

Н. Г. СУМИН и Н. К. ЛАШЕВА

НОВЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ХРИЗОКОЛЛЫ ТИПА ПЛАНШЕИТА
В МЕДНОРУДЯНСКЕ НА УРАЛЕ

Из кремнистых водных медистых соединений Меднорудянска широко известны минералы асперолит и демидовит — разновидности хризоколлы. Последняя является довольно обычной в зоне окисления многих медных месторождений, но обычно образует небольшие скопления. Однако в Меднорудянском месторождении типичного гипергенного генезиса она пользуется весьма широким распространением. Тем не менее изучена эта группа минералов весьма слабо.

По имеющимся в коллекциях Минералогического музея образцам очень трудно, а подчас невозможно, макроскопически определить, что же называть хризоколлой, асперолитом и демидовитом.

Условия образования их в месторождении довольно однообразны. Редко они дают значительные скопления, а чаще всего составляют оболочку на малахите, или на фосфате и элите, толщиной от долей миллиметра до 5—6 мм. По наблюдениям П. В. Еремеева (1886), «в Меднорудянске до глубины 172—180 м обычно встречается малахит, поблизости к известнякам, а с 180 м в глубь в толщах глин встречается асперолит. Отлагаясь в виде коллоидов, они часто образуют псевдоморфозы по ним». Цвета их бывают различные, чаще всего голубые, синие и зеленые, но нередко встречаются и бурые, серые и темные загрязненные разности. Все это делает затруднительным различать их макроскопически. Да и в литературе нет в настоящее время твердо установившихся понятий в определении этих минералов. Это объясняется, может быть, тем, что на эту группу минералов до сих пор ошибочно смотрят как на аморфные минералы. Однако, как показало микроскопическое изучение их, вся эта группа минералов оказывается скрытокристаллической, состоящей либо из агрегатов слюдоподобных листочков, либо из тонковолокнистых скоплений или смеси двух и реже трех их разновидностей.

Благодаря значительному распространению разновидностей хризоколлы в Меднорудянске, они впервые были описаны в этом месторождении.

Асперолит в Меднорудянском месторождении долгое время был известен под названием «кремнистой меди». Р. Герман (Herzmann, 1866) первый проанализировал его и установил, что по количеству воды асперолит сильно отличается от кремнистой меди (хризоколлы, медной зелени). Благодаря большой его хрупкости, этот минерал был назван асперолитом.

По анализу Р. Германа асперолит состоит (в %) из:

SiO ₂	31,94
CuO	40,81
H ₂ O	27,25
	100,00

что в переводе на формулу представляет собой $\text{CuSiO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

По данным Н. Норденшильда (Nordenskiöld, 1856), там же им была определена кремнистая медь с формулой $\text{CuSiO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, которой не было дано названия.

Это дало возможность Р. Герману простые соединения кремнезема с окисью меди, встречающиеся в природе, связать с четырьмя различными количествами воды и образовать ряд минералов:

Диоптаз	$\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Хризоколла	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Асперолит	$\text{CuSiO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Неизвестный минерал	$\text{CuSiO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

что последующими исследованиями не подтвердилось. Благодаря отсутствию аналогии в структуре и кривых нагревания хризоколлы и диоптаза их нельзя объединить в единый изоморфный ряд.

По наблюдениям П. В. Еремеева (1886), асперолит в Меднорудянке происходит за счет малахита. Он обратил внимание на частые находки псевдоморфоз аморфного асперолита по скорлуповатым образованиям малахита.

Демидовит впервые был описан из Меднорудянского месторождения Н. Норденшильдом в 1856 г. и назван им в честь Демидова. В Меднорудянке до его описания он был известен под названием голубого малахита, хотя и не представлял углекислого соединения. Встречается он обычно на почках малахита очень тонкими слоями, от 1 до 2 мм толщиной, или чередующимся с прослойками тагилита и другими минералами, содержащими фосфорную кислоту. Цвет голубой, иногда переходит в зеленоватый; черта белая; в изломе тусклый, или с масляным блеском; в краях просвечивает; хрупок; твердость равна гипсу; удельный вес 2,25.

В связи с тем, что химическое исследование, как указывает автор, производилось над малым количеством чистого минерала, он выражает неуверенность в полученных результатах относительно пропорций составных частей, поскольку последние были не совсем удовлетворительными. Несмотря на это, Норденшильд все же устанавливает новый минеральный вид под названием демидовит, который должен представлять соединение кремнекислой и фосфорнокислой меди с водой и фосфорнокислыми глиноземом и магнезией.

Анализ демидовита был выполнен в Тагильской заводской лаборатории и представлял следующее (в %):

SiO ₂	31,55
CuO	33,14
P ₂ O ₅	10,22
H ₂ O	23,03
Al ₂ O ₃	0,53
MgO	3,15
	101,62

Н. Норденшильд, выражая признательность химикам Тагильской лаборатории за производство анализа и особенно за искусство сделать анализ из незначительного количества минерала, совершенно не говорит о

способе отбора материала для анализа. Между тем частое чередование его с тонкими прослойками малахита, тагилита и другими фосфатами обусловило более значительную трудность отделения его от других минералов, чем само производство анализа. Это обстоятельство невольно заставляет выразить сомнение в однородности материала, подвергавшегося анализу.

