теллуристое серебро в 1842 г. Пецем (Petz), назван его именем (Хайдингер, 1845).

Синон. Антамокт (Альвер, 1928) представляет смесь петцита и калаверита.

**Характ. выдел.** Плотные или зернистые массы.

**Структ. и морф. крист.** Куб. с.  $O^8 - I 4_1 32$ ;  $a_0 = 10,38 \text{ \AA}$ ;  $Z = 8$  (Фрю)<sup>1</sup>.

Структура гранатоподобная, без центра симметрии. Атомы Ag окружены атомами Te, расположенными по тетраэдру с двумя расстояниями Ag—Te, равными 2,90 Å, двумя другими — 2,95 Å; угол Te—Ag—Te в первом случае — 108°, во втором — 140°. Каждый атом Te окружен шестью атомами Ag и одним атомом Au. Каждый Au связан с двумя Te при расстоянии Au—Te 2,53 Å (Фрю)<sup>1</sup>.

**Физ.** Спайности нет, слабо выражена отдельность. Изл. неровный, полураковистый. Слегка режется ножом до хрупкого. Тв. 2½ — 3. Уд. в. 8,7—9,4 (вычисл. 8,74). Цв. от стально-серого до железно-черного. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полир. пл. в отраж. св. светло-серый со слабым лиловатым или красноватым оттенком. Отраж. спос. по Орселю для желтых лучей 40%. Анизотропен.

**Хим.** Теор. состав: Ag — 41,71; Au — 25,42; Te — 32,87.

Анализы:

	Cu	Ag	Au	Hg	Mo	Te	Сумма	Уд. в.
1.	0,16	41,37	23,42	2,26	—	33,00	100,21	—
2.	—	45,32	19,00	—	—	34,90	99,85*	8,735
3.	—	41,87	25,16	—	0,08	33,21	100,32	8,925

\* В том числе 0,63% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

1 — Калгурли; анал. Кагно<sup>2</sup>; 2 — падь Хорогоч; анал. Ненадкевич<sup>3</sup>; 3 — Калифорния; анал. Хилебранд<sup>4</sup>.

**Диагн. исп.** При растворении в горячей H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> характерное малиновое окрашивание. В HNO<sub>3</sub> растворяется с выделением остатка Au.

В полир. пл. от HNO<sub>3</sub> буреет, от FeCl<sub>3</sub> и HgCl<sub>2</sub> протравливается. KCN, KOH не действуют. От HCl иногда слабое протравливание.

П. п. тр. плавится в черный шарик. С содой дает королек Ag, содержащий Au, в откр. тр. — возгон TeO<sub>2</sub>.

**Повед. при нагр.** Выше 250° существует твердый раствор петцита (Ag<sub>3</sub>AuTe<sub>2</sub>) и гессита (Ag<sub>2</sub>Te)<sup>1</sup>.

**Находж.** Наблюдается в гидротермальных кварцевых золото-серебряных жилах в парагенизисе с другими теллуридами (сильванитом, калаверитом, гесситом), самородным теллуrom, пиритом, халькопиритом, сфалеритом и др.

Встречен в шлихах из пади Хорогоч (Читинская обл.) в виде округлых галек, совместно с гесситом<sup>5</sup>. Установлен в рудах месторождений: Кафанское (Арм. ССР), Карабашское (Челябинская бл.), Степняк (Каз. ССР)<sup>5</sup>.

Обнаружен также в месторождениях: Сэкэрымб (б. Нагаг, Румыния); Калгурли (Зап. Австралия); Голд-Хил (шт. Колорадо) и Стэнислаус (шт. Калифорния в США; Холингер (Онтарио, Канада) и в ряде других гидротермальных месторождений.

Имеются указания на образование цетцита путем замещения креннерита и калаверита.

Отл. В отличие от колорадоита, эмпрессита и тетраэдрита менее хрупок. Под микр. в полир. пл. очень сходен с колорадоитом, но быстрее травится  $\text{HNO}_3$ ; по сравнению с галенитом отличается коричневым оттенком.

#### Межплоскостные расстояния цетцита из р-ка Холингер<sup>6</sup>

Cu-анод, Ni-фильтр,  $D=57,3$  мм

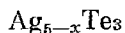
№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	110	2	7,5	19	642	2	1,380
2	220	2	3,67	20	732; 651	3	1,312
3	340	0,5	3,27	21	800	1	1,292
4	222	1	2,99	22	811; 741; 554	1	1,274
5	321	10	2,77	23	730; 661	1	1,200
6	400	0,5	2,59	24	752	1	1,170
7	330	3	2,44	25	910; 833	0,5	1,142
8	420	3	2,31	26	842	0,5	1,126
9	422	5	2,41	27	921; 761; 655	0,5	1,114
10	540	4	2,02	28	664	0,5	1,101
11	521	3	1,897	29	932; 763	1	1,069
12	440	2	1,826	30	941; 853; 770	0,5	1,043
13	622	1	1,558	31	950; 943	0,5	1,004
14	631	1	1,525	32	10.3.1; 952; 765	1	0,988
15	444	1	1,492	33	871; 855; 774	0,5	0,961
16	710; 550; 543	1	1,458	34	10.5.1; 11.2.1; 963	0,5	0,920
17	640	1	1,434	35	11.3.2; 10.5.3; 972; 776	0,5	0,894
18	721; 633; 552	1	1,405	36	11.4.1·875	1	0,880
				37	965	1	0,868

#### Л и т е р а т у р а

1. Frueh A. J. Am. Min., 1959, 44, No 7—8, 693.
2. Carnot A. Bull. Soc. fr. Min., 1901, 24, 357.
3. Ненадкевич К. А. ДАН СССР, 1926, А, 140.
4. Hillebrand W. F. Am. J. Sci., 1899, 8, 298.
5. Хачатурян Э. А. ДАН Арм. ССР, 1958, 26, № 3, 177.
6. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 342.

#### СТРУКТУРА НЕ ВЫЯСНЕНА

	Сингония	$a_0$	$b_0$	$c_0$	Углы	Уд. в.
Эмпрессит	$\text{Ag}_{5-x}\text{Te}_3$	Гексаг.	13,49	—	8,48	7,3?
Мутманнит	$(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}$	?	—	—	—	5,6?
Монтбрейт	$\text{Au}_2\text{Te}_3$	Трикл.	12,10	13,46	10,80	$\alpha=104^\circ 30'$ $\beta=97^\circ 34'$ $\gamma=107^\circ 53'$ 9,94
Нагагит	$\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te}, \text{Sb})_4\text{S}_{5-8}?$	Тетраг.	4,15	—	30,21	7,5

Эмпрессит *Empressite*

Назван по месту находки (Брэдли, 1914) <sup>1</sup>.

Синон. Теллуристая серебряная обманка, штюцитт (Шрауф, 1878) <sup>2</sup>.

Томпсон, Пикок и др. <sup>3</sup> доказали идентичность эмпрессита и штюцитта и предложили сохранить за минералом название эмпрессит.

**Характ. выдел.** Тонкозернистый, а также в кристаллах.

**Структ. и морф. крист.** Гексаг. с.  $D_{6h}^1 - C6/mmm$ ;  $a_0 = 13,49$ ;  $c_0 = 8,48 \text{ \AA}$ ;  
 $a_0 : c_0 = 1 : 0,628$ ;  $Z = 7$  (Томпсон и др.) <sup>3</sup>.

Предположительно места Ag в решетке частично не заполнены <sup>4</sup>.

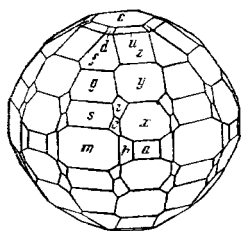
Дигексаг.-дипирамид. кл.;  $a : c = 1 : 0,6287$  (Томпсон и др.) <sup>3</sup>.

Формы:

	$\varphi$	$\rho$		$\varphi$	$\rho$
$c$ (0001)	—	0°00'	$x$ (22 $\bar{4}$ 1)	30°00'	68°19'
$a$ (1120)	30°00'	90 00	$d$ (10 $\bar{1}$ 2)	60 00	19 57
$h$ (21 $\bar{3}$ 0)	40 53	90 00	$f$ (1011)	60 00	35 58
$l$ (31 $\bar{4}$ 0)	46 06	90 00	$g$ (2021)	60 00	55 26
$m$ (10 $\bar{1}$ 0)	60 00	90 00	$s$ (30 $\bar{3}$ 1)	60 00	65 20
$u$ (1123)	30 00	22 45	$i$ (21 $\bar{3}$ 1)	40 53	62 30
$z$ (1122)	30 00	32 10	$o$ (3141)	46 06	69 05
$y$ (1121)	30 00	51 30			

Редкие формы: (32 $\bar{5}$ 0), (22 $\bar{4}$ 3), (30 $\bar{3}$ 2), (53 $\bar{8}$ 2), (21 $\bar{3}$ 2), (31 $\bar{4}$ 3), (41 $\bar{5}$ 1) (фиг. 362).

**Физ.** Сп. нет. Изл. полураковистый. Хрупок. Тв. 3—3½. Уд. в. 7,61<sup>5</sup> (вычисл. 7,34 при  $x=0,71$ ). Цв. свинцово-серый с бронзовым оттенком. Черта серовато-черная. Бл. металлический.



Фиг. 362. Кристалл эмпрессита (Сэкэримб) по Шрауфу (в установке Пикок)

**Микр.** В полир. шл. в отраж. св. белый с голубоватым оттенком. Двухотражение сильное — от светло-серого до кремове-белого. Сильно анизотропен.

**Хим.** Состав минерала из р-ка Эмпрес-Джозефин (анал. Брэдли) <sup>5</sup>: Ag — 45,17; Te — 54,75; Fe — 0,22; н. о. — 0,39; сумма — 100,53. Соответственно этим данным  $x = 0,71$ .

**Диагн. исп.** Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

В полир. шл. от HNO<sub>3</sub> травится со вскипанием, от HgCl<sub>2</sub> и FeCl<sub>3</sub> — призирующие пятна. KCN, HCl, KOH не действуют.

П. п. тр. легко плавится.

**Нахожд.** Очень редкий гидротермальный минерал. Встречен в ассоциации с другими теллуридами, пиритом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом в р-ке Эмпрес-Джозефин (шт. Колорадо, США); в ассоциации с самородным золотом и гесситом на кварце в месторождении Сэкэримб (б. Нагаг, Румыния). По-видимому, встречается в других месторождениях, для которых характерно наличие теллуридов.

**Искусств.** Получается сплавлением Ag и Te <sup>3</sup>. В системе Ag — Te установлены лишь соединения Ag<sub>6</sub>Te<sub>3</sub> и Ag<sub>2</sub>Te (гессит) <sup>4</sup>.

Отл. В полир. шл. трудно отличим от петцита.

## Л и т е р а т у р а

- Bradley W. Am. J. Sci., 1914, 38, 163.
- Schrauf A. Zs. Krist., 1878. 11, 245.
- Thompson R. M., Peacock M. A., Rowland J. F., Berry L. G. Am. Min., 1951, 36, No 5—6, 458.
- Donnay G., Kracek F. C., Rowland W. R. Am. Min., 1956, 41, No 9—10, 722.
- Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 357.

Межплоскостные расстояния эмпрессита из р-ка Эмпрес-Джозефин<sup>3</sup>  
Cu-анткатод

№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	12 $\bar{3}$ 0	1	4,38	14	06 $\bar{6}$ 0; 23 $\bar{5}$ 3; 34 $\bar{7}$ 0	1	1,928
2	04 $\bar{1}$ 2; 12 $\bar{3}$ 4	1	3,96	15	12 $\bar{3}$ 4	1	1,905
3	11 $\bar{2}$ 2; 03 $\bar{3}$ 1	1	3,55	16	34 $\bar{7}$ 1; 25 $\bar{7}$ 0	1	1,868
4	02 $\bar{2}$ 2; 22 $\bar{4}$ 0	1	3,39	17	23 $\bar{5}$ 4; 35 $\bar{8}$ 0	1	1,659
5	13 $\bar{4}$ 0	1	3,22	18	35 $\bar{8}$ 2; 17 $\bar{8}$ 0	1	1,542
6	12 $\bar{3}$ 2; 13 $\bar{4}$ 1	2	3,03	19	04 $\bar{4}$ 5; 08 $\bar{8}$ 0	1	1,459
7	0003	1	2,82	20	36 $\bar{9}$ 1; 44 $\bar{8}$ 3	1	1,441
8	22 $\bar{4}$ 2	1	2,63	21	27 $\bar{9}$ 0; 06 $\bar{6}$ 4	1	1,425
9	23 $\bar{5}$ 1; 14 $\bar{5}$ 0; 02 $\bar{2}$ 3	5	2,54	22	18 $\bar{9}$ 1; 27 $\bar{9}$ 2; 12 $\bar{3}$ 6	2	1,347
10	05 $\bar{5}$ 1; 33 $\bar{6}$ 0	1	2,24	23	44 $\bar{8}$ 4; 15 $\bar{6}$ 5	1	1,314
11	14 $\bar{5}$ 2; 33 $\bar{6}$ 1; 22 $\bar{4}$ 3	10	2,16	24	08 $\bar{8}$ 3; 13 $\bar{4}$ 6	1	1,289
12	24 $\bar{6}$ 1; 13 $\bar{4}$ 3; 0004	2	2,12	25	09 $\bar{9}$ 1; 06 $\bar{6}$ 5	1	1,277
13	15 $\bar{6}$ 1; 04 $\bar{4}$ 3	1	2,03				

## Мутманнит Muthmannite



Назван по имени химика и кристаллографа В. Мутмана из Мюнхена (Замбонини, 1911)<sup>1</sup>.

Замбонини на основании анализов креннерита, произведенных Шрауфом, Шаррицером, Майерсом и Спичем, пришел к заключению, что анализировались два различных минерала, в которых атомное отношение Au(Ag):Te, по данным первых двух авторов, равно 1:1 и, следовательно, формула минерала (Au,Ag)Te, а по двум другим авторам, это отношение равно 1:2 и формула (Au,Ag)Te<sub>2</sub>. Замбонини предложил считать анализы последних авторов за анализы креннерита, а первый минерал выделить под названием мутманнита. Позднее Замбонини получил от Кранца образец, для которого, как показал анализ Кастальди, характерно отношение Au(Ag):Te=1:1. Это подтвердило существование мутманнита как самостоятельного минерала. Томпсон, пытавшийся синтезировать мутманнит при отношении Au:Ag=1:1 и 1:2, получил креннерит и петцит. Томпсон<sup>2</sup> считает минерал сомнительным.

