

Ю. С. НЕСТЕРОВА

## О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ СФАЛЕРИТОВ

Все разновидности цинкового сульфида ( $ZnS$ ) (гексагональные вюрциты, кубические сфалериты, скрытокристаллические или колломорфные сфалериты) часто содержат ряд элементов, составляющих характерный «микропарагенезис» сфалеритов. Такими элементами являются железо, марганец, кадмий, кобальт, никель, медь, серебро, ртуть, галлий, индий, таллий, германий, олово, мышьяк, сурьма, висмут, свинец. «Аккумуляция» сфалеритовыми рудами редких элементов (индия, галлия, германия, таллия) является ценным для промышленности свойством этих руд.

Имеющий практическое и теоретическое значение вопрос о форме нахождения перечисленных элементов в сфалеритах пока еще нельзя считать решенным.

Промежуточное положение сфалерита между типичными гомополярными и ионными соединениями, получившее отражение в некоторых физических свойствах его, отсутствующих у типичных сульфидов (прозрачность, алмазный блеск), обуславливает в сфалеритах более широкую сравнительно с типичным сульфидом — галенитом возможность изоморфных замещений.

В литературе мало встречается работ, специально посвященных изучению химического состава сфалеритов; вопрос же о форме нахождения микроэлементов затрагивается только попутно и рассматривается в порядке предположений.

Относительно больше внимания этому вопросу уделено в работах Э. Шролля, который занимался изучением восточноальпийских галенитов и сфалеритов на основе данных полуколичественного спектрального анализа с целью выявить региональное различие в «микропарагенезисе» сфалеритов и галенитов Восточных Альп. В одной из своих работ Шроллер (Schroll, 1953) излагает довольно подробно современные представления о возможных изоморфных замещениях в сфалерите. Здесь мы кратко приведем доводы, излагаемые Э. Шроллером, на основе которых допускается или не допускается возможность замещения цинка в решетке сфалерита тем или иным элементом, и некоторые положения, вытекающие из исследований других авторов.

Марганец и кадмий могут замещать цинк в сфалерите потому, что соответствующие параметры решеток их сульфидных соединений (т. е. сфалерита и алабандина, вюрцита и гринокита) близки и отклонения этих величин не превышают установленную границу в 11%.

Напоминаем значение этих величин (Бетехтин, 1950):

Минерал	Формула	Сингония	$a_0$	$c_0$	Удельный вес
Сфалерит	ZnS	Кубическая	5,400	—	4,083
Алабандин	MnS	»	5,214	—	4,05
Вюртцит	ZnS	Гексагональная	3,811	6,234	4,10
Гринокит	CdS	»	4,142	6,724	4,772

Наибольшее содержание марганца встречается в вюртците. Синтетически доказано, что решетка вюртцита может удерживать до 52% марганца.

Некоторый элемент сходства решеток сфалерита и алабандина наблюдается в характере связей: предполагают, что алабандин, как и сфалерит, не вполне гомополярное соединение.

Возможность замещения цинка в сфалерите железом, кобальтом и никелем встречает некоторые возражения из-за отсутствия схожести кристаллохимических структур сульфида цинка и сульфидов железа, кобальта и никеля. Синтетическими исследованиями и рентгенометрическим анализом установлено, что FeS и CoS имеют решетку типа NiS, с металлической связью и шестерной координацией. Исследования Г. И. Кругляковой и А. А. Ясинской (1952) показали, что некоторые сфалериты, содержащие железо, обладают повышенной «магнитной восприимчивостью». Возможно, это связано с тем, что молекула FeS, находясь в сфалерите, сохраняет свою индивидуальность.

А. Г. Бетехтин (1950) указывает: «Главная масса железа в сфалерите присутствует в виде самостоятельного минерала пирротина (FeS), выделяющегося в мельчайших зернышках, являющихся продуктом распада твердого раствора. Эти включения устанавливаются даже в сфалеритах, с содержанием железа 5—6%. Наличием этих тонко-дисперсных включений и объясняется черный цвет сфалерита». Наряду с этим, Бетехтин отмечает: «...Характерно также, что опубликованные анализы железистых сфалеритов не показывают каких-либо правильных соотношений между серой и железом, как это устанавливается для типичного пирротина».

С другой стороны, рентгенометрическими измерениями кристаллов сфалерита с большим содержанием железа (до 26%), как известно, не устанавливаются заметные изменения размеров решетки, возможно, благодаря равной величине ионных радиусов  $Zn^{2+}$  и  $Fe^{2+}$  (0,79 Å).

Таким образом, относительно формы нахождения железа в сфалерите можно придерживаться одного из существующих предположений: железо, присутствующее в сфалерите, принадлежит пирротину, растворенному в сфалерите, или железо является истинным изоморфным заместителем цинка в его решетке.

Содержание олова в сфалеритах в количестве до 0,10% относят за счет изоморфных замещений, большие количества относят за счет включений самостоятельных минералов олова. Существует предположение, что при высокой температуре могла образоваться кристаллическая смесь ромбического SnS и гексагонального ZnS; с понижением температуры происходило отделение станина  $Cu_2FeSn_4$  тетрагональной сингонии. Некоторые исследователи, на которых ссылается Шролл (Haberlandt, Smith, Kröger), допускают возможность вхождения в решетку сфалерита и свинца, в количествах  $1 \cdot 10^{-7}$ — $4 \cdot 10^{-2}$  грамм-атома свинца на молекулу сфалерита (ZnS).

Каких-либо данных, обосновывающих возможность замещения цинка

сурьмой, мышьяком и висмутом, не имеется. Наличие этих элементов указывает на присутствие самостоятельных минералов сурьмы, мышьяка и висмута, включенных в сфалерите.

Возможность изоморфного замещения цинка ртутью в сфалерите не отрицают в силу следующих соображений: теоретически возможны изоморфные непрерывные кристаллические ряды:  $(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}$  — гексагональной и кубической модификации и  $(\text{Zn}, \text{Hg})\text{S}$  — кубической модификации. В природе наблюдаются только конечные члены  $\text{ZnS}$  и  $\text{CdS}$  кубической и гексагональной сингонии и  $\text{HgS}$  кубической сингонии (метациннабарит — высокотемпературная неустойчивая форма); устойчивой формой для  $\text{HgS}$ , как известно, является киноварь тригональной сингонии.

В гриноките  $\text{CdS}$  из Шотландии, как указывает Шролл, было обнаружено 0,05% ртути и 0,10% цинка. Это косвенным образом доказывает, что в прошлом, в высокотемпературных глубинных условиях, возможно и существовали непрерывные изоморфные ряды кубических  $(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}$  и  $(\text{Zn}, \text{Hg})\text{S}$  и гексагонального  $(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}$ , распавшиеся при перенесении в обстановку низких температур и более низких давлений.

Возможное вхождение серебра и меди в решетку сфалерита допускается в количествах не выше 0,3—0,5%; считается, что наличие этих элементов в сфалерите выше указанного предела связано с присутствием посторонних минералов.

Вопрос о вхождении в решетку сфалерита галлия, индия, германия и таллия остается также невыясненным. Синтетические и рентгенометрические исследования показали, что соединения  $\text{GaS}$ ,  $\text{GaSb}$ ,  $\text{GaP}$ , а также  $\text{InAs}$ ,  $\text{InSb}$  имеют структуры, принадлежащие к типу кубического сфалерита, но параметры решеток  $\text{GaSb}$ ,  $\text{InAs}$  и  $\text{InSb}$  переступают допустимую границу отклонений.

При наличии в сфалерите индия и галлия, а также мышьяка и сурьмы можно ожидать таких соединений, как  $\text{GaAs}$ ,  $\text{GaSb}$ ,  $\text{InAs}$ ,  $\text{InSb}$ , с уравновешенными валентностями. В отсутствие  $\text{Sb}$  и  $\text{As}$  возможно присутствие соединений  $\text{Ga}_2\text{S}_3$  и  $\text{In}_2\text{S}_3$ , причем известно, что оба эти соединения обладают структурой сфалерита: высокотемпературный  $\text{Ga}_2\text{S}_3$  — решеткой гексагонального вюртцита, высокотемпературный  $\text{In}_2\text{S}_3$  — решеткой типа кубического сфалерита.

Германий концентрируется в гексагональном вюртците. Синтетический  $\text{GeS}$  кристаллизуется в ромбической сингонии. Несмотря на близость ионных радиусов ( $\text{Zn}^{2+}$  0,79 Å и  $\text{Ge}^{2+}$  0,73 Å), схожести кристаллохимических структур  $\text{GeS}$  и  $\text{ZnS}$  нет, поэтому считают, что нет оснований предполагать возможность изоморфного замещения цинка в сфалерите германием.

