

Б. Ф. ЗЛЕНКО, Н. А. КОНОВАЛОВ, Н. Г. СТРЕЛЬЦОВ,
В. Н. АРХАНГЕЛЬСКАЯ

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ ПАЛЫГОРСКИТ ИЗ ЗОЛОТУШИНСКОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И РАСЧЕТ ЕГО ФОРМУЛЫ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)

Палыгорскит принято считать типичным гипергенным минералом, образующимся при выветривании богатых магнием пород. Однако в последнее время появились указания на находки палыгорскитов, образовавшихся из гидротермальных растворов (Stephen, 1954; Найденева, 1963; Мандалян и др., 1965).

Палыгорскит в колчеданно-полиметаллических рудах впервые в СССР найден на Золотушинском месторождении Алтая. Рудные тела этого месторождения, представленные вкрапленными и массивными галенит-сфалеритовыми и галенит-сфалерит-халькопирит-пиритовыми рудами, приурочены к толще алевролитов и липарито-дацитов. В результате гидротермального метаморфизма породы интенсивно изменены. При этом для алевролитов наиболее типичны интенсивная хлоритизация вплоть до образования хлоритолитов и окварцевание, а для липарито-дацитов — серицитизация и хлоритизация.

Формирование руд происходило в несколько стадий (Иванкин и др., 1961; Гармаш, Курбанова, 1963). Наиболее поздними, несомненно гидротермальными образованиями, являются кварц-карбонатные, карбонатные и реже карбонатно-баритовые прожилки, секущие все ассоциации рудных минералов и фиксирующие окончание гидротермального процесса. Чаще всего эти прожилки отмечаются в рудной зоне, но иногда они по трещинам выходят за пределы рудных тел и гидротермально-измененных пород. Перечисленные прожилки наблюдались на всех разведанных горизонтах до 900 м от дневной поверхности, но наибольшее количество их, как правило, приурочено к «шапкам» рудных тел.

Палыгорскит встречен именно в этих прожилках. Он представлен двумя разновидностями, которые различаются по ассоциациям, составу и некоторым физическим свойствам.

Палыгорскит I обнаружен в карбонатных прожилках, секущих хлоритизированные алевролиты в виде белоснежного пушка, располагающегося между отдельными хорошо ограненными кристалликами исландского шпата, или в виде спутанно-волокнистых пленок серого цвета с нежно-голубым оттенком, содержащих вкрапленность кристалликов исландского шпата. Изредка в этих прожилках наблюдаются мелкие кристаллики горного хрусталя. Палыгорскит I распределен в прожилках неравномерно, образуя обособления неправильной формы размером до 5—10 см. В этих выделениях палыгорскит обладает четко выраженным тонковолокнистым строением, образуя спутанно-волокнистые асбестовидные агрегаты (рис. 1, а). Признаков, указывающих на образование палыгорскита I из коллоидных растворов, не обнаружено.