Характ. выдел. В кристаллах.

Структ. и морф. крист. Сингония неизвестна. Кристаллы таблитчатые, удлинены в одном направлении.

Физ. Сп. параллельно удлинению совершенная. Тв. 2½. Уд. в. неизвестен (у Дана приведен уд. в. 5,598, взятый у Шаррицера (анализ 3), который изучал материал с примесью (до 14%) антимонита). Цв. ярко-латунно-желтый, в свежем изломе серо-белый. Черта черная.

Хим. Анализы мутманнита из Сэкэрымба:

	EAu	Ag	Sb	Te	Sb	S	Сумма
1	22,90	26,36	2,58	46,44	—	—	98,28
2	31	21	—	[48]	—	—	100
3	30,03	16,69	—	39,14	[9,75]*	4,39*	100,00

\*Sb и S за счет примеси антимонита.

1—анал. Кастальди<sup>1</sup>; 2—анал. Шрауф<sup>2</sup>; 3—анал. Шаррицер<sup>4</sup>.

Нахожд. Очень редкий. В месторождении Сэкэрымб (б. Нагваг, Румыния) встречался в тесном сростании с другими теллуридами, особенно часто с креннеритом.

## Л и т е р а т у р а

- Zambonini F. Zs. Krist., 1911, 49, 246.
- Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 373.
- Schrauf A. Zs. Krist. 1878, 2, 236.
- Scharriger R. Jb. K. K. Geol. Reichsanst. Wien, 1880, 30, 604 (по Хинце).

Монтбрейит *Montbrayite*

Назван по месторождению Роб-Монтбрэй в Канаде (Пикок, Томпсон, 1949)<sup>1</sup>.

**Характ. выдел.** Сплошной, зернистый.

**Структ. и морф. крист.** Трикл. с  $C_2/P\bar{1}$ ;  $a_0=12,10$ ;  $b_0=13,46$ ;  $c_0=10,80 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 104^\circ 30\frac{1}{2}'$ ;  $\beta = 97^\circ 34\frac{1}{2}'$ ;  $\gamma = 107^\circ 53\frac{1}{2}'$ ;  $a_0 : b_0 : c_0 = 0,899 : 1 : 0,803$ ;  $Z = 12$  (Пикок и Томпсон)<sup>1</sup>.

**Физ.** Сп. по  $(1\bar{1}0)$ ,  $(0\bar{1}1)$  и  $(1\bar{1}1)$ , углы между плоскостями спайности:  $(0\bar{1}1) : (1\bar{1}1) = 41^\circ 20'$ ;  $(1\bar{1}1) : (1\bar{1}0) = 46^\circ 45'$ ,  $(1\bar{1}0) : (0\bar{1}1) = 69^\circ 31'$ . Изл. плоскокораконный. Очень хрупок. Тв.  $2\frac{1}{2}$ . Уд. в. 9,94. Цв. оловянно-белый до очень светлого желтого. Бл. металлический. Непрозрачен.

**Микр.** В полпр. пл. в отраж. св. белый (как креннерит) с кремово-розовым оттенком, заметным в иммерсии. Двухотражение едва заметное. Анизотропия слабая с заметными цветными эффектами.

**Хим.** Теор. состав: Au — 50,77; Te — 49,23; Au в небольшом количестве замещается Ag и Sb.

Анализы:

	1	2	3
Cu	—	0,24	Сл.
Ag	0,55	0,30	0,22
Au	44,32	39,36	38,55
Pb	1,61	5,20	6,49
Fe	—	0,33	0,70
S	—	0,12	0,55
Sb	0,90	—	—
Bi	2,81	—	—
Te	49,80	54,32	52,70
Н. о.	—	0,24	0,60
Сумма	99,99	100,41	99,81

1—3—Роб-Монтбрэй: 1—анал. Уильямс; материал с примесью теллуристого висмута, алтаита и петцита<sup>1</sup>; 2—анал. Рикэби<sup>2</sup>, примесь алтаита; 3—анал. Рикэби<sup>2</sup>; примесь алтаита, пирита, халькопирита.

**Диагн. исп.** В полпр. пл. от  $HNO_3$  сильно вскипает с образованием светлого желто-бурого пятна.  $HCl$ ,  $KCN$ ,  $FeCl_3$ ,  $KOH$ ,  $HgCl_2$ , не действуют.

**Нахожд.** Найден в р-ке Роб-Монтбрэй (Квебек, Канада) в ассоциации с самородным золотом, теллуриовисмутитом, алтаитом, петцитом, мелонитом, колорадонитом, фробергитом, халькопиритом, пиритом, марказитом и халькозином.

**Отл.** В полпр. пл. трудно отличим от калаверита и креннерита. Для точной диагностики может быть использована порошковая программа.

## Л и т е р а т у р а

1. Реасок М. А., Томпсон Р. М. *Am. Min.*, 1946, 31, No 3—4, 204.
2. Томпсон Р. М. *Am. Min.*, 1949, 34, No 5—6, 345.

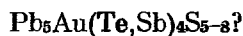
Межплоскостные расстояния монтбрейита из р-ка Роб-Монтбрей<sup>1</sup>

Си-антикатод, Ni-фильтр, D=57,3 мм

№	hkl*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$	№	hkl*	I	$\frac{d_\alpha}{n}$
1	1	7,48		18	$\frac{1}{2}$	1,836	
2	2	4,47		19	$\frac{1}{2}$	1,786	
3	$\frac{1}{2}$	4,07		20	2	1,717	
4	$\frac{1}{2}$	3,81		21	112	2	1,699
5	$\frac{1}{2}$	3,52		22	2	1,490	
6	1	3,22		23	022	2	1,459
7		{8	2,97	24		$\frac{1}{2}$	1,443
8	011	{8	2,92	25	003; 122	$\frac{1}{2}$	1,393
9		$\frac{1}{2}$	2,47	26		$\frac{1}{2}$	1,336
10	111	1	2,37	27		{1	1,322
11		1	2,27	28	013	{2	1,309
12		1	2,12	29		$\frac{1}{2}$	1,211
13	002	10	2,08	30	222	2	1,198
14		1	2,03	31	004	1	1,041
15		1	1,975	32		$\frac{1}{2}$	0,937
16		1	1,905	33	024	1	0,926
17	012	$\frac{1}{2}$	1,857				

\* Индексы для псевдокубической ячейки с a 4,16 Å.

Нагиагит Nagyagite



Впервые описан Борном в 1772 г. Назван по м-нию Нагиаг (ныне Сэкэрымб, Румыния) (Хайдингер, 1845).

Синон. Листоватый теллур, черный теллур, серая золотая руда (Борн, 1772), листоватая руда (Карстен, 1800), зильберфиллинглянц (Брайтхаупт, 1828), теллуровый блеск (Брайтхаупт, 1832), алазозин (Бедан, 1832), блаттерин (Юо, 1841), нобилиит (Адам, 1869).

Характ. выдел. Кристаллы, листоватые выделения и тонкокристаллические агрегаты.

Структ. и морф. крист. Тетраг. с.  $S_4^1 - P\bar{4}1$ ;  $a_0 = 4,15$ ;  $c_0 = 30,21$  Å;  $a_0 : c_0 = 1 : 7,283$ ;  $Z = 1$  (Бери)<sup>1</sup>.

Тетраг.-тетраэдр. кл.;  $a : c = 1 : 3,6415$ .

Формы:

	φ	ρ		φ	ρ
c 001	—	0°00'	y 114	45°00'	52°09'
m 110	45°00'	90°00'	x 113	45 00	59 46
v 106	90 00	31 15	p 225	45 00	64 06
g 105	90 00	36 04	r 112	45 00	68 46
i 103	90 00	50 31	s 334	45 00	75 29
e 102	90 00	61 13	t 111	45 00	79 01
d 101	90 00	74 38			

$dd (101) : (10\bar{1}) = 30°44'$        $ee (102) : (10\bar{2}) = 57°34'$   
 $ii (111) : (1\bar{1}\bar{1}) = 21 58$        $rr (112) : (1\bar{1}2) = 42 30$

Шрауф<sup>2</sup> признал нагиагит моноклинным с  $\beta=90^\circ$ ,  $a : b : c = 0,2807 : 1 : 0,2761$ . Дана и Хинце приняты установку Шрауфа, но считали нагиагит ромбическим; по Госнеру<sup>3</sup> и Бери, он тетрагональный. Указанную Шрауфом неравнозначность двух зон Бери объясняет симметрией тетрагонально-тетраэдрического класса.

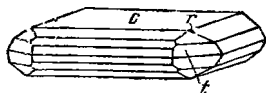
Принятое здесь отношение осей основано на данных Бери, но отличается в 2 раза меньшим значением  $c$ , что приводит к более простым символам. Формулы перехода к новой установке от установки Шрауфа-Дана: 100/001/010; от установки Гольдшмидта: 100/010/002; от установки Бери: 100/010/001/2.

Соотношения символов главных форм:

Дана (1944)	$b$ 010	$e$ 120	$m$ 110	$d$ 011	$r$ 121	$t$ 111
Новая	$c$ 001	$e$ 102	$d$ 101		$r$ 112	$t$ 111

Кристаллы уплощены по (001) (фиг. 363), часто искривлены. На (001)<sub>1</sub> — характерная штриховка  $\parallel$  осям  $a$  и  $b$ <sup>1</sup>. Дв. обычны, плоскость срастания (110) или (001). Двойникование повышает симметрию, что сказывается на лауэграмме.

Физ. Сп. по (001) совершенная. Пластинки гибки. Тв. 1½. Уд. в. 7,49 (вычисл. 7,55). Цв. темно-свинцово-серый. Черта черноватая. Бл. металлический. Непрозрачен.



Фиг. 363. Кристалл нагиагита (Сэкэрымб) По Бери

Микр. В полир. пл. в отраж. св. серовато-белый. Отраж. спос. (в %): для зеленых лучей — 43, для оранжевых — 35, для красных — 34. Двухотражение слабое. Ясно анизотропен.

На (001) в полир. пл. сложные двойники. Часто содержит микроскопические включения галенита, алтаита, реже — силъванита<sup>4</sup>.

Хим. Формула точно не установлена; часто содержит включения других минералов, что, видимо, обуславливает различия хим. анализов. Джужкэ<sup>4</sup> на основе пяти анализов тщательно отобранных образцов нагиагита из Сэкэрымба вывел формулу  $Pb_7Au(Te,Sb)_5S_8$  (при колебаниях соотношения  $Te : Sb$  от 16,86 : 7,70 до 15,87 : 9,07. По Берману (Дана, 1944), формула  $Pb_5Au(Te,Sb)_4S_5$ -в, по Томпсону<sup>5</sup> —  $Au(Pb,Sb,Fe)_3(Te,S)_11$ .

Анализы:

	1	2	3	4	5	6	7
Ag	—	—	—	—	—	—	1,12
Au	7,51	9,47	7,61	8,43	7,65	7,57	10,16
Fe	0,41	—	0,93	0,59	—	—	—
Pb	56,81	53,55	54,50	55,44	56,36	56,45	52,55
S	10,76	11,90	9,10	9,69	11,38	11,87	8,62
Sb	7,39	6,05	8,62	6,61	8,16	8,16	7,00
Te	17,72	18,99	17,80	18,92	16,24	16,54	18,80
Н. о.	—	0,56	2,12	0,31	—	—	—
Сумма	100,60	100,52	100,68	99,99	99,79	100,59	98,25

1—6 Сэкэрымб: 1—анал. Сипёч<sup>6</sup>; 2—анал. Мутман и Шрёдер<sup>7</sup>; 3—анал. Эндреди<sup>8</sup>; 4—анал. Кляудер<sup>9</sup>; 5 и 6—анал. Джужкэ<sup>4</sup>; 7—Калгурли; анал. Шимен<sup>10</sup>.

Диагн. исп. Полностью растворяется в царской водке. При растворении в  $HNO_3$  остается осадок Au ржаво-бурого цвета.

В полир. пл. от  $HNO_3$  слабая радужная окраска, остальные реактивы не действуют.

П. ж. тр. на угле дает белый летучий налет  $Sb_2O_3$  и  $TeO_2$ , ближе к пробе — желтый налет  $PbO$ . С содой дает Au.

Находч. Встречается в гидротермальных месторождениях, преимущественно низкотемпературных и отчасти среднетемпературных, с самородным золотом, теллуридами, различными простыми и сложными сульфидами. Наиболее известно месторождение Сэкэрымб (б. Нагиаг) в Румынии, где нагиагит встречается вместе с родохрозитом, тетраэдритом, сфалеритом, пруститом, алтаитом, самородным мышьяком и самородным золотом.

На территории СССР впервые встречен в 1908 г. в золотоносных россыпях около Хабаровска<sup>11</sup> вместе с сильванитом; установлен в месторождении Манка (Зайсанский р-н Каз. ССР)<sup>12</sup> в кварцевой жиле совместно с блеклой рудой, галенитом, халькопиритом, пиритом, сфалеритом, ковеллином, самородным золотом. Наблюдался в месторождениях: Бая-де-Аръеш (б. Оффенбанья, Румыния), Калгурли (Зап. Австралия), Рендайди (Япония), в Крипл-Крик (шт. Колорадо) и в ряде других месторождений США (в шт. Сев. Каролина, Калифорния и Виргиния), в Британской Колумбии и Онтарио (Канада), в месторождении Тарару-Крик (Новая Зеландия) и др.

**Изм.** Замещается креннеритом, а также смесями других минералов, например, алтаита, сильванита, петцита, гессита и др. Одним из продуктов выветривания нагиагита является вторичное самородное золото («горчичное золото»).

**Практ. знач.** Может использоваться для получения золота.

**Отл.** По внешнему виду может быть принят за молибденит, тетрадимит, теллурувисмутит, от которых отличается качественными реакциями. В некоторых выделениях обнаруживает сходство с калаверитом, креннеритом и сильванитом, но все эти минералы являются хрупкими.

В полир. пл. от других теллуридов отличается меньшей твердостью, заметной спайностью, серо-белым цветом, незначительным двуотражением. Сильванит в отличие от нагиагита обладает значительно более сильным двуотражением.

