

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.291+549.472.2

ЗВМО, № 6, 1987 г.

В. И. ВАСИЛЬЕВ

КАДЫРЭЛИТ $\text{Hg}_4(\text{Br}, \text{Cl})_2\text{O}$ — НОВЫЙ ОКСИГАЛОГЕНИД РТУТИ
КАДЫРЭЛЬСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ
(ТУВИНСКАЯ АССР)¹

Из природных гипергенных оксигалогенидов ртути, не имеющих в составе в дополнении к ртути, кислороду и галогенам никаких других элементов, в настоящее время известны эглестонит $\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}^2$, терлингвайт Hg_2ClO , пинчит $\text{Hg}_5\text{Cl}_2\text{O}$, команчеит $\text{Hg}_{13}(\text{Cl}, \text{Br})_8\text{O}_9$, а также недавно открытые в СССР поарковит Hg_3ClO и бромистый эглестонит (Br-эглестонит) $\text{Hg}_4(\text{Cl}, \text{Br})_2\text{O}$ — с переменным, возрастающим от десятых до 8.33 мас. % количеством изоморфной примеси Br (Васильев и др., 1981; Васильев, Лаврентьев, 1986, 1987). Установленные для Br-эглестонита реперные точки содержания Br позволили авторам предположить существование изоморфного ряда природных соединений $\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}$ — $\text{Hg}_4\text{Br}_2\text{O}$, в первую половину которого входят разновидности Br-эглестонита с соотношениями Cl: Br не только 1.5 : 0.5, но и 1 : 1 (ат. %), характерным уже для среднего члена этого ряда.

Высказанное допущение (Васильев, Лаврентьев, 1987) о наличии природного изоструктурного эглестониту оксигалогенида ртути со смешанными галогенами и соотношением $\text{Br} > \text{Cl}$ (ат. %), принадлежащего ко второй половине предполагавшегося изоморфного ряда, подтвердилось находкой в ртутных рудах Кадырэльского проявления именно такого соединения с доминирующим, но непостоянным содержанием Br, достигающим 10.8 мас. % ($\text{Br} : \text{Cl} = 1.28 : 0.70$). Этот минерал назван автором кадырэлитом (kadyrelite) по месту находки. В отличие от Br-эглестонита у галогенной составляющей кадырэлита изоморфной примесью служит Cl и вполне вероятно находка крайнего представителя $\text{Hg}_4\text{Br}_2\text{O}$, в котором этот элемент может полностью отсутствовать.

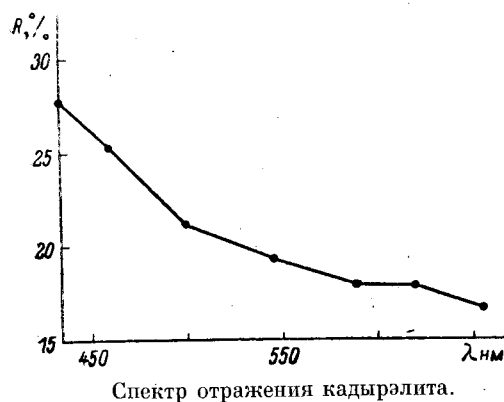
На Кадырэльском рудопроявлении кадырэлит преимущественно тесно ассоциирует с Br-эглестонитом и эглестонитом с малой примесью Br, заполняя пустоты выщелачивания в карбонатных жилах с наложенной гипергенной сауковито-киноварной минерализацией. Более редки индивидуальные его зерна размером до 0.5 мм. Ртуть первичных сульфидов, разрушающихся в зоне окисления, послужила материалом для образования еще нескольких гипергенных минералов: каломели, Br-каломели, кузьминита $\text{Hg}_2(\text{Br}, \text{Cl})_2$, Br-кордеройта, лаврентьевита и др. Показательно, что вблизи скоплений эглестонита и кадырэлита почти всегда присутствуют плохо сохранившиеся зерна сауковита и лимонитизи-

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 13 ноября 1986 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 29 декабря 1986 г.

² Наличие в эглестоните OH-групп или воды, согласно (Mereiter, Zemann, 1976) не подтверждается ИКС-исследованиями (Вершковская и др., 1979; Ковалева, Васильев, 1987).

рованные реликты пирита. При совместном срastании Вг-эглестонита и кадырэлита отличить их друг от друга макроскопически очень трудно. Оба минерала имеют оранжевую окраску, но у кадырэлита она гуще, поэтому точная диагностика возможна только в ходе микросондовых исследований. В комплексных агрегатах (пятнах) оксигалогенидов ртути, иногда достигающих 3 мм в поперечнике, наблюдается определенная закономерность в локализации минералов: центральные части сложены ярко- или густо-оранжевым кадырэлитом, промежуточные более светлым оранжевым Вг-эглестонитом, а наружные — эглестонитом желтого или темно-желтого цвета, в котором примесь Вг не превышает 1.2 мас. %. Границы между зонами распределения минералов в агрегатах нечеткие, а переходы от одного минерала к другому постепенные.