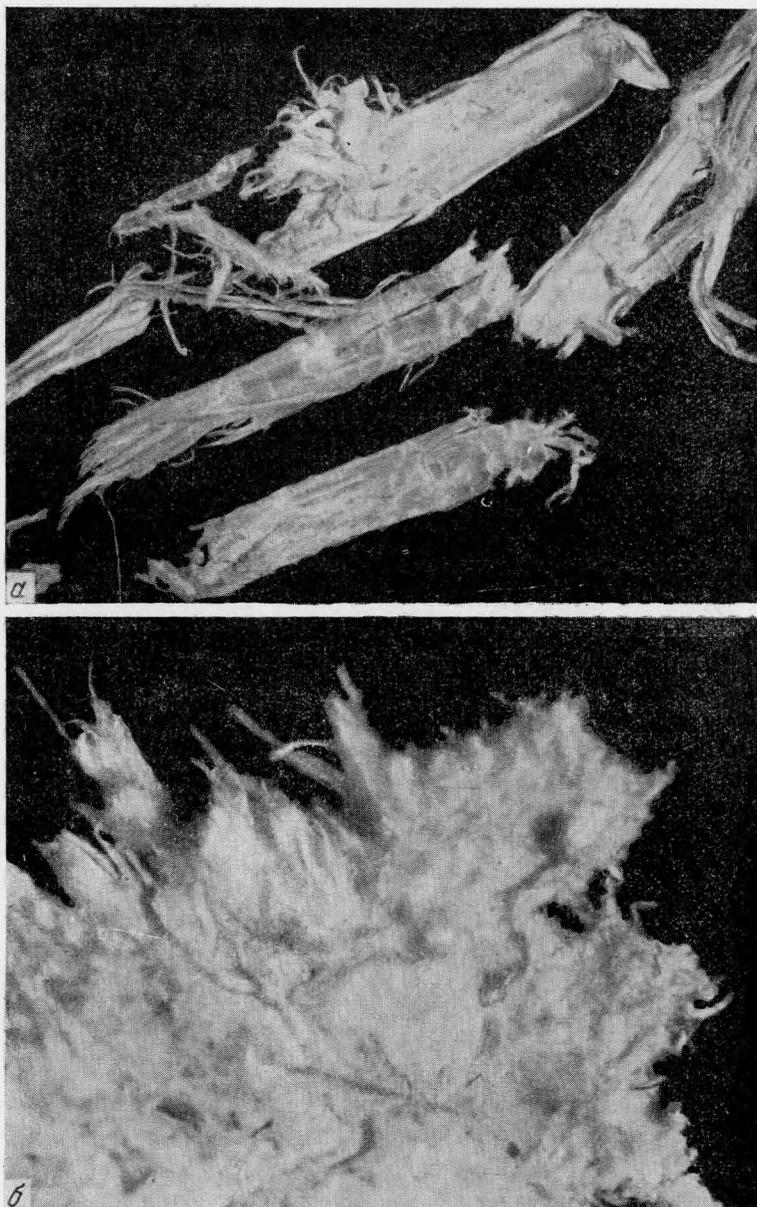


Рис. 1. Спутанно-волокнистые агрегаты палыгорскита I (а) и палыгорскита II (б). Увел. 20

Палыгорскит II встречается в полиметаллических рудах, где он в полостях трещин в виде плотного «картона» заполняет неправильные участки размером до 5 см^2 с обильными мелкими кристаллами барита и редкими — исландского шпата. Под бинокулярным видно, что спутанно-волокнистые агрегаты палыгорскита II обволакивают водяно-прозрачные кристаллы барита и кальцита (исландского шпата), но срастаний с ним не имеют (рис. 1, б; см. рис. 2, б). Барит, слагающий до 25—30% площади шлифа, легко и свободно, как из ваты, выделяется из волокон палыгорскита. Размер призматических прекрасно ограниченных кристаллов барита от 1 до нескольких микрон. Каких-либо следов коррозии или замещения на границах не наблюдается. Для исландского шпата, кварца и барита, ассоции-

рующих с палыгорскитом, очень характерны идеальная прозрачность и отсутствие окраски. Гипергенная природа палыгорскита в этом случае исключается полностью, так как он найден в рудах на глубине более 250 м от дневной поверхности среди халькопирита, сфалерита и галенита, совершенно не затронутых вторичными изменениями, которые широко распространены в зоне окисления до 50—60 м от поверхности, где нет палыгорскита.

Белоснежные агрегаты палыгорскита I и II в зоне циркуляции грунтовых вод и в забоях впитывают в себя грунтовые или рудничные воды и приобретают бурый цвет за счет окрашивания гидроокислами железа. Для исследования материал был взят из забоев на глубине 280—300 м от дневной поверхности. При этом были выбраны образцы, в которых палыгорскит лишь слабо подкрашен по трещинкам гидроокислами железа.

Для точного определения физических свойств и химического состава агрегаты волокон палыгорскита по возможности очищались от примесей. Наиболее крупные зерна кальцита и барита удалялись встряхиванием волоконистых агрегатов иголкой над ситом под микроскопом МБС. Затем уже измельченный материал был разделен в тяжелых жидкостях и воде (из-за большого объемного веса палыгорскит тонет не сразу). Однако из-за тонковолокнистого строения агрегатов этими способами полностью удалить примесь кальцита и барита не удалось. Примесь кальцита была удалена прогреванием 5 г навески на водяной бане в 100 мл 5% раствора уксусной кислоты в течение 5 мин при температуре 80°.

Для удаления налета гидроокислов железа, сорбированных палыгорскитом из рудничной воды, была применена методика О. П. Мира и М. Л. Джексона по удалению окислов железа из глин и почв в минералогических целях. По этой методике, подтвержденной Р. С. Яшиной и И. И. Гинзбургом (1962), в 40 мл дистиллированной воды (из расчета на 1 г обрабатываемой навески) добавляли 0,3 г молярного раствора лимоннокислого натрия и 5 мл однонормального раствора бикарбоната натрия. Помещенную в этот раствор навеску на водяной бане нагревали до 80°. При этой температуре в раствор добавляли 1 г твердого гидросульфата натрия. Далее раствор с помешиванием доводили до кипения и несколько минут кипятили. Затем навеску промывали дистиллированной водой и высушивали под электролампой. Таким способом было обработано 2 г палыгорскита I и 5 г палыгорскита II. Эти навески были и расквартованы и использованы для всех видов анализа.