Фосфорная кислота в минерале была определена приблизительно, т.е., как выражается автор, предварительным экспериментом, поэтому в полученном им результате анализа количество фосфорной кислоты было получено не прямым определением, а путем расчета за счет потери при анализе, что и составило 10,22%.

В полученном таким образом результате не случайно автор сам выражает неуверенность в составе демидовита и высказывает предположение, что последний, повидимому, представляет смесь, содержащую силикаты и фосфаты меди с водой и фосфаты алюминия и магния, но эти последние в очень значительных количествах, поэтому, отбрасывая последние, он выводит формулу $5\text{CuSi} + \text{CuP} + 18\text{H}_2\text{O}$. Оптическому исследованию минерал не подвергался.

Относительно содержания воды в минерале отмечено, что треть ее освобождается при более низкой температуре, чем остальные две части, и что демидовит, как и волконскоит и гизингерит, совершенно аморфный.

В парагенезисе с демидовитом отмечались: малахит, самородная медь, куприт, тагилит и фосфорохальцит. Сульфаты в верхней части месторождения, где концентрируются указанные выше минералы, встречаются редко, но их количество непрерывно увеличивается по мере углубления.

Таким образом, благодаря наличию в настоящее время более совершенных методик рентгеноструктурного и спектрального анализов и др., данные исследования Н. Норденшильда по установлению нового минерального вида — демидовита, несомненно, требуют проверки.

Что касается собственно хризоколлы Меднорудянского месторождения, то отдельных сведений о ней в литературе нет; повидимому, она не подверглась специальному изучению. Под ней обычно подразумевали все кремнекислые соединения меди, встречающиеся на месторождении, как асперолит и демидовит, так и соединение, отнесенное Н. Норденшильдом к типу $\text{CuSiO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Последнее содержит (в %):

SiO_2	31,45
CuO	37,31
Fe_2O_3	0,40
H_2O	31,18

100,34

Таким образом, вся эта группа минералов, имеющая широкое распространение в Меднорудянском месторождении среди окисленных руд, вплоть до настоящего времени является нерасшифрованной и мало изученной. Это может быть объясняется тем, что состав многих хризоколл, установленный химическими анализами, обычно не укладывался в распространенную формулу хризоколлы, как метасиликата.

Произведенное нами исследование этой группы минералов из Меднорудянского месторождения показало, что хризоколлы представляют собой изоморфный ряд от изотропного асперолита с максимальным содержанием в нем воды до волосовидной разновидности хризоколлы — планшеита.

Среди богатейшей коллекции минералов Меднорудянска, находящихся в Музее, было обнаружено большое количество кремнистых соедине-

ний меди, образующих минералы с названиями — асперолит, демидовит и хризоколла, макроскопически мало отличимые друг от друга. Исследование одного такого образца, в котором можно было наблюдать все разновидности хризоколл, дало нам весьма интересные результаты.

Макроскопически на образце можно было различить только три минерала, резко обособленных друг от друга: 1) волокнистую разновидность хризоколлы, 2) стекловидную разновидность хризоколлы (асперолит) и 3) малахит в виде плотной скорлуповатой массы с полосатой окраской, составляющий верхнюю часть натечного образования, иногда переслаивающийся с элитом или тагилитом.

Эти минералы были подвергнуты спектральному анализу Л. Н. Индиченко в спектральной лаборатории Института геологических наук. Данные анализов приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Элементы	Волокнистая разновидность хризоколлы	Стекловидная разновидность хризоколлы (асперолит)	Малахит
Ba	Оч. слабые	Оч. слабые	Ничт. следы
P	Сильные	—	Выше средних
Cu	Оч. сильные	Оч. сильные	Оч. сильные
Zn	Слабые	Слабые	Слабые
V	Выше средних	Средние	»
Ca	» »	Выше средних	Выше средних
Al	Слабые	Оч. слабые	—
Mg	Средние	Средние	Слабые
Mn	»	»	Средние
Fe	Оч. слабые	Следы	Оч. слабые
Ti	Ничт. следы	Ничт. следы	Ничт. следы
Si	Оч. сильные	Оч. сильные	Выше средних

Других элементов обнаружено не было. Наивысшую интенсивность показали медь и кремний, как главные элементы, составляющие эти минералы. Остальные элементы, давшие среднюю и слабую интенсивность линий, повидимому, являются обычной примесью.

Спектральный анализ планшеита из Конго, который был сделан для сравнения, повторил полную аналогию в содержании тех же элементов и интенсивности линий, за исключением присутствия в нем кобальта (сильные линии) и следов In и Ge.

Указанные выше минералы Меднорудянска были одновременно подвергнуты химическому анализу аналитиком Н. В. Воронковой.

Данные анализа приводятся в табл. 2.

Данные анализов показали кроме основных окислов, входящих в кремнистые и карбонатные соединения меди, наличие в них окислов фосфора с максимумом в волокнистом минерале, и углекислоты в кремнистых соединениях. Что касается остальных окислов — железа, алюминия, кальция и магния, то они присутствуют в них в небольших количествах, в десятых и сотых долях процента.

Характерно отметить, что количественное содержание указанных примесей уменьшается от асперолита к малахиту. Это говорит о том, что они присутствуют в них в виде механической примеси, причем в коллоидальных образованиях их больше, а в самостоятельных обособленных минералах они достигают минимального количества.