Кроме цвета, кадырэлит внешне ничем не отличается от обычного эглестонита. Хрупкий, твердость около 2.5—3, твердость микровдавливания в среднем 175 кгс/мм² при крайних значениях 143 и 192 кгс/мм² (ПМТ-3, P-25 г, n-10). Возможно, эти данные несколько завышены из-за образования уплотненной тонкой пленки на поверхности минерала во время его полировки окисью хрома. Спайность отсутствует, излом неровный и раковистый, блеск сильный стеклянный до алмазного. Черта оранжево-желтая. Поведение кадырэлита со стандартными реактивами такое же, как и обычного эглестонита. Кусочки минерала от КОН (40 %) моментально чернеют, в HCl



(конц.) они медленно становятся темно-серыми с поверхности, в HNO₃ (1 : 1 и конц.) быстро растворяются с образованием творожистого или хлопьевидного вещества белого цвета. Под воздействием света кадырэлит вначале приобретает оранжево-бурую окраску, а затем чернеет, его порошковые препараты от рентгеновских лучей темнеют.

В проходящем свете минерал прозрачный светло-желто-оранжевый, не плеохроирует, изотропен, показатель преломления >2. В отраженном свете при наблюдении с объективами малых увеличений кадырэлит серо-белый. С сильными объективами заметен слабый голубоватый оттенок. Недвукратно отражает, изотропный с интенсивными оранжевыми внутренними рефлексами. Полируется хорошо, но полированная поверхность в аншлифах под воздействием света быстро покрывается вначале синеватой, а затем коричневатой тонкой пленкой, поэтому определение величин отражения возможно только на свежее отполированных препаратах. По данным замеров (см. рисунок), отражение (% для различных λ нм) невысокое: 436 нм — 27.7 %, 460 — 25.3, 500 — 21.2, 546 — 19.4, 589 — 18.1, 620 — 17.8, 656 нм — 16.6 % (определения сделаны сразу же после полировки образца на приборе ПООО-1, эталон СТФ-3 — теллуритовое стекло).

Химический состав кадырэлита изучался дважды микрорентгеноспектральным методом на автоматизированном микросонде «Камебакс-микро». Первые его анализы, рассматривавшиеся КНМ ММА, были недостаточно качественными, вероятно, из-за неотработанности приемов исследования, весьма неустойчивых под зондом оксигалогидных соединений, особенно с несколькими галогенами. Приведенные в настоящей статье данные о составе минерала (табл. 1) получены при повторном исследовании 5 новых его зерен размером до 0.5 мм, отдельно расположенных в разных образцах руд. По сравнению с предыдущими качество этих анализов более высокое, очевидно, из-за расширения до 5 мкм диаметра электронного пучка, увеличения скорости сканирования и снижения тока образца, способствовав-

ших меньшему разрушению препаратов при электронной бомбардировке. При ускоряющем напряжении 20 кВ и токе поглощенных электронов 6 нА в кадурэлите определялись количественно Hg, Cl, Br, I, Se и S, стандартами для которых служили синтетические HgS ($Hg_{M\alpha}$ - и $S_{K\alpha}$ - линии), $Pb_7S_2Br_{10}$ ($Br_{L\alpha}$ - линия), HgI_2 ($I_{L\alpha}$ -линия), HgSe ($Se_{L\alpha}$ - линия) и природная каломель Hg_2Cl_2 ($Cl_{K\alpha}$ - линия) с содержанием Br не более 0.01 мас.%. Кислород не анализировался, так как родство кадурэлита эггестониту и Br-эггестониту предполагает обязательное присутствие в нем этого элемента.

Таблица 4

Химический состав кадурэлита (мас.%)

Элемент	Анализ зерен					Среднее по всем зернам
	1	2	3	4	5	
Hg	84.59	83.66	84.73	84.57	84.25	84.36
Br	9.62	10.00	10.25	10.26	10.80	10.19
Cl	3.15	2.90	2.67	3.29	2.64	2.93
I	0.02	—	—	0.04	—	0.01
Se	—	0.01	—	—	0.07	—
S	0.11	0.09	0.12	0.08	0.09	—
O	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
С у м м а	99.08	98.26	99.35	99.86	99.39	99.19

Примечание. Анализы зерен расположены в порядке возрастания в них количества Br. Суммы указаны без учета Se и S как неструктурных элементов фонового содержания, количество кислорода — расчетное.