Собственные минералы таллия не имеют родственных со сфалеритом структур. Наиболее близкий по размеру радиус иона  $\text{Te}^{3+}$  равен 1,05 Å. Таллием обычно богаты колломорфные сфалериты, одновременно содержащие свинец, мышьяк и сурьму; отсюда Шролл заключает, что таллий в сфалерите может быть связан с включениями галенита.

Таково, в общих чертах, современное состояние вопроса об изоморфных замещениях в сфалерите и о возможных формах нахождения в нем элементов — спутников цинка.

Занимаясь изучением химического состава сфалеритов, автор настоящей статьи имел возможность собрать достаточный материал по химическому составу сфалеритов из разных месторождений СССР. В настоящей работе использованы данные 48 химических анализов сфалеритов из Восточного Забайкалья, Казахстана, Средней Азии и Кавказа, из которых 12 анализов выполнено автором, 11 выполнено под руководством и при

консультации автора, остальные взяты из картотеки Центральной химической лаборатории ИГЕМ АН СССР (за исключением четырех анализов, взятых из других источников: № 1 и 12 из книги «Минералы СССР». Изд-во АН СССР, 1940, т. II; № 47 и 48 — из работы Н. М. Прокопенко, 1950).

В исследованных образцах сфалеритов химическим методом установлены и определены, кроме цинка и серы, следующие элементы: марганец, кадмий, железо, медь, мышьяк, кобальт, олово, свинец, в единичных случаях — сурьма, галлий и следы молибдена и висмута. Данные химических анализов исследованных сфалеритов приведены в табл. 1 и 2.

Руководствуясь изложенными выше доводами о возможных изоморфных замещениях в сфалерите и имея в виду обычную минеральную ассоциацию сфалеритов, мы пересчитали данные 48 химических анализов сфалеритов на соответствующие минералы и вывели составную формулу для каждого образца сфалерита, подвергавшегося химическому анализу, т. е. сфалерит + минералы-спутники (примеси). Результаты пересчета с указанием месторождения, района, характера вмещающих пород, минеральной ассоциации месторождения представлены в табл. 3.

В настоящей работе, как и в предыдущих статьях (Нестерова, 1958), автор применил один и тот же метод пересчета данных химического анализа сульфидных минералов. Основной принцип этого метода — распределение всех найденных атомов в соединениях с насыщенной валентностью, в то же время представляющие собой существующие в природе минералы, в большинстве случаев — обычные спутники сфалерита в природной ассоциации минералов.

Рассмотрим пример пересчета данных химического анализа сфалерита и его обоснования (см. табл. 1 и 2, анализ № 1; сфалерит из Кадаинского месторождения, Восточное Забайкалье; взято из книги «Минералы СССР», 1940, т. II, стр. 175).

Из предыдущих рассуждений о возможных изоморфных замещениях в решетке сфалерита следует, что бесспорными заместителями цинка в сфалерите можно считать кадмий и марганец. Относительно железа можно придерживаться одной из двух существующих точек зрения: 1) железо является истинным изоморфным заместителем цинка и входит в решетку сфалерита, 2) оно принадлежит пирротину, растворенному в сфалерите. В последнем случае надо принимать во внимание формулу, присущую пирротину, т. е.  $Fe_7S_8$  с избыточной серой, а не моносульфид  $FeS$  (троилит). Учитывая все случаи соотношений серы, цинка и железа в упомянутых 48 химических анализах сфалеритов, автор вынужден был признать возможность изоморфного замещения цинка железом, потому что в некоторых случаях все присутствующее количество железа связывалось в форме моносульфида  $FeS$  (табл. 1 и 2, анализы № 4—7, 9 и др.) и в некоторых случаях даже при пересчете железа на пирротин  $Fe_7S_8$  какая-то остаточная часть железа присутствовала в виде моносульфида (табл. 4, анализ № 3, 1 вариант). В сфалерите (анализ № 1) одновременно присутствуют медь, железо и сера, что может служить указанием на присутствие халькопирита — почти постоянного спутника сфалерита в природной ассоциации минералов. По количеству атомов меди был вычислен халькопирит.

По количеству свинца вычислено количество галенита, так как трудно представить иную форму нахождения свинца в сфалерите в отсутствие каких-либо других элементов (например, сурьмы).

После вычисления халькопирита и галенита остаются  $(Zn + Mn + Cd + Fe) = 8920 + 24 + 36 + 815 = 9795$  атомов. Серы в остатке, после вычисления халькопирита и галенита, имеется только 9503 атома. Значительный недостаток серы (292 атома), по данным химического ана-

лиза, и значительное количество кремнезема заставляют предположить что часть цинка принадлежит не сфалериту, а кремнекислородному цинку, т. е. виллемиту, вторичному минералу, присутствие которого в кадаинском сфалерите вполне возможно, так как зона окисления в указанном месторождении спускается на значительную глубину.

Иное предположение, а именно, что с избытком  $\text{SiO}_2$  связан не цинк, а железо, и что в сфалерите присутствует включение фаялита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) кажется мало вероятным, так как фаялит относят к образованиям магматических и, редко, контактово-метаморфических процессов, и этот минерал не указывают в ассоциации минералов гидротермальных и контактово-метасоматических месторождений.

Редкий минерал виллемит рассматривают как продукт вторичных изменений сфалерита в зоне окисления свинцово-цинковых месторождений.

Подробное рассмотрение возможных включений силикатных минералов не входило в задачу настоящего исследования. В разбираемом примере силикатная часть включений, возможно, состоит из кварца и днопсида или других минералов группы пироксенов, часто присутствующих в контактово-метасоматических образованиях.

Во всех выполненных пересчетах данных химического анализа элементы силикатной части включений указывались в виде суммы атомов «кварц + силикаты», без дальнейшего рассмотрения.

Следовательно, результаты пересчета таковы:

Галенит	Халькопирит	Сфалерит	Виллемит
Pb — 25	Cu — 30	Zn — 8 628	(ZnO) <sub>2</sub> — 292
S — 25	Fe — 30	Cd — 36	SiO <sub>2</sub> — 146
—	S <sub>2</sub> — 60	Mn — 24	—
Σ 50	—	Fe — 815	Σ 438
—	Σ 120	S — 9 503	—
—	—	Σ 19 006	—

Нерудные минералы:  
(«кварц + силикаты»)

SiO <sub>2</sub> — 592
CaO — 94
MgO — 22
Σ 708

Содержание минералов в процентах атомных количеств:

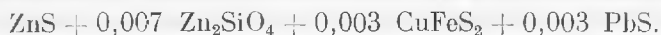
	Включая «кварц + силикаты»	Без «кварца + силикаты»
Сфалерит . . . . .	93,53	96,90
Виллемит . . . . .	2,16	2,24
Халькопирит . . . . .	0,59	0,61
Галенит . . . . .	0,24	0,25
«Кварц + силикаты» . .	3,48	—
Σ 100,00	Σ 100,00	

Отсюда, зная общее количество атомов, приходящееся на каждое вычисленное соединение, и количество атомов в молекуле каждого данного соединения, можно вычислить количество молекул каждого минерала-примеси, приходящееся на одну молекулу сфалерита, т. е. вывести составную

формулу данного сфалерита. Например, количество молекул виллемита на одну молекулу сфалерита будет следующее:

$$\frac{2,24}{7} : \frac{96,90}{2} = \frac{2,24 \times 2}{96,90 \times 7} = 0,007 \text{ Zn}_2\text{SiO}_4.$$

Составная формула данного сфалерита имеет вид:



Из приведенного примера видно, что соответствующую часть цинка (принадлежащую виллемиту) следует увязывать в форме окиси. Это несколько повышает сумму анализа: вместо 100,09% будет 100,56% (см. анализ № 1, табл. 1 и 2). Иногда при пересчете в избытке может оказаться сера. В таких случаях избыточную серу приходится увязывать как «самородную», признавая, безусловно, что это требует специального исследования.

При пересчете имелась в виду только возможность изоморфного замещения цинка кадмием, марганцем, железом и ртутью (ртуть в исследованных образцах не указана).

Если считать, согласно Бетехтину, что железо, присутствующее в сфалерите, принадлежит пирротину, растворенному в сфалерите, то для 12 сфалеритов из общего количества исследованных образцов результаты пересчета будут иными. В табл. 4 показаны результаты пересчета данных химического анализа по двум вариантам: I вариант основан на предположении, что железо присутствует в форме пирротина; согласно варианту II, железо в сфалерите изоморфно замещает цинк и в случае избытка принадлежит другим минералам, для данных образцов — в большинстве случаев пириту.

Так как при пересчете железа в подавляющем большинстве случаев связывалось в форме моносульфида (FeS), у автора нет оснований предполагать присутствие железа в сфалерите в виде пирротина, поэтому при сопоставлении результатов пересчета данных химического анализа 48 сфалеритов принимались во внимание данные пересчета упомянутых 12 образцов только по II варианту.

