

МИНЕРАЛОГИЯ

Н. А. АКОПЯН

К МИНЕРАЛОГИИ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

При анализе сложных процессов, протекающих в зонах окисления сульфидных месторождений, наиболее важным, проливающим свет на познание сущности этих процессов, является детальное изучение минералов, слагающих зону окисления. Общеизвестно, что окисленные руды крайне неоднородны и отличаются многообразием и сложностью минеральных ассоциаций. В то же время иногда даже небольшая деталь состава окисленных руд является показателем основных особенностей состава первичных руд. Вот почему автор считает целесообразным привести по возможности подробную характеристику условий нахождения каждого из описываемых минералов зоны окисления медно-молибденовых месторождений Армении*.

В составе руд зоны окисления Каджарана, Агарака, Дастакерта и Анкавана (Мисханы) принимают участие: самородные элементы, окислы, карбонаты, силикаты, водные арсенаты, сульфаты и молибдаты.

Табл. 1 отображает как вещественный состав руд зоны окисления всех изученных месторождений, так и относительную распространенность отдельных гипергенных минералов.

Самородные элементы. Представлены самородной медью. Установленная в Каджаране, Агараке, Дастакерте и Анкаване самородная медь не дает больших скоплений.

В Каджаране наиболее значительные скопления самородной меди наблюдаются в ассоциации с кристаллическим купритом и стильпноситеритом. Самородная медь представлена отдельными дендритовидными агрегатами мелких зернышек (доли мм). Микроскопические выделения самородной меди приурочены к ноздреватому кварцу, но большей частью они наблюдаются в халькозинновых жилах.

В Агараке наиболее интенсивные скопления тонких дендритов самородной меди встречены вблизи устья штольни № 31.

В Анкаване и Дастакерте самородная медь встречается очень редко. В отвалах шт. № 3 (Анкаван) довольно часто наблюдались не-

* Более детальная характеристика минералов зоны окисления дана в рукописных отчетах автора, хранящихся в фонде Арм. ГУ.

Таблица 1

Сравнительная таблица распространенности гипергенных минералов
зоны окисления медно-молибденовых месторождений Армении

		М Е С Т О Р О Ж Д Е Н И Я			
		НАДЖАРАН	АГАРАК	ДАСТАКЕРТ	МИСХАНА (Аннаван)
САМОРОДН. ЭЛЕМЕНТЫ	Самородная медь	— — —	— — — —	— — — —	— — — — *
	Самородная сера		— — — —		
О К И С Л Ы	К в а р ц	— — — — *			
	О п а л				— — — —
	К у п р и т	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
	Делафоссит		— — — —		
	Лимониты	— — — —	— — — — *	— — — —	— — — —
	Псиломелан		— — — —		
	Лампадит	— — — — *	— — — — *		
	Медно-марганцевая смоляная руда	— — — — *	— — — — *	— — — — *	— — — — *
С О Л Н Е Ч Н Ы Е К И С Л О Т К И С Л О Т Ы	Найцит		— — — —	— — — — *	— — — —
	Доломит			— — — —	
	Анкерит		— — — — *		— — — —
	Смитсонит	— — — —		— — — —	
	Церуссит	— — — —		— — — —	
	Малахит	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
	Азурит	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
	Наламин	— — — —			
	Каолинит	— — — —			— — — —
	Галлуазит	— — — — *	— — — — *	— — — — *	— — — — *
	Аллофан			— — — — *	
	Хризоколла	— — — —		— — — —	— — — — *
	Корнунт	— — — — *			
	Скородит				— — — — *
	Ленноксальцит				— — — — *
	Фарманосидерит				— — — — *
	Барит	— — — —			
	Англезит			— — — —	
	Брошантит	— — — —	— — — —		
	Гипс	— — — —	— — — —	— — — — *	— — — — *
	Мелантерит	— — — —	— — — —		
	Феррохлорохалькантит	— — — — *			
	Халькантит	— — — —	— — — —	— — — — *	— — — — *
	Копнапит			— — — — *	
	Фиброферрит	— — — — *			
	Бледит		— — — — *		
	Ярозит	— — — — *	— — — —	— — — — *	— — — —
	Ильземанит			— — — —	
МОДНО- ДАТЫ	Повеллит	— — — —	— — — —		— — — —
	Ферримолибдит	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
	Зозит	— — — —			

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

— — — —	Широко распространенные минералы	— — — —	Редкие минералы
— — — —	Менее распространенные минералы	— — — —	Очень редкие минералы

* Минералы, установленные и описанные впервые в месторождениях автором.

большие округлые желваки сплошного куприта с халькозином в медно-карбонатной оторочке. Под микроскопом в куприте, наряду с редкими зернами пирита, установлены мельчайшие точечные выделения самородной меди.

Окислы. Представлены гипергенным кварцем, опалом, купритом, очень редко встречающимся только в Агараке—делафосситом, группой лимонитов, псиломеланом, лампадитом и медно-марганцовой смоляной рудой.

Кварц в виде мельчайших кристаллических щеток и тончайших жилок был встречен в Каджаране в ассоциации с минералами группы лимонитов. Щетки кристалликов обычно развиваются на бугорчатой поверхности стильносидерита; отдельные кристаллики иногда покрыты незначительными пленками ярозита. Помимо кристаллических щеток, гипергенный кварц представлен тончайшими жилками в ноздреватом лимоните. В жилках гипергенный кварц совершенно белый, почти прозрачный, резко отличается от сливного гидротермального кварца, развитого здесь же по трещинкам в породе.

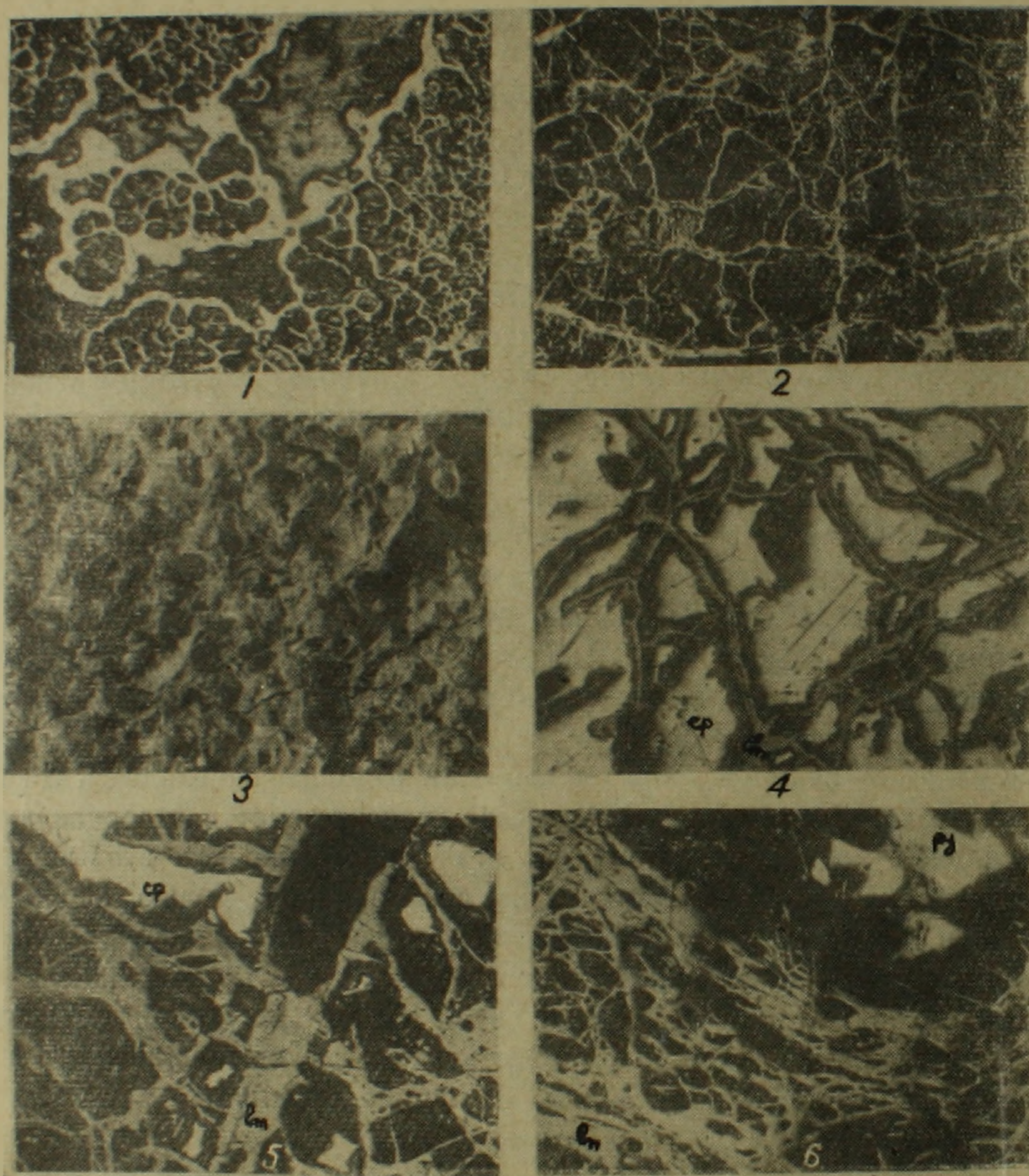
Опал обнаружен только в Анкаване, большей частью в виде тонких корочек на плоскостях трещин отдельности. Толщина корочек не превышает 1—2 мм. Поверхность бугорчатая, пузырчатая. В изломе обнаруживается колломорфная структура. Окраска белая, иногда со слабо-голубоватым оттенком, реже желтоватая. Блеск стеклянный, до полустеклянного. Изотропен. Показатель преломления, N_m измеренный иммерсионным методом 1,440. На корочках опала развиваются тончайшие пленки галлуазита.

