

Рис. 6. Спектральное отражение клаусталита.

ной части месторождения, где он наблюдался в виде единичных псевдокубических кристаллов размером 0.01—0.02 мм в штюците, ассоциирующем с тетраэдритом, айкинитом и халькостибитом. В отраженном свете минерал белый, анизотропный, с характерным цветным эффектом в голубовато-желтоватых тонах. На воздухе довольно быстро темнеет до почернения. Микронзондовым анализом других элементов, кроме мышьяка, не обнаружено.

Таким образом, к числу многочисленных рудных минералов, обнаруженных ранее на Кочбулакском месторождении, прибавилось еще 6 видов.

#### Список литературы

Завьялов Е. Н., Бегизов В. Д. Сульфоцумоит  $\text{Bi}_3\text{Te}_2\text{S}$  — новый висмутовый минерал // ЗВМО. 1982. Вып. 3. С. 316—320.

Коваленкер В. А., Тронева Н. В., Доброниченко В. Г. Особенности состава главных рудообразующих минералов в трубообразных рудных телах Кочбулакского месторождения // Методы исследования рудообразующих сульфидов и их парагенезисов. М.: Наука, 1980. С. 140—164.

Коваленкер В. А., Русинов В. Л. Парагенезисы минералов-индикаторов условий формирования золото-сульфидно-кварцевых руд (на примере Кочбулакского месторождения) // Минеральные ассоциации структуры и текстуры руд. М.: Наука, 1984. С. 150—190.

Костов И., Минчева-Стефанова И. Сульфидные минералы. 1984. 280 с.

Всесоюзный научно-исследовательский  
геологический институт (ВСЕГЕИ)  
Ленинград

Поступила в редакцию  
20 сентября 1989 г.

УДК 549.755.31.  
© 1990 г.

© ЗВМО, вып. 6, 1990 г.

Е. В. ПОНОМАРЕВА, д. чл. Н. И. КРАСНОВА

### НОВЫЕ ДАННЫЕ О КОВДОРСКИТЕ — $\text{Mg}_2(\text{PO}_4)(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Goniometric data, chemical analysis and optical properties are carried out for kovdorskite first described by Yu. L. Kapustin in 1980. The correlation of greenish and blue colour of the mineral with iron content and pink colour with manganese content is established. UR-spectrum of kovdorskite is cited for the first time. The mineral association in dolomite carbonatites is described where the mineral was found.

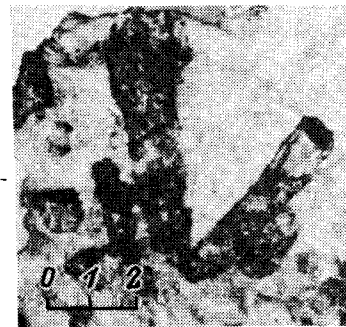
Первые данные о ковдорските были опубликованы Ю. Л. Капустиным с соавторами (1980), а затем его химическая формула и кристаллическая структура были уточнены в работе В. Е. Овчинникова с соавторами (1980). Этот минерал был обнаружен Ю. Л. Капустиным в 1969 г. на железорудном месторождении Ковдорского щелочно-ультраосновного массива на Кольском

полуострове. Найден минерал был в карбонатных гнездах среди эруптивной брекчии в тесной ассоциации с магнезитом и гидроталькитом. Минерал светло-розового цвета, образует единичные сростки шестоватых кристаллов в пустотах пород и отдельные изометрические зерна в агрегате магнезита. Монокристаллов с хорошей огранкой обнаружено не было.

Летом 1986 г. на нижних горизонтах действующего карьера Ковдорского комплексного месторождения были обнаружены и закартированы выходы доломитовых карбонатитов с ковдорскитовой минерализацией. Эти карбонатиты приурочены к зоне развития обычных доломитовых карбонатитов, расположенных среди апатито-форстерито-магнетитовых руд центральной части южного участка месторождения, и образуют крутопадающие пластовые тела мощностью до метра. Оба типа доломитовых карбонатитов чаще всего залегают субпараллельно. Четкие границы между ними, более светлая окраска доломитовых карбонатитов с ковдорскитом, а также в единичных случаях и пересечения последними обычных доломитовых карбонатитов позволяют отнести карбонатиты с ковдорскитовой минерализацией к самостоятельной субфазе образования доломитовых карбонатитов. Собранный нами материал оказался более разнообразным и по форме выделения минерала, по его окраске, что и послужило основанием для написания настоящей статьи.