К сожалению, от барита в палыгорските II нам избавиться не удалось и его примесь, по данным химического анализа, составляет около 25%, но барий легко вычитается по результатам определения BaO и SO_3 . Только для электронной микрофотографии, рентгенометрического анализа и определения удельного веса 0,2 г палыгорскита II было очищено от барита с помощью иглы под микроскопом. Как видно из электронномикроскопических фотографий (рис. 2, а, б), данных химических анализов (см. табл. 4) и рентгенограмм (см. табл. 3) палыгорскит I представлен одной фазой, а в палыгорските II отмечается примесь барита, которая легко учитывается по содержанию BaO и SO_3 .

Сделать шлиф прожилка с палыгорскитом в породах или в руде не удалось, так как образцы всегда раскалываются по этим трещинкам и сам прожилок моментально выкрашивается. Для изучения оптических свойств кусочки палыгорскита I и II запрессовывали в бакелит, из которого затем готовили прозрачные шлифы. В шлифах пластинчатые выделения палыгорскита I воспринимаются как состоящие из нескольких сравнительно крупных, сильно вытянутых шестоватых кристаллов, а в палыгорските II даже при увеличении до 1800 в иммерсии отчетливые ограничения отдельных зерен отсутствуют, хотя видно, что это очень тонкозернистый агрегат, состоящий из сильно вытянутых шестоватых кристаллов.

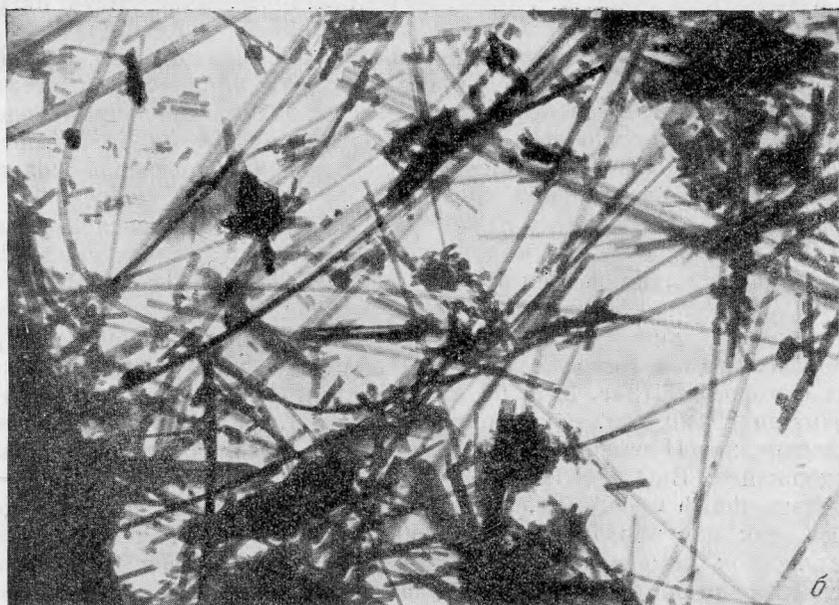
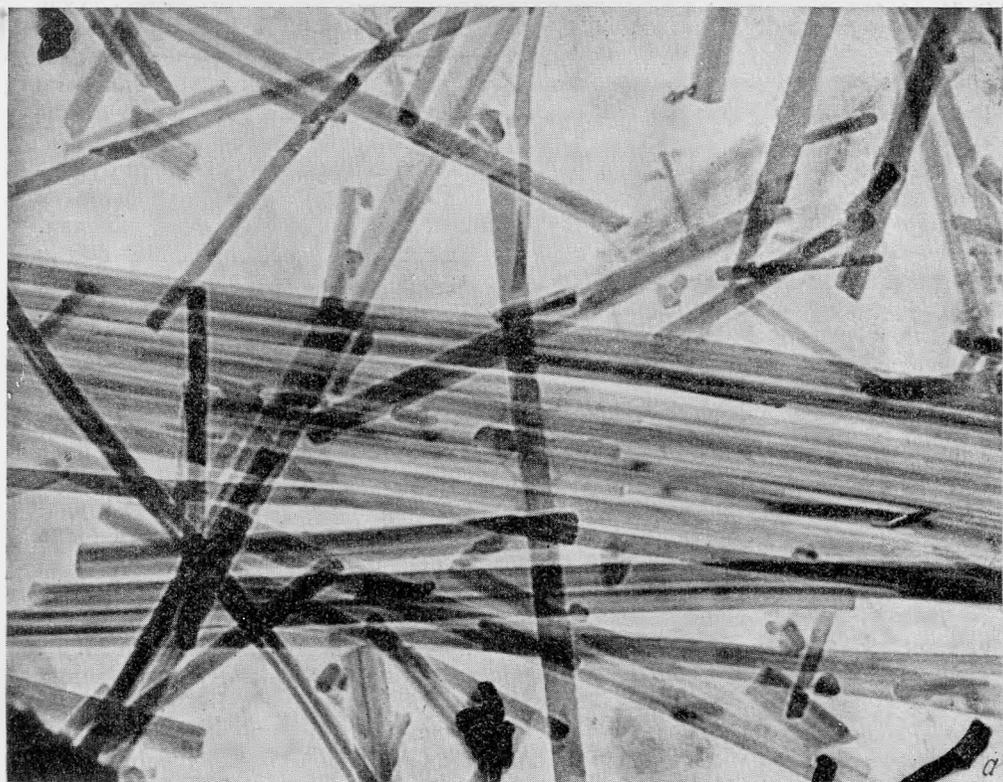