Однако для садонских сфалеритов характерна структура распада (Прокопенко, 1950), и в более темно окрашенных железистых сфалеритах часто отмечается эмульсионная вкрапленность халькопирита, реже пирротина в виде точек, пунктирных линий, реже в виде правильной решетки вдоль прожилок кальцита. Таким образом, при условии, что железо может изоморфно замещать цинк в сфалерите, и в зависимости от количества найденной серы оказывалось: 1) все присутствующее железо замещает цинк; 2) часть железа замещает цинк в сфалерите, а другая часть принадлежит самостоятельным посторонним минералам; 3) все присутствующее железо принадлежит посторонним самостоятельным минералам.

При пересчете выявилась возможность показать степень замещения цинка в сфалерите кадмием, марганцем и железом (табл. 5), которая называется на цвете сфалерита: чем больше замещение цинка железом, тем темнее окраска сфалерита.

Все другие присутствующие в сфалерите элементы (кроме марганца, кадмия и железа) пересчитывались на минералы; частота нахождения каждого вычисленного минерала-спутника (примеси) в 48 проанализированных и пересчитанных образцах сфалеритов приведена в табл. 6.

Данные табл. 6 показывают, что частыми примесями сфалеритов из месторождений указанных выше районов СССР являются: пирит, галенит, халькопирит и самородная сера; реже встречаются вольфит, ковеллин и магнетит.

Из перечисленных минералов несколько необычно присутствие вольфцита, так как этот минерал не указывается в минеральных ассоциациях тех месторождений, откуда происходят сфалериты, содержащие, согласно пересчету, вольфцит. Вероятно, вольфцит не удалось наблюдать минералогам из-за неотчетливости индивидуальных признаков этого минерала, физические и химические свойства которого почти не отличаются от свойств сфалерита. Примесь вольфцита к сфалериту придает последнему буро-коричневато-розовую окраску, как это наблюдалось на образцах сфалеритов Кадаинского месторождения (Восточное Забайкалье)<sup>1</sup>.

Редкими примесями в сфалеритах являются линнеит, аргентит, очень редкими — борнит, касситерит; в единичных случаях встречаются станнин, лёллингит, булажерит, вольфсбергит, аурипигмент, сульфид галлия.

Кроме самых обычных примесей (пирит, халькопирит, галенит, магнетит, гематит, смитсонит) в сфалеритах в результате пересчета отмечается незначительное распространение более редких минералов-примесей.

Распределение более редких минералов-примесей в сфалеритах из некоторых месторождений разных районов СССР показано в табл. 7.

Для трех образцов, из числа проанализированных автором (№ 28, 29, 32) Н. Н. Слутской были сняты дебаеграммы. Результаты измерений не показали изменений параметров решетки данных сфалеритов.

На основании пересчета 48 химических анализов сфалеритов из разных районов СССР устанавливается следующее:

1) часть цинка в сфалерите может изоморфно замещаться марганцем (от 0 до 3,5 атомных %), кадмием (от 0 до 2,52 атомных %) и железом (от 0 до 28,32 атомных %);

2) часть цинка в сфалерите из некоторых месторождений находится в окисной форме и представлена вольфцитом и виллемитом, которые до настоящего времени наблюдать микроскопически в изученных образцах не удавалось;

3) присутствие всех других элементов в изученных сфалеритах должно быть отнесено за счет включений посторонних минералов, представленных чаще всего обычными спутниками сфалерита: пиритом, галенитом и халькопиритом;

4) необходимо специальное химическое исследование вопроса о нахождении избыточной серы не только в сфалерите (где ее установлено 0,14—3,27 атомных % или  $3 \cdot 10^{-4}$ — $9 \cdot 10^{-3}$  молекулы  $S_8$  на одну молекулу  $ZnS$ ), но и в других сульфидных минералах;

5) следует провести более углубленное исследование сфалеритов для выявления возможных форм нахождения в них индия, галлия, таллия и германия, тем более что данные пересчета в некоторых случаях подтверждают возможность нахождения самостоятельного минерала ( $Ga_2S_3$ ).

<sup>1</sup> Материал О. П. Поляковой.

## Химические анализы сфале-

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Zn	56,41	59,21	58,43	61,61	57,76	56,57	49,41	64,70	50,30	65,58	64,43	
Cd	0,41	0,24	0,28	0,34	0,33	0,19	0,16	1,09	0,32	0,16	0,70	
Mn	0,13	0,17	0,17	0,10	0,27	0,32	0,33	0,01	0,19	0,02	—	
Fe	4,72	1,11	7,79	1,39	7,23	5,57	14,51	0,50	12,67	0,54	1,40	
Cu	0,19	—	—	—	—	0,08	—	0,60	Следы	—	—	
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Co	—	—	—	—	—	—	0,013	—	—	—	—	
Pb	0,53	0,14	0,15	0,38	0,07	3,38	—	—	—	—	—	
S	30,74	29,87	33,50	31,22	32,73	31,74	32,81	32,80	32,14	32,93	33,03	
SO <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
SiO <sub>2</sub>	4,43	—	—	—	—	—	0,10	—	1,48	0,38	—	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CaO	0,53	1,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
MgO	0,09	0,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
BaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
H <sub>2</sub> O <sup>±</sup>	—	—	—	—	—	—	0,29	—	—	—	—	
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ZnO	2,38	4,875	—	4,46	1,78	1,19	2,47	—	1,64	—	—	
PbO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CO <sub>2</sub>	—	1,93	—	—	—	—	—	—	0,885	—	—	
O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Сумма	100,56	99,63	100,32	99,50	100,17	99,04	100,09	99,70	99,63	99,61	99,56	
Удельный вес	—	—	—	—	—	—	3,99	—	—	—	—	
Аналитик	Ю. Н. Квицович, 1940 г.	П. Н. Нисенбаум, 1951 г.					Т. Л. Покровская, 1951 г.	П. Н. Нисенбаум, 1951 г.	Ю. С. Нестерова, 1944 г.	П. Н. Нисенбаум, 1954 г.		



Таблица 1

ритов (в весовых процентах)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
53,41	62,88	65,07	65,05	66,00	64,10	58,19	56,00	54,10	52,26	52,06	64,33	52,30
0,15	0,41	0,70	0,41	0,77	0,58	0,28	0,19	0,92	0,39	0,98	0,66	0,79
—	1,94	—	0,84	—	—	—	1,06	Следы	1,70	1,07	0,52	0,77
7,70	0,37	—	0,50	—	1,70	5,10	5,22	10,09	11,09	11,37	1,18	12,00
0,45	0,03	0,04	0,07	0,03	0,20	0,12	0,53	0,13	—	—	—	—
—	—	—	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,016	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,78	—	0,58	—	—	—	2,25	3,54	0,94	1,21	1,23	Следы	0,24
36,83	32,31	32,43	33,15	33,05	32,72	33,10	32,42	32,79	33,28	33,15	32,79	33,46
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,12	2,12	—	—	—	—	—	0,35	0,78	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,52	—	—	—	—	—	—	—	0,67	0,48	0,023	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
99,44	100,58	98,82	100,08	99,85	99,30	99,04	99,31	100,42	100,41	99,88	99,48	99,56
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,989	—	—	—
Антипов, 1940 г.	Ю. С. Нестерова, 1944 г.	Г. А. Аранова, 1957 г.		П. Н. Нисенбаум, 1956 г.		В. М. Сендерова, 1956 г.	Г. А. Аранова, 1957 г.	В. М. Сендерова, 1954 г.				

Компоненты	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Zn	64,90	62,58	65,32	64,32	52,54	54,32	63,53	63,64	63,98	53,55	64,59
Cd	0,39	0,33	0,84	0,80	0,19	2,39	0,32	0,20	0,36	0,55	0,22
Mn	Следы	Следы	—	—	—	Следы	Следы	—	—	0,10	0,05
Fe	0,93	2,26	0,30	0,83	0,11	0,15	0,13	0,41	0,41	9,15	1,37
Cu	—	0,44	0,12	0,07	6,45	—	—	—	0,09	—	—
Ag	—	—	—	0,01	Следы	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	0,15	0,09	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	1,44	0,61	—	—
Sb	—	Следы	Следы	0,01	—	—	—	—	—	—	—
Ga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	Следы	Следы	—	—	—	—	—	—	—
Mo	—	—	—	»	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	—	0,91	—	0,20	0,23	10,74	0,49	0,65	0,87	—	—
S	32,89	32,56	32,48	32,42	29,17	29,91	31,32	33,04	31,70	32,76	32,55
SO <sub>3</sub>	—	—	0,05	0,01	—	—	—	—	—	—	—
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	3,78	—	—	—	—	—	—
SiO <sub>2</sub>	0,60	0,56	0,18	0,60	0,89	—	—	1,03	2,25	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CaO	—	—	0,03	0,20	—	—	—	—	—	—	—
MgO	—	0,26	0,10	0,04	—	—	—	—	—	—	—
ВaO	—	—	0,10	0,02	—	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>±</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,52
ZnO	—	—	0,59	—	7,00	—	1,03	—	—	—	—
PbO	—	—	0,18	—	—	—	—	—	0,22	—	—
CO <sub>2</sub>	—	—	0,035	—	—	—	0,554	—	0,045	—	—
O	—	—	0,041	0,006	—	—	0,0544	—	0,045	—	—
Сумма	99,71	99,90	100,52	99,63	100,36	97,51	97,43	100,41	100,58	96,11	100,30
Удельный вес	4,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Аналитик	В. М. Сендерова, 1954 г.	Ю. С. Нестерова, 1952 г.				О. А. Алексеева, Г. А. Арапова, А. А. Разбианская, 1954 г.		Ю. С. Нестерова, 1952 г.		В. М. Сендерова, 1946 г.	