В жилах доломитовых карбонатитов ковдорскит чаще всего приурочен к черным сажистым образованиям прямоугольной формы (рис. 1), которые могли быть ранее монокристаллами какого-то фосфата. В образцах и шлифах наблюдается метасоматическое развитие ковдорскита в пределах этих псевдоморфоз, причем реликты замещаемого минерала найдены не были. Развитие ковдорскита часто идет от краев к центру псевдоморфозы, внутренне зоны которой обычно сложены ксеноморфными выделениями голу-

Рис. 1. Сажистые псевдоморфозы ковдорскита и других минералов по неизвестному первичному фосфату.



бого ковдорскита, а внешние представлены черным агрегатом реликтов ковдорскита и развивающимся по нему бобьеритом, загрязненным сажистыми минеральными включениями гидроокислов марганца. Часто ковдорскит образует радиально-лучистые агрегаты столбчатых, расходящихся от каких-либо внутренних зон темных псевдоморфоз. Иногда сами монокристаллические выделения резорбированного ковдорскита находятся в центре этих псевдоморфоз, и тогда эти зерна сами похожи на реликты, по которым с периферии развивается бобьерит. Ксеноморфные зерна ковдорскита заполняют трещины и образуют скопления в доломитовых карбонатитах. Образование скоплений монокристалльных крупных зерен, идиоморфных кристаллов и друз кристаллов ковдорскита связано с процессом перекристаллизации мелкозернистого минерала. Найдены друзы диаметром до 15—20 см. Кристаллы ковдорскита удлиненно-призматического облика, часто сдвойникованы по плоскости симметрии. Грани вертикального пояса неровные, со штриховкой вдоль удлинения, что является результатом блокового строения индивидов. Размер кристаллов различен — от первых миллиметров до 2,5 см в длину.

Минерал обычно прозрачен, окрашен в нежные голубые и розовые тона. Интенсивность окраски меняется от слабоокрашенных до зеленовато-синих, синих и коричнево-красных тонов. Часто у кристаллов и радиально-лучистых агрегатов имеется зональность окраски: внутренние или нижние части окрашены в синие, верхние или внешние — в розовые цвета. Иногда наблюдается и

обратная зональность. Ковдорскит розового цвета связан только с зонами перекристаллизации, тогда как в пределах сажистых псевдоморфоз встречен минерал только голубой окраски. Результаты некоторых минералогических исследований ковдорскита приведены ниже, причем материал был тщательно отобран под бинокляром.

Для разных по окраске ковдорскитов были сняты дифрактограммы, подтверждающие правильность диагностики минерала, тогда как различий между разноокрашенными разновидностями выявлено не было. Межплоскостные расстояния, более полные, чем в работе Ю. Л. Капустина с соавторами (1980), для данного минерала приведены в табл. 1. Рассчитанные параметры элементарной ячейки имеют следующие значения:  $a=4.75$ ,  $b=12.90$ ,  $c=10.36 (\pm 0.01)$  Å,  $\beta=102^{\circ}00' (\pm 08')$ .