Межплоскостные расстояния нагиагита из Румынии<sup>1</sup>  
Cu-антикатод

№	<i>hkl</i>	<i>I</i> *	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	№	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
1	014	1	3,64	17	1	1	1,382
2	015	1	3,37	18	2	2	1,340
3	0.0.10	10	3,01	19	4	4	1,289
4	110; 111	1	2,91	20	4	4	1,216
5	113	9	2,81	21	4	4	1,193
6	115	4	2,64	22	2	2	1,138
7	0.1.10; 117	8	2,42	23	2	2	1,113
8	118	1	2,30	24	2	2	1,099
9	020; 022	6	2,07	25	2	2	1,074
10	1.1.11; 024	1	2,00	26	2	2	1,043
11	0.1.14; 1.1.12	2	1,905	27	2	2	1,028
12	1.1.13; 028	6	1,812	28	4	4	1,003
13	0.2.10	6	1,699	29	2	2	0,977
14	1.1.15	2	2,648	30	2	2	0,924
15	0.0.20	9	1,501	31	1	1	0,905
16	220	4	1,459	32	1	1	0,871

\* Интенсивность, приведенная Бери по семибалльной шкале, переведена на десятибалльную.

#### Л и т е р а т у р а

1. Berry L. G. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1946, No 50, 35.
2. Schrauf A. Zs. Krist., 1878, 2, 239.
3. Gossner B. Cbl. Min., 1935, 321.
4. Giușcă D. Bull. Soc. Romane Geol., 1936, 3, 1.
5. Thompson R. M. Am. Min., 1949, 34, No 5—6, 359.
6. Sipez L. Zs. Krist., 1885, 11, 211.
7. Muthmann W., Schroeder K. Zs. anorg. Chem., 1897, 14, 432.
8. Tokody L. Cbl. Min., 1930, 117.



9. Clauder O. N. Jb. Min., 1935, 1, 152.
10. Simpson E. S. West. Austr. Geol. Surv. Bull., 1942, No 42, 108 (по Дана, 1944).
11. Козьмин Н. Горные и золотопромышленные известия, 1908. № 12, 123.
12. Чухров Ф. В. Минералы СССР. Изд. АН СССР, 1940, 2, 576.

#### НЕДОСТАТОЧНО ИЗУЧЕННЫЕ И СОМНИТЕЛЬНЫЕ ТЕЛЛУРИДЫ

Оруэтит	Сингония	Уд. в.
Арсенотеллурит	$Bi_8TeS_4$	?
	$As_2Te_2S_7$	?

Оруэтит — oruetite (де Рубьес, 1919)<sup>1</sup>.  $Bi_8TeS_4$ . Пластинчатые массы с совершенной спайностью, ярким металлическим блеском, стального серого цвета, с тусклой побежалостью. Тв.  $1\frac{1}{2}$ —2. Уд. вес 7,6. Найден в доломите в Серрания-де-ла-Ронда (Малага, Испания). Теор. состав: Bi—86,73; Te—6,62; S—6,65. Состав минерала (анал. Оруэта): Bi — 86,78; Te — 6,35; S — 6,84, сумма — 99,97. Гарридо и Фео<sup>2</sup> принимали минерал за смесь грюнлингита и самородного висмута. Пикок<sup>3</sup> нашел, что решетка оруэтита из Серрания-де-ла-Ронда идентична решетке жозеита, хотя хим. составы их значительно отличаются.

#### Литература

1. de Rubies P. Anales Soc. Españ. Fis. Quim., 1919, 17, 83 (по Хинце).
2. Garrido J., Feo R. Bull. Soc. fr. min., 1938, 61, 196.
3. Peacock M. A. Univ. Toronto Stud., Geol. Ser., 1941, No 46, 83.

Арсенотеллурит — arsenotellurite (Хэнэй)<sup>1</sup>.  $As_2Te_2S_7$ . Бурые чешуйки на арсенопирите из неизвестного месторождения. Ассоциируется с самородным теллуrom. Теор. состав: Te — 39,59; As — 24,18; S — 36,23. Состав по данным анализа: Te — 40,71; As — 23,61; S — 35,81; сумма — 100,13. Искусственно получить не удалось.

#### Литература

1. Hannay J. B. J. Chem. Soc., 1873, 26, 989.

## УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ <sup>1</sup>

- Аваит 48  
 Аваруит 24  
 Агиларит 556  
 Айквинит (Чешмен) <sup>2</sup> 429  
 Акантит 174  
 Аконтит 315  
 Алабадин 192  
 β-алабадин 216  
 Алабадит 192  
 Ализонит \* 184  
 Алларгентум 35  
 Аллемонит 84  
 Аллоклаз 315  
 Аллоклазит 315  
 Аллопалладий (Дана) 53  
 Аллопалладий (Спенсер) 104  
 Аллхарит 522  
 Алмаз 61  
 Алтаит 565  
 Альгодонит 107  
 Аляскаит \* 378  
 Амальгама золота 102  
 Амальгама палладия 104  
 Амальгама серебра 103  
 Амойбит 302  
 Аморфная сера 99  
 Англарит (Норденшельд) \* 437  
 Андорит 400  
 Анимикит 35  
 Аннивит 342  
 Антамокиит \* 590  
 Антимонит 251  
 Арамайонит 377  
 Аргенталь 104  
 Аргентит 166  
 α-аргентит 167  
 β-аргентит 174  
 Аргентобисмутин 378  
 Аргентобисмутит 378  
 Аргентопирит 414  
 Аргентотеннантит 342  
 Аргирит 167  
 Аргиритроз 325  
 Аргиродит 319  
 Аргироз 167  
 Аргиропирит 416  
 Аргироцирротин 412  
 Арит 130  
 Аркверит 35  
 Арсенаргентит 111  
 Арсеникманган 158  
 Арсенкобальт 142  
 Арсеноламприт \* 81  
 Арсеномарказит 309  
 Арсеномелан 492, 500  
 Арсеномиаргиприт 478  
 Арсенопалладинит 118  
 Арсенопирит 309  
 Арсеносидерит 138  
 Арсеносульванит 351  
 Арсенотеллуриит 598  
 Арсеноферрит 132  
 Арсенполибазит 464  
 Арсенсера 99  
 Арсенсульфуриит 99  
 Аурамальгама 102  
 Аурикуприд 43  
 Аурипигмент 264  
 Ауробисмутинит 261  
 Ауросмутиин 261  
 Ауросмирид 48  
 Ауросибит 135  
 Ауротеллуриит 586  
 Афонит 342  
 Ацикулит 429  
 Ашавалит 557  
 Аэрозит 325  
 Баденит \* 142  
 Базитомглянец 395  
 Баллас 66  
 Баллестерозит 269  
 Балочное железо 24  
 Барнгардтит \* (барнхардтит) 351  
 Барраканит 368  
 Баумгауерит 495  
 Беегерит 523  
 Бейрихит 234, 457  
 Белая медь 105  
 Белонит 429  
 Белый железный колчедан 289  
 Белый кобальт 154  
 Белый никелевый колчедан 145  
 Белый теллур 586  
 Белый халькозин 169  
 Бенжаминит 524  
 Бёргерит 208  
 Бёржбнит 572  
 Бертонит 524

<sup>1</sup> Полужирным шрифтом выделены названия описанных минералов и их разновидности. Обычным шрифтом обозначены неупотребляемые синонимы, устаревшие и лишние названия. Названия смесей сопровождаются звездочкой.

<sup>2</sup> В случаях, когда одно название предложено для разных минералов, в скобках указана фамилия автора, предложившего название.

- Бертьерит 437  
 Берцелианит 532  
 Берцелин (Бедан) 532  
 Бетехтинит 459  
 Биелкит 391  
 Бинарит 289  
 Биинит (Деклуазо) 342  
 Биннит (Хойсер) 500  
 Бисмутинит 258  
 Бисмутоаурит 43, 111  
 Бисмутоламприт 258  
 Бисмутоплагинит 443  
 Бисмутосмальтин 154  
 Бисмутскуттерудит 154  
 Бистрёмит (Гагарин и Куомо) 219  
 Блаттерин 595  
 Блеклая руда 337  
 Блестящая обманка 192  
 Блестящая руда 167  
 Блестящая серебряная руда 167  
 Блестящее железо 124  
 Блестящий кобальт 298  
 Блокит 549  
 Блюменбахит 192  
 Блюэит 275  
 Бобровкит 24  
 Боливиан 525  
 Боливианит (Дана) 525  
 Боливианит (Паули) 358  
 Боливит \* 258  
 Болиденит 485  
 Бончевит 447  
 Бордозит (Домейко) 35  
 Борнин (Бедан) 575  
 Борнин (Дюфренуа) 569  
 Борнит (Хайдингер) 451  
 Борнит (Хаусман) 569  
 Борнит оранжевый — см. *оранжборнит*  
 Борнхардтит 543  
 Борт 66  
 Ботезит 560  
 Браардит 322, 325  
 Бравонит 277  
 Брагит — см. *брагит*  
 Брейтгауптит (Хайдингер) 131  
 Брейтгауптит (Чепмен) 225  
 Броньярдит 319, 397  
 Брункит 200  
 Брагит 239  
 Буланжерит 485  
 Бузенин 583  
 Вурая медная руда 451  
 Бурнонит (Джемсон) 425  
 Бурсант 525  
 Бьелкит — см. *биелкит*  
 Валлерит 481  
 Вандиестит \* 575  
 Варренит (Икинс) 502, 517  
 Вартаит \* 391  
 Вартонит 275  
 Ваэсит 279  
 Вебнерит 400  
 Вейбуллит 446  
 Вейссит 562  
 Вельхит 425  
 Верлит 572  
 Вермонтит 314  
 Вилламанинит 281  
 Виллиамит 305  
 Вилтширент 492  
 Виоларит 457  
 Висмут 88  
 Висмут-золото 111  
 Висмугин 258  
 Висмутистое золото 43  
 Висмутистое серебро 35  
 Висмутовая блёклая руда 342  
 Висмутовая медная руда 475  
 Висмутовое серебро 378  
 Висмут.ый блеск 258  
 Висмутовый джемсонит 525  
 Висмутовый мышьяковый блеск \* 84  
 Висмутовый паркерит 449  
 Висмито-кобальтовая руда \* 154  
 Висмито-кобальтовый колчедан \* 154  
 Висмито-медная руда 419  
 Висмито-никелевый колчедан \* 249  
 Висмутосмальтин — см. *бисмутосмальтин*  
 Висмито-сурьмяно-никелевый блеск 309  
 Висмутскуттерудит — см. *бисмутскуттерудит*  
 Витнеит \* 27  
 Виттит 548  
 Виттихенит 475  
 Виттихит 475  
 Водный колчедан 289  
 Водный пирит 289  
 Волканит (Хайдингер) 99  
 Волокнистая обманка 207  
 Волосистый колчедан 234  
 Вольциин 206  
 Вольцит 206  
 Вольфахит 308  
 Вольфсбергит (Николь) 416  
 Вольфсбергит (Юо) 440  
 Вольхит 425  
 Вондистит — см. *вандиестит*  
 Врбаит 516  
 Врелбладит 84  
 Вурцит 207  
 Вюрцит 207  
 Гайдингерит 437  
 Галенит 184  
 Галенит-клаусталит 190  
 Галенобисмутит 443  
 Галеновисмутин 443  
 Галлит 357  
 Гаммарит 432  
 Гарбит 408  
 Гарибальдит 96  
 Гарингтонит 205  
 Гарризит 169  
 Гартманит 131  
 Гатчит 389  
 Гауерит 268  
 Гаухекорнит 474  
 Гвадалказарит 205  
 Гвадалкацарит 205  
 Гвадалкацит 205  
 Геацлевудит — см. *хизлевудит*  
 Гейерит 141  
 Гель-пирит 276  
 Гемихальцит 419  
 Генкелит 167  
 Генрит \* 565

- Геокронит 385  
 Гепатопирит 289  
 Германит 346  
 Гермезит 342  
 Герсдорфит 302  
 Герстлиит 521  
 Герценбергит 240  
 Гессит 560  
 Гетероморфит 494  
 Гетчинсонит — см. гутчинсонит  
 Гибкая серебряная руда 412  
 Гибкий серебряный блеск 412  
 Гидрат односернистого железа 219  
 Гидропирит 289  
 Гидротроилит 219  
 Гипаргирит 373  
 Гипотифит \* 81  
 Гистрийсит \* 258  
 Гитерманит 382  
 Гладит 435  
 Глаукодит 315  
 Глаукопирит 141  
 Голдфилдит (гольффильдит) 342  
 Гольдшмидтин 470  
 Гольдшмидтит 586  
 Гомихлин 351  
 Гондурасит 77  
 Гоонгаррит — см. гунгаррит  
 Горбахит 180  
 Горсфордит 119  
 Горючая ртутная руда \* 228  
 Готтардит 489  
 Гофманнит (Фрёбель) 138  
 Гранатовая обманка — см. рубиновая обманка  
 Графит 69  
 Графитит 69  
 Графитоид 69  
 Графическая руда 586  
 Графический теллур 586  
 Гребенчатый колчедан 289  
 Греенокит 213  
 Грейтонит 387  
 Гриноцит 213  
 Грэтонит — см. грейтонит  
 Грюнаит — см. грюнауит  
 Грюнауит \* 249  
 Грюнлинцит 571  
 Гуанахуатит 546  
 Гуасколит \* 184  
 Гуаяканит 408  
 Гудмундит 318  
 Гуйтерманит — см. гитерманит  
 Гумучионит 201  
 Гунгаррит \* 391  
 Гуннарит 180  
 Гунтилит 111  
 Гутчинсонит 519  
 Гузхарит (гуэйярит, гуэйарит) 416  
 Гютенбергит 138  
  