Таблица 1 (окончание)

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
65,05	60,78	56,70	56,68	64,54	60,05	64,95	51,14	49,12	64,65	53,00	65,60	61,15
0,32	0,28	0,08	0,22	0,18	0,48	0,16	0,18	—	0,30	0,24	Следы	—
Следы	0,04	0,36	0,10	Следы	0,02	—	0,16	Следы	0,03	0,27	0,09	0,28
1,82	5,08	8,31	8,90	0,57	3,28	0,50	2,42	0,08	0,74	10,42	1,09	0,78
Следы	0,01	0,15	—	—	—	—	—	—	Следы	0,63	Следы	0,64
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,016	0,02	—	0,02	—	Следы	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,28	—	—	—	—	—	Следы	0,55
33,36	33,22	32,88	33,08	32,36	35,605	32,78	26,61	24,32	32,75	33,51	33,09	31,01
—	—	—	—	—	0,29	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,12	0,06	2,55	—	—	5,96	24,28	0,87	2,04	0,58	1,28
—	—	—	—	—	—	—	—	0,28	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	—	—	—	—
—	0,07	0,36	0,27	—	0,20	—	7,08	Следы	—	—	—	—
—	0,17	—	—	—	—	—	1,30	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	5,99	—	—	—	—	5,28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100,57	99,67	99,66	99,33	100,20	100,21	98,39	100,34	98,12	99,34	100,11	100,45	100,97
4,109	4,056	4,001	3,985	—	4,054	4,10	—	3,575	—	—	3,84	3,6
Т. Л. Покровская, 1946 г.				Ю. С. Несте- рова, 1944 г.		Т. Л. Покровская, 1946 г.		В. М. Сенде- рова, 1946 г.		Ю. С. Несте- рова, 1944 г.		А. А. Петро- сян, 1942 г.

## Химические анализы сфале-

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zn	8 628	9 056	8 937	9 423	8 834	8 652	7 558	9 896	7 693	10 031	9 855
Cd	36	24	25	30	29	17	14	97	28	14	62
Mn	24	31	31	18	49	58	61	2	35	4	—
Fe	845	199	1 395	249	1 295	997	2 598	89	2 269	97	251
Cu	30	—	—	—	—	13	—	94	—	—	—
Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Pb	25	7	7	18	3	163	—	—	—	—	—
S	9 588	9 317	10 450	9 738	10 210	9 900	10 234	10 231	10 025	10 271	10 303
SO <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SiO <sub>2</sub>	738	—	—	—	—	—	17	—	246	63	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CaO	94	196	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	22	243	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>±</sup>	—	—	—	—	—	—	161	—	—	—	—
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ZnO	292	599	—	548	216	146	304	—	201	—	—
PbO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CO <sub>2</sub>	—	439	—	—	—	—	—	—	201	—	—
O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Вычислено	20 322	20 111	20 845	20 024	20 636	19 946	20 949	20 409	20 698	20 480	20 471



Компоненты	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Zn	9 927	9 572	9 991	9 838	8 036	8 308	9 717	9 734	9 786	8 191	9 879
Cd	35	29	75	71	17	213	28	18	32	49	20
Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	9
Fe	166	405	54	149	20	27	23	73	73	1 638	245
Cu	—	69	19	11	1 015	—	—	—	14	—	—
Ag	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	13	7,5	—	—	—	—	—	—	—
As	—	—	—	—	—	—	—	192	81	—	—
Sb	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Ga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	—	44	—	10	11	518	24	31	42	—	—
S	10 259	10 156	10 131	10 112	9 099	9 330	9 769	10 306	9 888	10 218	10 153
SO <sub>3</sub>	—	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	860	—	—	—	—	—	—
SiO <sub>2</sub>	100	93	30	100	144	—	—	171	375	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CaO	—	—	5	36	—	—	—	—	—	—	—
MgO	—	64	25	10	—	—	—	—	—	—	—
BaO	—	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>±</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	460
ZnO	—	—	72	—	860	—	126	—	—	—	—
PbO	—	—	8	—	—	—	—	—	10	—	—
CO <sub>2</sub>	—	—	8	—	—	—	126	—	10	—	—
O	—	—	26	4	—	—	34	—	28	—	—
Сумма	20 487	20 432	20 463	20 352,5	20 062	18 396	19 847	20 525	20 339	20 114	20 766

Вычислено

Т а б л и ц а 2 (окончание)

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
9 950	9 297	8 672	8 669	9 872	9 185	9 934	7 822	7 413	9 889	8 107	10 034	9 354
28	25	7	20	16	43	14	16	—	27	21	—	—
—	7	65	18	—	4	—	29	—	5	49	16	51
326	910	1 488	1 594	102	587	89	433	14	132	1 866	195	140
—	2	24	—	—	—	—	—	—	—	99	—	101
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	13	—	—	—	—	—	—	26
10 406	10 362	10 256	10 318	10 092	11 106	10 225	8 300	7 586	10 215	10 452	10 321	9 672
—	—	—	—	—	36	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	20	10	425	—	—	992	4 043	145	340	96	213
—	—	—	—	—	—	—	—	27	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
—	12	64	48	—	36	—	1 262	—	—	—	—	—
—	42	—	—	—	—	—	322	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	212	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	736	—	—	—	—	649
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20 713	20 660	20 808	20 680	20 507	21 010	20 262	19 912	19 185	20 413	20 934	20 662	20 206

## Приложение к таблицам 1 и 2

## Характеристика образцов сфалеритов

Все образцы представляют собой чисто отобранные под бинокулярной лупой сфалериты

№ анализа	месторождение	Характеристика образца
	<b>Восточное Забайкалье</b>	
1.	Кадаинское	Крупнокристаллический
2.	»	Светло-бурый
3.	»	Черный
4.	»	Розово-бурый
5.	»	Темно-коричневый
6.	»	»
7.	Савинское	Марматит
	<b>Восточная Сибирь</b>	
8.	Джидинское	Из кварцевой жилы
	<b>Якутия</b>	
9.	Имтанджа	Черный
10.	»	Клейофан, зеленовато-желтый
	<b>Казахстан</b>	
11.	Кзыл-Эспе	Из рудного тела
12.	»	»
13.	Каскайгыр	Зеленовато-серый
14.	Акджал	Зеленый
15.	»	Из рудного тела
16.	»	»
17.	Акчагыл	»
18.	»	»
19.	Батыстау	Из гранатового скарна
20.	Верхнее Кайракты	Из колчеданного прожилка в вольфрамовом месторождении
21.	Караоба	Из кварцевой жилы
22.	»	»
23.	»	»
24.	»	»
25.	Восточный Коунрад	Из кварцево-молибденовой жилы в гранитах
	<b>Средняя Азия</b>	
26.	Лашкерек	Из рудной зоны
27.	Нистели	Светло-зеленый, из рудной жилы
28.	Наугарзан	Из рудной жилы
29.	Гудас	Из прожилка в кварц-серицитовой породе
30.	Кан-и-Мансур	Из сульфидной линзы
31.	Иокуньж	»
32.	Кок-Тюбе	Из рудной зоны
33.	Гузан	»
	<b>Кавказ</b>	
34.	Садонское	Черный, ассоциирует с кальцитом и пирротинном — одна генерация
35.	»	Светло-коричневый
36.	»	»
37.	»	Темно-коричневый, II стадия минерализации
38.	»	Черный (марматит)
39.	»	Коричневый, почти черный
40.	Уаза-Хох	Клейофан, медово-желтый
41.	Верхний Эгид	
42.	»	
43.	Верхняя Квайса (Кударское)	Колломорфный, концентрически-скорлуповатый
44.	»	Светлый, серовато-желтый, тонкозернистый
45.	Велибури	Зеленовато-бурый
46.	Кыргышо	Черный (марматит)
47.	Кафан (Зангезур)	Желто-бурый, из сплошного мономинерального выделения
48.	»	Бурый, из ассоциации с кварцем и халькопиритом. II стадия минерализации