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы ковдорскита

1		2		3	<i>hkl</i>
<i>l</i>	<i>d</i> , Å	<i>l</i>	<i>d</i> , Å	<i>d</i> , Å	
100	7.96	100	7.96	7.97	011, 01 $\bar{1}$
25	6.47	23	6.45	6.45	020
70	5.46	46	5.44	5.44	021, 02 $\bar{1}$
20	5.06	18	5.04	5.07	002, 00 $\bar{2}$
6	4.72			4.72	012, 01 $\bar{2}$
4	4.57			4.60	10 $\bar{1}$
10	4.36			4.37	110
25	4.31	36	4.32	4.33	11 $\bar{1}$
8	3.99			3.98	022, 02 $\bar{2}$
15	3.94	15	3.94	3.96	031, 03 $\bar{1}$
18	3.77	18	3.77	3.77	120, 111
14	3.73			3.74	12 $\bar{1}$
14	3.66			3.69	11 $\bar{2}$
11	3.35	8	3.37	3.35	121, 003, 00 $\bar{3}$
20	3.29	18	3.28	3.28	013, 01 $\bar{3}$ , 032, 03 $\bar{2}$
11	3.24			3.22	040
13	3.16	15	3.16	3.16	130
10	3.08			3.07	041, 04 $\bar{1}$
30	3.03	21	3.03	3.03	112
10	2.993			2.993	023, 02 $\bar{3}$
7	2.909	5	2.920	2.898	131
6	2.856			2.867	132
55	2.818	59	2.821	2.806	122
40	2.739	21	2.740	2.721	042, 04 $\bar{2}$
42	2.655	25	2.658	2.657	033, 03 $\bar{3}$ , 140
30	2.534	25	2.534	2.534	004, 00 $\bar{4}$
9	2.506			2.500	051, 05 $\bar{1}$
20	2.480			2.487	014, 014 133
20	2.465	18	2.463	2.471	14 $\bar{2}$
30	2.388	25	2.387	2.407	114
2	2.356			2.359	024, 02 $\bar{4}$
5	2.337	7	2.331	2.333	211, 043, 04 $\bar{3}$
12	2.329			2.328	123
60	2.252	64	2.258	2.255	150
5	2.217	4	2.211	2.216	14 $\bar{3}$
2	2.189			2.185	034, 03 $\bar{4}$ , 220
15	2.163	21	2.165	2.159	133, 201
5	2.142			2.142	15 $\bar{2}$
6	2.060	10	2.061	2.054	221
4	1.994	4	1.995	015, 115	015, 044, 04 $\bar{4}$
7	1.964	4	1.955	124	
6	1.945		1.948	16 $\bar{1}$	

Таблица 1 (продолжение)

1		2		3		hkl
l	d, Å	l	d, Å	l	d, Å	
22	1.885	27	1.884	1.885	161	
5	1.868			1.873	242	
9	1.829	10	1.828	1.833	035, 035	
5	1.819			1.814	063, 063, 071, 071	
13	1.745	21	1.744	1.747	251	
5	1.719	5	1.718	1.716	115, 045, 045	
10	1.687	12	1.687	1.689	006, 006	
3	1.664	3	1.661	1.662	251, 172	
6	1.640			1.639	0.64, 064	
15	1.622	23	1.624	1.622	163, 233	
8	1.594	9	1.597	1.594	055, 055, 235, 261	
8	1.568	9	1.567	1.569	252, 311, 312	
5	1.504	5	1.503	1.505	320	
9	1.496			1.496	046, 046	
9	1.487	5	1.486	1.487	074, 181, 182	
9	1.470	6	1.468	1.472	234, 165, 107	
7	1.438	5	1.440	1.438	155, 235, 017, 017	
5	1.412	6	1.410	1.413	056, 056, 027, 136	
7	1.375	10	1.377	1.379	037, 037, 092, 092	
11	1.364	10	1.363	1.364	075, 075	

Примечание. 1 — наши данные, обр. 1 (ДРОН-2, Си-излучение, внутренний эталон — германий); 2 — данные Ю. Л. Капустина и соавторов (1980), 3 — данные, рассчитанные по параметрам обр. 1. Линии, отсутствующие в данных Ю. Л. Капустина, проиндексированы нами по теоретически рассчитанной дебаеграмме.

Для четырех образцов ковдорскита было выполнено определение основных химических компонентов (табл. 2). В связи с тем что  $\text{H}_2\text{O}^+$  определялась при прокаливании образцов до  $1000^\circ\text{C}$ , а  $\text{H}_2\text{O}^-$  — при  $105^\circ\text{C}$ , эти данные затем были пересчитаны с учетом предложенной формулы минерала и результаты пересчета приведены в скобках.