Таблица 2

Компоненты	Волокнистая разновидность хризоколлы		Стекловидная разновидность хризоколлы (асперолит)		Малахит	
	содержание в %	молекул. вес	содержание в %	молекул. вес	содержание в %	молекул. вес
SiO ₂	31,00	519	37,27	621	1,40	022
CuO	46,90	589	43,06	541	69,40	872
H ₂ O ⁻	7,02	389	9,55	530	0,53	029
H ₂ O ⁺	7,02	389	6,28	348	8,82	489
Fe ₂ O ₃	0,11	001	0,41	003	0,07	001
Al ₂ O ₃	0,56	006	0,72	007	0,39	001
CaO	0,67	012	0,73	013	0,07	001
MgO	0,32	007	0,46	011	0,43	010
P ₂ O ₅	3,82	027	0,13	001	1,14	008
CO ₂	3,15	071	1,00	023	18,30	417
Сумма	100,57	—	99,61	—	100,55	—

Приведенные анализы показывают, что малахит довольно хорошо укладывается в принятую для него формулу $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Что касается кремнистых соединений меди, асперолита и волокнистой хризоколлы, то они оказались более сложными соединениями, не укладывающимися в обычную формулу, принятую для хризоколлы. Поэтому остановимся на них более подробно.

1. Волокнистая разновидность хризоколлы образует почковидные массы, состоящие из волокон или удлиненных чешуек, ориентированных в определенном направлении, и собранные как бы в веерообразные пучки (рис. 1); иногда она образует звездчатые скопления в асперолите (рис. 2). Цвет минерала голубоватый или бледноголубой, в порошке светлозеленый; излом неровный, чешуйчатый; блеск матовый, в краях не просвечивается; в воде не растрескивается и не растворяется; к языку липнет, но очень слабо; твердость 2,5—3; удельный вес 2,83. Нагретый в запаянной трубке, выделяет воду. При дальнейшем нагревании чернеет. В соляной кислоте растворяется без шипения, образуя кремнистый гель.

По оптическим свойствам волокнистая разновидность представлена обычно двумя типами минералов (рис. 3).

I тип напоминает собой грубые волокна в виде асбеста, представленные беспорядочно собранными пучками. В проходящем свете светлоголубоватого цвета. С заметным плеохроизмом от светлозеленого до бледножелтовато-грязноватого. При скрещенных николях дает желтоватые цвета интерференции, указывающие на довольно значительное двупреломление. $n_g = 1,638-1,634$; $n_p = 1,618-1,612$; $2V$ малый; угасание прямое; оптически положительный.

II тип обычно заполняет промежутки между волокнами I типа, в проходящем свете светлозеленоватого цвета с желтоватым оттенком и с слабо заметным волокнистым строением. В скрещенных николях, благодаря различной ориентировке волокон, последние более отчетливо наблюдаются. Рельеф значительно ниже первого. Цвета интерференции серые. $n_g = 1,612-1,609$; $n_p = 1,605-1,603$; $n_g - n_p = 0,007-0,006$; угасание прямое; оптически положительный.

Среди волокнистых скоплений иногда наблюдаются небольшие зерна яркозеленого минерала тагилита, но чаще последний можно наблюдать

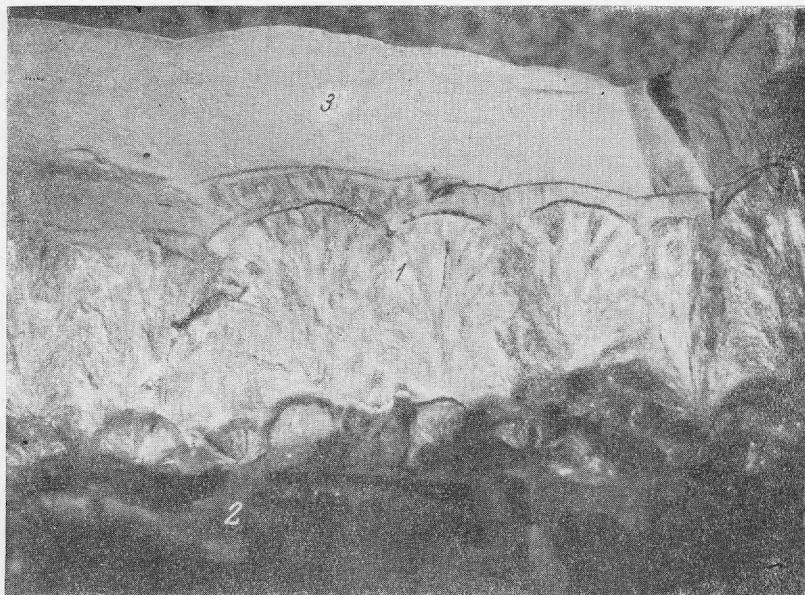


Рис. 1. Волокнистая разновидность хризоколлы (1) среди асперолита (2) и малахита (3). Ув. 3.



Рис. 2. Волокнистая разновидность хризоколлы (светлая) в лучистых сферолитах или звездочках среди асперолита (темного). Ув. 3.

на контакте с нашим волокнистым минералом, где он образует неправильные, обычно вытянутые по контакту, зерна или небольшие каемки (рис. 4).