 Дактоунит — см. дуктовнит  
 Даларнит 309  
 Далеминнит 174  
 Данаит 314  
 Дарвинит \* 27  
 Дафиллит 575  
 Делислит 395  
 Дервиллит 525  
 жайпурит 225  
 Джамсонит 440  
 Джеромит 267  
 Джерстлиит — см. герстлиит  
 Джозеит — см. жозеит  
 Джозефинит 24  
 Джонстонит (Хайдингер) \* 184  
 Джордизит — см. нордизит  
 Джулианит — см. юлианит  
 Джулукулит 301  
 Диафорит (Цефарович) 397  
 Дигенит 164  
 Диестит — см. вандиестит  
 Дизомоз 302  
 Диморфит 293  
 Динерит 118  
 Дипирит (Ридуин) 219  
 Дискраз 108  
 Дискразит 108  
 Дислитит 124  
 Добреслит 455  
 Добшауит 302  
 Догначкаит (догняскит, доньяскит) 526  
 Домейзит 105  
 α-домейкит 105  
 β-домейкит 105  
 γ-домейкит 107  
 Доминит \* 502, 517  
 Донакаргирит 395  
 Дуктовнит \* 169  
 Дэйтон-сера 91  
 Дюрфельдит 526  
 Дюфренуазит 489  
  
 Евгенезит 53  
 Евгенийит 464  
 Евгеновый блеск 466  
  
 Жайпурит — см. джайпурит  
 Железистая платина 52  
 Железистый вазсит 279  
 Железистый германит 347  
 Железистый скуттерудит 132  
 Железная платина 52  
 Железный колчедан 269  
 Железо 21  
 Железо-кобальтовый колчедан 142  
 Железо-никелевый колчедан 180  
 Железо-никель 24  
 Железо-сурьмяный блеск 437  
 Желтая медная руда 351  
 Желтая мышьяковая обманка 264  
 Желтая руда 583  
 Желтый мышьяк 264  
 Желтый никелевый колчедан 234  
 Жозеит А 569  
 Жозеит В 571  
  
 Заводинскит 560  
 Зандбергерит (Брайтхаупт) 342  
 Зеленый энаргит 337  
 Зелигманнит 423  
 Зеркальный блеск 572  
 Зигенит 248  
 Зильберфиллингляц 595  
 Зодит 574  
 Золотистое серебро 35  
 Золото 36  
 Зоргит \* 536  
 Зуэзит — см. суэзит

- Игольчатая руда 429  
 Идаит 478  
 Иенерит 485  
 Иентшит 511  
 Изостаннин (изостаннит) 364  
 Икинсит 485  
 Инверарит 180  
 Иорданит 382  
 Иордизит 286  
 Ираурит 43  
 Иридная платина 52  
 Ирридное золото 43  
 Ирридный осмий 53  
 Ирридоосмий 53  
  
 Кадмиевая обманка 213  
 Кадмоселит 540  
 Калаверит 581  
 Калгурлит \* 567  
 Каллилит 309  
 Кальгурлит — см. калгурлит  
 Камасит 24  
 Канеит 158  
 Канницарит 526  
 Кантонит 225  
 Канфильдит 319  
 Капиллозе 234  
 Карбонадо 66  
 Карелинит \* 258  
 Карменит 169  
 Карролит 456  
 Касситероламприт 358  
 Кастиллит (Домейко) 546  
 Кастиллит (Рамельсберг) 184 \*  
 Катаринит 24  
 Каттерит 280  
 Качеутаит \* 554  
 Квиригит 184  
 Кеелейт — см. килейт  
 Кенготтит (Хайдинггер) 373  
 Кермесит 461  
 Керстенит \* (Брайтхаупт) 154  
 Кёстерит 362  
 Килейт 502  
 Клиндригит 514  
 Кильбриненит 385  
 Кильмакуит \* 184  
 Киноварь 228  
 Кипраргирит 295  
 Кирозит 289  
 Кирричная руда \* 228  
 Клапротит (Петерсен и Зандбергер) \* 475  
 Клапротолит \* 475  
 Кларит 408  
 Клаусталит 536  
 Клейит 342  
 Клейофан 200  
 Клиноэдрит (Брайтхаупт) 337  
 Клифтонит (Флетчер) 75  
 Клокманнит 542  
 Кобальтин 298  
 Кобальтистый лёллингит 141  
 Кобальтистый пирит 275  
 Кобальтит 298  
 Кобальт-никель-ширит 277  
 Кобальтовая блёклая руда 342  
 Кобальтовая обманка 225  
 Кобальтовая руда 225, 298  
 Кобальтовый блеск 298  
 Кобальтовый колчедан 246  
 Кобальто-мышьяковый колчедан 315  
 Кобальто-никелевый колчедан 248  
 Кобальто-свинцовая руда \* 536  
 Кобальто-свиновый блеск 536  
 Кобальтпентландит 181  
 Кобальтширит 275  
 Кобеллит 389  
 Кобольдин 246  
 Ковеллин 225  
 Когенит 120  
 Козалит 391  
 Коккинерит 527  
 Колесная руда 425  
 Коллоидальное сернистое железо 219  
 Колокольная руда 358  
 Колорадоит 567  
 Колумбианит 102  
 Колусит 344  
 Кольбекин 240  
 Колюзит, колосит 344  
 Комучит 440  
 Конгсбергит 35  
 Кондурит \* 105  
 Коолгардит — см. кулгардит  
 Коперит 169  
 Кошит (Дакварди) 342  
 Кошвидный колчедан 289  
 Коралловая руда \* 228  
 Коринит 304  
 Коутекит 114  
 Коцинерит — см. кокинерит  
 Крамерит (Хенри) 200  
 Красная мышьяковая обманка 241  
 Красная серебряная руда 322, 325  
 Красная сурьма 461  
 Красная сурьмяная руда 461  
 Красное серебро 322, 325  
 Красный аурипигмент 241  
 Красный мышьяк 241  
 Красный никелевый колчедан 127  
 Крёберит 219  
 Креннерит 583  
 Кристофит 200  
 Кроокезит — см. крукесит  
 Крукесит 553  
 Круксит — см. крукесит  
 Крусилит — см. крусит  
 Крусит (Томсон) 313  
 Ксантокон 328  
 Ксантоконит 328  
 Ксантопирит 269  
 Ксантохроит 215  
 Кубан 368  
 Кубанит 368  
 Кубический кобальтовый колчедан 298  
 Кубический колчедан 151  
 Кубический халькозин 164  
 Кулгардит \* 581  
 Кулебрит 342  
 Куперит (Вартенвайлер) 237  
 Купреин 169  
 Купроаркверит 103  
 Купроаурит 43  
 Купробиннит 342  
 Купробисмутит 421  
 Купробуланжерит 485  
 Купрокуприт \* 27  
 Купроширит (Уэри) 351  
 Купроширит (Шнайдер) 368  
 Купроплатина 52

- Купропниомбит (Брайтхауш) \* 184  
 Купферникель (Кронштедт) 302  
 Купферникель (Хиэрне) 127  
 Кююнавит (кююнавит) \* 105  
 Кюстедит 35
- Лайтакарит 546  
 Ламприт 120, 124  
 Ландсбергит 101  
 Лаурит 282  
 Лаутит 335  
 Левиглланит (левиляннит) 205  
 Ледуксит \* 105  
 Лейкарнит 342  
 Лейкопирит 138  
 Лёллингит 138  
 Ленгенбахит 511  
 Ленточное железо 24  
 Лепидоламприт 512  
 Лербахит \* 536  
 Ливейнгит 497  
 Ливингстонит 436  
 Ликтерия 512  
 Лиллианит 444, 483  
 Лильгамерит 180  
 Линдстрёмит (линдстромит) 434  
 Линнеит 246  
 Лионит (Бердел) 78  
 Листоватая руда 595  
 Листоватый колчедан 289  
 Листоватый теллур 595  
 Лонхидит \* 289  
 Лорандит 332  
 Лушиккит \* 368  
 Лушонит — см. люшонит  
 Лучистая цинковая обманка 207  
 Лучистый висмут 429  
 Лучистый колчедан 289  
 Люшонит 365
- Магнетопирит 219  
 Магнитный колчедан 219  
 Магнитный пирит 219  
 Майченерит 136  
 Макфарланит \* 31  
 Малиновскит 342  
 Мальдонит 111  
 Марасмолит 200  
 Марганцовая обманка 192  
 Марганцовый блеск 192  
 Марганцовый колчедан 268  
 Марказит 289  
 Марматит 200  
 Маррит 527  
 Мартурит \* 437  
 Матильдит 378  
 Матраит 208  
 Маухерит 114  
 Медзянкит 342  
 Медистая платина 52  
 Медистое золото 43  
 Медистое серебро 36  
 Медная блёклая руда 337  
 Медная обманка 337  
 Медно-висмутовая руда 475  
 Медно-висмутовый блеск 419  
 Медное индиго 225  
 Медно-серебряный блеск 295  
 Медно-сурьмяный блеск 416  
 Медный блеск 169
- Медный колчедан 351  
 Медь 27  
 Меланаргирит 470  
 Мелангланц 470  
 Меланграфит 69  
 Мелонит 579  
 Мельниковит 276  
 Менегинит 405  
 Метакамасит 24  
 Металонхидит \* 289  
 Метастибнит 256  
 Метатэннит 24  
 Метациннабарит 203  
 Мехерничит 277  
 Мизаргирит 373  
 Миллерит 234  
 Минерал Q 528  
 Минерал S 294  
 Минерал типа рецбаниита 528  
 Минцум 228  
 Миспикель 309  
 Моавкит — см. могавкит  
 Могавк-альгодонит \* 105  
 Могавк-витнеит \* 105  
 Могавкит \* 105  
 Моддерит 127  
 Модумит (Николь) 151  
 Мозин — см. мосин  
 Молибденит 282  
 Молибденовое серебро 572  
 Молибденовый блеск 282  
 Монтбрейт 594  
 Монтезит 372  
 Моосин — см. мосин  
 Морокочит 378  
 Мосин 138  
 Мохавкит — см. могавкит  
 Мошелландбергит 101  
 Муассанит 122  
 Мулланиит 485  
 Мутманнит 593  
 Мышьяк 81  
 Мышьяковая блёклая руда 337  
 Мышьяковая красная руда 322  
 Мышьяковая серебряная обманка 322  
 Мышьяковистая медь 105  
 Мышьяковистая сурьма 84  
 Мышьяковистое железо 138  
 Мышьяковистое серебро \* 111  
 Мышьяковистый кобальт 142  
 Мышьяковистый колчедан 138  
 Мышьяково-висмуто-медная руда 508  
 Мышьяково-кобальтовый колчедан 151  
 Мышьяково-никелевый блеск 302  
 Мышьяково-никелевый колчедан 154  
 Мышьяково-сурьмяно-никелевый колчедан 304  
 Мышьяково-сурьмяный никелевый блеск 304  
 Мышьяковый блеск \* 81  
 Мышьяковый камень 309  
 Мышьяковый колчедан 309  
 Мышьяковый марганец 158  
 Мышьяковый мизаргирит 478  
 Мышьяковый пирит 309  
 Мышьяковый полибазит 464  
 Мьедзянкит — см. медзянкит  
 Мюзенит 248  
 Мюллерит 583  
 Мягкая руда 174

- Мягкая стекловатая руда 466  
 Нагиагит 595  
 Науманнит (Хайдингера) 554  
 Невьянскит 53  
 Неодимит 164  
 Непаунит (непалит) 337  
 Нигглит 112  
 Никдиферрит 24  
 Никелевая блеклая руда 342  
 Никелевая обманка 234  
 Никелевая сурьмяная руда 306  
 Никелево-висмутный блеск \* 249  
 Никелево-сурьмяный блеск 306  
 Никелево-сурьмяный колчедан 306  
 Никелевый блеск 302  
 Никелевый бурнонит 306  
 Никелевый колчедан 234  
 Никелевый линнеит 248  
 Никеле-мышьяковый колчедан 302  
 Никелин 127  
 Никелистая платина 52  
 Никелистый кобальтин 301  
 Никелистый пирит 275  
 Никель-железо 24  
 Никель-линнеит 249  
 Никель-пирит 277  
 Никельскуттерудит 154  
 Никколин (никколит) 127  
 Никопирит 180  
 Нифсит \* 277  
 Нобилит 595  
 Новакит 158  
 Ноласцит \* 184  
 Норильскит 26  
 Ньюболдт 200  
  
 Овихит (овигеит) 517  
 Огненная обманка 330  
 Октиббегит 24  
 Ольдгамит — см. ольдгамит  
 Олово 58  
 Оловянный колчедан 358  
 Оловянный медный блеск 358  
 Оловянный пирит 358  
 Ольдгамит — см. ольдгамит  
 Ольдгамит 183  
 Овофрит (Хайдингера) 205  
 Оранжеборнит 347, 360, 452  
 Орилит (орилейт) 105  
 Орландинит 485  
 Орседит 114  
 Ортотанит 24  
 Оруэит 598  
 Осборнит 121  
 Осирит 47  
 Осмирид 47  
 Осмистый иридий 53  
 Осмит 53  
  
 Павлинья руда 451  
 Павонадо 337  
 Павонит 380  
 Палладий 46  
 Палладистая платина 52  
 Палладистое золото 42  
 Панабаз 337  
 Парагит \* 228  
 Парагуанахуатит 545  
 Параджемсонит 443  
  
 Паразильберглинц 167  
 Паракобеллит \* 184  
 Паракушферглинц 169  
 Парараммельсбергит 148  
 Паркерит 449  
 Партшит 124  
 Патринит 429  
 Патронит 293  
 Пацит 138  
 Пеарцит — см. пирсеит  
 Пенрозит \* 549  
 Пентландит 180  
 Перистая руда 440, 502  
 Перламутровая сера 98  
 Перувит 378  
 Пестрая медная руда 451  
 Пестрый медный колчедан 451  
 Петцит 590  
 Печенковая обманка 206  
 Печенковая железная руда 219  
 Печенковая ртутная руда \* 228  
 Печенковый колчедан 219, 289  
 Пилит (Шульце) \* 440  
 Пилзеит 572  
 Пирантимонит 461  
 Пираргирит 325  
 Пирит 269  
 Пиритогелит — см. гель-пирит  
 Пиритолампит \* 111  
 Пиритролит — см. пирохролит  
 Пиростибит 461  
 Пиростибнит 461  
 Пиростильнит 330  
 Пирохролит 330  
 Пирохротит 330  
 Пирролин 219  
 Пирсеит 464  
 Письменная руда 586  
 Письменное золото 586  
 Письменный блеск 586  
 Письменный теллур 586  
 Питанкит 529  
 Плагионит 497  
 Плагодин 114  
 Платина 49  
 Платинистое золото 44  
 Платинистый иридий 48  
 Платинит 558  
 Пленаргирит 378  
 Плессит (Дана) 302  
 Плессит (Райхенбах) \* 24  
 Плинтивал 309  
 Плюмбагин 69  
 Плюмбобиннит 489  
 Плюмбокуприт \* 184  
 Плюмбоманганит 529  
 Плюмбомангит 184  
 Плюмбостаннит \* 358  
 Плюмбостиб 485  
 Плюмит 485  
 Плюмосит 440, 485  
 Пойкилит 451  
 Пойкилопирит 451  
 Полиаргирит 470  
 Полибазит 466  
 Полидимит 249  
 Пликсен 50  
 Полиспирит 289  
 Полителит 342  
 Полувитнеит \* 105