Таблица 2

Результаты химического анализа ковдорскита (мас.%; аналитик Л. Ф. Корсак, ИХС)

Компонент	Розовый		Голубой	
	1	2	3	4
$\text{P}_2\text{O}_5$	32.95	33.15	32.84	33.02
$\text{MgO}$	37.34	37.31	36.90	36.65
$\text{H}_2\text{O}^+$	0.21 (4.17)	0.12 (4.19)	0.03 (4.14)	0.10 (4.14)
$\text{H}_2\text{O}^-$	29.26 (25.30)	29.24 (25.17)	29.10 (24.99)	28.88 (24.84)
Сумма	99.76	99.82	98.84	98.55

По результатам анализов 1—4 были рассчитаны кристаллохимические формулы ковдорскита:

- 1 —  $\text{Mg}_{2.00}(\text{PO}_4)_{1.00}(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,
- 2 —  $\text{Mg}_{1.99}(\text{PO}_4)_{1.00}(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,
- 3 —  $\text{Mg}_{1.99}(\text{PO}_4)_{1.00}(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,
- 4 —  $\text{Mg}_{1.97}(\text{PO}_4)_{1.01}(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Недостаток магния в формулах 3 и 4 можно объяснить возможным присутствием в этих образцах изоморфной примеси железа, которое было определено количественным спектральным анализом. Значения  $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$  в образцах ковдорскита голубого цвета меняются в интервале  $1.60\text{—}2.40$  мас.%, что

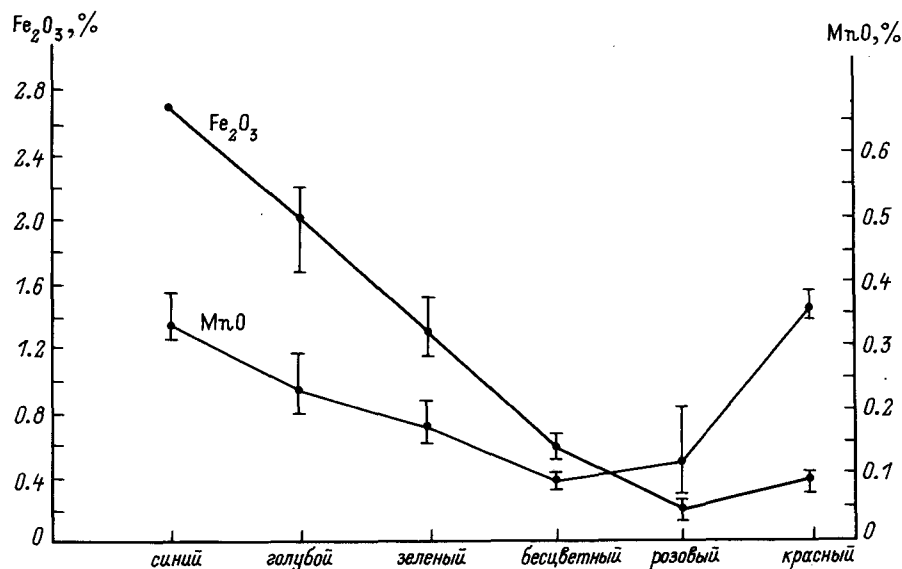


Рис. 2. Зависимость окраски ковдорскита от содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{MnO}$ .

конечно же отразилось на расчете коэффициентов в формулах минерала. В ковдорските розовой окраски содержание железа значительно ниже.

В составе ковдорскита количественным спектральным анализом обнаружены примеси железа и марганца, другие элементы-примеси фактически отсутствуют. Количество  $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$  в образцах меняется от 0.15 до 2.7,  $\text{MnO}$  — от 0.06 до 0.49 мас.%. Увеличение содержаний железа и марганца сопровождается изменением окраски от бесцветной через зеленоватую и голубую до синей (рис. 2). В ряду бесцветных—розовых—красных образцов отмечается возрастание  $\text{Mn}$ -составляющей при низком содержании железа. Розовая окраска образцов проявляется при отношении  $\text{MnO} / \Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3 > 0.35$ .