Содержание минералов — примесей в сфалеритах, полученное в результате перерчета данных химического анализа (в процентах атомных количеств)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождения	Вычисленные минералы - примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
1	Кадаинское Восточное Забайкалье	Доломиты	Сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, аргентит	Сфалерит	93,53	96,90	ZnS + 0,007 Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> + + 0,0003 CuFeS <sub>2</sub> + + 0,003 PbS
				Виллемит	2,46	2,24	
				Халькопирит	0,59	0,61	
				Галенит	0,24	0,25	
				Кварц + силикаты	3,48	—	
					100	100	
2	Кадаинское, Осинковский шток	То же	То же	Сфалерит	68,76	71,90	ZnS + 0,08 Zn <sub>3</sub> S <sub>4</sub> O + + 0,001 PbS
				Вольцит	26,81	28,03	
				Галенит	0,07	0,07	
				Доломит	4,36	—	
					100	100	
3	То же	То же	То же	Сфалерит	99,14		ZnS + 0,005 FeS <sub>2</sub> + + 0,0007 PbS
				Пирит	0,79		
				Галенит	0,07		
					100		

Таблица 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая перурдные минералы	без перурдных минералов	
4	Кадаинское, Осинковский Шток	Доломиты	Сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, аргентит	Сфалерит Вольтцит Галенит	75,19 24,63 0,18		$ZnS + 0,06 Zn_5S_4O +$ $+ 0,002 PbS$
					100		
5	То же	То же	То же	Сфалерит Вольтцит Галенит	90,55 9,42 0,03		$ZnS + 0,02 Zn_5S_4O +$ $+ 0,0003 PbS$
					100		
6	То же	То же	То же	Сфалерит Вольтцит Галенит Халькопирит	91,52 6,59 1,63 0,26		$ZnS + 0,01 Zn_5S_4O +$ $+ 0,02 PbS +$ $+ 0,001 CuFeS_2$
					100		
7	Савинское	Песчано-глинистые филлитовые сланцы среди интрузии кварцевого диорита	Пирротит, сфалерит, галенит, пирит, марказит, арсенопирит, халькопирит, булапжерит, тетраэдрит, шеелит	Сфалерит Вольтцит Линнеит Кварц Вода	86,07 13,06 0,02 0,08 0,77	86,80 13,48 0,02	$ZnS + 0,08 Zn_5S_4O +$ $+ 0,00007 Co_3S_4$
					100	100	

Таблица 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождения	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
8	Восточная Сибирь Бурят-Монголия Джидинское	Граниты	Молибденит, вольфрамит, гюблерит, флюорит, кварц, ортоклаз	Сфалерит Пирит Ковеллин	98,30 0,78 0,92		$ZnS + 0,003 Cu_3S_3 + 0,005 FeS_2$
					400		
9	Якутия Имтанджа	Песчанико-сланцы	Галенит, пирит, сфалерит, блеклая руда, магнетит, жильбертит, кварц, хлорит, сидерит, арсенипирит, халькопирит, самородное Ag	Сфалерит Смитсонит Кварц	97,87 1,94 1,19	98,03 1,97 —	$ZnS + 0,008 ZnCO_3$
					400	400	
10	То же	То же	То же	Сфалерит Пирит Самородная сера Кварц	98,13 1,42 0,14 0,31	98,44 1,42 0,14	$ZnS + 0,01 FeS_2 + 0,0003 S_8$
					400	400	

Таблица 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождения	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
11	Казахстан Кзыл-Эспе	Белые или серые известняки	Сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, арсенопирит, магнетит, гематит,	Сфалерит Пирит	98,02 1,98		$ZnS + 0,01 FeS_2$
	Кзыл-Эспе	Зеленовато-черная гранатовая порода	Пирротит, теннантит, полибазит, аргентит, гринокит, ковеллин, халькозит, церуссит, вульфенит, хризокола, англезит, гипс, аргентит		400		
12	То же	То же	То же	Сфалерит Пирит Ковеллин Галенит Самородная сера Кварц	77,30 19,54 0,67 0,36 2,07 0,06	77,35 19,55 0,67 0,36 2,07 —	$ZnS + 0,17 FeS_2 +$ $+0,003 Cu_3S_3 +$ $+0,005 PbS + 0,007 S_8$
					400	400	
13	Каскайгыр	Кварцевый известняк	Сфалерит, галенит, пирит, арсенопирит, халькопирит, теннантит, аргентит	Сфалерит Виллемит Халькопирит Кварц	97,87 0,62 0,10 1,41	99,27 0,63 0,10	$ZnS + 0,002 Zn_2SiO_4 +$ $+0,0005 CuFeS_2$
					100	100	
14	Акджал	Известняки	Сфалерит, галенит, пирит, арсенопирит, халькопирит, теннантит, аргентит	Сфалерит Галенит Ковеллин Самородная сера	99,43 0,28 0,06 0,33		$ZnS + 0,003 RbS +$ $+0,0002 Cu_3S_3 + 0,0008 S_8$
					100		

Таблица 3 (продолжение)

№ анализ	Месторождение	Вещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси		Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	
15	То же	То же	Сфалерит, галенит, пирит, арсенопирит, халькопирит, тенантит, аргентит	Сфалерит Пирит Ковеллин Аргентит Сульфид галлия Вольфсбернит Самородная сера	98,51 1,30 0,10 0,02 0,02 0,01 0,04	$ZnS + 0,009 FeS_2 + 0,0003 Cu_3S_3 + 0,0001 Ag_2S + 0,0004 Ga_2S_3 + 0,0001 CuSbS_2 + -0,0001 S_8$
					100	
16	То же	Известняки	Сфалерит, галенит, пирит, арсенопирит, халькопирит, теннантит,	Сфалерит Ковеллин Самородная сера	99,26 0,05 0,69	$ZnS + 0,0002 Cu_3S_3 + 0,002 S_8$
					100	
17	Акчагыл	Скарнированные известняки	Пирит, галенит, сфалерит, борнит, халькозин, ковеллин, линарит, гипс, перуссит, малахит, халпедон, нонтронит, хризолла	Сфалерит Пирит Халькопирит	99,16 0,23 0,61	$ZnS + 0,001 FeS_2 + 0,003 CuFeS_2$
					100	

Т а б л и ц а 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая перурдные минералы	без нерудных минералов	
18	Акчагыл	Скарпированные известняки	Пирит, галенит, сфалерит, борнит, халькозин, ковеллин, линарит, гипс, церуссит, малахит, халцедон, нонтронит, хризокolla	Сфалерит Халькопирит Пирит Галенит	93,24 0,38 5,32 1,06		$ZnS + 0,002 CuFeS_2 + 0,04 FeS_2 + 0,01 PbS$
					100		
19	Батыстау	То же	Сфалерит, галенит, пирит, арсенопирит, халькопирит, теннантит	Сфалерит Пирит Галенит Халькопирит	94,43 2,21 1,71 1,65		$ZnS + 0,02 FeS_2 + 0,02 PbS + 0,009 CuFeS_2$
					100		
20	Верхнее Кайракты	Известняки	Вольфрамит, полевые шпаты, мусковит, турмалин, флюорит, шселит, молибденит, гематит, пирит, галенит, арсенопирит, халькопирит, блеклая руда	Сфалерит Магнетит Халькопирит Галенит Кварц	97,58 0,98 0,38 0,43 0,63	98,20 0,99 0,38 0,43 —	$ZnS + 0,003 Fe_3O_4 + 0,002 CuFeS_2 + 0,004 PbS$
					100	100	
21	Кара-Оба	Порфиры	Галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, блеклая руда	Сфалерит Магнетит Галенит	98,75 0,69 0,56		$ZnS + 0,0002 Fe_3O_4 + 0,006 PbS$
					100		

Т а б л и ц а 3 (продолжение)

№ анализов	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая перурдные минералы	без нерудных минералов	
22	То же	То же	То же	Сфалерит Магнетит Галенит	99,39 0,04 0,57		$ZnS + 0,0001 Fe_3O_4 + 0,006 PbS$
					100		
23	То же	То же	То же	Сфалерит Пирит	99,65 0,35		$ZnS + 0,002 FeS_2$
					100		
24	То же	То же	То же	Сфалерит Пирит Галенит	98,92 0,97 0,11		$ZnS + 0,006 FeS_2 + 0,001 PbS$
					100		
25	Восточный Коунрад	Граниты	Кварц, молибденит, пирит, халькопирит, блеклая руда, галенит, сфалерит, магнетит, арсенопирит, энаргит, циркон, турмалин, халькозин, борнит, ковеллин	Сфалерит Пирит Кварц	97,59 1,92 0,49	98,07 1,93 —	$ZnS + 0,01 FeS_2$
					100	100	