Рис. 2. Электронномикроскопический снимок палыгорскита I (а; увел. 28 000×) и палыгорскита II (б; увел. 7500 ×). Среди агрегата игольчатых кристаллов палыгорскита II видна примесь кристалликов барита

Значительно более четко кристаллическое строение палыгорскита I и II видно на электронномикроскопических снимках (см. рис. 2, а, б), сделанных методом суспензии И. Д. Беляевой (ИМГРЭ). Подобные кристаллические формы, по данным Стивена (Stephen, 1954), характерны для магнезиальных силикатов цепочечного строения, в частности для палыгорскита. Из-за столь тонкого кристаллического строения изучение оптических и физических свойств палыгорскитов сильно затруднено (табл. 1).

Таблица 1

Оптические и физические свойства палыгорскитов

Показатель	Палыгорскит I	Палыгорскит II
Оптические *		
Ng'	1,532	1,521
Np'	1,516	1,514
cNg	Близкое к прямому	
Удлинение	+	+
Удельный вес **	$2,34 \pm 0,02$	$2,58 \pm 0,03$

* Замеры сделаны в иммерсионных жидкостях для белого счета.

** Удельный вес определен гидростатическим методом Г. Г. Прохоровой (ИМГРЭ). Повышенный удельный вес обусловлен незначительной примесью барита.

Удлинение волокон палыгорскита в обоих образцах всегда положительное, cNg часто отклоняется от прямого до $4-5^\circ$. Показатели преломления и величина $Ng - Np$ колеблются в пределах, типичных для палыгорскитов (Грим, 1956; Гинзбург, 1951, и др.). При этом палыгорскит II характеризуется несколько меньшими значениями Ng и двупреломления, что, по-видимому, обусловлено их различиями в химическом составе.

Физические и рентгенометрические свойства палыгорскитов из Золотушинского месторождения (табл. 1, 2) полностью совпадают со свойствами палыгорскитов, описанными в справочниках по глинистым минералам (Грим, 1956; Гинзбург, 1951, и др.). Изученный палыгорскит имеет большой объемный вес и, как бумага или вата, сначала плавает в воде, но с течением времени набухает и погружается; так, истинный удельный вес его равен 2,34.

Соленая и серная кислоты независимо от концентрации не реагируют с минералом, а азотная кислота разлагает палыгорскит с сохранением кремниевого скелета. Особенно интенсивные изменения претерпевали образцы при термовесовом анализе¹, где на кривой нагревания четко выделяются три эндотермических эффекта, разделенных плохо выраженными двумя экзотермическими максимумами; наибольший эндотермический эффект отмечается при $120-140^\circ$, несколько меньший — при $235-255^\circ$ и слабый — при $440-460^\circ$, т. е. получаем картину, типичную для палыгорскитов. Одновременно при нагревании происходит потеря веса образца до 20% за счет выделения воды (см. табл. 2). Как установлено специальными исследованиями (Longchambon, 1936; Кульбицкий, 1962; Браун, 1965, и др.), при температурах до 250° происходит удаление горной влажности (цеолитной воды, по Брауну); затем в интервале $250-400^\circ$ имеет место удаление связанной воды (OH_2), входящей в формулу минерала, и при температуре более 400° — удаление групп (ОН) (гидроксильной воды),

¹ Анализ выполнен Н. Ф. Соловьевой (ИГЕМ АН СССР).