Под микроскопом минерал прозрачен и бесцветен, иногда замутнен из-за присутствия мельчайших газовой-жидких включений. Оптически двуосный, отрицательный [оптический знак определялся в шлифах по коноскопическим фигурам; на федоровском столике из-за большой величины угла  $2V$  ( $86-88^\circ$ ), а также высокой силы двупреломления оптический знак не удалось определить]. Значения показателей преломления  $N_g$  и  $N_m$  в наших образцах ковдорскита голубой окраски оказались выше таковых, определенных Ю. Л. Капустиным и соавторами (1980) — соответственно  $N_g$  1.563 и 1.547,  $N_m$  1.546 и 1.541,  $N_p$  1.527 и 1.527,  $N_g-N_p$  0.035 и 0.020. Наибольшие значения показателей преломления отмечаются у ковдорскита синей и сине-зеленой окраски ( $N_g = 1.565-1.567$ ). Ориентировка оптической индикатрисы для ковдорскита следующая:  $Nm = [010]$ ,  $cNg = 24^\circ$ ,  $cNp = 66^\circ$ .

Измерение плотности минерала производилось с помощью весов Вестфалы. Получены следующие значения ( $\text{г/см}^3$ ): розовый и красный — 2.326, зеленоватый — 2.333, бледно-голубой и голубой — 2.331—2.336, синий — 2.349. Отмечается некоторое возрастание плотности ковдорскита с увеличением суммарного количества примесей ( $\text{MnO} + \Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Съемка ИК-спектров минерала производилась на инфракрасном спектрометре UR-20 (аналитик Л. И. Заикина) в интервале частот  $400-3700 \text{ см}^{-1}$ . Режим съемки: щель 4, скорость развертки  $160 \text{ см}^{-1}/\text{мин}$ , усиление 7. Образцы тонко растирались в агатовой ступке, спиртовая суспензия наносилась на пластинку КВг.

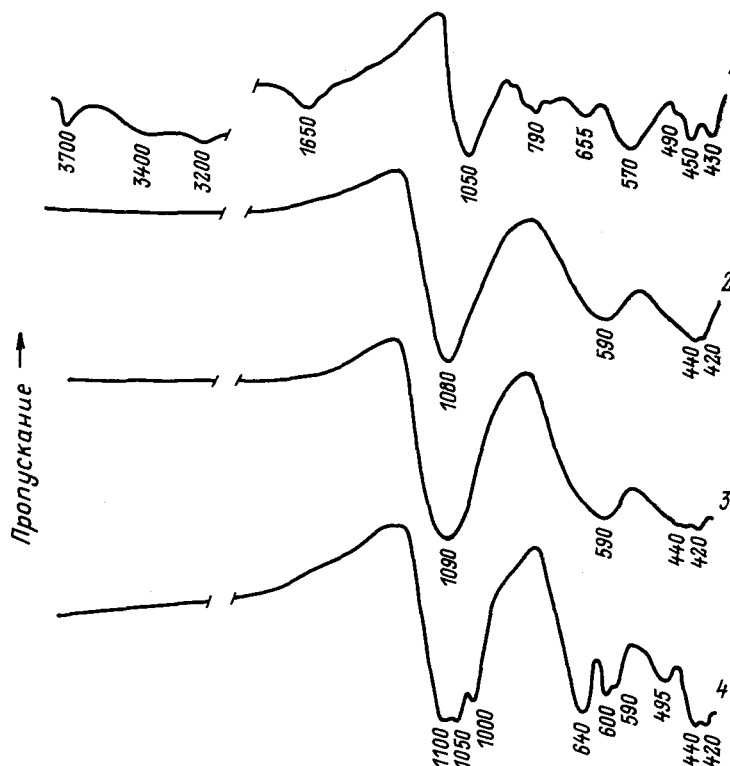


Рис. 3. ИК-спектры ковдорскита при разных температурах.