Куприт—редко встречающийся минерал зоны окисления Каджарана, Агарака, Дастакерта. В Анкаване присутствует в относительно значительных количествах, иногда слагая собственно купритовые руды. Выделения куприта тесно связаны с самородной медью, карбонатами меди и халькозином. В Каджаране куприт был обнаружен макроскопически на Центральном участке (шт. № 1, по вертикали от дневной поверхности примерно на глуб. 150 м). Встреченные здесь скопления куприта представлены кристаллами и реже сплошными массами. Форма кристаллов—октаэдры. Величина отдельных кристаллов колеблется в пределах от долей мм до 1 мм. Часто кристаллы куприта „сидят“ на дендритах самородной меди. В Агараке на куприте, имеющем землистое сложение, наблюдаются тонкие налеты и корочки малахита и реже азурита. По-видимому, здесь имеет место образование куприта путем непосредственного выпадения его из растворов с последующим развитием по нему карбонатов меди. Помимо налетов и корочек, в Дастакерте, М. П. Исаенко обнаружена очень редко встречающаяся разновидность куприта—халькотрихит, развитая в виде небольших друз волосовидных кристаллов. В Анкаване, помимо кварцево-сульфидных жилок, куприт наблюдается и в небольших желваках, тоже в ассоциации с малахитом, азуритом и самородной медью.

Лимониты представлены смоляной разновидностью—стильносидеритом.

том, гетитом и гидрогетитом. Довольно широко развиты в Каджаране и Анкаване, где играют существенную роль в составе руд зоны окисления. В поверхностных условиях развит, главным образом, стильпносидерит. На всех месторождениях лимониты разделяются на остаточные (грубосетчатые, тонкосетчатые, вкрапленные, псевдоморфные,

Таблица 2



Фиг. 1. Сетчатая текстура колломорфного смоляного лимонита—
стильпносидерита. $\times 18$. Каджаран.

Фиг. 2. Грубосетчатая текстура в „выщелочном“ измененном монзоните.
Перегородки отдельных ячеек сложены лимонитом. $\times 13$. Каджаран.

Фиг. 3. Почкообразная поверхность лимонитовой корки. $\times 4$ Агарак.

Фиг. 4. Нитевидно-петельчатая структура замещения лимонитом (*lm*)
халькопирита (*cp*). $\times 46$. Агарак.

Фиг. 5. Ячеистая текстура лимонита (*lm*), образовавшегося за счет
халькопирита (*cp*). $\times 90$. Агарак.

Фиг. 6. Ячеистая текстура лимонита (*lm*), образовавшегося по пи-
риту (*py*). $\times 76$. Агарак.

смоляные) и перенесенные (окрашивающие, пленочные, сталактитовые и охристые).

На Каджаране окрашивающие, пропитывающие и дендритовидные лимониты распространены весьма широко. Окрашивающие и пропитывающие лимониты, так называемые „рыхлые охры“, в основном желтые, редко с красноватым оттенком. Лимониты с сетчатой и ящичной текстурой распространены повсеместно, но встречаются реже, чем смоляная разность. Последняя широко распространена в пределах зоны окисления Каджарана и относится нами к типу „*стильпносидерит*“. Наблюдается большей частью в виде корочек, небольших почкообразных выделений (от 2—3 мм в поперечнике и более) и жилок. Нередко корки минерала имеют концентрическое сложение. Обычно стильпносидерит окрашен в черный цвет, реже в бурый. Блеск смолистый. Цвет черты бурый. Излом плоскораковистый. Реакция на фосфор положительная. Сильпносидерит из некоторых образцов при растворении в азотной кислоте дает с аммиаком ясную реакцию на медь. Часто корки стильпносидерита покрыты малахитом; в ряде мест, в поверхностной зоне месторождения, наблюдается обратная картина: под бугорчатой поверхностью стильпносидерита обнаруживается малахит.

В Анкаване стильпносидерит распространен широко и встречается в значительных количествах и поэтому стильпносидерит из Анкавана нам удалось охарактеризовать более полно.

Сильпносидерит Анкавана представлен в виде корочек, толщина которых варьирует в широких пределах от долей мм до 5 мм. Иногда стильпносидерит является цементирующей массой брекчиевидных пород. Поверхность корок натежная, бугорчатая. В поперечном сечении видно ясное концентрически слоистое строение. Излом скорлуповатый, иногда раковистый. Блеск сильный, смолистый; сложение плотное. В тонких осколках и по краям обычно наблюдается красное просвечивание. Под микроскопом цвет светло-серый. Изотропен. Очень редко, при большом увеличении, в стильпносидерите отмечается мельчайшая вкрапленность самородной меди.

В таблице 3 приведены данные химического анализа минерала (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

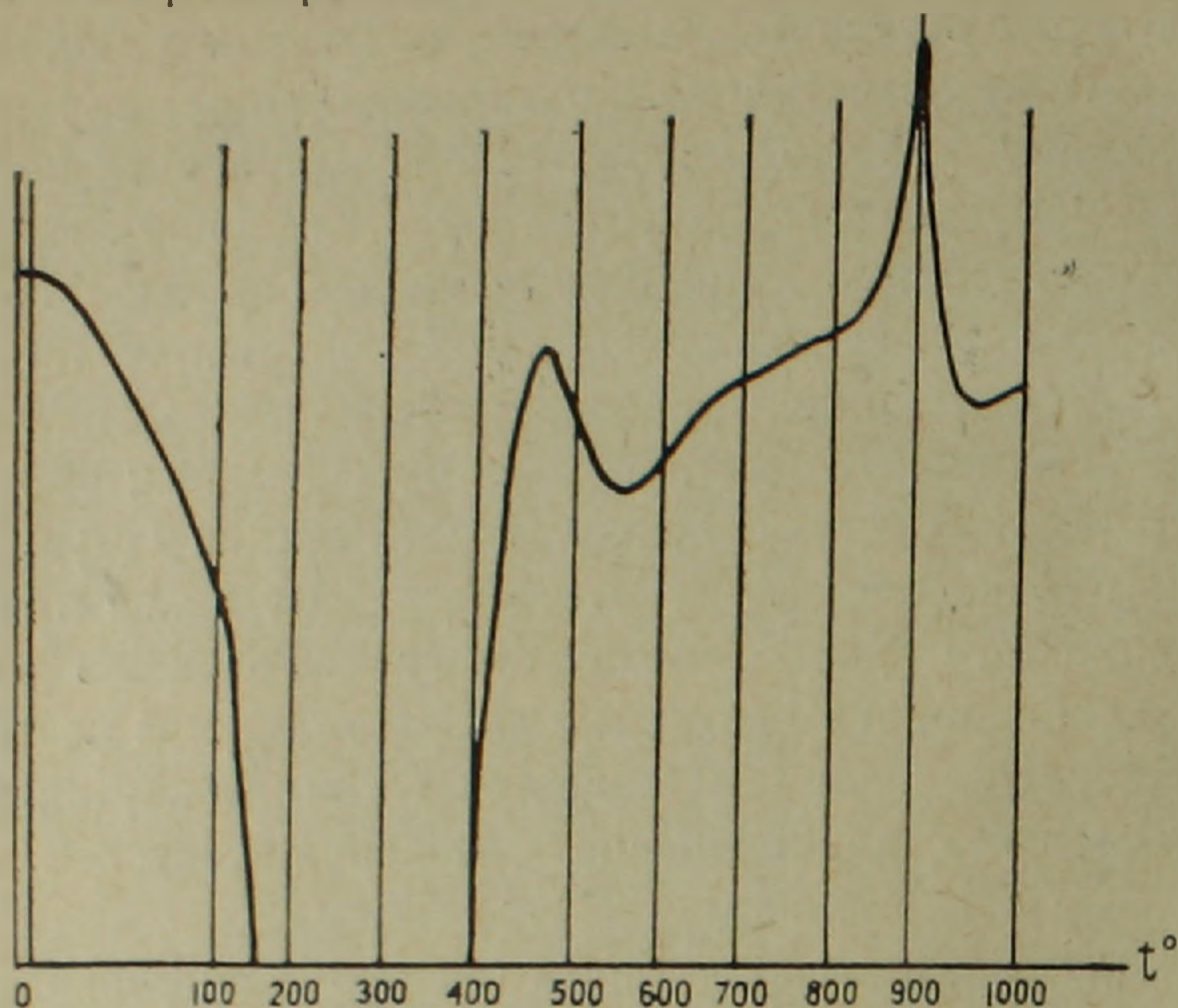
Полученные результаты могут быть несколько приближенно уложены в следующую формулу: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Данные спектрального анализа описанного стильпносидерита приведены ниже (таблица 14). Обращают на себя внимание примеси: As, Ge, Ga, Ni.