Таблица 3

№ анализов	Месторождения	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
26	Средняя Азия Лашкерек	Эффузивы: осветленные туфы кварцевых порфиров	Галенит, сфалерит, борнит, блеклая руда, халькопирит, пирит, штромейерит, аргентит, церуссит, англезит, ковеллин, куприт, азурит, малахит, самородное Ag, свинцовые охры, окислы и гидроокислы Fe и Mn	Сфалерит Пирит Галенит Борнит Халькопирит Кварц + силикаты	97,16 0,92 0,43 0,64 0,08 0,77	97,92 0,93 0,43 0,64 0,08	$ZnS + 0,006 FeS_2 + 0,004 PbS + 0,001 Cu_5FeS_4 + 0,0004 CuFeS_2$
					100	100	
27	Пистели	Измененные порфириты	Галенит, сфалерит, борнит, халькопирит, блеклая руда, пирит, церуссит, англезит, малахит, ковеллин, серицит, хлорит, эпидот, рутил	Сфалерит Вольфрамит Борнит Касситерит Церуссит Барит Кварц + силикаты	96,05 3,47 0,19 0,19 0,08 0,03 0,29	96,36 3,18 0,19 0,19 0,08 —	$ZnS + 0,007 Zn_2S_4O + 0,0004 Cu_5FeS_4 + 0,001 SnO_2 + 0,003 PbCO_3$
					100	100	
28	Наугарзан	Интрузивы: порфировидные рогово-обманковые гранодиориты прорываются альбитофирами, кварцевыми порфирами и диабазовыми порфирами	Галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, церуссит, ковеллин, лимонит, куприт, халькозин, англезит, малахит, флюорит, барит, азурит	Сфалерит Галенит Станнин Буланжерит Касситерит Аргентит Пирит Барит Кварц + силикаты	98,54 0,09 0,22 0,02 0,03 0,01 0,36 0,01 0,72	99,26 0,09 0,22 0,02 0,03 0,01 0,37	$ZnS + 0,0009 PbS + 0,0005 Cu_5FeSnS_4 + 0,00002 Pb_7Sb_4S_{11} + 0,0002 SnO_2 + 0,00007 Ag_2S + 0,002 FeS_2$
					100	100	



Таблица 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
29	Гудас	Интрузивы: гранодиориты и гранитпорфиры	Галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, перуссит, англезит, смитсонит, каламин, хризоколла, кварц, плагиоклаз, калишпат, серицит, хлорит, рутил, гематит, кальцит, барит	Сфалерит Смитсонит Ковеллин Халькопирит Галенит Аргентит Кварц	80,28 8,57 9,92 0,40 0,11 Следы 0,72	80,86 8,64 9,99 0,40 0,11 Следы —	$ZnS + 0,04 ZnCO_3 + 0,02 Cu_3S_3 + 0,002 CuFeS_2 + 0,001 PbS$
					100	100	
30	Кан-и-Мансур	Кислые эффузивы	Галенит, пирит, сфалерит, кварц, тетраэдрит, полибазит, аргентит, барит, флюорит	Сфалерит Галенит Пирит Сера самородная	92,64 5,63 0,44 1,29	—	$ZnS + 0,06 PbS + 0,003 FeS_2 + 0,03 S_8$
					100		
31	Иокульж	Полиминеральные песчаники, конгломераты и известняки	Алевит, сфалерит, марказит, гринокит, церуссит, смитсонит, гидроцинкит, окислы Fe, гипс, целестин, кальцит, арагонит, кварц	Сфалерит Гематит Смитсонит Галенит	98,20 0,29 1,27 0,24	—	$ZnS + 0,002 PbS + 0,005 ZnCO_3 + 0,01 Fe_2O_3$
					100		

Таблица 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
32	Кок-Тюбе	Контакт девонских известняков с песчано-сланцевыми породами	Галенит, сфалерит, церуссит, малахит, барит	Сфалерит	95,02	95,82	ZnS + 0,003 PbS + 0,007 FeS <sub>2</sub> + 0,01 As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> + 0,001 S <sub>8</sub>
				Галенит	0,30	0,30	
				Пирит	1,07	1,08	
				Аурипигмент	2,34	2,36	
				Самородная сера	0,44	0,44	
				Кварц	0,83	—	
					100	100	
33	Гузан	Песчано-сланцевая толща верхнего палеозоя	Бурнонит, кварц, галенит	Сфалерит	96,54	98,35	ZnS + 0,004 PbS + 0,004 FeAs <sub>2</sub> + 0,001 CuFeS <sub>2</sub> + 0,0004 PbCO <sub>3</sub> + 0,0009 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
				Галенит	0,41	0,42	
				Желингит	0,60	0,61	
				Халькопирит	0,28	0,29	
				Церуссит	0,10	0,10	
				Гематит	0,23	0,23	
				Кварц	1,84	—	
					100	100	
34	Кавказ Садон	Грашты и жильные кератофилы сильно метаморфизованные на зоне разлома, милонитизированы, серпичитизированы, хлорити-	Сфалерит, галенит, пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит, марганецит, магнетит, тетраэдрит, самородный Вi, кварц, кальцит, марганцовистый анидот	Сфалерит	95,20		ZnS + 0,03 FeS <sub>2</sub>
				Пирит	4,80		
					100		

Таблица 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождения	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
		Зированы, пиритизированы, окварцеваны и местами карбонатизированы					
35	То же	То же	То же	Сфалерит Магнетит	97,78 2,22		$ZnS + 0,006 Fe_3O_4$
					100		
36	То же	То же	То же	Сфалерит Линнеит Пирит	98,55 0,03 1,42		$ZnS + 0,00009 Co_3S_4 +$ $+ 0,01 FeS_2$
					100		
37	То же	То же	То же	Сфалерит Пирит Линнеит Халькопирит Кварц + силикаты	97,97 1,70 0,03 0,04 0,26	98,22 1,71 0,03 0,04 —	$ZnS + 0,00009 Co_3S_4 +$ $+ 0,01 FeS_2 + 0,0002 CuFeS_2$
					100	100	
38	То же	То же	То же	Сфалерит Халькопирит Магнетит Кварц + силикаты	98,12 0,46 1,02 0,40	98,51 0,46 1,03 —	$ZnS + 0,03 Fe_3O_4 +$ $+ 0,002 CuFeS_2$
					100	100	

Т а б л и ц а 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождения	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
39	Кавказ, Садоп	То же	То же	Сфалерит	99,50	99,78	ZnS + 0,001 FeS <sub>2</sub> + +0,00009 Co <sub>3</sub> S <sub>4</sub>
				Пирит	0,19	0,19	
				Липневит	0,03	0,03	
				Кварц - - силикаты	0,28	—	
					100	100	
40	Уаза-Хох	Кристаллические сланцы	Сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, арсенопирит	Сфалерит	96,44	98,48	ZnS - - 0,01 FeS <sub>2</sub>
				Пирит	1,49	1,52	
				Кварц	2,07	100	
					100		
41	Верхний Згид	Граниты	Сфалерит, галенит, пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит, кварц, халцедон	Сфалерит	87,88	88,18	ZnS + 0,06 FeS <sub>2</sub> + + 0,001 PbS + 0,009 S <sub>8</sub>
				Пирит	8,38	8,41	
				Галенит	0,13	0,13	
				Ангидрит	0,34	—	
				Самородная сера	3,27	3,28	
					100	100	
42	То же	То же	То же	Сфалерит	98,19		ZnS + 0,009 FeS <sub>2</sub> + +0,001 S <sub>8</sub>
				Пирит	1,32		
				Самородная сера	0,49		
					100		

Т а б л и ц а 3 (продолжение)

№ анализов	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождений	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая перунические минералы	без перунических минералов	
43	Верхняя Квайса	Эффузивы: порфириды	Сфалерит, галенит, кальцит, пирит, марказит, кварц, халцедон, мельничковит, арсенопирит, железистая слюдка, хлорит, цеоциты, гидроокислы Fe, гринокит	Сфалерит	83,37	93,77	$ZnS + 0,02 Zn_2SiO_4$
				Виллемит	5,54	6,23	
				Кварц + силикаты	11,09	—	
					100	100	
44	Верхняя Квайса (Кударское)	То же	То же	Сфалерит	78,32	99,42	$ZnS + 0,002 FeS_2 + 0,0007 S_8$
				Пирит	0,22	0,28	
				Самородная сера	0,24	0,30	
				Кварц + силикаты	21,22	—	
	100	100					
45	Мерисское, участок Велибури	Туфо порфириды	Кварц, халькопирит, пирит, сфалерит, барит, анкерит, сидерит, кальцит, теннантит, самородное Au и висмутовые минералы	Сфалерит	97,90	97,20	$ZnS + 0,01 FeS_2 + 0,0004 S_8$
				Пирит	1,94	1,95	
				Кварц	0,71	—	
				Самородная сера	0,15	0,15	
	100	100					

Т а б л и ц а 3 (продолжение)