- Порпепит 42  
 Потарит 104  
 Поццолит 99  
 Призматический мышьяковый пирит 138  
 Прустит 322  
 Пришибрамит 200  
 Псагуров 470  
 Пурпурная медная руда 451  
 Пурпурная обманка 461  
 Пуфалит 370  
 Пфаффит (Юо) 440  
 Пшибрамит 200  
  
 Рабдит 125  
 Рамдорит 394  
 Раммельсбергит 145  
 Ратит (Баумхауер) 492  
 Ратит (Шепард) 194  
 Рафаносмит \* 536  
 Реальгар 241  
 Реворедит 529  
 Регнолит 342  
 Редрутит 169  
 Ренифорит 382  
 РенIFORMит 382  
 Рсньерит 347  
 Ренъолит 342  
 Рецбаннит 433  
 Ризопатронит 293  
 Риккардит 564  
 Риолит \* 75  
 Рионит 342  
 Риттингерит 328  
 Ричмондит (Скей) \* 184  
 Робертсонит (Чухров) 200  
 Робинсонит 305  
 Родиевый невьянскит 53  
 Родиевый сысертскит 53  
 Родистая платина 52  
 Родистое золото 43  
 Родит 43  
 Розенит 497  
 Розикиит — см. роцикит  
 Розит (Юо) 416  
 Роцикит 98  
 Ромбическая сера 91  
 Ромбический халькозин 169  
 Ртутная блеклая руда 342  
 Ртутная обманка 228  
 Ртутный блеск 205  
 Ртуть 60  
 Рубизит — см. рубисит  
 Рубиновая обманка 194, 322, 325  
 Рубиновая сера 241  
 Рубиновое серебро 322, 325  
 Рубиновый мышьяк 241  
 Рубиновый цинк 194  
 Рубисит \* 572  
 Рутениевый невьянскит 53  
 Рутениевый сысертскит 53  
 Рутенит 225  
  
 Сайнит \* 249  
 Самородная платина 50  
 Самсонит 509  
 Сангвинит 529  
 Санфордит 564  
 Сарторит 500  
 α-сарторит 500  
 Сауезит — см. суэзит  
  
 Сафлюорит 142  
 Свайбергит (Шепард) 48  
 Светлая красная серебряная руда 322  
 Свинец 45  
 Свинцовая блеклая руда 425  
 Свинцово-висмутный блеск 443  
 Свинцово-мышьяковый блеск 500  
 Свинцово-серебряный антимонит 397  
 Свинцово-сурьмяный блеск 502  
 Свинцовый антимонит 440  
 Свинцовый арсенид 489  
 Свинцовый блеск 184  
 Свинцовый висмутин 391  
 Свинцовый паркерит 448  
 Свинчак 184  
 Селен 75  
 Селенид кобальта 541  
 Селенид кобальта, никеля, меди 544  
 Селенистая медь 532  
 Селенистая ртуть 538  
 Селенистая сера 99  
 Селенистое серебро 554  
 Селенистый висмут 546  
 Селенистый галенит 190  
 Селенистый свинец 536  
 Селенобисмутит 546  
 Селеноваэсит 279  
 Селеновисмутин 261  
 Селено-висмутный блеск 546  
 Селеновый галенобисмутит 446  
 Селеновый свинцовый блеск 536  
 Селенозигенит 249  
 Селено-кобальтовый свинец \* 536  
 Селенокобеллит 558  
 Селенокозалит 393  
 Селенокуприт 532  
 Селенолиннеит 248  
 Селено-медистое серебро 535  
 Селено-медистый свинец \* 536  
 Селено-ртутный свинец \* 536  
 Селено-свинцовая медь \* 536  
 Селено-свинцовое серебро 554  
 Селено-свинцовый висмутный блеск 446  
 Селено-серебряный блеск 554  
 Селено-сернистая ртуть — см. онофрит  
 Селенотеллур 77  
 Селенпалладий 53  
 Селенсера 99  
 Селигманнит — см. зелигманнит  
 Семивитнеит \* 105  
 Семсейит 488  
 Сера 91  
 α-сера 91  
 β-сера 96  
 γ-сера 98  
 μ-сера 99  
 Серая золотая руда 595  
 Серая кобальтовая руда 225  
 Серая медная руда 337  
 Серая медь 337  
 Серая сурьмяная руда 251  
 Серебристое золото 42  
 Серебро 31  
 Серебряная блеклая руда 342  
 Серебряная чернь 167  
 Серебряно-висмутный блеск 378  
 Серебряное стекло 174  
 Серебряно-медный блеск 295  
 Серебряно-сурьмяный блеск 373  
 Серебряный блеск 167



- Серебряный висмут 35  
 Серебряный джемсонит 517  
 Серебряный колчедан 412, 414  
 Сернистый кобальт 225  
 Серное стекло 99  
 Серно-сурьмяный свинец 485  
 Серно-теллуристый висмут 575  
 Серный колчедан 269  
 Серый кобальт 154  
 Серый никелевый колчедан 302  
 Серый сурьмяный блеск 251  
 Серый шпейскокобальт 142  
 Сетерсбергит 138  
 Сидеразот 123  
 Сидерошприт 269  
 Сидероферрит 21  
 Сиенурит — см. джайшурит  
 Силаонит \* 88, 546  
 Сильван (Бедан) 586  
 Сильван самородный 78  
 Сильванит (Кирван) 78  
 Сильванит (Некер) 586  
 Сильвестрин 123  
 Синее медное стекло 225  
 Синий халькозин 164  
 Синяя медная руда 451  
 Сихнодимит 457  
 Склероклаз (Рат) 500  
 Склероклаз (Валтерсхаузен) 489  
 Скорлуповатая цинковая обманка 200, 207  
 Скуттерудит 151  
 Смайтит 224  
 Смальтин 154  
 Смальтит 154  
 Смизит — см. смайтит  
 Смитит 478  
 Соллит 530  
 Соммаругаит 302  
 Спаниолит 342  
 Спатиошприт — см. шпатиошприт  
 Спекулит 583  
 Сперрилит 133  
 Спиритерит 207  
 Стальная руда \* 228  
 Стальной кобальт 300  
 Стальной сурьмяный блеск 440  
 Станнин 358  
 Станнин? I, II, III, IV 363  
 Станнит (Дана) 358  
 Станноалладинит 113  
 Станноплатинит 113  
 Стевартит 66  
 Стекловатая медная руда 169  
 Стекловатая медь 169  
 Стекловатая серебряная руда 167  
 Стекловатое серебро 174  
 Стефанит 470  
 Стибарсен 84  
 Стибиобисмутинит 261  
 Стибиовисмутин 261  
 Стибиогексаргентит 108  
 Стибиодомейкит 105  
 Стибиолоюонит 366  
 Стибиоалладинит 118  
 Стибиотеллурувисмутит 574  
 Стибиотриаргентит 108  
 Стибнит 251  
 Стилотипит (стилотип) 337  
 Стириан 289, 302  
 Стромейерит — см. штрмейерит  
 Студерит 337  
 Сульванит 349  
 β-сульфид марганца 216  
 Сульфидтитмонид серебра и свинца 530  
 Сульфурит (Фрель) 96  
 Сульфурит (Рине) 99  
 Сундит 400  
 Сурьма 85  
 Сурьмяная обманка 461  
 Сурьмянистая блеклая руда 337  
 Сурьмянистая медь 416  
 Сурьмянистое серебро 35, 108  
 Сурьмянистый люонит 366  
 Сурьмянистый мышьяк 84  
 Сурьмянистый никель 131  
 Сурьмянистый шпротин 131  
 Сурьмяно-медный блеск 425  
 Сурьмяно-мышьяковый никелевый блеск 304  
 Сурьмяно-никелевый блеск 306  
 Сурьмяно-никелевый колчедан 306  
 Сурьмяно-никелево-кобальтовый блеск 305  
 Сурьмяно-свинцовая обманка 485  
 Сурьмяно-свинцово-медная обманка 425  
 Сурьмяно-свинцовый блеск 425  
 Сурьмяно-серебряная обманка 325  
 Сурьмяно-серебряный блеск 470  
 Сурьмяный блеск 251  
 Суэзит 24  
 Сфалерит 194  
 Сысертскит (сысерскит) 53  
 Сэкэрэмбит — см. нагиагит  
 Тальгеймит 309  
 Танненит 419  
 Тантал 20  
 Тапальцит \* 575  
 Таргонит \* 184  
 Тасцин 554  
 Твердая кобальтовая руда 151  
 Твердый кобальтовый колчедан 151  
 Теаллит — см. тиллит  
 Теласпирин 269  
 Теллур 78  
 Теллурбисмут 573  
 Теллуристая ртуть 567  
 Теллуристая сера 99  
 Теллуристая серебряная обманка 592  
 Теллуристое серебро 560, 590  
 Теллуристый висмут (Бальх) 573  
 Теллуристый висмут (Берцелиус) 575  
 Теллуристый никель 579  
 Теллуристый свинец 565  
 Теллуристый серебряный блеск 560  
 Теллурувисмутит 573  
 Теллуро-висмутовое серебро \* 575  
 Теллуро-висмутовый блеск 573  
 Теллурувый блеск 595  
 Темискамит 114  
 Темная красная серебряная руда 325  
 Тенит — см. тэнит  
 Теннантит 336  
 Теофрастит \* 249  
 Тетрадимит 575  
 Тетраэдрит 336  
 Тигровая руда 470  
 Тиёманнит — см. тиманнит  
 Тиллит 370  
 Тилькеродит \* 536

- Тиманнит 538  
 Тинит 530  
 Тирреллит 544  
 Тованит 351  
 Томбацит 302  
 Трехманнит 479  
 α-трехманнит 481  
 Трихопирит 234  
 Трогталит 548  
 Троилит 217  
 Тростниковая стекловатая руда 395  
 Тунгстениит 287  
 Тэнит (Райхенбах) 24  
  
 Уайтиннеит — см. витнеит  
 Уитнеит — см. витнеит  
 Ульманнит 306  
 Ультрабазит 397  
 Уманит 533  
 Урбайт 516  
 Устарасит 263  
  
 Фалит 337  
 Фалькенхайнит \* 342  
 Фалькманит 485  
 Фальэртц 337  
 Фаматинит 366  
 Фармакопирит 138  
 Феррит (Вернадский) 24  
 Ферроалабандин 193  
 Феррокобальтин 300  
 Ферроплатина 52  
 Феррорабдит 124  
 Ферроселит 551  
 Ферротеннантит 342  
 Ферротетраэдрит 342  
 Филедит — см. филдит  
 Физелиит 404  
 Филдит 337  
 Филлисит (Бедап) 451  
 Фиолетовая медная руда 451  
 Флейшерит 208  
 Фольгерит 180  
 Фондиастит \* — см. вандинестит  
 Фосфид никдиферрита 124  
 Фрамезит 66  
 Франкеит 512  
 Фребольдит 541  
 Фредрицит 342  
 Фрейбергит 342  
 Фрейеслебенит 395  
 Френцелит 546  
 Фритидит 342  
 Фризсит 416  
 Фробергит 578  
 Фрудит 136  
 Фурнетит 184, 342  
 Фюльшнит 506  
  
 Халибиновый блеск 440  
 Халипит 123  
 Халькоборнит 453  
 Халькозин 169  
 α-халькозин 164  
 β-халькозин 169  
 Халькомиклит 451  
 Халькопирит 351  
 Халькопирротин 357  
 Халькостибит 416  
 Хальмерзит 368  
  
 Хаммарит 432  
 Харлбатит (Гагарин и Куомо) 208  
 Хастит 553  
 Хатчинсонит 519  
 Хаулеит 202  
 Хедлейт (хедлейит) 568  
 Хелеутит \* 154  
 Хенглейнит 277  
 Хизлевудит 178  
 Хилениит — см. чилениит  
 Хлоантит 154  
 Хорсбетсуит 257  
 Хоулит 202  
 Христофит — см. кристофит  
 Хрупкая стекловатая серебряная руда 466, 470  
 Хунтилит — см. гунтилит  
  
 Цементит 120  
 Цилиндрит 514  
 Цинк 57  
 Цинкениит 502  
 Цинковая блеклая руда 342  
 Цинковая обманка 194  
 Цинкитиллит 370  
 Циннабарит 228  
 Циприт 169  
 Цоргит (Брук и Миллер) \* 536  
 Цундерертц 440  
  
 Чалинит 123  
 Чальмерзит 368  
 Чанарциллит 111  
 Чатамит 142  
 Челейтит — см. хелеутит  
 Челипит — см. чалипит  
 Черная руда 337, 470  
 Черная хрупкая серебряная руда 470  
 Черное золото 111  
 Черное серебро 470  
 Черный свинец 69  
 Черный серебряный блеск 470  
 Черный теллур 595  
 Чешуйчатый блеск 512  
 Чивиятит \* 258  
 Чикловаит 578  
 Чилениит 35  
 Чирвинит 24  
  
 Шазеллит \* 437  
 Шандит 448  
 Шанбахит 378  
 Швацит (шватцит) 342  
 Шенардит (Хайдингер) 124  
 Шербенкобальт 81  
 Ширмерит 510  
 Шлаковый кобальт 142  
 Шмальтин (шмальзит) 154  
 Шпатопирит 142  
 Шпейсовый кобальт 154  
 Шпистглас 85  
 Шрейберзит 124  
 Шталькобальт 300  
 Штейнманнит \* 184  
 Штернбергит 412  
 Штёххолит 108  
 Штиллит 540  
 Штромейерит 295  
 Штютцит 592  
 Шульцит 385