Как видно в табл. 1, содержание Br в изученных зернах кадурэлита варьирует от 9.62 до 10.80 мас.% и его рост сопровождается закономерным в целом уменьшением концентрации Cl, что свидетельствует об изоморфизме Br и Cl в минерале. Учитывая состав предполагаемого конечного члена изоморфного ряда Hg_4Br_2O (82.03 мас.% Hg, 16.34 мас.% Br, 1.63 мас.% O), расчет формулы кадурэлита сделан на 7 атомов заполнения ячейки по средним данным анализов всех зерен с добавлением вычисленного недостающего количества кислорода. Формулу кадурэлита можно представить в виде $Hg_{3.99}(Br_{1.21}Cl_{0.79})_{2.00}O_{1.01}$, а для зерна 5 с максимальной концентрацией Br — $Hg_{4.00}(Br_{1.28}Cl_{0.70})_{1.98}O_{1.01}$. В идеализированном варианте его формула выглядит как $Hg_4(Br, Cl)_2O$, где $Br > Cl$ (ат.%).

Из-за отсутствия монокристаллов кадурэлит изучался только порошковым методом. Порошкограмма минерала (табл. 2) содержит много слабых и диффузных линий, хорошо индицируется в кубической сингонии, подобна рентгенограммам эггестонита и Br-эггестонита, но отличается от них возросшими значениями межплоскостных расстояний. В ней нет рефлексов, которые могли бы относиться к примеси посторонней минеральной фазы. Сравнение рентгенограмм показывает, что кадурэлит изоструктурен с эггестонитом ($a=16.04 \text{ \AA}$) и его бромистой разновидностью, по аналогии с ними имеет пространственную группу $Ia3d$ и увеличенный параметр элементарной ячейки $a=16.22 \pm 0.02 \text{ \AA}$.

Рентгеновская плотность минерала, вычисленная для среднего состава кадурэлита, больше плотности обычного эггестонита ($D_x=8.652 \text{ г/см}^3$) и Br-эггестонита и равна 8.79 г/см^3 (при $Z=24$ и $V=4267.29 \text{ \AA}^3$). Из-за недостатка индивидуальных зерен чистого кадурэлита плотность экспериментально не определялась.

Необходимо отметить, что даже в современной справочной литературе и отдельных публикациях для эггестонита указываются вариации цвета от лимонно-желтого до оранжевого. Сейчас совершенно ясно, что должны

Таблица 2

Результаты расчета рентгенограмм кадырэлита, Вг-эглестонита, эглестонита

Кадырэлит				Вг-эглестонит (Васильев, Лаврентьев, 1987)		Эглестонит PDF, № 29-909	
I	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{выч}, \text{Å}$	hkl	I	d, Å	I	d, Å
—	—	—	211	—	—	7	6.55
3	4.06	4.056	400	3	4.037	35	4.01
—	—	—	332	—	—	1	3.42
10	3.32	3.311	422	10	3.294	100	3.27
1	2.96	2.962	521	1	2.937	6	2.928
<1	2.87	2.868	440	1	2.847	5	2.835
2	2.63	2.632	611, 532	<2	2.610	8	2.601
6-7	2.57	2.565	620	8	2.545	45	2.536
0.5	2.50	2.503	541	1	2.483	5	2.474
—	—	—	631	—	—	1	2.364
2	2.344	2.341	444	2	2.322	11	2.315
0.5	2.296	2.294	543	<0.5	2.276	5	2.268
+	+	+	721, 633	—	—	1	2.182
+	+	+	642	—	—	1	2.143
<0.25	2.055	2.060	732, 651	—	—	2	2.037
<0.25	2.025	2.028	800	0.25	2.011	3	2.005
8-9	1.912	1.912	822, 660	10	1.897	55	1.890
—	—	—	831, 743	—	—	2	1.864
0.5	1.814	1.814	840	0.5	1.799	2	1.793
—	—	—	921, 761	—	—	1	1.729
2	1.731	1.729	664	3	1.718	14	1.709
—	—	—	851	0.25	1.700	2	1.690
0.5 ш. д.	1.656	1.656	932	1	1.644	1	1.654
—	—	—	844	—	—	7	1.637
—	—	—	941	—	—	1	1.620
—	—	—	10.1.1	0.5	1.597	2	1.588
—	—	—	943	0.25	1.565	2	1.558
1	1.546	1.547	10.3.1	1	1.535	4	1.529
1	1.517	1.519	871	1	1.507	5	1.502
—	—	—	10.3.3, 961	0.25	1.483	1	1.476
0.5 д	1.480	1.481	10.4.2	0.5	1.469	6	1.464
—	—	—	11.3.2, 972	0.25	1.392	2	1.385
1 ш. д.*	1.393	1.391	10.6.0, 866	>1	1.381	6	1.375
—	—	—	11.4.1	—	—	1	1.365
<2	1.350	1.352	12.0.0	2	1.343	9	1.336
—	—	—	11.4.3, 981	—	—	1	1.327
—	—	—	11.5.2	<0.25	1.316	1	1.309
<1	1.280	1.282	12.4.0	1	1.274	4	1.265
—	—	—	10.8.2	0.5	1.243	4	1.237
+шд	+	+	12.5.1	—	—	2	1.230
0.5	1.228	1.230	{ 13.2.1 }	1	1.222		
—	—	—	{ 11.7.2 }				
0.25	1.195	1.196	{ 12.6.2 }	>1	1.188		
0.25	1.163	1.165	{ 13.4.3 }	—	—		
—	—	—	{ 11.8.3 }				
—	—	—	{ 12.8.0 }	<0.25	1.120		
<2	1.102	1.104	{ 10.10.4 }	2 ш.	1.096		
—	—	—	{ 12.6.6 }				