ИК-спектры поглощения, снятые впервые, были получены для образцов разного цвета, однако их спектры оказались идентичны. Вследствие низкой симметрии структуры спектры имеют большой набор частот (рис. 2, табл. 3).

Полосы поглощения  $655$  и  $790\text{ см}^{-1}$  некоторые авторы связывают с гидроксиллом, входящим в координационную сферу металла в аналогичных соединениях. Для расшифровки особенностей связей были измерены также спектры образцов, нагретых и выдержанных в течение 1 ч при различных температурах, выбранных в соответствии с данными термического анализа. На термограмме, опубликованной Ю. Л. Капустиным с соавторами (1980), присутствуют два эндотермальных пика, связанных с отделением воды ( $320$  и  $420\text{ °C}$ ), и экзотермический пик  $745\text{ °C}$ , отвечающий структурным превращениям минерала. ИК-спектры при температурах  $400$  и  $500\text{ °C}$  сходны, но они резко отличаются от спектров исходного ковдорскита тем, что основная полоса валентных колебаний смещается на  $40\text{ см}^{-1}$  (ее положение —  $1080$  и  $1090\text{ см}^{-1}$  соответственно), а в области  $400\text{—}700\text{ см}^{-1}$  наблюдаются только две частоты —  $590$  и  $440\text{ см}^{-1}$ .

Полос поглощения, связанных с водными группами, не обнаруживается уже после прогрева до  $400\text{ °C}$ . Размытый вид спектра, уширение полос в спектре свидетельствуют о начавшемся разупорядочении структуры. Рентгенография подтверждает присутствие в образце, нагретом до  $400$  и  $500\text{ °C}$ , небольшого количества аморфной фазы, а ИК-спектр позволяет подтвердить принадлежность нового вещества к фосфатам.

Состав образца, прокаленного до  $900\text{ °C}$ , можно приравнять к составу фаррингтонита  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ , что устанавливается как сходством их ИК-спек-

Таблица 3

Частоты полос поглощения в ИК-спектре ковдорскита ( $\text{см}^{-1}$ ), отвечающих ортофосфорным группам, гидроксилу и воде

Образец	$\nu_2-\text{PO}_4$	$\nu_4-\text{PO}_4$ (деформационные)	Mg—OH	$\nu_3-\text{PO}_4$ (валентные)	$\delta-\text{H}_2\text{O}$	$\nu-\text{OH}$ (валентные)
Исходный	430, 450	490, 570	655, 790	1050	1650	3200, 3400, 3700
Нагретые до (°C)						
400	420	590	—	1080	—	—
500	420	590	—	1090	—	—
900	420, 440	495, 590, 600, 640	—	1000, 1050 1100	—	—

тров, так и рентгенографически. На дифрактограмме этого образца, кроме того, присутствуют пики другого вещества или веществ.

Морфология кристаллов ковдорскита. Из собранных образцов ковдорскита, представляющих собой друзы перекристаллизации, удалось выбрать серию кристаллов и впервые выполнить для них гониометрические измерения. Подавляющее большинство кристаллов имеет блоковое строение с субпараллельной ориентировкой вдоль оси  $c$ , в результате чего грани многих простых форм оказались неровными, выпуклыми и покрытыми штриховкой. По результатам измерения 6 кристаллов была составлена таблица 5 сферических координат сводного кристалла и по ней построена стереографическая проекция. Наличие на стереографической проекции граней ромбической призмы в совокупности с плоскостью симметрии  $m$  позволяет отнести ковдорскит к призматическому виду симметрии моноклинной сингонии ( $2/m$ ), что соответствует установленной ранее для кристаллической структуры минерала федоровской группе  $P2_1/C$  (Овчинников и др., 1980). В нашем случае все измеренные кристаллы имели одну головку на конце, обращенном в полости перекристаллизации, а другим концом они прирастали к субстрату.