## Шунгит 73

Эакинзит — см. икинзит

Эвгенит — см. евгенит

Эвкайрит 535

Эвтомит 575

Эвтомовый блеск 282

Эдмонсонит 24

Эйкайрит — см. эвкайрит

Эйхбергит 530

Элазмозин (Бедан) 595

Элазмозин (Юо) 565

Электрум 42

Эмбриит 485

Эмплектит 419

Эмпрессит 592

Энаргит 408

β-энаргит 337

Энделлионит 425

Эолид 99

Эпбуланжерит 485

Эпигенит (Зандбергеп) 508

Эритрокозит\* 342

Эритроцинкит 212

Эрубесцит 451

Эскеборнит 557

Эукайрит — см. эвкайрит

Юлианит 337

Юнгит\* 530

Яшпакт 463

Ячеистый колчедан 289

Acanthite 174

Achavalite 557

Acicular bismuth 429

Aciculite 429

Aerosite 325

Aguilarite 556

Aikinite (Chapman) 429

Akontit 315

Alabandine 192

Alabandite 192

β-alabandite 216

Alaskaite \* 378

Algodonite 107

Alisonite \* 184

Allargentum 35

Allcharite 522

Allemontite 84

Alloclase 315

Alloclasite 315

Allopalladium (Dana) 53

Allopalladium (Spencer) 104

Altaite 565

Amoibite 302

Amorphous sulfur 99

Andorite 400

Anglarite (Nordenskiöld)\* 437

Animikite 35

Annivite 342

Antamokite \* 590

Antimonarsen 84

Antimonarsennickelglanz 304

Antimonbleiblenде 485

Antimonbleiglanz 425

Antimonbleikupferblende 425

Antimonblende 461

Antimonfahlerz 337

Antimonial copper 416

Antimonial silver 35, 108

Antimonischer Pyrrhotin 131

Antimonite 251

Antimonkupferglanz 425

Antimonluzonite 366

Antimonnickel 131

Antimonnickelglanz 306

Antimonnickelkies 306

Antimonnickelkobaltglanz 305

Antimonsilberblende 325

Antimonsilberglanz 470

Antimony 85

Antimony glance 251

Aphonite 342

Aramayoite 377

Argentall 101

Argentian gold 42

Argentite 166

α-argentite 167

β-argentite 174

Argentobismutine 378

Argentobismutite 378

Argentopyrite 414

Argentotennantite 342

Argirose 167

Argyrite 167

Argyritrose 325

Argyrodite 319

Argyropyrite 416

Argyropyrrhotin 412

Arite 130

Arquerite 35

Arsenantimonnickelglanz 304

Arsenantimonnickelkies 304

Arsenargentite 111

Arsenglanz \* 81

Arsenic 81

Arsenical pyrites 309

Arsenic rouge 241

Arsenikantimon 84

Arsenikeisen 138

Arsenikfahlerz 337

Arsenikkies 138

Arsenikkobalt 142

Arsenikkupfer 105

Arsenikmangan 158

Arseniksilber \* 111

Arsenikstein 309

Arsenikies 309

Arsenkobalt 142

Arsenkobaltkies 151

Arsenmangan 158

Arsenickelglanz 302

Arsenickelkies 154

Arsenoferrite 132

Arsenolamprite \* 81

Arsenomarcasite 309

Arsenomelan 492, 500

Arsenomargyrite 478

Arsenopalladinite 118

Arsenopyrite 309

Arsenosiderite 138

Arsenosulvanite 351

Arsenotellurite 598

Arsenopolybasite 464

Arsenrothgiltigerz 322

Arsenschwefel 99

Arsensilberblende 322

Arsensulfurite 99

- Arsenwismuthkupfererz 508  
 Auramalgam 102  
 Aurienpride 43  
 Anrobismuthinite 261  
 Aurosmirid 48  
 Aurostibite 135  
 Aurotellurite 586  
 Avaite 48  
 Awaruite 24  
  
 Badenite \* 142  
 Balkeneisen 24  
 Ballas 66  
 Ballesterosite 269  
 Bandeisen 24  
 Barnhardtite \* 351  
 Barracanite 368  
 Basitomglanz 395  
 Baumhauerite 495  
 Beegerite 523  
 Bel metal ore 358  
 Belonite 429  
 Benjaminite 524  
 Berthierite 437  
 Berthonite 524  
 Berzelianite 532  
 Berzeline (Beudant) 532  
 Betehtinite 459  
 Beyrichite 234, 457  
 Bięgsamer Silberglanz 412  
 Binarite 289  
 Binnite (Des Cloizeaux) 342  
 Binnite (Heusser) 500  
 Bismuth 88  
 Bismuthaurite 43  
 Bismuth glance 258  
 Bismuth-gold 111  
 Busmuthian gold 43, 111  
 Bismuthinite 258  
 Bismuth-jamesonite 525  
 Bismutholamprite 258  
 Bismuthoplacionite 443  
 Bismuth-parkerite 449  
 Bismuth silver 378  
 Bismuth-skutterndite 154  
 Bismutosmaltine 154  
 Bjelkite 391  
 Black gold 111  
 Black lead 69  
 Black silver 470  
 Black tellurium 595  
 Blättererz 595  
 Blätterine 595  
 Blätterkies 289  
 Blättertellur 595  
 Blaues Kupfererz 451  
 Blaues Kupferglas 225  
 Bleiantimonglanz 502  
 Bleiantimonit 440  
 Bleiarsenglanz 500  
 Bleiarsenit 489  
 Bleibismutit 391  
 Bleifahlerz 425  
 Bleiglanz 184  
 Bleisilberantimonit 397  
 Bleiwismuthglanz 443  
 Blockite 549  
 Blue chalcocite 164  
 Blueite 275  
 Blumenbachite 192  
  
 Bobrovkite 24  
 Bolidenite 485  
 Bolivian 525  
 Bolivianite (Dana) 525  
 Bolivianite (Panly) 358  
 Bolivite \* 258  
 Bonchevite 447  
 Bordsosite (Domeyko) 35  
 Bornhardtite 543  
 Bornine (Beudant) 575  
 Bornine (Dufrenoy) 569  
 Bornite (Haidinger) 451  
 Bornite (Hausmann) 569  
 Bort 66  
 Börzönyite 572  
 Botesite 560  
 Boulangerite 485  
 Bournonite (Jameson) 425  
 Braardite 322, 325  
 Braggite 239  
 Brauner Kies 365  
 Bravoite 277  
 Breithauptite (Chapman) 225  
 Breithauptite (Haidinger) 131  
 Brongniardite 319, 397  
 Brunckite 200  
 Buergerite 208  
 Bunsenin 583  
 Buntkupfererz 451  
 Buntkupferkies 451  
 Bursait 525  
 Byströmite (Gagarin, Cuomo) 219  
  
 Cachentaite \* 554  
 Cadmium blende 213  
 Cadmoselite 540  
 Calaverite 581  
 Canfieldite 319  
 Cannizzarite 526  
 Cantonite 225  
 Capillöse 234  
 Carbonado 66  
 Carmenite 169  
 Carrollite 456  
 Castillite (Domeyko) 546  
 Castillite (Rammelsberg) \* 184  
 Catarinite 280  
 Cattierite 280  
 Cementite 120  
 Chalcobornite 453  
 Chalcocite 169  
 $\alpha$ -chalcocite 164  
 $\beta$ -chalcocite 169  
 Chalcomiklite 451  
 Chalcopyrite 351  
 Chalcopyrrhotite 357  
 Chalcostibite 416  
 Chalmersite 368  
 Chalybinglanz 440  
 Chalypite 123  
 Chanarcillite 111  
 Chatamite 142  
 Chazellite \* 437  
 Cheleutite \* 154  
 Chilenite 35  
 Chiviatite \* 258  
 Chloanthite 154

- Christophite 200  
 Cinnabar 228  
 Cinnabarite 228  
 Clarite 408  
 Clausthalite 536  
 Clayite 342  
 Cleiophane 200  
 Cliftonite (Fletcher) 75  
 Clinohedrite (Breithaupt) 337  
 Cobaltine 298  
 Cobaltite 298  
 Cobalt-löllingite 141  
 Cobalt-nickel-copper selenide 544  
 Cobaltnickelpyrite 277  
 Cobaltpentlandite 181  
 Cobaltpyrite 275  
 Cocinerite 527  
 Cockscomb pyrites 289  
 Cohenite 120  
 Colombianite 102  
 Coloradoite 567  
 Colusite 344  
 Comuccite 440  
 Condurrite \* 105  
 Coolgardite \* 581  
 Cooperite (Wartenweiler) 237  
 Coperite 169  
 Copper 27  
 Copper gold 43  
 Coppery silver 36  
 Coppite (D'Achiardi) 342  
 Cosalite 391  
 Covellite 225  
 Crookesite 553  
 Crucilite 313  
 Crucite (Thomson) 313  
 Csiklovaite 578  
 Cuban 368  
 Cubanite 368  
 Culebrite 342  
 Cuproarquerite 103  
 Cuproauride 43  
 Cuprobinnite 342  
 Cuprobismutite 421  
 Cuproboulangerite 485  
 Cuprocuprite \* 27  
 Cuproplatinum 52  
 Cuproplumbite (Breithaupt) \* 184  
 Cupropyrrite (Wherry) 351  
 Cupropyrrite (Schneider) 368  
 Custerite = kesterite  
 Cylindrite 514  
 Cyprargyrite 295  
 Cyprite 169
- Daiton-sulphur 91  
 Dalarnite 309  
 Daleminzite 174  
 Danaite 314  
 Daphyllite 575  
 Dark Red Silver Ore 325  
 Darwinite \* 27  
 Daubreelite 455  
 Delislite 395  
 Dervillite 525  
 Diamond 61  
 Diaphorite (Zepharovich) 397  
 Dienerite 117  
 Diestite = vandiestite  
 Digenite 164
- Dimorphite 293  
 Dipyrrite (Readwin) 219  
 Discrase 108  
 Disomose 302  
 Dobschanite 302  
 Dognaeskaite 526  
 Domeykite 105  
 $\alpha$ -domeykite 105  
 $\beta$ -domeykite 105  
 $\gamma$ -domeykite 107  
 Domingite \* 502, 517  
 Donacargyrite 395  
 Ducktownite \* 169  
 Dufrenoyite 489  
 Dürfeldite 526  
 Dyscrasite 108  
 Dyslytite 124
- Eakinsite 485  
 Edmonsonite 24  
 Eichbergite 530  
 Eisenalabandin = Ferroalabandite  
 Eisenantimonoglanz 437  
 Eisenkies 269  
 Eisenkobaltkies 142  
 Eisennickelkies 180  
 Eisenplatin 52  
 Eisensulfidhydratgel 219  
 Elasmose (Bendant) 595  
 Elasmose (Huot) 565  
 Electrum 42  
 Embrithite 485  
 Emplectite 419  
 Empressite 592  
 Enargite 408  
 $\beta$ -enargite 337  
 Endellionite 425  
 Eolide 99  
 Epiboulangerite 485  
 Epigenite (Sandberger) 508  
 Erubescite 451  
 Erythroconite \* 342  
 Erythrozinckite 212  
 Eskebornite 557  
 Eucairite 535  
 Eugenesite 53  
 Eugenglanz 466  
 Eugenit 464  
 Eutomglanz 282  
 Eutomit 575
- Fahlerz 337  
 Fahlit 337  
 Falkenhaynite \* 342  
 Falkmanite 485  
 Famatinite 366  
 Faserblende 207  
 Feather-ore 440, 502  
 Federerz 440, 502  
 Ferrian platinum 52  
 Ferrite (Vernadsky) 24  
 Ferroalabandite 193  
 Ferrocobaltite 300  
 Ferroplatinum 52  
 Ferrorhadtite 124  
 Ferroselite 551  
 Ferrotennantite 342  
 Ferrotetrahedrite 342  
 Feuerblende 330

- Fieldite 337  
 Fizelyite 404  
 Fleischerite 208  
 Flexible silver ore 412  
 Folgerite 180  
 Foliated tellurium 595  
 Fournetite 184, 342  
 Framesite 66  
 Franckeite 512  
 Freboldite 541  
 Fredricite 342  
 Freibergite 342  
 Freieslebenite 395  
 Frenzelite 547  
 Frieseite 416  
 Frigidite 342  
 Frobergite 578  
 Froodite 136  
 Fülöppite 506
- Galena 184  
 Galena-clausthalite 190  
 Galenobismutite 443  
 Gallite 357  
 Garbyite 408  
 Garibaldite 96  
 Garnet blende 194, 322, 325  
 Gediegen Silvan 78  
 Gelbe Arsenblende 264  
 Gelberz 583  
 Gelbnickelkies 234  
 Gelpyrit 276  
 Geokronite 385  
 Germanite 346  
 Gersdorffite 302  
 Gerstleyite 521  
 Geyerite 141  
 Gladite 435  
 Glanzblende 192  
 Glanzeisen 124  
 Glanzerz 166  
 Glanzkobalt 298  
 Glaucodote 315  
 Glaucopyrite 141  
 Gold 36  
 Gold amalgam 102  
 Goldfieldite 342  
 Goldschmidtine 470  
 Goldschmidtite 586  
 Goongarrite \* 391  
 Gottardite 489  
 Graphic gold 586  
 Graphic tellurium 586  
 Graphite 69  
 Graphitite 69  
 Graphitoid 69  
 Gratonite 387  
 Grau antimony 251  
 Grau cobalt 154  
 Grau cobalt ore 225  
 Grau copper 337  
 Grauer Speisskobalt 142  
 Graugolderz 595  
 Graukupfererz 337  
 Graunickelkies 202  
 Greenockite 213  
 Gruenlingite 571  
 Grünauite 249  
 Grüner Enargit 337  
 Guadalcazarite 205
- Guadalcazite 205  
 Guanajuatite 546  
 Guayacanite 408  
 Gudmundite 318  
 Guejarite 416  
 Guitermanite 382  
 Guldisch-Silber 35  
 Gumucionite 201  
 Gunnarite 180
- Haarkies 234  
 Haidingerite 437  
 Hammarite 432  
 Harringtonite 205  
 Harrisite 169  
 Hartkobalterz 151  
 Hartkobaltkies 151  
 Hartmannite 131  
 Hastite 553  
 Hatchite 389  
 Hauecornite 474  
 Hauerite 268  
 Hawleyite 202  
 Heazlewoodite 178  
 Hedleyite 568  
 Hemichalcit 419  
 Hengleinite 277  
 Henkelite 167  
 Henryite \* 565  
 Hepatopyrite 289  
 Hermesite 342  
 Herzenbergite 240  
 Hessite 560  
 Heteromorphite 494  
 Hexaedrischer Kobaltkies 298  
 Histrixite \* 258  
 Hoffmannite (Froebel) 138  
 Homichlin 351  
 Hondurasite 77  
 Horbachite 180  
 Horobetsuite 257  
 Horsfordite 119  
 Huascolite \* 184  
 Huntelite 111  
 Hurlbutite (Gagarin, Cuomo) 208  
 Hutchinsonite 519  
 Hüttenbergite 138  
 Hydratisches Eisensulfur 219  
 Hydropyrite 289  
 Hydrotroilite 219  
 Hydrous pyrites 289  
 Hypargyrite 373  
 Hypotyphite \* 81
- Idaite 478  
 Inflammable cinnabar \* 228  
 Inverarite 180  
 Iraurite 43  
 Iridic gold 43  
 Iridic platinum 52  
 Iridosmine 53  
 Iron 21  
 Iron-nickel 24  
 Iron-skutterudite 132  
 Isometric chalcocite 164  
 Isostannite 364
- Jaipurite 225  
 Jalpaite 463  
 Jamesonite 440