По парагенезису, условиям образования и волокнистому строению исследуемый нами минерал, очевидно, представляет собой псевдоморфозу по своеобразной смеси малахита и фосфата (элита—тагилита), о чем свидетельствуют сохранившиеся реликты и наличие химических анализов P_2O_5 и CO_2 .

Если из химического анализа волокнистого минерала (табл. 2) исключить примеси малахита и тагилита по количественному содержанию в нем



Рис. 3. Волокнистая разновидность хризоколлы, представленная смесью двух минералов: I типа — темные асбестовидные волокна и II типа — светлая волокнистая масса, выполняющая промежутки I типа. Ув. 46; без анализатора.

P_2O_5 и CO_2 , то пересчитанный остаток окажется: $4,5 CuO \cdot 5 SiO_2 \cdot 6H_2O$.

Пренебрегая небольшим избытком кремнезема, избыточное накопление которого в условиях образования хризоколл всегда возможно, формула минерала будет иметь вид: $3CuSiO_3 \cdot 4H_2O$.

Эта формула будет отвечать фактически смеси двух минералов, одинаковых по химическому составу, но различных, очевидно, по количественному содержанию воды.

После исключения примесей, малахита и тагилита, естественно, и удельный вес смеси будет значительно ниже фактического, определенного нами. По произведенным нами расчетам он составит 2,38.

2. Стекловидная разновидность хризоколлы — асперолит образуется на малахите в виде сплошных масс или тонких корочек. Цвет сине-зеленый, в порошке голубой или зеленый; излом раковистый и блестящий; блеск стеклянный; очень хрупкий и ломкий. При опускании в воду растрескивается по трещинкам и распадается на мелкие кусочки. Обладает

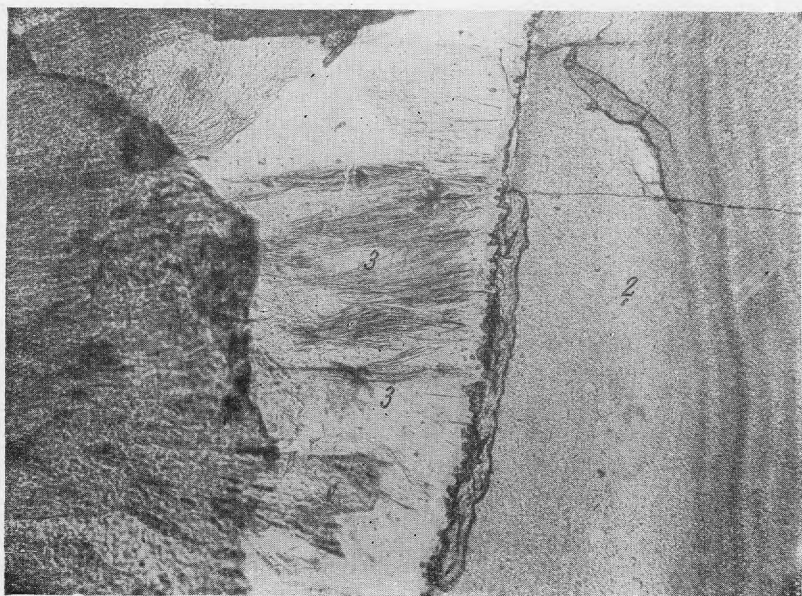


Рис. 4. Тагилит: каемка (1) в контакте малахита (2) и волокнистой хризоколлы I и II типов (3). Ув. 46; без анализатора.

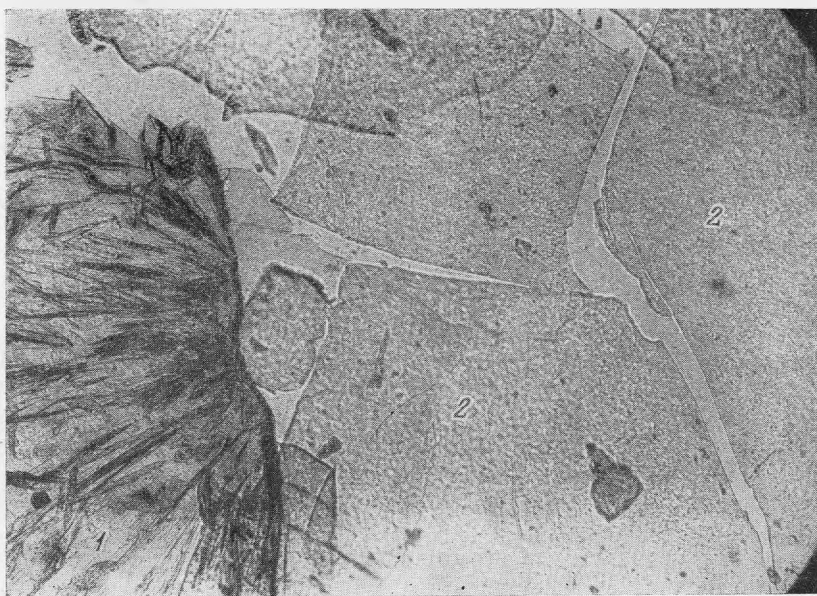


Рис. 5. Волокнистый минерал I и II типов (1) и стекловидный асперолит (2). Ув. 46; без анализатора.

высокой адсорбционной способностью в поглощении воды; сильно прилипает к языку; твердость 2,5; удельный вес непостоянен — по Р. Герману он равен 2,306; наши данные по определению удельного веса показали 2,35.