В табл. 4 содержатся стереографические координаты граней сводного кристалла, приведенные к первой четверти, а по гномоническим проекциям были выполнены чертежи сводного и реальных кристаллов ковдорскита (рис. 4). Простые формы сводного кристалла представлены двумя ромбическими призмами и пинакоидом (010) в вертикальном поясе, а также двумя призмами и двумя пинакоидами головки. Полученное значение угла ( $104^\circ 57'$ ) отличается от такового, вычисленного из рентгеновских данных ( $102^\circ$ ), что,

Таблица 4

Сферические координаты граней ковдорскита (по шести кристаллам);  
 $a : b : c = 0.909 : 0.359, \beta = 104^\circ 57'$

Символ грани	Измеренные				Вычисленные		Количество измеренных граней
	пределы колебаний		средние		$\varphi$	$\rho$	
	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$			
$c \{ 001 \}$	87°38'—95°19'	12°44'—15°37'	89°48'	14°34'	90°00'	12°00'	6
$d \{ 101 \}$	89°01'—92°01'	31°25'—35°04'	89°21'	34°40'	90°00'	33°49'	5
$p \{ 111 \}$	59°18'—63°48'	35°34'—41°21'	61°48'	37°16'	61°40'	37°41'	10
$l \{ 110 \}$	53°10'—48°21'	89°44'—90°48'	50°46'	90°05'	48°48'	90°00'	18
$n \{ 18.7.5 \}$	74°08'	61°04'	74°08'	61°04'	73°51'	61°05'	1
$f \{ 580 \}$	31°14'—36°54'	89°44'—90°48'	35°01'	90°05'	35°30'	90°00'	9
$b \{ 010 \}$	358°06'—3°28'	89°44'—90°48'	0°35'	90°05'	0°00'	90°00'	6
$q \{ 1.44.6 \}$	5°41'—9°11'	69°02'—71°03'	7°04'	69°26'	7°06'	69°29'	4

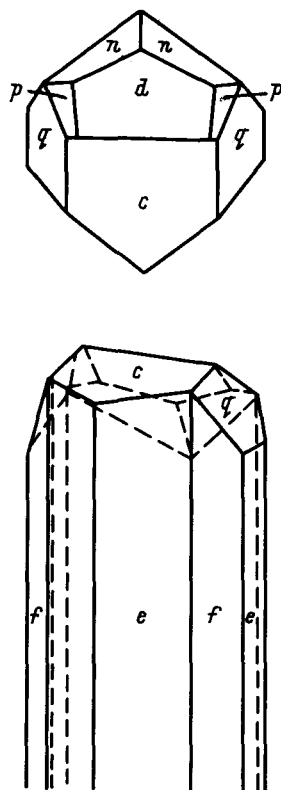
Рис. 4. Морфология свободного кристалла ковдорскита.

по-видимому, связано с плохим качеством сигналов от некоторых граней и расщепленным характером большинства кристаллов. Огранка реальных кристаллов более бедная (отсутствуют грани головки  $n$  и  $q$  или  $p$  и  $d$ ; в вертикальном поясе преимущественно развиты грани  $l$ ). Морфология многих кристаллов сильно искажена из-за тесного их срастания с соседними индивидами и неравномерного развития граней одной простой формы (например,  $n$  или  $q$ ). Поверхности вертикального пояса таких индивидов обычно бывают покрыты индукционной штриховкой.

Как отмечалось выше, ковдорскитовая минерализация связана с поздними доломитовыми карбонатитами, причем этот минерал ассоциирует с карбонатами и фосфатами кальция, магния, железа, в частности, с такими минералами как карбонаты доломит—анкеритового ряда, бобьерит, коллинсит, а также с окислами и гидроокислами железа и марганца, с сульфидами — пирротином и пиритом. Ковдорскитовый мелкозернистый агрегат выполняет промежутки между кристаллами карбоната и почковидными выделениями коллинсита, а также выполняет трещины в них. Бобьерит обычно приурочен к пустотам выщелачивания в доломитовых карбонатитах, где он иногда образует красивые радиально-лучистые агрегаты дощатых кристаллов. С такими пустотами выщелачивания связана минерализация, возникшая при гидротермальной переработке первичных карбонатитов и более ранних минералов. Одним из поздних образований является и тонковолокнистый розовый минерал, условно названный гидропарбигитом — водный фосфат магния, бария, стронция и кальция. Этот чрезвычайно мелкозернистый «пуховидный» агрегат минерала образуется, очевидно, за счет изменения ковдорскита. С ним же связано и развитие сажистых масс окислов и гидроокислов железа и марганца, часто покрывающих тонкой корочкой поверхности некоторых пустот выщелачивания карбонатов. В этой же ассоциации встречаются и налеты землистых агрегатов серпентин-хлоритового состава, имеющих светлую голубовато-зеленую окраску.