На фиг. 7, 8 представлены кривые нагревания стильпносидерита, полученные с помощью регистрирующего прибора Курнакова*. Чувствительность прибора, при записи термограмм кривой № 1, была большая, чем при записи кривой нагревания № 2.

* Кривые нагревания любезно исполнены ст. научн. сотрудником лаборатории высоких температур ВСЕГЕИ (Ленинград) В. П. Ивановой.

При рассмотрении обеих кривых устанавливается, с одной стороны, частичная гидрогётитовая природа анализируемой смоляной разновидности минерала, но обе кривые в целом отличаются от обычных кривых гидрогетита.

Характерна тесная ассоциация смоляного лимонита и ярозита.



Фиг. 7,

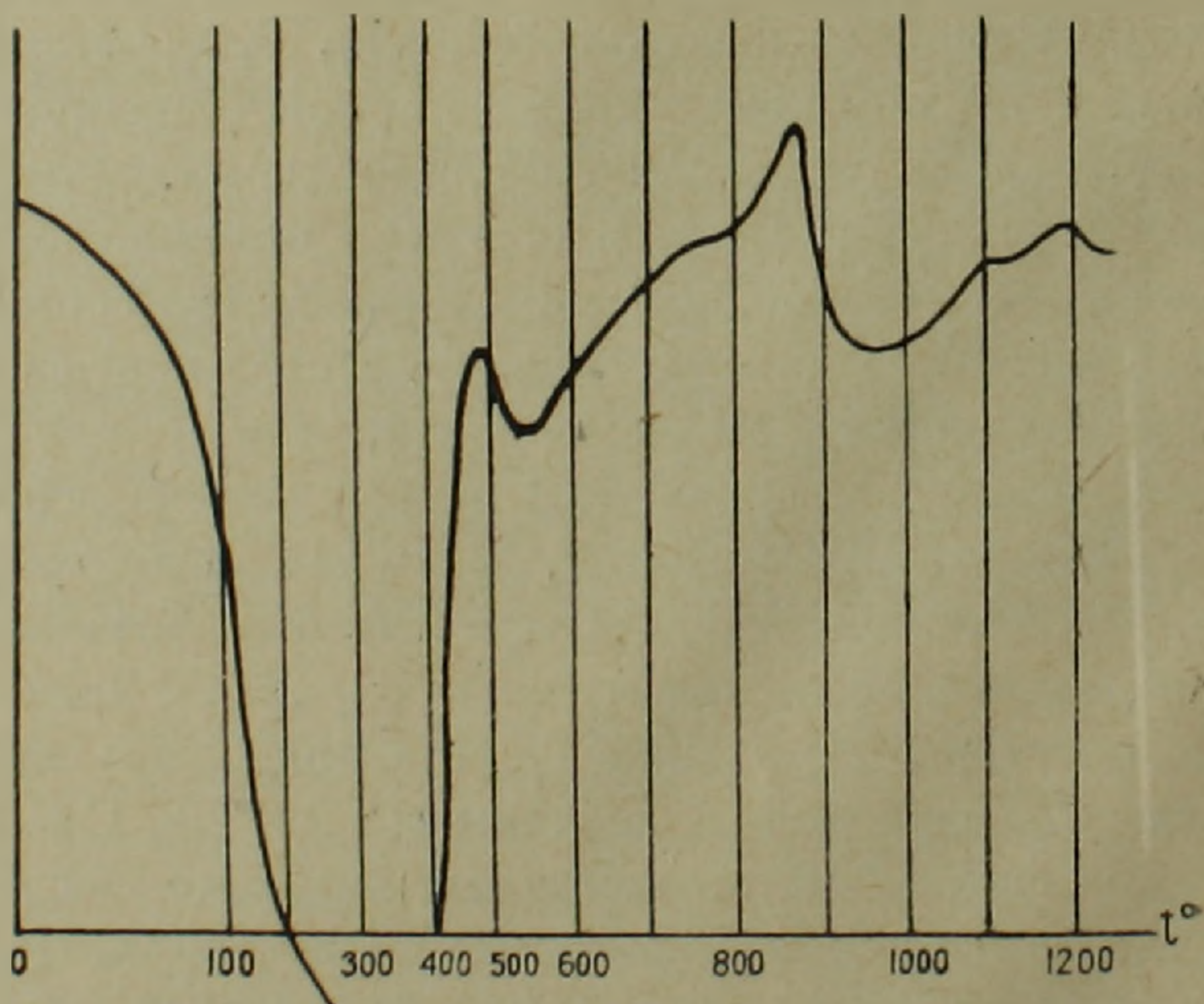
Помимо этого, в зоне окисления изученных месторождений встречается группа минералов из числа водных окислов железа: гетит, гидрогетит, гидрогематит. Трудно привести точное описание каждого члена этой группы, так как они все связаны взаимопереходами и часто образуют смеси из этих минералов. Преобладает гидрогематит. К уча-

сткам гидрогематита приурочиваются скопления ярозита. Иногда заметен постепенный переход ярозита к гидрогематиту.

В некоторых выработках Агарака лимонит наблюдается в форме сталактитов (шт. №7), отложенных из циркулирующих рудничных вод.

Почти для всех лимонитовых образований Дастакерта характерна желтая окраска со слегка красноватым оттенком.

В таблице 14 приведены результаты химико-спект-



Фиг. 8.

роскопических анализов различных лимонитов из зоны окисления.

Псиломелан обнаружен в Агараке. Приурочен к участкам распространения черной брекчии, развитой в виде отдельных неболь-

ших выходов в районе рудного поля. Обломки брекчии цементированы черными корками и сплошными скоплениями псиломелана. Корки имеют слегка колломорфное строение. Толщина корок не превышает долей мм. От прикосновения иглы минерал легко разрушается. Хрупкий. Цвет черты буровато-черный. Реакция Фадеева четкая, характерная для псиломелана. В проходящем свете изредка в цементе черной брекчии наблюдаются участки,

Таблица 3

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
SiO ₂	8,08	0,45	1,00
Fe ₂ O ₃	73,07		
CaO	0,07		
MgO	следы		
CuO	1,60	не обнаружено	
P ₂ O ₅	не обнаружено		
FeO	нет		
П.п.п.	17,40	0,91	2,02
Сумма	100,22	—	—