- Jentschite 511  
 Jeromite 267  
 Johnstonite (Haidinger) \* 184  
 Jordanite 382  
 Jordisite 286  
 Joseite A 569  
 Joseite B 571  
 Josephinite 24  
 Julianite 337  
 Julukulite 301  
  
 Kalgoorlite \* 567  
 Kallilite 309  
 Kamacite 24  
 Kammkies 289  
 Kaneite 158  
 Karelinite \* 258  
 Kassiterolamprite 358  
 Keeleyite 502  
 Kenngottite (Haidinger) 373  
 Kermesite 461  
 Kerstenit (Breithaupt) \* 154  
 Kesterite 362  
 Keweenawite 105  
 Kilbrickenite 385  
 Kilmacooite 184  
 Klapprothite (Petersen, Sandberger) \* 475  
 Klapprotholite \* 475  
 Klockmannite 542  
 Kobaltarsenikkies 315  
 Kobaltbleierz 536  
 Kobaltbleiglanz 536  
 Kobaltblende 225  
 Kobalterz 225, 298  
 Kobaltfahlerz 342  
 Kobaltglanz 298  
 Kobaltkies 246  
 Kobaltnickelkies 248  
 Kobaltpyrite 275  
 Kobaltselenid 541  
 Kobellite 389  
 Koboldine 246  
 Kolbeckine 240  
 Kongsbergite 35  
 Korralenerz \* 228  
 Korynite 304  
 Koutekite 114  
 Kramerite (Henry) 200  
 Krennerite 583  
 Kroeberite 219  
 Kupferantimonglanz 416  
 Kupferblende 337  
 Kupferfahlerz 337  
 Kupferglanz 169  
 Kupferglaserz 169  
 Kupferindig 225  
 Kupferkies 351  
 Kupfernickel (Hiärne) 127  
 Kupfernickel (Cronstedt) 302  
 Kupferwismuterz 475  
 Kupferwismutglanz 419  
 Kuprein 169  
 Küstelite 35  
 Kylandrite 514  
 Kyrosite 289  
  
 Laitakariite 546  
 Lamprite 120, 124  
 Landsbergite 101  
 Laurite 282  
  
 Lautite 335  
 Lead 45  
 Lead glance 184  
 Lead parkerite 448  
 Leberblende 206  
 Leberseisenerz 219  
 Leberkies 219, 289  
 Ledouxite \* 105  
 Lehrbachite \* 536  
 Lengenbachite 511  
 Lepidolamprite 512  
 Leucopyrite 138  
 Leukargyrit 342  
 Levigianite 205  
 Light red silver ore 322  
 Lillhammerite 180  
 Lillianite 444, 483  
 Lindströmite 434  
 Linnæite 246  
 Lionite (Berdell) 78  
 Liveingite 497  
 Livingstonite 436  
 Llicterite 512  
 Löllingite 138  
 Lonchidite \* 289  
 Lorandite 332  
 Lupikkite \* 368  
 Luzonite 365  
  
 Macfarlanite \* 31  
 Magnetic pyrites 219  
 Magnetkies 219  
 Magnetopyrite 219  
 Maldonite 111  
 Malinowskite 342  
 Manganblende 192  
 Manganglanz 192  
 Mangankies 268  
 Marasmalite 200  
 Marcasite 289  
 Marmatite 200  
 Marrite 527  
 Martourite \* 437  
 Matildite 378  
 Matraite 208  
 Maucherite 114  
 Mechnerichit 277  
 Melanargyrit 470  
 Melanglanz 470  
 Melangraphite 69  
 Melnikovite 276  
 Melonite 579  
 Meneghinite 405  
 Mercurblende 228  
 Mercury 60  
 Merkurfahlerz 342  
 Merkurglanz 205  
 Metacinnabar 203  
 Metakamacite 24  
 Metalonchidite \* 289  
 Metastibnite 256  
 Metataenite 24  
 Miargyrite 373  
 Michenerite 136  
 Miedziankite 342  
 Millerite 234  
 Mineral of rezbanyite-type 528  
 Mineral Q 294  
 Mineral S 294  
 Minium 228

- Mispickel 309  
 Modderite 127  
 Modumite (Nicol) 151  
 Mohawk-algodonite \* 105  
 Mohawkite \* 105  
 Mohawk-whitneyite \* 105  
 Mohsine 138  
 Moissanite 122  
 Molybdänlanz 282  
 Molybdänsilber 572  
 Molybdenite 282  
 Montbrayite 594  
 Montesite 372  
 Morocochite 378  
 Moschellandsbergite 101  
 Mullanite 485  
 Müllerine 583  
 Müsenite 248  
 Muthmannite 593  
  
 Nacreous sulphur 98  
 Nadelierz 429  
 Nagyagite 595  
 Native platinum 50  
 Naumannite (Haidinger) 554  
 Neodigenite 164  
 Nepaulite 337  
 Nevyanskite 53  
 Newboldite 200  
 Niccolite 127  
 Nickdifferite 24  
 Nickdiferrite phosphide 124  
 Nickelantimonerz 306  
 Nickelantimonglanz 306  
 Nickelantimonkies 306  
 Nickelarsenikkies 302  
 Nickelblende 234  
 Nickel bournonite 306  
 Nickelcobaltite 301  
 Nickeleisen 24  
 Nickelfahlerz 342  
 Nickelglanz 302  
 Nickeline 127  
 Nickel-iron 24  
 Nickelkies 234  
 Nickellinaeite 248, 249  
 Nickel-platinum 52  
 Nickel-pyrite 275, 277  
 Nickel-skutterudite 154  
 Nickelwismuthglanz \* 249  
 Nicopyrite 180  
 Nifesite \* 277  
 Niggliite 112  
 Nobilite 595  
 Nolascite \* 184  
 Norilskite 26  
 Novakite 158  
  
 Octibbehite 24  
 Oldhamite 183  
 Onofrite (Haidinger) 205  
 Orange-bornite 347, 360, 452  
 Orcellite 114  
 Orileyite 105  
 Orlandinite 485  
 Orpiment 264  
 Orthotaenite 24  
 Oruetite 598  
 Osbornite 121  
 Osirite 47  
  
 Osmiridium 47  
 Osmite 53  
 Owyheete 517  
  
 Palladic platinum 52  
 Palladium 46  
 Palladium amalgam 104  
 Palladiumgold 42  
 Panabase 337  
 Paragite \* 228  
 Paraguanajuatite 545  
 Parajamesonite 443  
 Parakobellite \* 184  
 Parakupferglanz 169  
 Pararammelsbergite 148  
 Parasilberglanz 167  
 Parkerite 449  
 Partschite 124  
 Patrinite 429  
 Patronite 293  
 Pavonado 337  
 Pavonite 380  
 Pazite 138  
 Peacock ore 451  
 Pearceite 464  
 Penroseite \* 549  
 Pentlandite 180  
 Peruvite 378  
 Petzite 590  
 Pfaffite (Huot) 440  
 Pharmakopyrit 138  
 Phillipsite (Beudant) 451  
 Pilite (Schulze) \* 440  
 Pilsenite 572  
 Pitankite 529  
 Plagionite 497  
 Plakodin 114  
 Platiniridium 48  
 Platinum 49  
 Platinum gold 44  
 Platynite 558  
 Plenaryrite 378  
 Plessite (Dana) 302  
 Plessite (Reichenbach) \* 24  
 Plinian 309  
 Plombagine 69  
 Plumbobinnite 489  
 Plumbocuprite \* 184  
 Plumbomanganite 529  
 Plumbomangit 184  
 Plumbostannite \* 358  
 Plumbostib 485  
 Plumite 485  
 Plumosite 440, 485  
 Poikilite 451  
 Poikilopyrites 451  
 Poliopyrites 289  
 Polyargyrite 470  
 Polybasite 466  
 Polydymite 249  
 Polytelite 342  
 Polyxene 50  
 Porpezite 42  
 Potarite 104  
 Pozzuolite 99  
 Präbramite 200  
 Prismatic arsenical pyrites 138  
 Proustite 322  
 Psaturose 470



- Pufahlite 370  
 Purple blende 461  
 Purple copper ore 451  
 Pyrantimonite 461  
 Pyrargyrite 325  
 Pyrite 269  
 Pyritogelite-Gelpyrit  
 Pyritolamprite \* 111  
 Pyrochrolite (pyrichrolite) 330  
 Pyrochrotite 330  
 Pyrostibite 461  
 Pyrostibnite 461  
 Pyrostilpnite 330  
 Pyrrhotite 219
- Quecksilberlebererz \* 228  
 Quiroguite 184
- Rädelerz 425  
 Ramdohrite 394  
 Rammelsbergite 145  
 Raphanosmite \* 536  
 Rathite (Baumhaner) 492  
 Rathite (Shepard) 194  
 $\alpha$ -rathite 492  
 Realgar 241  
 Red antimony 461  
 Red antimony ore 461  
 Red arsenic 241  
 Red orpiment 241  
 Redruthite 169  
 Red silver 322, 325  
 Red silver ore 322, 325  
 Regnolite 342  
 Renierite 347  
 Reniforite 382  
 Reniformite 382  
 Revoredite 529  
 Rezbanyite 433  
 Rhabdite 125  
 Rhodian gold 43  
 Rhodic platinum 52  
 Rhodite 43  
 Rhodium nevyanskite 53  
 Rhodium sysertskite 53  
 Rhombic chalcocite 169  
 Rhombic sulphur 91  
 Richmondite (Skey) \* 184  
 Rickardite 564  
 Riolite \* 75  
 Rionite 342  
 Rittingerite 328  
 Rizopatronite 293  
 Robertsonite (Chukhrov) 200  
 Robinsonite 505  
 Rosenite 497  
 Rosickýite 98  
 Rosite (Huot) 416  
 Rote Arsenblende 241  
 Rothgültigerz 325  
 Rotnickelkies 127  
 Rubiesite \* 572  
 Ruby blende 194, 322, 325  
 Ruby silver 322, 325  
 Ruby sulphur 241  
 Ruby zinc 194  
 Ruténite 225  
 Ruthenium nevyanskite 53  
 Ruthenium sysertskite 53
- Säcärämbite- = nagyagite  
 Safflorite 142  
 Samsonite 509  
 Sandbergerite (Breithaupt) 342  
 Sanfordite 564  
 Sanguinite 529  
 Sartorite 500  
 $\alpha$ -sartorite 500  
 Sätersbergite 138  
 Savodinskite 560  
 Saynite \* 249  
 Schalenblende 200, 207  
 Schaphachite 378  
 Scherbenkobalt 81  
 Schillglaserz 395  
 Schirmerite 510  
 Schlackenkobalt 142  
 Schreibersite 124  
 Schrifterz 586  
 Schriftglanz 586  
 Schulzite 385  
 Schungite 73  
 Schuppenglanz 512  
 Schwarzerz 337, 470  
 Schwarzsilberglanz 470  
 Schwazite 342  
 Schwefelantimonblei 485  
 Schwefelkies 269  
 Schwefelkobalt 225  
 Schwefeltellurwismuth 575  
 Scleroclase (Waltershausen) 489  
 Selenblei 536  
 Selenbleikupfer \* 536  
 Selenbleiglanz 536  
 Selenbleisilber 554  
 Selenbleiwismuthglanz 446  
 Selenian bismuthinite 261  
 Selenian galena 190  
 Seleniferous galenobismutite 446  
 Seleniosiegenite 249  
 Selenioaesite 279  
 Selenium 75  
 Selenkobaltblei \* 536  
 Selenkupfer 532  
 Selenkupferblei \* 536  
 Selenkupfersilber 535  
 Selenmercür 538  
 Selenobismutite 546  
 Selenocosalite 393  
 Selenocuprite 532  
 Selenokobellite 558  
 Selenolinnæite 248  
 Selenpalladium 53  
 Selenquecksilberblei \* 536  
 Selenschwefelquecksilber 205  
 Selensilber 554  
 Selensilberglanz 554  
 Selensulphur 99  
 Selen-tellurium 77  
 Selenwismut 546  
 Selenwismuthglanz 546  
 Seligmannite 423  
 Semi-whitneyite \* 105  
 Semseyite 488  
 Shandite 448  
 Shepardite (Haidinger) 124  
 Siderazot 123  
 Sideroferrite 21  
 Sideropyrite 269  
 Siegenite 248