Таким образом, ковдорскитовая минерализация связана с поздней гидротермальной переработкой доломитовых карбонатитов, содержащих неизвестный первичный минерал — фосфат, на месте которого и происходило образование более поздних и более устойчивых фосфатов, в том числе и ковдорскита. Температура образования ковдорскита, вероятно, не выше 300 °С, так как при этой температуре при атмосферном давлении начинается разрушение структуры минерала, связанное с отделением воды, о чем свидетельствуют данные термического анализа.

Итак, все главные и второстепенные минералы карбонатитов, содержащих ковдорскит, по условиям образования можно отнести к низкотемпературным гидротермальным, причем завершающие стадии минералообразования —





формирование гидроокислов железа и марганца происходило, по-видимому, не выше 100—150 °С. При таких же температурных условиях могли формироваться серпентин и пирит, происходить последние изменения минералов.

В заключение авторы выражают свою глубокую признательность Л. И. Заикиной, Л. Ф. Корсак и Л. Г. Порицкой за выполнение ряда анализов и ценные консультации.

#### Список литературы

Капустин Ю. Л., Быкова А. В., Пудовкина З. В. Ковдорскит — новый минерал // ЗВМО. 1980. Вып. 3. С. 341—347.

Овчинников В. Е., Соловьева Л. П., Пудовкина З. В., Капустин Ю. Л., Белов Н. В. Кристаллическая структура ковдорскита  $Mg_2PO_4OH \cdot 3H_2O$  // Докл. АН СССР. 1980. Т. 255. № 2. С. 351—354.

Ленинградский университет

Поступила в редакцию  
16 февраля 1989 г.

УДК 550.84(471.151)

© ЗВМО, вып. 6, 1990 г.

Д. чл. Б. Н. ЛУЗГИН

### К МИНЕРАЛОГИИ КРИОГЕННЫХ ЗОН ОКИСЛЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА ГОРНОГО АЛТАЯ

Oxidation zones of ore deposits are considered for the mountainous part of the Mountain Altai. Their structure is compared with zonality of cryogenic areas. Rozenite and siderotile, characteristic sulfate minerals, are described for the first time.

Юго-восток Горного Алтая — высокогорная область, занимающая центрально континентальное положение и имеющая продолжительную холодную зиму. Это обуславливает широкое развитие здесь мерзлотных процессов, приводящих к образованию криогенных зон окисления. Эти зоны локализируются лишь в пределах ограниченных площадей пологих водоразделов, где условия для химического выветривания наиболее благоприятны. В последние годы в пределах региона изучены рудопроявления нескольких новых генетических типов (Лузгин, 1986б). Один из них — каракульский сульфоарсенидно-сульфидный.

Сульфоарсенидно-сульфидные руды проявлений каракульского типа концентрируются в трещинных зонах, наиболее крупной из которых в Горном Алтае является Каракульская. Протяженность ее более 15 км, ширина — от сотен метров до первых километров. Предполагаемая, по геофизическим данным, вертикальная амплитуда оруденения достигает 1 км. Рудные образования каракульского типа относятся к низкотемпературным формациям и представлены редкими колчеданными жилами, линейными штокверками, сопровождаемыми вкрапленной минерализацией различной интенсивности, которые в целом слагают протяженные минерализованные зоны. Состав руд достаточно сложен, но основу их слагают сульфоарсениды и сульфиды — главным образом халькопирит, пирит, пирротин, арсенопирит, глаукоdot, леллингит, кобальтин, в меньшей степени висмутин. А. А. Долгушина и соавторы (1981, 1983),