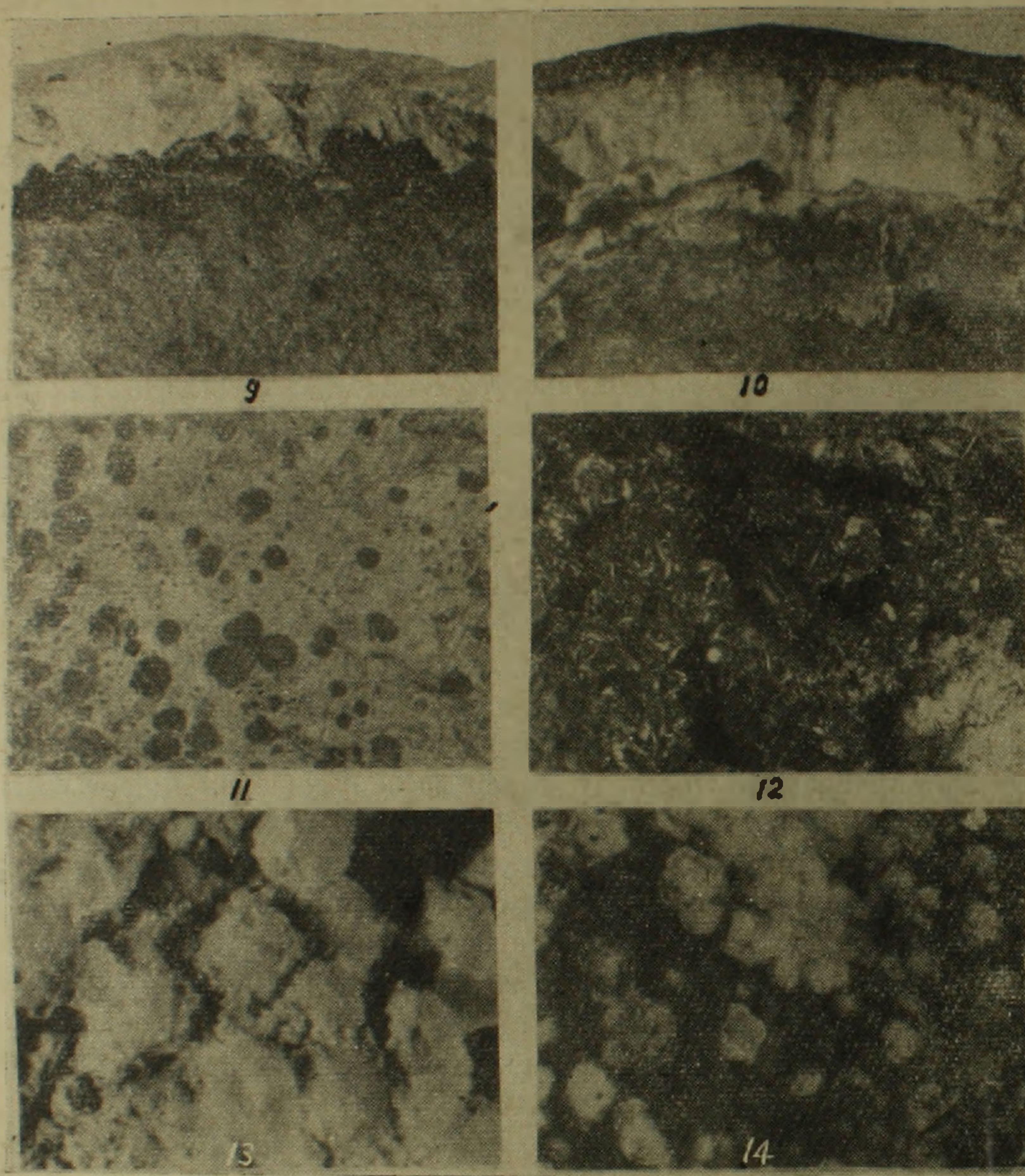
состоящие не из чисто марганцовистого вещества, а скорее из глинистого материала, интенсивно пропитанного гидроокислами марганца. Иногда на псиломелановых корках развивается тонкокристаллический азурит и чаще малахит. В пустотках и небольших полостях среди цементирующей марганцовистой массы наблюдаются корочки ярозита.

Лампадит кобальтсодержащий (медистый вад) был встречен в Каджаране и Агараке, причем в Каджаранском месторождении он является обычным, довольно широко распространенным минералом. Почти всегда встречается в виде налетов и небольших скоплений во вмещающих породах. Поверхность корок слабо бугорчатая. Излом скорлуповатый. Порошок минерала с бурой дает перл на марганец. Качественные реакции ряда образцов на медь положительные. Цвет черты черный. Мягкий. В нескольких образцах, взятых с поверхности (Каджаран), лампадит обнаруживает тонкое концентрически слоистое сложение. Агрегаты—большой частью небольшие почки, натеки. Лампадит местами покрыт натеками малахита. Иногда малахит заполняет центральные части почек лампадита и имеет лучистое строение. Границы между минералами резкие. По-видимому, малахит здесь двух генераций—одна генерация до лампадита, другая—после него.

Для ряда образцов лампадита Агарака были произведены качественные определения кобальта, показавшие четкую положительную реакцию. Для одного образца было произведено и количественное определение содержания кобальта и меди в лампадите. Результаты анализа (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград) показывают довольно высокое содержание кобальта—1,9% и меди—11,9%. Известно, что гели гидроокислов марганца способны адсорбировать кобальт. С. С. Смирнов [3] считает, что иногда, даже при совсем небольших содержаниях кобальта в сульфидных рудах некоторых месторождений свинца, цинка и меди в зоне окисления встречаются богатые кобальтом скопления марганцовистых образований. Таким образом, концентрация кобальта в лампадите Агарака вполне объяснима. В лампадите Каджарана, согласно данным спектрального анализа (табл. 14), отме-

чены также средние линии кобальта, причем последний был установлен и в чистых фракциях пирита и халькопирита из того же месторождения. Возможно часть Co связана с сульфидными минералами кобальта*.

Таблица 4



Фиг. 9. Малахит на корочке стильпносидерита. $\times 6$. Агарак.

Фиг. 10. Стильпносидерит на колломорфном малахите. $\times 6$. Агарак.

Фиг. 11. Оспенные выделения медно-марганцовой смоляной руды на корочке малахита. $\times 2$. Агарак.

Фиг. 12. Розетковидные агрегаты кристаллов азурита. $\times 10$. Каджаран.

Фиг. 13. Почкообразный галлуазит в массе сильно измененной хризоколлы. $\times 17$. Каджаран.

Фиг. 14. Почкообразные выделения аллофана (белое) в пустотках трещиноватого порфирита. $\times 4$. Дастакерт.

* В самое последнее время, при просмотре ряда шлифов из каджаранских руд, в сплошных полях пирита были обнаружены микроскопические выделения двух гипогенных минералов, по всем данным очень похожих на линнеит— Co_3S_4 и зигенит $(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$.

Медно-марганцовая смоляная руда. Редкое присутствие медно-марганцовой смоляной руды отмечены для всех изученных месторождений. Обычно развита в виде оспенных выделений по трещинам отдельности, в ассоциации с более ранним малахитом, или в виде корок и налетов.

Толщина корок не превышает 1 мм. Поверхность их неровная, бугорчатая, почкообразная. В изломе обнаруживается тонкослоистое строение. Обладает сильным смолистым блеском. Очень хрупкая. С бурой дает перл на марганец. Реакция на медь четкая. Под микроскопом в проходящем свете минерал имеет темно-коричневый цвет. В некоторых участках шлифов (Анкаван) центральные части почек состоят из колломорфного опала, затем следует оторочка медно-марганцовой смоляной руды и на ней — каемки малахита. В некоторых образцах отмечается обратная картина: почки, сложенные медно-марганцовой рудой, в центральной части заполнены малахитом.

Данные спектральных анализов медно-марганцовой руды приведены в табл. 14. Обращает внимание обилие примесей и наличие Ba, Mo, W, Ni, Ag, V, Co, что объясняется вообще резко проявленной способностью гелей гидроокислов марганца адсорбировать ряд катионов.

Карбонаты*. Представлены кальцитом, доломитом, анкеритом, очень редко встречающимися смитсонитом и церусситом, малахитом, азурином. Наиболее существенным медьсодержащим гипергенным минералом зоны окисления всех месторождений, безусловно, является карбонат меди — малахит.

Кальцит в небольшом количестве обнаружен в Агараке, Дастакерте и Анкаване, в приповерхностных частях рудных тел и в выработках, в участках современного просачивания вод.

В Агараке развит в небольших количествах, главным образом, по трещинкам и пустотам, образуя щетки и друзы на лимонитизированном материале. Сложение большей частью ясно кристаллическое. Часть гипергенного кальцита представлена современными новообразованиями в разведочных выработках. Цвет их белый, местами слегка желтоватый, вероятно, от примеси железа. В HCl вскипает бурно. Под микроскопом одноосный, отрицательный. В таблице 14 приведены результаты спектроскопического анализа чистой белой разности кальцита. Обращают на себя внимание линии Sr, Be, Mn. Кальцит из Дастакертского месторождения был проанализирован как химически, так и химико-спектроскопически (табл. 14).

Данные химического анализа минерала приведены в таблице 5.

Нередко на крупнокристаллическом кальците нарастают почки-сферолиты, состоящие из радиально-лучистых чрезвычайно тонких иголок. Окраска сферолитов молочно-белая.

* По-видимому, большая часть карбонатных скоплений является первичными жильными минералами.

Таблица 5

Компо- ненты	Данные анализа
SiO ₂	0,28
FeO	0,68
Fe ₂ O ₃	нет
CaO	54,05
MgO	0,05
MnO	1,43
П. п.п.	43,65
Сумма	100,15

Почки не обнаруживают перехода к подстилающей их основной кальцитовой массе. Показатель преломления тонкоигльчатого карбоната, измеренный иммерсионным методом $N_m = 1,681$, что отвечает доломиту.

Анкерит — установлен в Агараке и Дастакерте. Инкрустирует стенки пустоток и плоскости трещин отдельности ромбоэдрическими кристалликами. Цвет медово-желтый. Блеск стеклянный. Очень часто отдельные кристаллики покрыты черным железистым материалом. Под микроскопом отрицательный. Двупреломление сравнительно высокое. Показатели преломления, измеренные иммерсионным методом: $N_m = 1,736 - 1,731$ и $N_p = 1,60$. Данные спектрального анализа чистой разности минерала приведены в таблице 14. На анкерите развиваются мельчайшие разрозненные выделения малахита и реже азурита. Кое-где по плоскостям граней кристаллов анкерита отмечается почкообразная хрупкая медно-марганцовая смоляная руда.