Таблица 2

Потери воды палыгорскита при термовесовом анализе

Тип воды *	Потеря веса				
	палыгорскит I **		палыгорскит II***		палыгорскит **** из Таудении
	мг	%	мг	%	
Цеолитная вода (H ₂ O) (горная влажность), от 20 до 250°	11,1	11,94	4,9	6,40	10,7
Связанная вода (ОН ₂), от 250 до 400° С	3,3	3,55	1,7	2,21	2,7
Гидроксильная вода (H ₂ O), выше 400°	4,6	4,95	2,8	3,66	6,2
Общая потеря воды	19,0	20,44	9,4	12,27	—

* Названия типов воды приведены по Брауну, 1965.

** Навеска 93 мг чистого палыгорскита.

*** Навеска 76,6 мг смеси палыгорскита и барита (та же, что приведена в химическом анализе).

**** Данные по палыгорскиту из Таудении (Сахара) заимствованы у Брауна (1965).

сопровождающееся изменением структуры минерала и потерей им цеолитных свойств; при 800° происходит полное разрушение структуры, которое четко фиксируется на dilatометрических кривых и рентгенограммах.

Рентгенометрическое исследование палыгорскитов I и II (табл. 3) показывает полное тождество основных линий рентгенограмм порошка с индцированной рентгенограммой палыгорскита Бредли (Bradley, 1940). При этом на рентгенограммах порошка рефлексy фиксировались не в виде колец, а в виде дужек, что свидетельствует о высокой степени ориентации монокристаллов; отмечается большая четкость близко расположенных и очень слабых рефлексов, указывающих на полностью кристаллическую структуру исследуемых палыгорскитов.

Таблица 3

Рентгенометрическое определение палыгорскитов I и II

hkl	I	d/n _α	hkl	I	d/n _α	hkl	I	d/n _α
110	10	10,93	530		2,23	680	1	1,559
200	2	6,45	600	1	2,17	—	1	1,532
130	2	5,46	—	1	2,11	—	1	1,511
040	4	4,53	390	1	1,794	—	1	1,487
310	—	—	—	1	1,765	—	1	1,366
240	1—2	3,66	—	1	1,719	—	1	1,304
400	4	3,21	—	1	1,1669	—	1	1,290
510	2	2,58	800	1	1,608	—	1	1,263
						—	1	1,207

Примечание. Определения выполнены в рентгеноструктурной лаборатории ИМГРЭ Р. А. Александровой в камерах РКД с D = 57,3 мм.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И РАСЧЕТ ФОРМУЛ ПАЛЫГОРСКИТОВ

Химические анализы палыгорскитов I и II были выполнены аналитиком В. Н. Архангельской под руководством В. С. Салтыковой в химико-аналитической лаборатории ИМГРЭ. В анализировавшихся навесках палыгорскит, как указывалось выше, был очищен от примесей. Судя по данным анализов (табл. 4), палыгорскит I не содержит примесей, а в палыгорските II установлена примесь барита (26,61%), которая легко учитывается по молекулярным количествам BaO и SO₃ (см. табл. 4). Как известно, содержание окислов в палыгорскитах сильно колеблется как за счет меняющегося содержания воды (в зависимости от влажности и т. п. — от 15 до 30%; Гинзбург, 1951, и др.), так и за счет различного соотношения Mg, Al, Fe и Ca. Поэтому сравнение непосредственно данных химических анализов не имеет смысла, необходимо сравнивать структурные формулы.

Таблица 4

Химический состав палыгорскитов, вес. %

Окислы	Палыгорскит из Тауденин *	Палыгорскит I	Палыгорскит II **	Окислы	Палыгорскит из Тауденин *	Палыгорскит I	Палыгорскит II **
SiO ₂	54,71	59,51	43,87	CaO	2,79	1,50	Нет
TiO ₂	—	0,03	0,07	MgO	5,44	9,01	8,00
Al ₂ O ₃	13,48	11,47	7,80	Na ₂ O	Нет	—	Сл.
Fe ₂ O ₃	2,10	0,43	2,20	K ₂ O	»	0,11	»
FeO	Нет	Сл.	Не обн.	H ₂ O ⁻	8,65	6,13	4,46
MnO	—	0,07	0,06	H ₂ O ⁺	12,63	12,13	6,51
				С у м м а	99,80	100,39	99,58

* Химический анализ заимствован у Брауна (1965).

** Смесь палыгорскита с баритом. Барит учтен по определениям BaO и SO₃, после чего состав палыгорскита II приведен к 100%.