№ анализа	Месторождение	Вмещающие породы	Минералогический состав месторождения	Вычисленные минералы-примеси			Составная формула сфалерита
					включая нерудные минералы	без нерудных минералов	
46	Кавказ Кыртышо (Чвенурское урочище)	Туфо-порфириты	Кварц, халькопирит, пирит, сфалерит, барит, анкерит, сидерит, кальцит, теппантит, самородное Au, внемутовые минералы	Сфалерит	92,04	93,56	ZnS + 0,03 FeS <sub>2</sub> + + 0,01 CuFeS <sub>2</sub>
				Пирит	4,45	4,52	
				Халькопирит	1,89	1,92	
				Кварц	1,62	—	
					100	100	
47	Кафан (Запгезур), рудник им. Шаумяна	Кварцевые и плагиоклазовые порфириты, туфы, туфобрекчии	Сфалерит, халькопирит, кварц, пирит, галенит, кальцит, флюорит, теппантит, самородное Au, алитит	Сфалерит	98,43	98,89	ZnS + 0,007 FeS <sub>2</sub>
				Пирит	1,11	1,11	
				Кварц	0,46	—	
					100	—	
48	То же	То же	То же	Сфалерит	67,78	68,51	ZnS + 0,08 Zn <sub>5</sub> S <sub>4</sub> O + + 0,01 CuFeS <sub>2</sub> + 0,004 PbS
				Вольфрамит	28,90	29,21	
				Халькопирит	2,00	2,02	
				Галенит	0,26	0,26	
				Кварц	1,06	—	
					100	100	

Кремниевая кислота, кальций, магний и алюминий при пересчете на минералы-примеси суммировались и указывались как кварц + слюды.

Таблица 4

Пересчет данных химического анализа в сфалеритах, содержащих большие количества железа и серы, по двум вариантам:

I — допускается присутствие железа в форме пирротина, растворенного в сфалерите,

II — допускается истинное замещение цинка железом в решетке сфалерита. Все данные выражены в процентах атомных количеств.

## Анализ № 3

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	95,97	Сфалерит . . . . .	99,14
Пирротин . . . . .	3,96	Пирит . . . . .	0,79
Галенит . . . . .	0,07	Галенит . . . . .	0,07

## Формулы



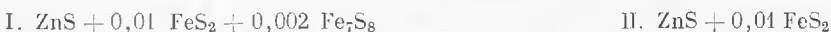
## Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	89,34	II. Zn . . . . .	86,49
Cd . . . . .	0,25	Cd . . . . .	0,24
Mn . . . . .	0,31	Mn . . . . .	0,30
Fe . . . . .	10,10	Fe . . . . .	12,97

## Анализ № 11

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	96,89	Сфалерит . . . . .	98,02
Пирит . . . . .	1,70	Пирит . . . . .	1,98
Пирротин . . . . .	1,41		

## Формулы



## Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	99,38	II. Zn . . . . .	98,23
Cd . . . . .	0,62	Cd . . . . .	0,62
		Fe . . . . .	1,15

## Анализ № 25

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	97,73	Сфалерит . . . . .	98,07
Пирротин . . . . .	0,43	Пирит . . . . .	1,93
Пирит . . . . .	1,84		

## Формулы



## Замещения цинка в сфалерите:

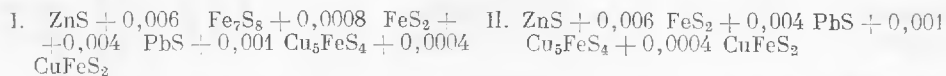
I. Zn . . . . .	99,65	II. Zn . . . . .	99,30
Cd . . . . .	0,35	Cd . . . . .	0,35
		Fe . . . . .	0,35

Таблица 4 (продолжение)

## Анализ № 26

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	94,71	Сфалерит . . . . .	97,92
Пирротин . . . . .	4,02	Пирит . . . . .	0,93
Галенит . . . . .	0,43	Галенит . . . . .	0,43
Пирит . . . . .	0,42	Борнит . . . . .	0,64
Халькопирит . . . . .	0,08	Халькопирит . . . . .	0,08
Борнит . . . . .	0,64		

## Формулы



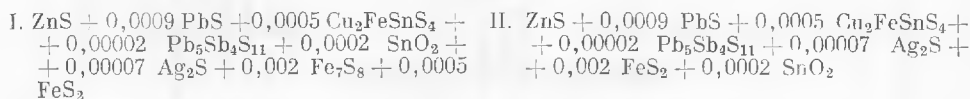
## Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	99,70	II. Zn . . . . .	96,44
Cd . . . . .	0,30	Cd . . . . .	0,29
		Fe . . . . .	3,27

## Анализ № 28

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	98,09	Сфалерит . . . . .	99,26
Галенит . . . . .	0,09	Галенит . . . . .	0,09
Станнин . . . . .	0,22	Станнин . . . . .	0,22
Буланжерит . . . . .	0,02	Буланжерит . . . . .	0,02
Касситерит . . . . .	0,03	Касситерит . . . . .	0,03
Аргентит . . . . .	0,01	Аргентит . . . . .	0,01
Пирит . . . . .	0,08	Пирит . . . . .	0,37
Пирротин . . . . .	1,46		

## Формулы



## Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	99,28	II. Zn . . . . .	98,14
Cd . . . . .	0,72	Cd . . . . .	0,71
		Fe . . . . .	1,18

## Анализ № 34

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	82,11	Сфалерит . . . . .	95,20
Пирротин . . . . .	16,35	Пирит . . . . .	4,80
Пирит . . . . .	1,54		

## Формулы



## Замещения цинка в сфалерите:

Zn . . . . .	99,19	Zn . . . . .	85,55
Cd . . . . .	0,59	Cd . . . . .	0,51
Mn . . . . .	0,22	Mn . . . . .	0,19
		Fe . . . . .	13,75

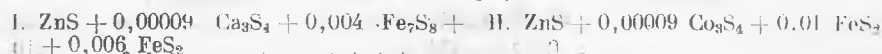


Т а б л и ц а 4 (продолжение)

Анализ № 36

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	96,35	Сфалерит . . . . .	98,55
Линнеит . . . . .	0,03	Линнеит . . . . .	0,03
Пирротин . . . . .	2,75	Пирит . . . . .	1,42
Пирит . . . . .	0,87		

Формулы



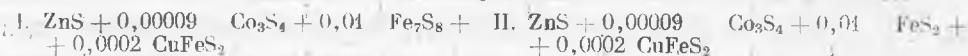
Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	99,72	II. Zn . . . . .	97,49
Cd . . . . .	0,28	Cd . . . . .	0,27
		Fe . . . . .	2,24

Анализ № 37

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	91,38	Сфалерит . . . . .	98,22
Пирротин . . . . .	8,55	Пирит . . . . .	1,71
Халькопирит . . . . .	0,04	Халькопирит . . . . .	0,04
Линнеит . . . . .	0,03	Линнеит . . . . .	0,03

Формулы



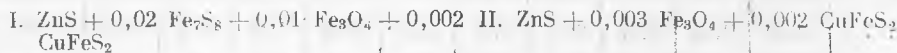
Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	98,75	II. Zn . . . . .	91,87
Cd . . . . .	0,26	Cd . . . . .	0,25
Mn . . . . .	0,07	Mn . . . . .	0,07
Fe . . . . .	0,92	Fe . . . . .	7,81

Анализ № 38

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	83,40	Сфалерит . . . . .	98,51
Халькопирит . . . . .	0,46	Халькопирит . . . . .	0,46
Пирротин . . . . .	13,09	Магнетит . . . . .	1,03
Магнетит . . . . .	3,05		

Формулы



Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	99,18	II. Zn . . . . .	84,95
Cd . . . . .	0,08	Cd . . . . .	0,07
Mn . . . . .	0,74	Mn . . . . .	0,64
		Fe . . . . .	14,34

Т а б л и ц а 4 (продолжение)

Анализ № 39

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	98,95	Сфалерит . . . . .	99,78
Пирротин . . . . .	1,02	Пирит . . . . .	0,19
Линнеит . . . . .	0,03	Линнеит . . . . .	0,03

Формулы



Замещения цинка в сфалерите

I. Zn . . . . .	84,97	II. Zn . . . . .	84,26
Cd . . . . .	0,20	Cd . . . . .	0,19
Mn . . . . .	0,18	Mn . . . . .	0,18
Fe . . . . .	14,65	Fe . . . . .	15,37

Анализ № 46

I вариант:		II вариант:	
Сфалерит . . . . .	79,41	Сфалерит . . . . .	93,56
Пирротин . . . . .	18,89	Пирит . . . . .	4,52
Пирит . . . . .	0,74	Халькопирит . . . . .	1,92
Ковеллин . . . . .	0,96		

Истинные изоморфные замещения цинка в  
(в процентах)

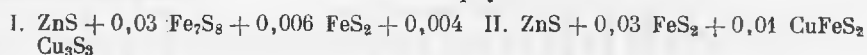
Элемент	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zn . . . . .	99,31	96,32	86,49	96,05	85,31	88,40	70,35	98,65	76,74	99,82	98,23
Cd . . . . .	0,41	0,35	0,24	0,40	0,31	0,19	0,15	0,97	0,28	0,14	0,62
Mn . . . . .	0,28	0,45	0,30	0,24	0,52	0,63	0,68	0,02	0,35	0,04	—
Fe . . . . .	—	2,88	12,97	3,31	13,86	10,78	28,82	0,36	22,63	—	1,15

Элемент	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Zn . . . . .	99,30	96,44	98,73	98,11	99,79	97,48	99,71	99,82	99,68	85,55	97,30
Cd . . . . .	0,35	0,29	0,76	0,71	0,21	2,52	0,29	0,18	0,32	0,51	0,20
Mn . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,19	0,19
Fe . . . . .	0,35	3,27	0,51	1,18	—	—	—	—	—	13,75	2,41

\* 1 — 48 — номера анализов.