Подогретый в пробирке порошок асперолита выделяет на стенки последней большое количество воды. При дальнейшем нагревании порошок чернеет. В соляной кислоте порошок минерала без шипения распадается, при этом выделяет осадок в виде геля.

Микроскопические исследования показали, что асперолит в проходящем свете кажется однородным (рис. 5). Однако при скрещенных николях

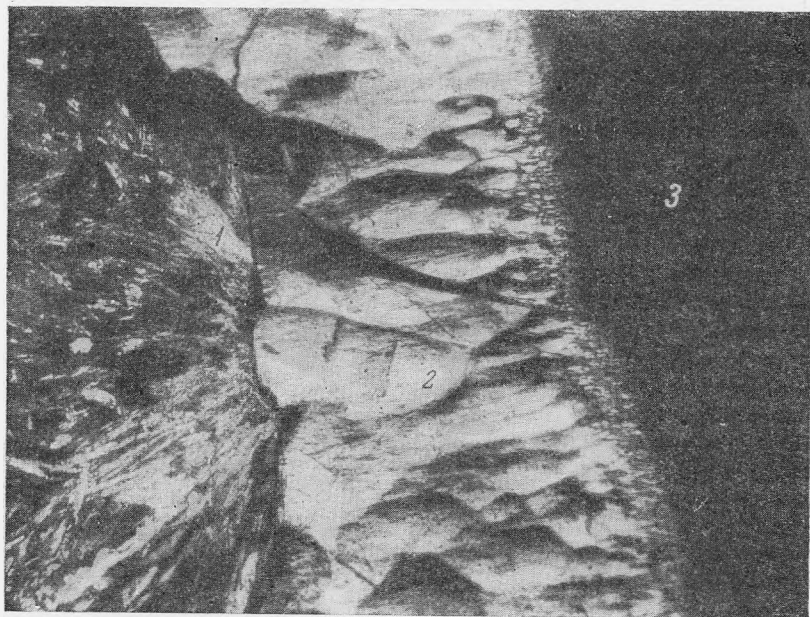


Рис. 6. Волокнистый минерал I и II типов (1) и стекловидный асперолит анизотропный (2) и изотропный (3). Ув. 46; ник. +.

хорошо наблюдаются два типа: анизотропный и изотропный (рис. 6). В первом особенно ярко выражена кристаллическая структура, напоминающая собой серпентиноподобную волокнистую массу. Часто волокна представляют собой пучки, в результате чего получается волнистое угасание при скрещенных николях. В проходящем свете минерал светлозеленовато-желтоватого цвета. Оптически положительный. Цвета интерференции низкие, $N_g = 1,570$; $N_p = 1,564$.

Второй, изотропный, тип в проходящем свете почти неотличим от первого как по цвету и форме зерен, которые образуются при раскалывании, так и макроскопически. Однако показатель преломления его заметно ниже первого; $N = 1,555 - 1,550$.

Отбросив незначительное содержание окислов Al, Fe, Mg, Ca и CO_2 , как возможную механическую примесь, и пересчитав данные химического анализа асперолита на молекулярные веса (табл. 2), получим отношения, которые можно написать в следующем виде: $5,4CuO \cdot 6,2SiO_2 \cdot 8,8H_2O$

или приближенно $2\text{CuSiO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Эта формула фактически отвечает смеси изотропного и анизотропного асперолита и почти тождественна с формулой волокнистой хризоколлы, отличаясь лишь немного большим содержанием воды.

Благодаря тесному срастанию и прорастанию исследуемых нами разновидностей хризоколлы, выделить каждую из них в чистом виде не представляется возможным.

Однако, несмотря на это, исследование показало, что как по химическому составу, так и по структуре и оптическим свойствам они явно отличаются друг от друга.

I тип. Грубоволокнистое строение с ярко выраженными обособленными асбестовидными волокнами.

II тип. Плотноволокнистая масса с отчетливо выраженной волокнистой структурой, обычно заполняющей промежутки между грубоволокнистой разновидностью хризоколлы I типа.

III тип. Плотные скрытокристаллические массы волокнистого строения.

IV тип. Асперолит — хризоколла с коллоидно-аморфной структурой. Стекловидная; изотропная.

Если IV тип назвать собственно хризоколлой, подразумевая под этим кремнекислые соединения меди типа $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с коллоидно-аморфной структурой и оптически изотропные, то, несомненно, I, II и III типы разновидностей, описанных нами выше, заслуживают самостоятельных наименований. Однако отсутствие химических анализов мономинерального вещества, ввиду невозможности выделения, заставляет признать установление новых названий пока преждевременным.

Но несомненная близость к минералам группы хризоколлы дает нам основания относить их к разновидностям последней, ограничившись лишь названием их типов I, II и III, а за IV типом оставить название асперолита — стекловидной хризоколлы, характерной для Меднорудянского месторождения.

Все описываемые разновидности хризоколлы в ультрафиолетовых лучах при длине волны 3600—3800 Å и 3200—2800 Å в люминесцентной установке дали отрицательный эффект.

Рентгенометрическое исследование минералов производилось в Институте геологических наук АН СССР Н. Н. Слудской. Межплоскостные расстояния, вычисленные для асперолита и III типа хризоколлы, показали во многом тождество их с минералами группы хризоколлы, а I и II типы разновидностей, кроме хризоколлы, имеют сходство с тагилитом и планшеитом.