Изучению структур палыгорскитов посвящено довольно много работ, но только в последние годы она расшифрована Бредли, Кайером и Эненом (Браун, 1965) и близка к амфиболовой. По данным этих авторов, «идеальная формула для половины элементарной ячейки — Si₈Mg₅O₂₀(OH)₂(OH₂)₄·4H₂O, где OH₂ обозначает связанную воду, а H₂O представляет воду, содержащуюся в каналах» (Браун, 1965, стр. 397). Более 50% Mg могут замещаться Al, и, кроме того, часть ионов магния, а также в небольших количествах крупные катионы Ca, K и Na могут присутствовать в качестве обменных ионов. Поскольку важную роль в структуре палыгорскита играет вода, представленная тремя типами, которые не определяются химиками, Кайер и Энен предлагают по результатам химического анализа рассчитывать структурную формулу обезвоженного продукта из расчета на 21 атом кислорода.

По этому методу были рассчитаны химические анализы (см. табл. 4) палыгорскитов Золотушинского месторождения и палыгорскита из Тауденин, который в большинстве справочников (Браун, 1965; Грим, 1956, и др.) рассматривается в качестве чистого эталона. В табл. 5 приведен расчет структурных формул палыгорскита I, так как он не содержит включений других минералов. Остальные анализы были обработаны аналогичным образом.

Расчет структурных формул палыгорскита I

Оксиды	Молекулярные количества	Расчет обезвоженного продукта			Расчет с учетом воды по данным термовесового анализа			Расчет на 8Si	
		атомные количества		число атомов катионов	атомные количества		число атомов катионов	число атомов катионов	сумма валентности катионов
		катионов	кислорода		катионов	кислорода			
SiO ₂	990,34	991	1982	8,07	991	1982	8,44	8	32,00
TiO ₂	0,4								
Al ₂ O ₃	122,50	225	337	1,83	225	337	1,92	1,82	5,58
Fe ₂ O ₃	2,69	5	8	0,04	5	8	0,04	0,04	
FeO	—	—	—	—	—	—	—	—	4,06
MnO	0,99	1	1	0,01	1	1	0,01	0,01	
MgO	223,47	223	223	1,82	223	223	2,00	1,80	0,03
CaO	26,75	27	27	0,22	27	27	0,23	0,22	
Na ₂ O	1,77	4	2	0,03	4	2	0,03	0,03	0,03
K ₂ O									
H ₂ O гидр	274,76	—	—	—	550	275	4,69	4,44	41,67***
ОН ₂	197,04	—	—	—	394	197	3,36	3,18**	
H ₂ O*	541,74	—	—	—	—	—	—	—	
Сумма	—	—	2580	—	—	3052	—	—	—
—	—	Делитель 2580 : 21 = 122,86			Делитель 3052 : 26 = 117,385			Делитель 991 : 8 = 123,875	

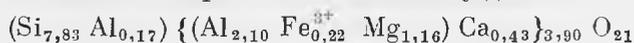
* Деление H₂O⁺ и H₂O⁻ на фазы проведено по данным термовесового анализа (см. табл. 2). Сумма всей воды взята по данным химического анализа; она на 2,17% меньше: суммы воды, определенной термовесовым методом, так как в этом случае определялась вся потеря воды, начиная с 20°, а при химическом анализе пробу предварительно просушивали при 110°.

** Определение гидроксония 3,18 : 3 = 1,06 OH₂.

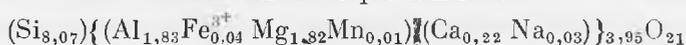
*** Определение OH выполнено расчетом по сумме валентностей катионов: 41,67—22=19,67; 22—19,67=2,33 OH.

В результате пересчета были получены следующие структурные формулы:

Палыгорскит из Таудени



Палыгорскит I

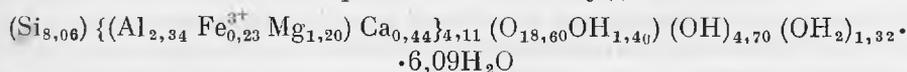


Палыгорскит II

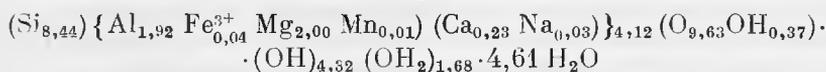


Более точно состав палыгорскитов, по Кайеру и Энену, можно рассчитать, если дополнительно к химическим анализам определены количества разных типов воды по данным дифференциального термического анализа (см. табл. 2). В этом случае они рекомендуют вести расчет на 26 атомов кислорода, который вытекает из идеальной формулы, если суммировать O₂₀, (OH)₂ и (OH₂)₄, т. е. в формуле учитывается кислород нейтральной воды. При расчете по этому методу получены следующие структурные формулы:

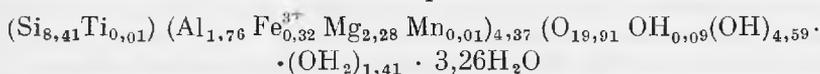
П а л ы г о р с к и т и з Т а у д е н и и



П а л ы г о р с к и т I

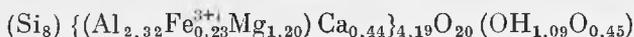


П а л ы г о р с к и т II

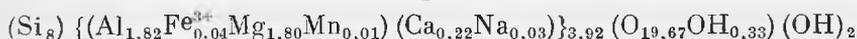


Сравнение между собой формул, полученных с учетом и без учета воды, сразу же вызывает сомнение в правильности методики расчета, так как в первом случае получается, что часть кремния замещена алюминием, а во втором, наоборот, оказывается избыток кремния, достигающий 10 вес. %. Чистота материала, во всяком случае образцов из Золотушинского месторождения, полностью исключает возможность примеси свободного кварца, что опровергает возможность расчета структурной формулы по 26 атомам кислорода. Так же, очевидно, неправомочно и определение расчета обезвоженного продукта на 21 атом кислорода, так как в этом случае не учитываются вода и ионы (ОН). Кроме того, Н. В. Беловым (1958) на основе изучения структуры палыгорскита указывается, что замещение кремния алюминием в тетраэдрической координации маловероятно. Поэтому для расчета структурной формулы палыгорскита нами принято, что содержание кремния равно 8 кремнекислородным тетраэдрам (см. табл. 5). При этом, если содержание ОН определено расчетом по сумме валентностей катионов, как это предложено И. Д. Борнеман-Старынкевич (1960) для амфиболов, получились структурные формулы

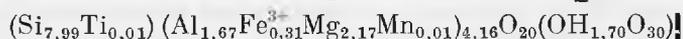
П а л ы г о р с к и т и з Т а у д е н и и



П а л ы г о р с к и т I



П а л ы г о р с к и т II

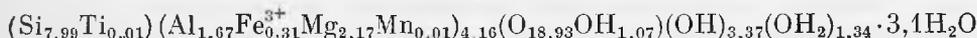


которые также не соответствуют действительности, ибо содержание иона ОН в палыгорските всегда значительно больше двух единиц. Если учесть содержание типов воды по данным термовесового анализа, то формулы приобретают следующий вид:

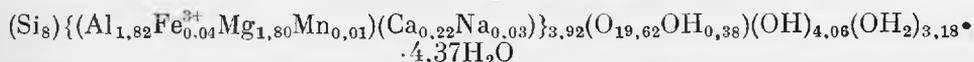
П а л ы г о р с к и т и з Т а у д е н и и



П а л ы г о р с к и т II



П а л ы г о р с к и т I

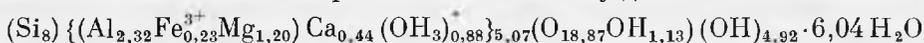


Однако полученные всеми этими методами расчета структурные формулы палыгорскитов как с Золотушинского месторождения, так и приведенные в литературе (Браун, 1965, и др.), сильно отличаются от идеальной. В природных образцах, во-первых, меньше расчетного количества

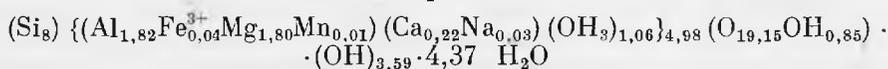
связанной воды (OH_2) и значительно больше содержание ионов OH , причем отмечаются значительные колебания в содержаниях этих типов воды (см. табл. 2); во-вторых, количество катионов в октаэдрических слоях колеблется около 4, хотя, как известно, для минералов с амфиболовой структурой суммарное содержание $\{\text{Si}_8 + (\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})_5\}$ должно быть равно 13, как это вытекает и из идеальной формулы палыгорскита.

Удовлетворительное объяснение расхождений между формулами идеального палыгорскита и природных образцов в литературе отсутствует. Это обусловлено тем, что до последнего времени не выяснены природа и форма нахождения в палыгорските связанной воды (OH_2). Аналогичная по своему поведению при нагревании связанная вода давно установлена также в близких по структуре к палыгорскиту монтмориллонитах и амфиболах. В последние годы благодаря применению точных методов исследования доказано, что в монтмориллонитах (Languly, 1951) и в амфиболах (Гинзбург, Юхневич, 1962) часть воды находится в виде гидроксония OH_3^+ . При этом с помощью ИКС Г. В. Юхневич установил, что выделение гидроксония из минералов при нагревании происходит в интервале от 200 до 400°, т. е. при тех же температурах, что и удаление связанной воды (OH_2) из палыгорскитов. Это позволяет предположить, что и в палыгорскитах связанная вода (OH_2) представлена положительным ионом гидроксония и в формуле должна быть помещена в катионной части:

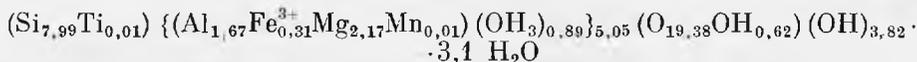
Палыгорскит из Таудении



Палыгорскит I



Палыгорскит II



Как видно из приведенных формул, по сумме катионов они полностью соответствуют идеальной формуле, полученной в результате рентгеноструктурных исследований. Очевидно, гидроксоний, являясь активным обменным катионом, при замещении 3Mg на 2Al дополняет число катионов в октаэдрических слоях до пяти, а компенсация валентностей достигается путем увеличения количества анионов OH^- по сравнению с идеальной формулой. Одновременно присутствие гидроксония в виде катиона объясняет те поразительные расхождения в содержаниях катионов, которые были получены при расчете структурных формул на 21 и 26 атомов кислорода.

ВЫВОДЫ

1. В колчеданно-полиметаллических рудах и вмещающих породах встречается кристаллический гипогенный палыгорскит, образующийся в самом конце гидротермального процесса из низкотемпературных растворов. Очевидно, гидротермальный палыгорскит распространен довольно широко; он был нами встречен в рудах скарново-магнетитовых и скарново-полиметаллических месторождений.

2. Расчет структурных формул палыгорскита по химическим анализам нужно проводить, принимая количество кремния равным 8, а сумму остальных катионов равной 5. При этом полностью формула палыгорскита может быть рассчитана только в том случае, если термовесовым анализом установлены различные типы воды.

* Определение воды термовесовым анализом проводилось с точностью $\pm 0,1\%$, что соответствует $\pm 0,06$ единиц в структурной формуле.

3. В составе катионной части палыгорскитов широко распространен ион гидроксония (OH_3^+), выделяющийся при термовесовом анализе в интервале температур от 250 до 400° и дающий эндотермический эффект на дифференциальной термической кривой.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Р. А. Александровой, И. Д. Беляевой, И. В. Гинзбург, В. Т. Никифорова, Г. Г. Прохоровой, Н. Ф. Соловьевой, В. И. Степанову, Р. С. Яшиной за помощь и содействие в проведении этой работы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Белов Н. В. Очерки по структурной минералогии. Минерал. Сб. № 12. Изд-во Львовск. гос. ун-та, 1958.
- Борнеман-Старынкевич И. Д. Химические формулы минералов. III. Амфиболы.— Зап. Всес. минерал. об-ва, 1960, ч. 79, № 2.
- Браун Г. (ред.). Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Изд-во «Мир», 1965.
- Гармаш А. А., Курбанов Н. З. Селен и теллур в рудах Золотушинского месторождения (Рудный Алтай).— Труды ИМГРЭ АН СССР, 1963, вып. 10.
- Гинзбург И. В., Юхневич Г. В. О ионе гидроксония в амфиболах.— Геохимия, 1962, № 1.
- Гинзбург И. И. и др. Минералы древней коры выветривания Урала. Изд-во АН СССР, 1951.
- Грим Р. Е. Минералогия глин. ИЛ, 1956.
- Иванкин П. Ф. и др. Рудные формации Рудного Алтая, Алма-Ата. Изд-во АН Каз. ССР, 1961.
- Кульбицкий Д. Высокотемпературные фазы сепиолита, аттапульгита и сапонита.— Сб. «Вопросы минералогии глин». ИЛ, 1962.
- Мандалян Р. А. и др. Горная кожа из доломитовой толщи верхней юры северо-восточной части Армянской ССР.— Докл. АН Арм. ССР, 1965, XLI, № 3.
- Найденова Е. Полигорскит от меднорудного нахождения Меден рид. Бургаско.— Годешник Софийск. ун-т, биол.-геол.-геогр. фак., 1961—1962, 1963, 56, № 2.
- Яшина Р. С., Гинзбург И. И. Проверка применения метода О. П. Мира и М. Л. Джексона по удалению окислов железа из почв и глин в минералогических целях.— Сб. «Кора выветривания», вып. 5. Изд-во АН СССР, 1962.
- Gadley W. F. Structure of attapulgite. Am. Miner., 1940, 25.
- Langely A. K. Hydration of exchangeable cations in silicate minerals.— Soil Science, 1951, 71, N 3.