Т а б л и ц а 4 (окончание)

Формулы



Замещения цинка в сфалерите

I. Zn . . . . .	99,14	II. Zn . . . . .	84,15
Cd . . . . .	0,26	Cd . . . . .	0,22
Mn . . . . .	0,60	Mn . . . . .	0,51
		Fe . . . . .	15,12

Анализ № 47

I вариант:

Сфалерит . . . . .	97,73
Пирит . . . . .	0,82
Пирротин . . . . .	1,45

II вариант:

Сфалерит . . . . .	98,89
Пирит . . . . .	1,11

Формулы



Замещения цинка в сфалерите:

I. Zn . . . . .	99,84	II. Zn . . . . .	98,67
Cd . . . . .	0,16	Cd . . . . .	0,16
		Fe . . . . .	0,17

Т а б л и ц а 5

сфалерите кадмием, марганцем и железом  
атомных количеств)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
99,84	95,53	99,38	98,13	99,33	96,95	94,09	90,36	81,58	77,44	77,45	96,65	77,73
0,16	0,36	0,62	0,36	0,67	0,51	0,26	0,18	0,81	0,34	0,85	0,58	0,68
—	3,51	—	1,51	—	—	—	2,03	—	2,99	1,90	0,93	1,36
—	0,60	—	—	—	2,54	5,65	7,43	17,61	19,23	19,80	1,84	20,23

Т а б л и ц а 5 (окончание)

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
97,49	91,87	84,95	84,26	99,84	99,49	99,86	94,24	100	99,68	84,15	98,67	98,69
0,27	0,25	0,07	0,19	0,16	0,47	0,14	0,19	—	0,27	0,22	0,16	—
—	0,07	0,64	0,18	—	0,04	—	0,35	—	0,05	0,51	—	0,74
2,24	7,81	14,34	15,37	—	—	—	5,22	—	—	15,12	1,17	0,57

## Минералы-спутники

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Жильные минералы и минералы боковых пород:																				
Кварц							+		+	+		+	+							+
Кварц + силикаты	+																			
Гематит																				
Барит																				
Доломит		+																		
Ангидрит																				
Вода							+													
Минералы-спутники (примеси), первичные и вторичные																				
Пирит			+					+		+	+	+			+		+	+	+	
Галенит	+	+	+	+	+	+						+		+			+	+	+	+
Халькопирит	+					+							+				+	+	+	+
Сера самородная										+		+		+	+	+				
Вольфрамит		+		+	+	+	+													
Ковеллин								+				+		+	+	+				
Магнетит																				+
Линнеит							+													
Виллемит		+												+						
Смитсонит										+										
Аргентит																	+			
Борнит																				
Касситерит																				
Церуссит																				
Станнин																				
Аурипигмент																				
Булавожерит																				
Вольфсбергит																	+			
Лёйлингит																				
Сульфид галлия																	+			

Кремнекислота, кальций, магний и алюминий, при пересчете на минералы-примеси, Вода была обнаружена только в одном анализе № 7 (0,29 вес. %) Т. Л. Покровской

Таблица 6

(примеси) в сфалеритах

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	Количество образцов	
			+				+				++								+						+	+	+	+	15
				+	+	+										+	+	+					+	+					9
									+		+																		2
					+	+																							2
																													1
																				+									1
																													1
		+	+	+	+		+		+		+		+		+	+	+	+					+	+	+	+			27
+		+		+		+	+	+	+	+	+	+								+								+	23
				+		+			+							++										+	+		14
									+		+									+	+			+	+				11
					+																							+	7
						+																							6
++															+		+												5
																++		+											4
																								+					3
							+		+																				3
							+	+																					3
					+	+																							2
					+	+																							2
					+					+																			2
						+																							1
										+																			1
							+																						1
												+																	1
																													1

суммировались и указывались как кварц + силикаты.  
 п, возможно, наличие ее было обусловлено случайной влажностью материала.

Т а б л и ц а 7

**Распределение минералов-примесей в сфалеритах из некоторых  
месторождений разных районов СССР**

Район, месторождение	Минерал-примесь	Количество минерала-примеси в молекулах на одну молекулу сфалерита
Восточное Забайкалье	Виллемит	$7 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$
	Вольцит	$1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$
Кадаинское	Вольцит	$3 \cdot 10^{-2}$
	Линнеит	$7 \cdot 10^{-5}$
Савинское	Ковеллин	$5 \cdot 10^{-3}$
	Ковеллин	$3 \cdot 10^{-4}$
Восточная Сибирь	Сера самородная	$3 \cdot 10^{-4}$
	Ковеллин	$3 \cdot 10^{-4}$
Джидинское	Сера самородная	$7 \cdot 10^{-4}$
	Ковеллин	$2 - 3 \cdot 10^{-3}$
Якутия	Аргентит	$1 \cdot 10^{-4}$
	Сера самородная	$1 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-3}$
Имтанджа	Вольфсбергит	$1 \cdot 10^{-4}$
	Судьфид галлия	$4 \cdot 10^{-5}$
Казахстан	Виллемит	$2 \cdot 10^{-3}$
	Виллемит	$2 \cdot 10^{-3}$
Кзыл-Эспе	Борнит	$1 \cdot 10^{-3}$
	Вольцит	$7 \cdot 10^{-3}$
Акджал	Борнит	$4 \cdot 10^{-4}$
	Касситерит	$1 \cdot 10^{-3}$
Каскайгыр	Станнин	$5 \cdot 10^{-4}$
	Буланжерит	$2 \cdot 10^{-5}$
Средняя Азия	Касситерит	$2 \cdot 10^{-4}$
	Аргентит	$7 \cdot 10^{-5}$
Лашкерек	Ковеллин	$2 \cdot 10^{-2}$
	Сера самородная	$3 \cdot 10^{-2}$
Пистели	Аурпигмент	$1 \cdot 10^{-2}$
	Сера самородная	$1 \cdot 10^{-3}$
Наугарзан	Линнеит	$1 \cdot 10^{-4} - 9 \cdot 10^{-5}$
	Сера самородная	$1 - 9 \cdot 10^{-3}$
Гудас	Виллемит	$2 \cdot 10^{-2}$
	Сера самородная	$7 \cdot 10^{-4}$
Кан-и-Мансур	Сера самородная	$4 \cdot 10^{-4}$
	Ковеллин	$4 \cdot 10^{-3}$
Кок-Тюбе *	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
Кавказ	Линнеит	$1 \cdot 10^{-4} - 9 \cdot 10^{-5}$
	Сера самородная	$1 - 9 \cdot 10^{-3}$
Садон	Виллемит	$2 \cdot 10^{-2}$
	Сера самородная	$7 \cdot 10^{-4}$
Верхний Згид	Сера самородная	$4 \cdot 10^{-4}$
	Ковеллин	$4 \cdot 10^{-3}$
Верхняя Квайса	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
Велибури	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
Кыртышо	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
Зангезур (Кафан)	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$
	Вольцит	$8 \cdot 10^{-2}$

\* Мышьяк содержится и во вмещающих породах, согласно химическому анализу Г. А. Араповой (Картотека Центральной химической лаборатории ИГЕМАН СССР), 1956

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолиздат, 1950.  
 Круглякова Г. И. и Ясинская А. А. К вопросу о магнитной восприимчивости некоторых сульфидов. Минерал. сб. Львовского геол. об-ва, № 6, 1952.  
 Нестерова Ю. С. К вопросу о химическом составе галенитов. Геохимия, № 7, 1958.  
 Нестерова Ю. С. О химических исследованиях блеклых руд. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 1, 1960.  
 Schroll Erich. Über Unterschiede im Spurengehalt bei Wurtziten, Schalenblenden und Zinkblenden. Sitzungsber. österr. Akad. Wiss. Math. nat. Kl. Abt. 1, N. 5, 1953. 305.