Малахит встречается повсеместно в зоне окисления всех месторождений на поверхности и в выработках, иногда на больших глубинах.

Характер агрегатов очень разнообразен: налеты в трещинах отдельности, небольшие прожилки и выполнение небольших пустоток. Наиболее часто малахит наблюдается в виде землистых масс. Значительно реже он имеет кристаллическое сложение (лучистые агрегаты игльчатых кристаллов). Широко распространена колломорфная разность малахита.

Нередко лучистые агрегаты кристаллов малахита (Анкаван) переходят в желтый лимонит с сохранением формы игльчатых кристаллов. Часто с малахитом тесно ассоциирует азурит, развивающийся обычно позже малахита. Наблюдаемые взаимоотношения малахита и стильпносидерита (Агарак) свидетельствуют как о выделении более позднего стильпносидерита на корочках колломорфного малахита, так и о развитии малахита позже черного стильпносидерита. Малахит часто ассоциирует с хризоколлой; тонкие корочки последней нередко покрывают радиально лучистые пучки кристаллов малахита.

Азурит по распространенности уступает малахиту, присутствует повсеместно в рудах зоны окисления всех месторождений, преобладавая в ее поверхностных частях. Наиболее широко развит в Анкаване. Наблюдается в виде кристаллических бугорчатых розетковидных выделений, землистых масс, в виде небольших примазок в породе. Преобладающей формой выделения азурита являются ясно кристаллические агрегаты. Почти всегда азурит ассоциирует с малахитом, причем последний выделился несколько раньше азурита. Иногда отмечается тонкое переслаивание малахита с азуритом и совсем редко малахит

выделяется позже азурита. Очень интересен постоянный парагенезис азурита с медно-марганцовой рудой: оба эти минерала наблюдаются в тесном срастании.

Силикаты. Группа водных силикатов алюминия и меди не имеет широкого распространения и представлена галлуазитом, аллофаном, хризоколлой, корнуитом, парагенетически тесно связанным с гидроокислами железа каолинитом и чрезвычайно редко встречающимся только в Каджаране каламином.

Галлуазит встречен в небольшом количестве в поверхностных частях всех месторождений. Иногда тесно ассоциирует с хризоколлой (Каджаран), образует тонкие корочки на лимонитизированном материале на плоскостях трещин отдельности (Агарак, Дастакерт) и, наконец, развивается на опале (Анкаван). Обычно толщина корочек не превышает 1 мм. На поверхности корочек обычны трещинки дегидратации. Сложение плотное, каолиноподобное. Окраска белая, кремовая, желтоватая. Блеск восковой, матовый. Излом плоско-раковистый. Изотропен. Показатель преломления, измеренный иммерсионным методом $N_m = 1,460 - 1,456$. Несколько иные данные были получены для светло-желтого галлуазита Каджарана, его показатель преломления колеблется между $1,518 - 1,52$. Под микроскопом слабо анизотропен, с низким двупреломлением. Данные спектрального анализа галлуазита приведены в таблице 14.

Примесь Fe объясняется загрязнением лимонитом, медь возможно входит в состав минерала.

В таблице 6 приведены данные химического анализа чистого минерала.

Таблица 6

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молеку- лярных количеств
SiO ₂	38,50	0,642	1,69
Al ₂ O ₃	38,76	0,380	1,00
CaO	0,95		
MgO	следы		
п. п. п.	21,83	1,213	3,19
Сумма	100,04	—	—

Полученные результаты могут быть уложены в следующую приближенную формулу: $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 3,5 H_2O$.

По-видимому, образование галлуазита связано с процессом выветривания алюмосиликатов.

Аллофан обнаружен только в Дастакерте, в отвалах канав, обнажениях поверхности и в устьевых участках выработок. Форма

отложения: микропочковидные корочки и сталактитообразные выделения в свободных полостях трещин отдельности. Размер почек в поперечнике от долей мм до 2 мм. Толщина корочек не больше 2—3 мм. Окраска бирюзово-синяя, голубовато-серая, голубовато-зеленая, небесно-голубая, голубовато-белая, иногда в центральных частях отдельных почек молочно-белая. Хрупкий, с раковистым изломом. Блеск стеклянный, у натечной разности эмалевидный. В тонких осколках почти прозрачный. Изотропен. Показатель преломления, измеренный иммерсионным методом $N_m = 1,480$.

Результаты спектральных анализов двух образцов минерала приведены в таблице 14.

Взаимоотношение со смоляной разностью лимонита и с малахитом, в ассоциации с которыми был встречен аллофан, свидетельствует о его выделении позже смоляного лимонита и несколько раньше малахита.

Хризokolла встречена в единичных пунктах поверхности Центрального участка Каджарана; более распространена в Анкаване. Больших скоплений хризokolлы нигде не наблюдается.

Коллоидальная разность водного силиката меди—к о р н у и т—была встречена только в отвалах старых штолен Каджарана.

Обычно хризokolла наблюдается в виде корочек, тончайших жилок и редко выполняет пустотки вмещающих пород (Каджаран), покрывает лимонитизированные скарны и часто небольшие площади сплошного малахита (Анкаван). Там, где хризokolла заполняет многочисленные пустотки, она как бы является цементом разрушенной породы. Для хризokolлы из Каджарана наиболее обычны светло-голубовато-зеленые тона. Толщина корок колеблется от 0,1 мм до 0,5 см. Иногда минерал пронизывает всю породу. В пустотках в условиях свободного роста создаются причудливые формы, ячейки (привильнее— „псевдоячейки“) до 3—4 мм в поперечнике, с очень тонкими, от 0,1 до 0,2 мм перегородками из того же материала. Частью хризokolла имеет бугорчатую поверхность. Отмечено, что в местах, где развиты корки и налеты, хризokolла опаловидна и обладает раковистым изломом. Там, где хризokolла имеет бугорчатую поверхность, она обладает более низкой твердостью. Поверхность отдельных бугорков неровная. Иногда хризokolла обнаруживает колломорфное строение. От действия HCl не вскипает. Соляная и другие кислоты постепенно разлагают минерал. Под микроскопом тонкие частицы минерала почти изотропны. Показатель преломления колеблется между 1,553—1,556. Г. Шварц (цитируется С. С. Смирновым) считает разность хризokolлы с аналогичным показателем преломления одной из наиболее часто встречающихся в окисленных медных рудах.

Нередко замечен постепенный переход описанной разности хризokolлы в рыхлые, слабо уплотненные разности, с беловато-желтой окраской; в последних почти всегда наблюдаются корки галлуазита.

Встреченная на ряде участков Анкавана хризokolла несколько

отлична от описанной выше. Так, например, в отвалах штолен участка Дальняя Дамир-Магара, почковидные корочки лучистого малахита покрыты хризоколлой, обладающей серовато-голубой, светло-зеленой, иногда почти бесцветной окраской. Поверхность корочки хризоколлы имеет восковой блеск. На ней заметны трещинки усыхания. Переход от хризоколлы к малахиту иногда довольно резкий. Показатель преломления, измеренный иммерсионным методом $N_p \geq 1,583$; $N_g \approx 1,592$.

Взаимоотношения хризоколлы и малахита говорят о более позднем отложении силиката меди.

Данные спектральных анализов чистой разности хризоколлы приведены в таблице 14.

Водные арсенаты обнаружены на поверхности Анкаванского месторождения. Представлены скородитом, вернее сложной коллоидной смесью скородитового вещества с кремнеземом, лейкохальцитом (?) и фармакосидеритом.

Скородит представлен корочками с неровной бугорчатой поверхностью. Окраска яблочно-зеленая. Среди наиболее темноокрашенной разности отмечаются небольшие, почти совсем прозрачные участки со стеклянным блеском. Излом плоско раковистый. Блеск восковой. В HCl растворяется очень медленно, без выделения пузырьков. Изотропен. Показатель преломления выше $N_m \gg 1,780$. Данные спектрального анализа чистого минерала приведены в таблице 14. Результаты спектрального анализа, показатель преломления, близость штуфов со скородитом к участкам, где был обнаружен ряд других гипергенных мышьяковистых минералов, позволяют нам данный минерал определить как скородит или, что вернее, как сложную коллоидную смесь скородитового вещества с кремнеземом и, возможно-хризоколлой.

Известно, что скородит является обычным продуктом окисления арсенопирита и весьма редко развивается за счет окисления других, первичных минералов мышьяка. Образование скородита путем отложения из раствора происходит значительно реже. На месторождении ни В. Н. Котляр и др. исследователи, ни автор не обнаружили арсенопирита. Скородитовые скопления позволяют предполагать либо наличие арсенопирита в рудах Анкавана, либо, что пока более вероятно, образование скородита за счет теннантита. Форма проявления скородита свидетельствует о его образовании путем отложения из растворов.