Данные рентгенограмм приводятся в табл. 3.

Сравнение межплоскостных расстояний хризоколлы и асперолита указывает на структурную аналогию между этими минералами. Поэтому можно утверждать, что асперолит является одной из разновидностей хризоколлы.

Сравнивая рентгенограммы Ф. В. Чухрова (1950) по хризоколлам Казахстана (Джезказгана, Успенки и Зыряновки) и наши по разновидностям из Меднорудянска, устанавливаем, что все они оказались более или менее аналогичными. На всех снимках имелось по пяти очень слабых и сильно размытых линий, за исключением одной (4,499) в меднорудянской хризоколле.

Приведенные в табл. 3 межплоскостные расстояния хризоколлы по Вальдо при сравнении с нашими данными показали различие между ними, которое дает основание предполагать, что исследованные Вальдо минералы вряд ли соответствовали по составу хризоколлам.

Таблица 3

Планшет		Волокнистая хризололла I и II типов		Асперолит и хризололла III типа		Хризололла Медно-рудяиска		Хризололла Казахстана		Хризололла по Вальдо	
интенсивность линий	d	интенсивность линий	d	интенсивность линий	d	интенсивность линий	d	интенсивность линий	d	интенсивность линий	d
Средние	6,900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	4,805	Средние	4,535	—	—	Оч. слабые	4,499	—	—	—	—
»	3,838	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	Слабые	3,484	—	—	—	—	—	—	—	—
Средние	3,323	Оч. слабые	3,127	—	—	—	—	—	—	Сильные	3,35
»	2,894	Средние	2,880	Слабые	2,859	Слабые	2,852	Оч. слабые	2,86	—	—
»	2,696	—	—	—	—	Оч. слабые	2,636	—	—	—	—
Слабые	2,535	—	—	—	—	Слабые	2,408	Оч. слабые	2,54	—	—
—	—	Средние	2,433	—	—	—	—	—	—	Оч. слабые	2,46
Средние	2,334	Слабые	2,339	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	»	2,240	—	—	—	—	—	—	—	—
Слабые	2,092	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Оч. слабые	1,643	Оч. слабые	1,620	Оч. слабые	1,620	Оч. слабые	1,630	Оч. слабые	1,620	Средние	1,810
Слабые	1,569	—	—	—	—	—	—	—	—	Слабые	1,536
»	1,526	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	Слабые	1,479	Слабые	1,486	Оч. слабые	1,484	Оч. слабые	1,475	—	—
Оч. слабые	1,350	—	—	—	—	—	—	—	—	Средние	1,373
—	—	Оч. слабые	1,322	Оч. слабые	1,318	—	—	Оч. слабые	1,310	Оч. слабые	1,319
»	1,276	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	1,216	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Оч. слабые	1,181
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	1,045
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	1,033

Данные Н. Н. Слудской, полученные ею на большом количестве хризоколл из разных месторождений, показали результаты, совершенно аналогичные нашим. Что же касается разновидностей I и II типов наших хризоколл, то по некоторым линиям дебаеграмм они являются аналогами асперолита и планшеита. Малахитовые линии отсутствуют, кроме двух — очень сильной 2,852 и слабой 1,475, которые наблюдаются во всех сравниваемых выше минералах и поэтому не могут быть характерными. Некоторое сходство в линиях с тагилитом вряд ли можно объяснить механической примесью его, вернее, это — случайное совпадение. Что же касается наличия линий, близких к таковым у планшеита, то не исключена возможность структурной близости к нему хризоколл I и II типов.

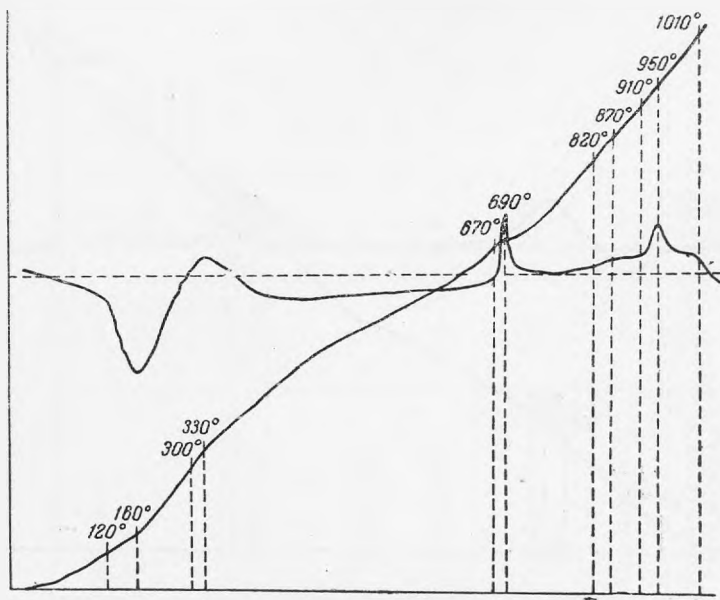


Рис. 7. Кривая нагревания разновидности хризоколлы III типа и асперолита.