- Silaonite \* 88, 546  
 Silberantimonoglanz 373  
 Silberfahlerz 342  
 Silberglanz 167  
 Silberglas 174  
 Silberglaserz 167  
 Silberkies 412, 414  
 Silberkupferglanz 295  
 Silberphyllinglanz 595  
 Silberschwärze 167  
 Silberwismuth 35  
 Silberwismuthglanz 378  
**Silver** 31  
 Silver amalgam 103  
 Silver glance 167  
 Silver-jamesonite 517  
 Silvestrite 123  
 Skleroklas (Rath) 500  
**Skutterudite** 151  
 Smaltine 154  
**Smaltite** 154  
**Smithite** 478  
**Smythite** 224  
**Sollyite** 530  
 Sommarugaite 302  
 Souesite 24  
 Spaniolith 342  
 Spathiopyrite 142  
 Spear pyrites 289  
 Speculite 583  
 Speiskobalt 154  
**Sperrylite** 133  
**Sphalerite** 194  
 Späuterite 207  
 Spiegelglanz 572  
 Spiesglas 85  
 Sprödes Silberglanzerz 470  
 Sprödglasserz 466, 470  
 Stahllantimonoglanz 440  
 Stahlerz \* 228  
 Stahlkobalt 300  
 Stannin? I, II, III, IV 363  
 Stannine 358  
**Stannite** 358  
**Stannopalladinite** 113  
**Stannoplatinite** 113  
 Steel ore \* 228  
 Steinbergite 412  
 Steinmannite \* 184  
**Stephanite** 470  
**Sternbergite** 412  
 Stewartite 66  
 Stibarsen 84  
**Stibiobismuthinite** 261  
 Stibiodomeykite 105  
 Stibiohexargentite 108  
 Stibiolumonite 366  
**Stibiopalladinite** 118  
**Stibiotellurobismuthite** 574  
 Stibiotriargentite 108  
 Stibnite 251  
**Stilleite** 540  
 Stirian 289, 302  
 Stöchiolith 108  
 Strahlenblende 207  
 Strahlkies 289  
**Stromeyerite** 295  
 Studerite 337  
 Stuetzite 592  
 Sylotypite (Stylotyp) 337  
 Sulfoantimonide of lead and silver 530  
 $\beta$ -sulfure manganese 216  
 Sulfurite (Rinne) 99  
**Sulphur** 91  
 $\alpha$ -sulphur 91  
 $\beta$ -sulphur 96  
 $\gamma$ -sulphur 98  
 $\mu$ -sulphur 99  
 Sulphur glass 99  
 Sulphurite (Fröbel) 96  
**Sulvanite** 349  
 Sundtite 400  
 Svanbergite (Shepard) 48  
 Sychnodymite 457  
 Sylvane (Beudant) 586  
 Sylvanite (Kirwan) 78  
 Sylvanite (Necker) 586  
 Sýsertskite 58  
 Taenite (Reichenbach) 24  
 Tannenite 419  
 Tantalum 20  
 Tapalpite \* 575  
 Targionite \* 184  
 Tascine 554  
**Teallite** 370  
 Telaspyrine 269  
**Tellurbismuth** (Balch) 573  
 Tellurblei 565  
**Tellurium** 78  
 Tellurglanz 595  
 Tellurium glance 595  
 Tellurnickel 579  
**Tellurobismuthite** 573  
 Tellurquecksilber 567  
 Tellursilber 560, 590  
 Tellursilberblende 592  
 Tellursilberglanz 560  
 Tellursulphur 99  
 Tellurwismuth (Berzelius) 575  
 Tellurwismuthglanz 573  
 Tellurwismuthsilber 575  
**Temiskamite** 114  
**Tennantite** 336  
 Tesseralkies 151  
**Tetradymite** 575  
**Tetrahedrite** 336  
 Thalheimite 309  
 Theophrastite \* 249  
**Tiemannite** 538  
 Tigererz 470  
 Tile ore \* 228  
 Tilkerodite \* 536  
**Tin** 58  
 Tin pyrites 358  
**Tinyte** 530  
 Tombazite 302  
 Towanite 351  
**Trechmannite** 479  
 $\alpha$ -trechmannite 481  
 Trichopyrite 234  
**Trogtalite** 548  
**Troilite** 217  
 Tschirwinite 24  
**Tungstenite** 287  
**Tyrrellite** 544  
**Ullmannite** 306  
**Ultrabasite** 397

- Umangite** 533  
**Urbaite** 516  
**Ustarasite** 263  
  
**Vaesite** 279  
**Valleriite** 481  
**Vandiestite** \* 575  
**Vermontite** 314  
**Villamaninite** 281  
**Violarite** 457  
**Violettes Kupferers** 451  
**Vitreous copper** 169  
**Vitreous silver** 174  
**Volcanite (Haidinger)** 99  
**Voltzine** 206  
**Voltzite** 206  
**Von Diestite-Vandiestite**  
**Vrbaite** 516  
  
**Warrenite (Eakins)** 502, 517  
**Warthaite** \* 391  
**Wasserkies** 289  
**Webnerite** 400  
**Wehrlite** 572  
**Weibullite** 446  
**Weicherz** 174  
**Weisserkies** 289  
**Weissite** 562  
**Weissnickelkies** 145  
**Whartonite** 275  
**Wheel ore** 425  
**White chalcocite** 169  
**White cobalt** 154  
**White copper** 105  
**White tellurium** 586  
**Whitneyite** \* 27  
**Willyamite** 305  
**Wiltshireite** 492  
**Wismuthantimonnickelglanz** 309  
**Wismuthfahlerz** 342  
  
**Wismuthglanz** 258  
**Wismuthischer Arsenglanz** \* 81  
**Wismuthkobalterz** \* 154  
**Wismuthkobaltkies** \* 154  
**Wismuthkupfererz** 419, 475  
**Wismuthnickelkies** \* 249  
**Wismuthsilber** 35  
**Wittichenite** 475  
**Wittichite** 475  
**Wittite** 548  
**Wölschite** 425  
**Wolfachite** 308  
**Wolfsbergite (Nicol)** 416  
**Wolfsbergite (Huot)** 440  
**Wretbladite** 84  
**Wurtzite** 207  
  
**Xanthochroite** 215  
**Xanthocone** 328  
**Xanthoconite** 328  
**Xanthopyrites** 269  
  
**Yellow copper ore** 351  
**Yellow arsenic** 264  
**Yenerite** 485  
**Youngite** \* 530  
  
**Zellkies** 289  
**Ziegelerz** \* 228  
**Zinc** 57  
**Zinkblende** 194  
**Zinkenite** 502  
**Zinkfahlerz** 342  
**Zink-teallite** 370  
**Zinnkies** 358  
**Zinnkupferglanz** 358  
**Zodite** 574  
**Zorgite (Brooke, Miller)** \* 536  
**Zundererz** 440

---

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
Список основных современных руководств, справочных и реферативных изданий, использованных при составлении справочника	12
Условные обозначения и сокращения . . . . .	14
Введение к I тому справочника . . . . .	17
Самородные элементы . . . . .	19
Металлы . . . . .	20
Полуметаллы и неметаллы . . . . .	61
Интерметаллические соединения . . . . .	100
Карбиды, нитриды, фосфиды . . . . .	120
Арсениды, антимониды, висмутиды . . . . .	126
Сульфиды . . . . .	159
Простые сульфиды . . . . .	164
Сложные сульфиды . . . . .	295
Селениды . . . . .	531
Теллуриды . . . . .	559
Указатель минералов . . . . .	599

---



**Минералы**  
**Справочник, том I**

*Утверждено к печати Институтом  
геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии*

Редактор Издательства *Т. Н. Шадлун*  
Технический редактор *Е. В. Зеленкова*

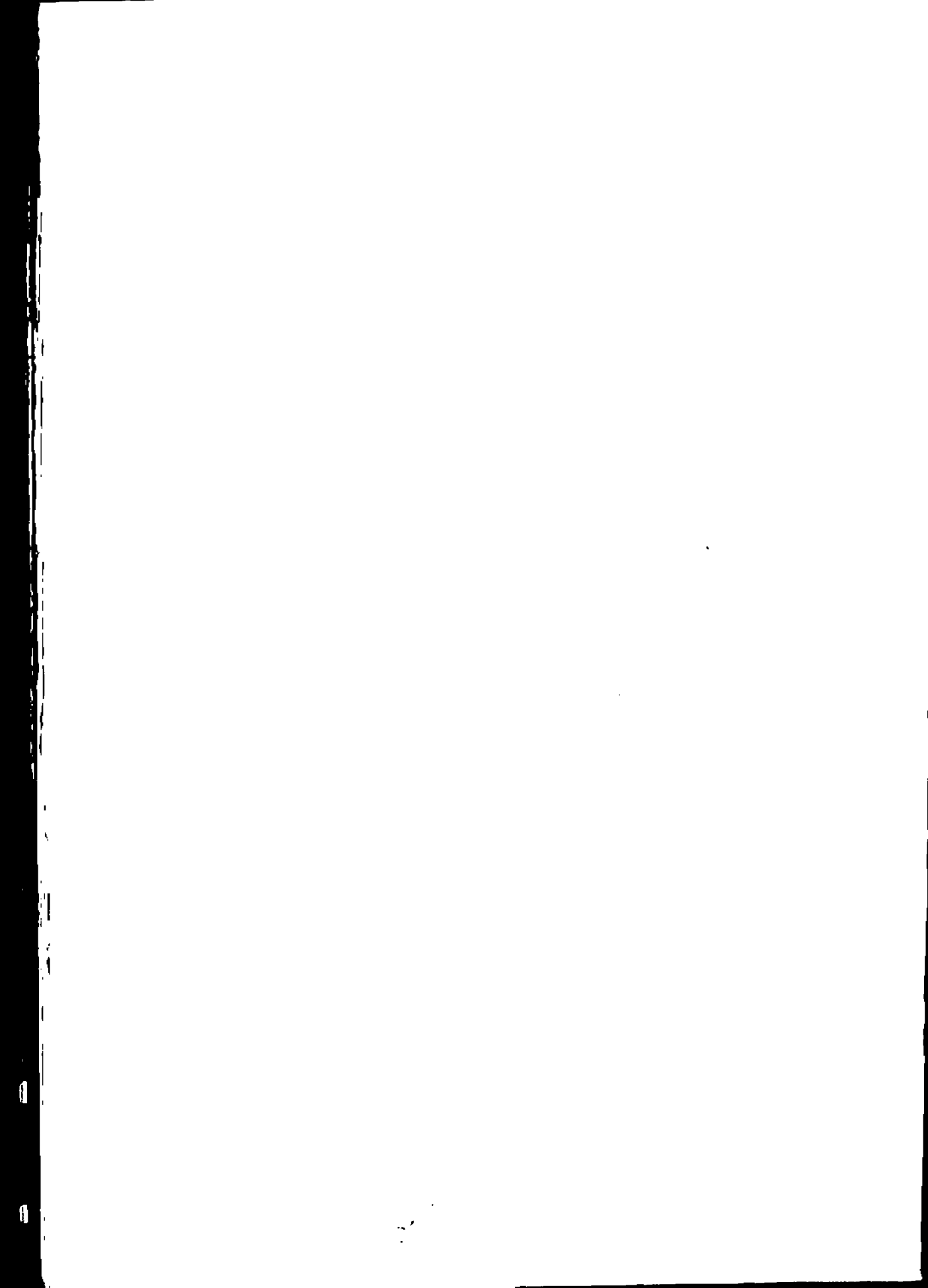
РИСО АН СССР № 39-25В. Сдано в набор 29/V 1959 г.  
Подп. к печати 25/IV 1960 г. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л.  
38<sup>3</sup>/<sub>4</sub>+1 вкл. Уч.-изд. л. 55,9, Тираж 7000. Т-05418. Изд. № 3019.  
Тип. заказ № 1627

*Цена 35 руб. С 1/I 1961 г. 3 руб. 50 коп.*

Издательство Академии наук СССР  
Москва, Б-62, Подсосенский пер., 21

---

2-я типография Издательства АН СССР  
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

стр.	строка	напечатано	должно быть
7	14 св.	$1\bar{1}\bar{1}2$	$01\bar{1}2$
78	22 св.	$(0\bar{1}\bar{1}1) : (10\bar{1}\bar{1})$	$(0\bar{1}\bar{1}1) : (10\bar{1}\bar{1})$
78	23 св.	$(0\bar{1}\bar{1}2) : (1\bar{1}\bar{2}2)$	$(0\bar{1}\bar{1}2) : \dots (1\bar{1}22)$
79	16 св.	$01\bar{2}1$	$0\bar{1}\bar{1}1$
	17 св.	$30\bar{2}0$	$30\bar{3}0$
80	10 св.	$R\bar{3}m$	$R\bar{3}m$
81	33 св.	$(04\bar{4}1) : (4\bar{0}1)$	$(04\bar{4}1) : (4\bar{4}01)$
86	11 св.	$101\bar{2}$	$101\bar{2}$
86	25 св.	$(20\bar{2}1) \dots (1\bar{1}20)$	$(20\bar{2}1) \dots (1\bar{1}20)$
124	3 св.	$Cu(NH_3)_4Cl_2$	$Cu(NH_3)_4Cl_2$
135	5 св.	$A_4Sb_2$	$AuSb_2$
170	13 св.	$1\bar{1}0$	$1\bar{1}0$
174	5 св.	$pp(\bar{1}11)$	$pp(111)$
220	25 св.	$0^\circ 00'$	$60^\circ 00'$
225	18 св.	$CoO_3$	$CoO^3$
243	14 св.	$101$	$1\bar{1}1$
287	20 св.	$P_3/mmc$	$P^6_3/mmc$
310	7 св.	$C_1 - P1$	$C_1 - P\bar{1}$
352	15 св.	$(112) : (\bar{1}\bar{1}2)$	$(112) : (\bar{1}\bar{1}2)$
382	15 св.	$(120) : (\bar{1}\bar{2}0)$	$(120) : (\bar{1}\bar{2}0)$
398	16 св.	$(120) : (\bar{1}\bar{2}0)$	$(120) : (\bar{1}\bar{2}0)$
422	3 св.	$C^2_{2h}$	$C^3_{2h}$
427	2 св.	Нагольского	Нагольного
471	20 св.	$(110) : (\bar{1}\bar{1}0) \dots 112 : (\bar{1}\bar{1}2)$	$110 : (\bar{1}\bar{1}0) \dots 112 : (\bar{1}\bar{1}2)$
575	1 св.	$(0\bar{1}\bar{1}8) (\bar{0}\bar{1}\bar{1}5)$	$(0\bar{1}\bar{1}8) (0\bar{1}\bar{1}\bar{5})$
582	4 св.	$(100) \dots (031)$	$(101) \dots (310)$
596	27 св.	$Pb_7Au(Te Sb)_5S_6$	$Pb_7Au(Te. Sb)_5S_9$

Минералы