Фармакосидерит приурочен к заохренным трещинам и к небольшим пустоткам с колломорфным опалом на стенках. Наблюдается в виде корочек и небольших друз, кристалликов кубического габитуса. Размер кристалликов не превышает долей мм. Иногда кристаллики „одеты“ в лимонитизированную коричневую оболочку. Окраска минерала оливково-травяно-зеленая, иногда медово-желтая. Блеск стеклянный или алмазный. Почти прозрачен. Под микроскопом устанавливаются крайне низкие, аномально серые цвета интерференции. Неко-

торые зерна изотропные. Показатель преломления, измеренный иммерсионным методом, $N_m \approx 1,706$.

Результаты спектрального анализа чистой разности минерала приведены в таблице 14.

Аналогично скородиту и лейкохальциту (?) фармакосидерит, по всей вероятности, образовался за счет теннантита.

Сульфаты. Представлены довольно распространенным ярозитом, гипсом, очень редко встречающимися баритом и андезитом, а также бронзантитом, феррокупрохалькантитом, халькантитом и в тесной с ним ассоциации мелантеритом, копиапитом, фиброферритом, минералом из группы блёдита и, наконец, ильземанитом.

Брошантит обнаружен в единичных пунктах Каджарана и Агарака. Минерал представлен в виде плотной корки (толщ. 0,5—1,0 мм) на кремнистой измененной породе. Окрашен в черновато-зеленый цвет. Растворяется в соляной и азотной кислотах. Под микроскопом обнаруживает лучистое строение, высокие характерные аномальные цвета интерференции. Тесно ассоциирует с малахитом.

Спектроскопический анализ чистой разности брошантита приведен в таблице 14.

Гипс—обычный минерал зоны окисления всех изученных месторождений, наиболее развит в Агараке и Анкаване. Большей частью значительные скопления этого минерала фиксируются в породах, слагающих нарушенные участки. Устанавливается в виде тонких пластинок по плоскостям трещин отдельности или в виде сростков и небольших друз, выстилающих пустотки в гидротермально сильно измененных вмещающих породах, а также в виде отдельных удлиненных кристаллов, размером до 3 см (Агарака).

Прожилки гипса на больших глубинах (до 200 м) обычны (Каджаран), но главным образом минерал развит в приповерхностной зоне.

Феррокупрохалькантит обнаружен в ряде мест Центрального участка Каджарана. В отвалах минерал встречается в виде тонких голубоватых землистых масс на оруденелых штуфах монцонитов, содержащих реликты полуокисленных сульфидов.

Наиболее значительные скопления были обнаружены в устье старой выработки, в районе утесов центральной дайки. Здесь в кровле и бортах выработки, по трещинам в сильно измененной ожелезненной породе и в виде налетов на ней наблюдаются выделения феррокупрохалькантита. Обычно минерал окрашен в зеленые тона. Блеск стеклянный. Почти прозрачный. Хрупкий. Развит в виде сплошных „сталактитообразных“ масс и отдельных небольших зернышек. В некоторых участках минерал образует сплюснутые кристаллы таблитчатого габитуса. Размер кристаллов в длину до 1—2 мм, при толщине не выше десятых долей мм. Пластины расположены незакономерно, иногда собраны в розетки. Показатель преломления свежего, не измененного минерала, в изотропных сечениях измеренный иммерсионным методом (N_m), составляет 1,543—1,542.

В таблице 7 приводятся результаты химического анализа неизмененного минерала (аналитик А. А. Петросян, ИГН АН Армянской ССР).

Недостаток воды объясняется обезвоживанием феррокупрохалькантита на воздухе. Качественная реакция на ZnO отрицательная.

Формула цодвергнутого анализу минерала с некоторым приближением: $(Cu, Fe) O \cdot SO_3 \cdot 4H_2O$, что отвечает железосодержащему халькантиту—феррокупрохалькантиту.

Халькантит—налеты халькантита фиксируются в Каджаране, Дастакерте, Анкаване. Минерал обычно образует тонкие, голубовато-белые налеты в ряде штуфов руды из отвалов.

В Агараке халькантит—часто встречающийся минерал; его корочки и налеты наблюдаются в устьевых частях почти всех старых выработок, реже в новых штольнях и вблизи русел рек. Окраска синевато-голубоватая, иногда с зеленоватым оттенком. Блеск стеклянный. Поверхность сплошных скоплений халькантита неровная, слабо бугорчатая. Иногда на поверхности минерала заметны трещинки усыхания. Корки обнаруживают признаки тонкослоистого строения. Очень часто на голубоватом полупрозрачном халькантите наблюдаются выцветы и

Таблица 7

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекуляр- ных количеств
SiO_2	0,08		
CuO	14,8	0,185	
Fe_2O_3	1,55		1,00*
FeO	13,65	0,190	
$-H_2O$	27,80		
$+H_2O$	5,45	1,84**	4,09
П. п. п. без $SO_3 \cdot SO_3$	32,13	0,45	1,00
Сумма	96,13	—	—

* Небольшой недостаток FeO , по всей вероятности, объясняется тем, что часть FeO перешла в Fe_2O_3 .

** В расчет взята вся вода, т. е. молекулярные количества $+H_2O - H_2O = 27,8 + 5,45 = 33,25\%$.

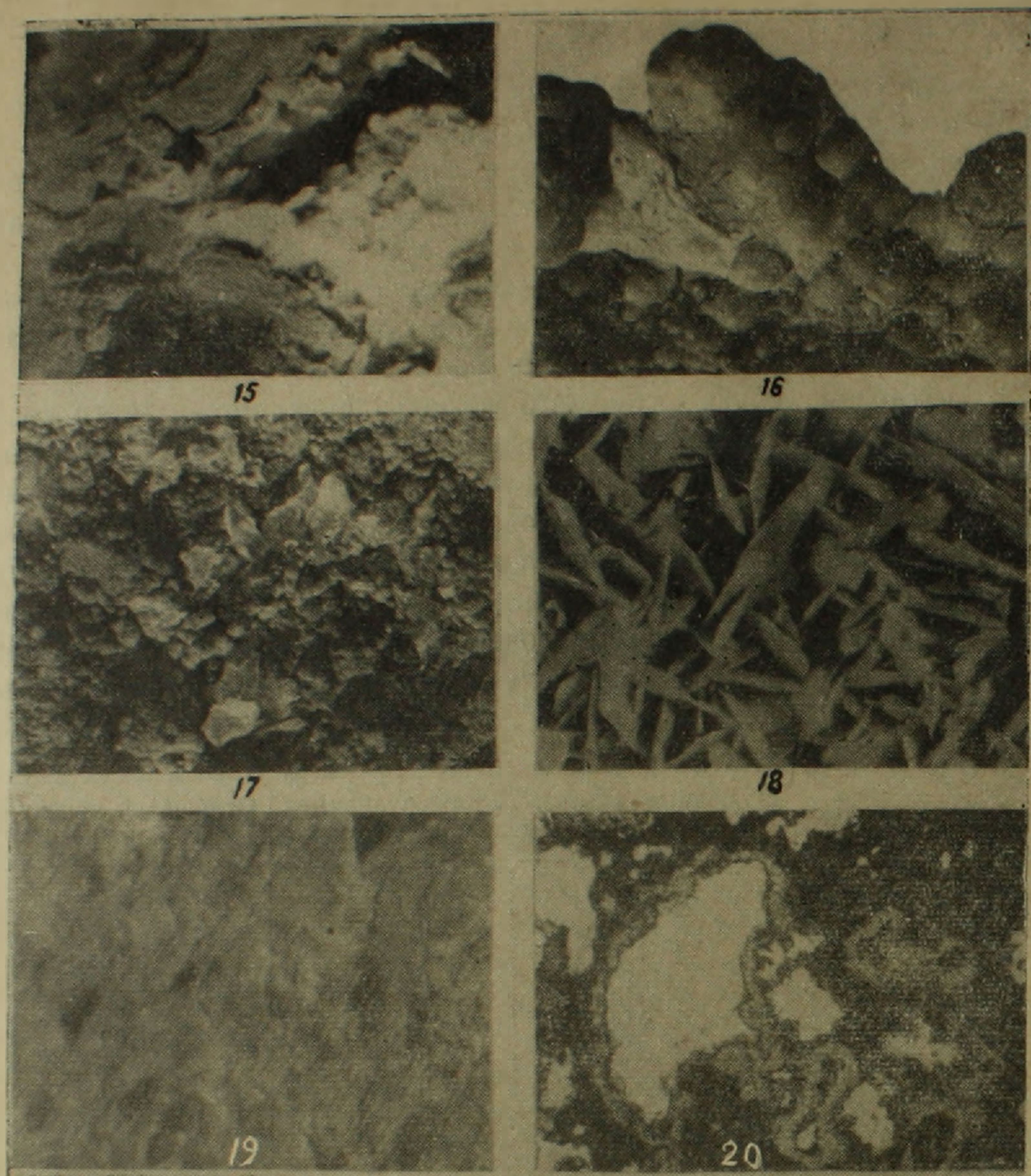
небольшие участки рыхлых, беловато-желтых масс, по-видимому, образовавшихся в результате дегидратации халькантита.