Результаты химического анализа изученных нами разновидностей хризоколл показывают, что отношение молекулярных количеств окиси меди и кремнезема не отвечает полностью общепринятой формуле хризоколлы — $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; в некоторых из них гораздо меньше воды ($2\text{CuSiO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), а в I и II типах еще меньше ($3\text{CuSiO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Дальнейшая потеря воды в хризоколле совершенно очевидно приближает ее к планшеиту.

Общность с группой планшеита особенно заметна на исследуемых нами разновидностях I и II типов, которые по содержанию воды близки к бисбенитом (продуктом гидратации планшеита — $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и имеют дебаеграммы, близкие к планшеиту.

По содержанию воды исследованные нами минералы ведут себя как обычные хризоколлы; в разновидности III типа и асперолите значительная часть воды выделяется до 110° и в меньшем количестве при более высоких температурах, тогда как в разновидностях I и II типов вода выделяется в одинаковых количествах как до 110° , так и выше 110° : В соответствии с этим наши минералы являются аналогами хризоколл, в которых

различается слабо связанная и прочно связанная вода, причем количество прочно связанной воды во всех разновидностях почти одинаково (рис. 7 и 8).

По данным термограмм, из всего количества воды, содержащейся в первом минерале, значительная часть ее выделяется около 160° . Низкотемпературная эндотермическая реакция ($120-160^{\circ}$) должна рассматриваться как выделение низкотемпературной адсорбционной воды; что касается второй порции воды, выделяющейся по данным химических анализов выше 160° , то термографическое отображение этой реакции мы не находим ни для одного, ни для другого термически изученного минерала. Правда,

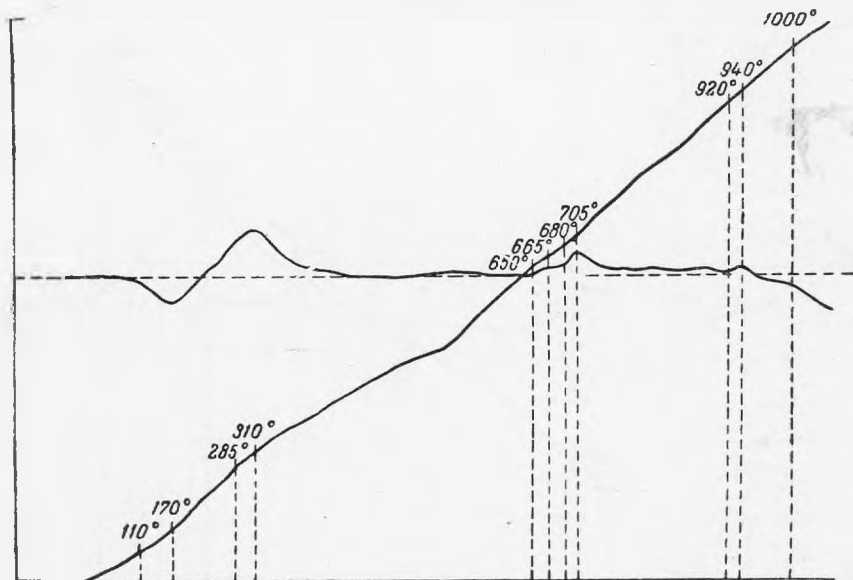


Рис. 8. Кривая нагревания разновидности хризоколлы I и II типов.

на кривой нагревания, относящейся к III типу с асперолитом, наблюдается пологое провисание дифференциальной кривой между $330-670^{\circ}$, но сказать, что это — следствие выделения именно высокотемпературной воды, на основании одних только этих данных не представляется возможным.

По данным А. Шоопа (Schoep, 1930) известно, что минералы типа планшеита из группы хризоколл, содержащие в основном воду, выделяющуюся при температурах свыше 110° , в условиях дегидратации обнаруживают постепенную и непрерывную отдачу воды, идущую вплоть до расплавления минерала ($800-860^{\circ}$). Основываясь на этих экспериментальных данных, можно с известным основанием допустить, что в нашем случае выделение высокотемпературной воды происходит таким же образом.

Что касается экзотермических остановок, то по ним трудно сказать что-либо определенное без дополнительных экспериментов. Однако, по данным оптических исследований, можно высказать предположение, что остановка $300-330^{\circ}$ для первой кривой (рис. 7) и $285-310^{\circ}$ для второй может быть результатом перехода из коллоидного состояния вещества в кристаллическое, из изотропного в анизотропное, т. е.

Таблица 4

Минералы	Химический состав	Цвет	Структура	Твердость	Уд. вес	Спаянность	Оптич. знак	Показатели преломления			2V
								Ng	Nm	Np	
Шаттукит ¹	2 CuSiO ₃ ·H ₂ O	Густоголубой	Волокнистая	—	3,8	Моноклинная	+	1,815 1,796	1,782	1,752 1,730	—
Планшеит I	2 CuSiO ₃ ·H ₂ O	Синий и голубой	»	6—7	3,94	Ромбическая	+	1,811		1,730	Большой
Планшеит II	2 CuSiO ₃ ·H ₂ O	Бледноголубой	»	2—3	3,2 3,3	То же	+	1,725 1,700	—	1,665 1,640	
Планшеит III	—	Голубой до бледноголубого	Волокнисто-асбестовидная	Изменяющаяся	Изменяющийся	—	+	1,685 1,660	—	1,665 1,525	—
Бисбеит	CuSiO ₃ ·H ₂ O	Бледноголубой	То же	—	—	—	+	1,650	—	1,590	Малый
I тип разновидности хризоколла	—	Голубой	Волокнисто-игльчатая	—	—	—	+	1,638 1,634	—	1,617 1,612	—
II тип разновидности хризоколла	3 CuSiO ₃ ·4H ₂ O	Бледноголубой	Волокнистая	2,5—3	2,5—3	—	+	1,612 1,609	—	1,605 1,603	—
III тип разновидности хризоколла	2 CuSiO ₃ ·3H ₂ O	Синий и голубой	Скрыто-волоконистая	2,5	2,35	—	+	1,570	—	1,564	—
Хризоколл—асперолит	—	Сине-зеленый	Стекловидная	—	—	—	—	—	—	—	—
Хризоколл обычная	CuSiO ₃ ·2H ₂ O	Голубой	Чешуйчатая и волокнистая	2,4	2,00 2,24	—	+	—	1,555—1,552 1,57—1,46	—	—