Показатели преломления, измеренные иммерсионным методом: $N_p = 1,520$; $N_m \gg 1,538$ и $N_g \approx 1,544$. $2V = 54^\circ$.

Химический анализ чистой разности минерала приведен в таблице 9.

Данные химического анализа укладываются в формуле $CuO \cdot SO_3 \cdot 5H_2O$, что соответствует халькантиту.

Копиапит ($2Fe_2O_3 \cdot 5SO_3 \cdot 17H_2O$) встречен в небольшом количестве в Дастакерте. Приурочен к участку надеждо измененных порфиров, сильно осветленных, каолинизированных (участок Ял-юрт). Пред-



Фиг. 15. Заполнение хризокolloй пустот, стенки которых покрыты колломорфным ярозитом. $\times 10$. Каджаран.

Фиг. 16. Хризокolloвая корочка на почках малахита. $\times 4$. Анкаван.

Фиг. 17. Кристаллические зерна белого гипса на почкообразной корочке малахита. $\times 2$. Агарак.

Фиг. 18. Щетки таблитчатого феррокупрохалькантита. $\times 22$. Каджаран.

Фиг. 19. Скопления тонких иголок фиброферрита, образующих спутанно-волокнистые массы. $\times 15$. Каджаран.

Фиг. 20. Агрегаты кварцевых зерен, отороченные ярозитом. $\times 76$. Каджаран.

ставлен микросферолитами и тонкими налетами. Сложение рыхлое, иногда более плотное. Блеск восковой. Под микроскопом слюдоподобен, с яркими цветами интерференции. Погасание прямое, в некоторых зернах волнистое. Удлинение положительное. Показатели преломления, измеренные иммерсионным методом $N_p \geq 1,526$ и $N_g = 1,577$. В

Таблица 9

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекуляр- ных количеств
SO ₃	29,93	0,37	1
CuO	26,28	0,39	1
Fe ₂ O ₃	0,20		
CaO	0,8	0,02	
MgO	нет		
H ₂ O	33,32	1,85	5,00
Нерастворимый остаток*	6,55		
Сумма	97,08	—	—

* Щелочи не определялись, но М. М. Стукалова отмечает их наличие.

холодной воде медленно растворяется. Наличие копиапита, по-видимо-
му, связано с несколько повышенной пиритизацией данного участка.

Фиброферрит. Значительное присутствие фиброферрита обнаружено в Каджаране, в одной старой выработке, в тесной ассоциации с феррокупрохалькантитом. Скопления минерала покрывают сильно измененную, ожелезненную породу. Цвет светло-желтоватый. Под бинокулярной лупой обнаруживается микрокристаллическое строение, причем кристаллики, развитые большей частью в виде тонких иголок, образуют спутанно-волокнистые массы. Блеск шелковистый. В воде не растворяется. Под микроскопом тонкие иголки плеохроируют от светло-желтого до бесцветного и обнаруживают косое погасание, угол приблизительно 12°. Удлинение положительное. Показатели преломления в двух направлениях дают: 1,577 и —1,530.

В таблице 10 приведены данные химического анализа чистого минерала (аналитик Т. М. Митюшина, ИГН АН СССР, Москва).

Таблица 10

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекуляр- ных количеств
Fe ₂ O ₃	29,80	0,186	1
SO ₃	31,32	0,391	2,1
H ₂ O	36,76	2,04	11,0
Сумма	97,88	—	—

Полученные результаты могут быть уложены в следующую формулу: Fe₂O₃·2SO₃·11H₂O.

Минерал с таким составом отвечает фиброферриту. В таблице 14 приведены результаты спектроскопического анализа чистой разности фиброферрита.

Минерал выделился явно позже феррокупрохалькантита.

Минерал из группы блёдита (астраханит) встречен только в Агараке, в устьевых частях старых выработок. Детальному изучению был подвергнут образец, взятый из выработки, расположенной на северном склоне ущелья р. Ай-Дараси.

Склон в данном месте очень крутой, солнца здесь почти не бывает. Выработка почти вся завалена, доступен лишь район устья, на расстоянии 3 м. Выработка сухая.

В левом борту заметна зияющая трещина, на стенках которой видны обильные скопления белого минерала; тонкие налеты последнего наблюдаются также на всех стенках и на кровле. Окраска минерала белая и изредка желтоватая, по-видимому, от загрязнения гидроокислами железа. Сложение рыхлое. В воде растворяется почти без остатка. В HCl растворяется, образуя подобие студня. Вкус кислый, неприятный. Под микроскопом бесцветный. Двуосный, отрицательный. Показатели преломления, измеренные иммерсионным методом $N_g = 1,464 - 1,460$, $N_m = 1,460 - 1,456$, $N_p = 1,449$.

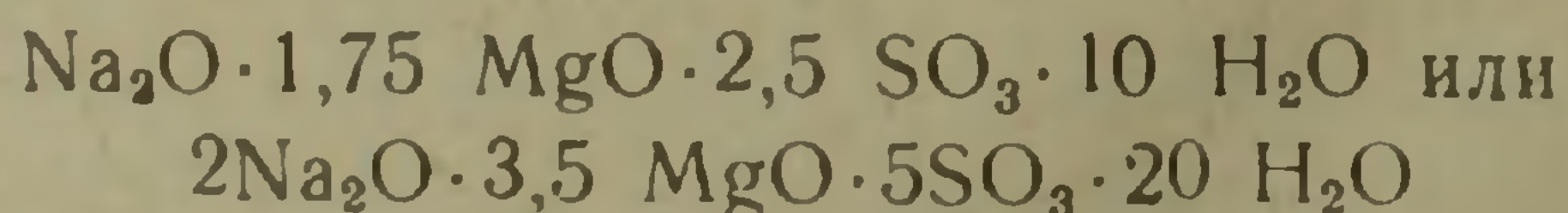
Данные спектрального анализа чистой разности минерала приведены в таблице 14.

В таблице 11 приведены данные химического анализа чистого минерала (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

Таблица 11

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекуляр- ных количеств
SO ₃	37,60	470	2,54
MgO	12,50	313	1,75
Na ₂ O	11,03	178	1
H ₂ O	32,01	1777	9,98
Fe ₂ O ₃	2,12	013	—
CaO	0,30	0,06	—
K ₂ O	0,53	0,06	—
Нерастворимый остаток	4,01	—	—
Сумма	100,10	—	—

Полученные результаты могут быть уложены в следующую формулу:



Минерал с таким составом относится к группе гидросульфатов щелочей и магния и стоит ближе всего к блёдиту, теоретическая формула которого: $2\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{MgO} \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

По сравнению с теоретическим составом исследованный нами минерал содержит избыток H₂O и несколько повышенное количество MgO.

Обнаружение этого минерала вызывает чрезвычайный минералогический интерес, так как наличие блёдита (астраханита) обычно при-

урочивается исключительно к соляным озерным отложениям. В наших условиях он является индикатором той специфической обстановки (крутые склоны, быстрый сток воды и т. д.), в условиях которой только и мог отложиться этот легко растворимый минерал.

Интересно отметить, что в существующей литературе совершенно нет упоминания о присутствии водных сульфатов натрия и магния в зоне окисления рудных месторождений как зарубежных, так и Союза.

Ярозит фиксируется, главным образом, в приповерхностных частях рудных тел Каджарана, Агарака, Анкавана в виде корочек, налетов отдельных скоплений, иногда небольших прожилков. На Дастакертском месторождении ярозита очень мало и только на участке Ял-юрт штуфы пиритизированных порфиритов из отвалов канав содержат повышенное количество этого минерала.

Цвет ярозита меняется от светло-желтого до темно-бурого. Изменение окраски ярозита зависит большей частью от примесей гидроокислов железа. Нередко в поверхностных условиях ярозит обнаруживает переход к красноватому гидрогематиту.

Ярозит обычно представлен плотными скрытокристаллическими массами. Излом корочек раковистый, с матовым блеском. Под биноклем плотные разности иногда обнаруживают колломорфное строение. Наряду со скрытокристаллическими корками (в Анкаване) были встречены ясно кристаллические выделения ярозита. Сложение его в корочках большей частью плотное, массивное. Ясно кристаллическая разность рыхлая, порошковатая.

Под микроскопом в ярозите (Анкаван) из рыхлых порошковатых масс наблюдались хорошо индивидуализированные кристаллики с гексагональными и трапецеоэдрическими сечениями. Цвета интерференции яркие, в базальных сечениях серые. Наименьший показатель преломления, измеренный иммерсионным методом, $n_p \sim 1,714$, другой показатель преломления значительно выше—1,780.