¹ Шаттукит впервые был описан в 1915 г. В. Шеллером (Schaller, 1915) и назван в честь месторождения Шаттуки (Копер Компани Бисбеи). Затем Ф. Замбини (Zamboni, 1918), а позднее А. Шооп (Schoep, 1930) пришли к выводу, что он аналогичен с планшеитом, установленным А. Лакруа (Lacroix, 1908, 1910).

соответствует образованию III структурного типа хризоколлы. А остановки 670—690°, 650—665°, 680—705° и др., возможно, соответствуют переходу к образованию последующих разновидностей II и I типов хризоколлы и далее бисбеита и планшеита.

Для сравнения описываемых нами минералов с планшеитовой группой приводятся данные исследования различных планшеитов из Катанги и Аризоны, полученные А. Шоопом (табл. 4).

Сравнительные данные в табл. 4 показывают, что исследованная нами группа минералов, как по химическому составу, так и по физическим и оптическим данным, входит в планшеито-хризоколловый ряд и по всем указанным выше свойствам занимает промежуточное положение между хризоколлой и планшеитом, причем планшеит представляет собой, очевидно, тоже разновидность хризоколлы и является ее крайним членом.

Минералы, сведенные в табл. 4, представляют собой группу волокнистой разновидности хризоколлы с переменным количеством воды, а также показывают, что с потерей воды наблюдается изменение их твердости, удельного веса и показателя преломления в сторону увеличения к планшеиту.

Таким образом, исследование хризоколлы из Меднорудянского месторождения показало:

1. Хризоколла по химическому составу представляет собой кремнекислородное соединение меди типа метасиликата с содержанием переменного количества воды, вследствие чего образуется своеобразный ряд минералов от коллоида, с коллоидно-аморфной структурой, оптически изотропного, до полностью раскристаллизованного вещества типа планшеита.

На возможное существование своеобразного ряда хризоколл, крайними членами которого являются планшеит (с пятью частями кремнистой меди и одной воды) и хризоколлы (с одной частью кремнистой меди и четырьмя частицами воды), указывают:

а) Общность химического состава хризоколлы с планшеитом и наличие промежуточных разновидностей между ними; для планшеита — три типа, по А. Шоопу, и бисбеит, а для хризоколлы — три типа, изученных нами, и асперолит.

б) Волокнистое строение всех разновидностей с своеобразной кристаллической формой, стремящейся к образованию сферолитов, а также с близостью их структуры, выражающейся в значительной аналогии положения линий на дебаеграммах и кривых нагревания.

в) Гипергенные условия образования хризоколлы и планшеита в медных месторождениях.

2. Планшеит и его разновидности, встречающиеся в Аризоне и Катанге, представляют собой минералы ряда хризоколлы гипергенных месторождений меди, образовавшихся в условиях пустынного и жаркого климата, а хризоколла и ее разновидности из Меднорудянска образуются при гипергенных процессах, но в условиях влажного климата и избытка грунтовых вод, характерного для Урала.

3. Невозможность нахождения обычной хризоколлы и планшеита в одном парагенезисе указывает на различные условия процесса их образования.

4. Наличие сферолитовых кристаллов волокнистой разновидности хризоколлы I и III типов в коллоидном асперолите без ярко выраженного идиоморфизма свидетельствует о раскристаллизации коллоида в твердом состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

- Еремеев П. В. О псевдоморфических кристаллах Меднорудянского рудника на Урале. Зап. Мин. общ., т. 22, 1886.
- Чухров Ф. В. и Аносов Ф. Я. О природе хризоколы. Зап. Мин. общ., II, 79, в. 4, 1950.
- Hermann R. Asperolite. Bull. Soc. imp. natur. de Moscou, t. XXXIX, № 1, 1866.
- Lacroix A. Acad. Sc. 144, 1908; Bull. Soc. Franç. Min., 31, 1908.
- Lacroix A. Minéralogie de la France et de des colonies. Acad. Sc., t. IV, part. 2, 1910.
- Nordenskiöld N. Demidovite. Bull. Soc. imp. natur. de Mascou, t. XXIX, 1856.
- Schaller W. T. Journ. Wash. Acad. Sc., 5, 1915.
- Schoep A. Nouvelles recherches sur la plancheite et sur la schattuckite. Identité de ces deux minéraux. Remarques sur la bisbeeite et sur la katangite, 1930.
- Zambonini C. R. Acad. Sc., 166, 1918.