Средний показатель преломления плотного, почти свежего ярозита из Каджарана равен 1,79.

Иногда агрегаты и отдельные зерна гидротермального кварца оторочены ярозитом. В образцах нашей коллекции свежие разности ярозита из Каджарана представлены в количествах, недостаточных для полного химического анализа, поэтому пришлось ограничиться частичным анализом не совсем чистого минерала, слегка загрязненного гидроокислами железа (табл. 12).

Щелочи не были определены из-за недостатка материала.

В таблице 13 приводится химический анализ ярозита из Агарака (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

Полученные результаты могут быть уложены в следующую формулу: $(Na, K)_2 O \cdot 4 (Fe, Al)_2 O_3 \cdot 5 SO_3 \cdot 9 H_2O$.

Минерал с таким составом может быть несколько условно (ввиду несколько повышенных содержаний компонентов в Fe_2O_3 , SO_3 и H_2O) отнесен к натроярозиту.

Таблица 12

Химический анализ ярозитов Каджарана и Шоптыкуля (Казахстан)

Каджаран*		Шоптыкуль**	
Компоненты	Данные анализа в ‰	Компоненты	Данные анализа в ‰
Fe ₂ O ₃	53,41	Fe ₂ O ₃	54,55
SO ₃	26,6	SO ₃	26,78
H ₂ O	14,04	H ₂ O	11,39
Щелочи	не опред.	Na ₂ O	4,70
Сумма	94,05	—	—

* Аналитик Т. М. Митюшина, ИГН АН СССР, Москва.

** По данным Ф. В. Чухрова, 1940 г.

Таблица 13

Компоненты	Данные анализа в ‰	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
Fe ₂ O	39,88	0,251	3,86
Al ₂ O ₃	1,60	0,021	
K ₂ O	0,90	0,011	
Na ₂ O	3,72	0,061	
MnO	нет		4,71
P ₂ O ₅	0,20		
SO ₃	26,17	0,33	
CaO	нет		
MgO	следы		8,85
H ₂ O	11,21	0,62	
Нерастворимый остаток	16,72		

Данные спектрального анализа ряда образцов ярозита приведены в таблице 14.

Почти повсеместно наблюдается тесная связь ярозита с лимонитом, в ряде случаев на корках стильносидерита развивается светло-желтый ярозит. Иногда при большом увеличении бинокулярной лупы в поперечном сечении корочек отмечается чередование тонких полос стильносидерита и ярозита, в связи с чем меняется и окраска минерала. Там, где ярозит представлен более или менее чистой мономинеральной разностью, он желтый; там, где он несет следы перехода к водным окислам железа, ярозит принимает желто-бурую с коричневым оттенком, а иногда просто бурую окраску.

Ильземанит (MoO₃·SO₃·5H₂O) отмечен только в Дастакерте в виде редких черных порошковатых налетов на поверхности молибденита.

Молибдаты. Представлены повеллитом, ферримол ибдитом и эозитом (?), причем последний был обнаружен только в продуктах флотации каджаранских руд.

Таблица 14

**СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГИПЕРГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ
ГЛАВНЕЙШИХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ**

Минералы	Место- рождения	№ п/п	З л е м е н т ы																																												
			Be	As	Te	P	Sb	Pb	Sn	Cu	Ag	Zn	Cd	Co	Ni	Zr	Mo	Ta	Nb	Bi	In	Ge	W	Ga	Tl	Cr	V	Na	K	Zi	Ba	Sr	Ca	Al	Mg	Mn	Fe	Ti	Si	Sc	Re	Y					
Опал	Мисхана	96/47																																													
Лимониты	Каджаран	51/39																																													
"	"	3/23.3																																													
"	"	6/32																																													
"	"	22/40																																													
"	"	65/40																																													
"	"	83/40																																													
"	"	96/40																																													
"	"	96/40																																													
"	"	147/40																																													
"	Агарак	159/46																																													
"	Мисхана	5/47																																													
"	"	40/47																																													
"	"	10/47																																													
Лампадит	Каджаран	61/30																																													
"	"	30/39																																													
"	Агарак	98/46																																													
"	"	99/46																																													
"	"	152/46																																													
Железо-никелевый сидерит	Агарак	139/46																																													
"	Мисхана	60/47																																													
"	"	82/47																																													
Кальцит	Агарак	141/47																																													
"	Достакерт	133/47																																													
Доломит	Достакерт	164/47																																													
Анкерит	Агарак	245/46																																													

Условные обозначения

■ Очень сильные линии — Слабые линии
 ■ Сильные линии — Средние линии --- Средне-слабые линии

Повеллит встречен в Каджаране (на Центральном и Давачинском участках), приурочен только к кварцевым прожилкам. В Агараке повеллит наблюдался только в единичных шлифах. В Анкаване, на Главном участке, несмотря на несомненную карбонатную обстановку (скарны), образование молибдата кальция, по-видимому, не получает большого развития.

Повеллит Каджарана представлен исключительно в виде листоватых псевдоморфоз по первичному молибдениту. Окраска минерала непостоянная: так, в образцах из ущелья Давачи он обладает почти всегда светло грязно-зеленым цветом и редко — серовато-белым и, наоборот, повеллит из кварцевой жилы Центрального участка обыч-

но почти белого цвета и очень редко зеленого. Чисто белый повеллит и повеллит из Давачинского участка, имеющий зеленую окраску, были подвергнуты спектральному (таблица 14) и рентгенометрическому анализам. Сравнение межплоскостных расстояний, полученных дебаеграмм обоих образцов повеллита показывает совершенную их тождественность.

Отметим, что наличие повеллита (главным образом, в кварцевых жилах) почти всегда исключает присутствие ферримолибдита.

Ферримолибдит отмечен в тех или иных количествах для всех изученных месторождений. Значительных скоплений не дает. Наблюдается почти всегда в виде микроигловатых кристаллических тонких налетов по трещинам отдельности в кварцевых жилах и во вмещающих породах, содержащих молибденит. Иголочки располагаются без всякой закономерности. Нередко при выполнении пустоток в кварце ферримолибдит наблюдается в виде сплошных корок с бугорчатой поверхностью. Иногда серно-желтые налеты ферримолибдита тесно связаны с лимонитовыми налетами и дают незаметные переходы к ним.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 10.XII-56 г.

Ն. Ա. ՀԱԿՈՔՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊՂԻՆՁ-ՄՈՒԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ
ՕՔՍԻԴԱՑՄԱՆ ԶՈՆԱՅԻ ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱՅԻ
ՀԱՐՅԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Սուլֆիդային հանքավայրերի օքսիդացման զոնայում ընթացող բարդ պրոցեսների վերլուծման ընթացքում ամենակարևորն է, օքսիդացման զոնան կազմող միներալների մանրազննին ուսումնասիրությունը, որը լույս է սփռում այդ պրոցեսների էություն ըմբռնման վրա:

Հանրահայտ է, որ օքսիդացած հանքանյութերը ծայր աստիճան անհամասեռ են, աչքի են ընկնում բազմազանությունամբ և միներալային ասոցիացիաների բարդությունամբ:

Հոգվածում, հեղինակը նպատակահարմար է գտնում տալ Հայաստանի պղինձ-մոլիբդենային գլխավոր հանքավայրերի օքսիդացման զոնայից նկարագրվող միներալների հնարավորին չափ մանրամասն բնութագիրը և նրանց գտնվելու պայմանները:

Քաջարանի, Ագարակի, Դաստակերտի և Հանքավանի (Մխիթանա) օքսիդացման զոնաների հանքանյութերի կազմում մասնակցում են՝ բնածին էլեմենտներ, օքսիդներ, կարբոնատներ, սիլիկատներ, ջրային-արսենատներ, սուլֆատներ և մոլիբդատներ: Բոլոր միներալները, որոշակի մանրամասնությամբ նկարագրված են մակրոսկոպիկ, միկրոսկոպիկ, քիմական, քիմիա-սպեկտրոսկոպիկ, և վերջապես տերմիկ մեթոդներով: Բերվում են նաև միներալների պարագենետիկ ասոցիացիաները և նրանց առաջացման սխեմաները:

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляр В. Н. Структура и генезис Мисханского молибденово-медного месторождения в Армении. Изв. АН Армянской ССР, № 2, 1946.
2. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1955.
3. Хитаров Н. И. Повеллит—минерал только ли зоны окисления? Изв. АН Армянской ССР, № 8, 1947.
4. Чухров Ф. В. Рудные месторождения Джезказгано-Улутавского района в Казахстане. Изд. АН СССР, 1940.
5. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955.
3. Шадлун Т. Н. Зона окисления колчеданного месторождения Блява на Южном Урале. Труды ИГН АН СССР. Вып. 96, 1948.