Имеется еще несколько диффузных
линий низкой интенсивности

Примечание. Режим съемки кадырэлита: Фильтрованное Cu K_α -излучение, D-57.3, $d_{об} = 0.2$ мм; параметр элементарной ячейки рассчитан по наиболее интенсивным и четким линиям; порошковая диаграмма получена от смеси порошков зерен 2-4 (табл. 1, ан. 2-4). Линии: ш. — широкая; д — диффузная; + — очень слабая, присутствует; * — возможны две сближенные линии.

быть внесены коррективы в эти представления: первичным цветом свежих образцов эггестонита, не содержащего примесей Вг и I, является желтый, а оранжевая окраска минерала может свидетельствовать о находке либо Вг-эггестонита, либо кадырэлита.

Образцы кадырэлита переданы на хранение и для экспозиции в Центральный Сибирский геологический музей Института геологии и геофизики СО АН СССР (Новосибирск) и Музей Горного института (Ленинград).

Автор искренне признателен Л. В. Усовой и Ю. Г. Лаврентьеву за содействие и помощь при определении состава нового минерала.

Литература

Васильев В. И., Лаврентьев Ю. Г., Пальчик Н. А. Поярковит — Hg_3ClO — новый природный оксихлорид ртути. — ЗВМО, 1981, вып. 4, с. 501—506.

Васильев В. И., Лаврентьев Ю. Г. Новые данные о составе эггестонита. — ДАН СССР, 1986, т. 287, № 4, с. 960—963.

Васильев В. И., Лаврентьев Ю. Г. Бромистый эггестонит — $\text{Hg}_4(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})_2\text{O}$ — новая, оранжевая разновидность природного оксихлорида ртути — $\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}$. — Геол. и геофиз., 1987, № 3, с. 117—121.

Вершкова О. В., Черницова Н. М., Власова Е. В., Валуева А. А., Степанов И. И. Новые данные об эггестоните. — ДАН СССР, 1979, т. 248, № 3, с. 715—718.

Ковалева Л. Т., Васильев В. И. Новые данные ИК-спектроскопического изучения эггестонита, шаховита и кузнецовита. — Геол. и геофиз. 1987, № 2, с. 113—116.

Mereiter K., Zemann J. Neubearbeitung des Quecksilberminerals Eglestonit: Kristallstruktur, chemische Zusammensetzung und Synthese. — Tschermaks Min. Petr. Mitt., 1976, N. 23, S. 105—115.

Powder Diffraction File, N 29—909, International Centre for Diffraction Data (JCPDS), 1982.

Институт геологии
и геофизики (ИГиГ)
СО АН СССР,
Новосибирск.

Поступила в редакцию
20 апреля 1987 г.

УДК 549.31

ЗВМО, № 6, 1987 г.

Д. члены Б. В. ЧЕСНОКОВ, В. О. ПОЛЯКОВ, А. Ф. БУШМАКИН

БАЖЕНОВИТ $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

Новый минерал — водный полисульфид-тиосульфат-гидроксид кальция состава $\text{CaS}_5 \cdot \text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ найден Б. В. Чесноковым летом 1984 г. в горелых породах отвала разреза «Коркинский» в Челябинском угольном бассейне на Ю. Урале. Основные сборы минерала сделаны Б. В. Чесноковым и С. В. Ефремовым там же осенью 1985 г. Он получил название баженовит (bazhenovite) в честь ветеранов Ильменского государственного заповедника им. В. И. Ленина УНЦ АН СССР супругов Баженовых: Альфреда Георгиевича (р. 1931), петрографа и геохимика, и Людмилы Федоровны (р. 1938), химика-аналитика, выполнившей анализы ряда новых минералов (в том числе и баженовита).

Отвал разреза «Коркинский» был сложен горелыми породами — продуктами спонтанного обжига аржиллитов, глин, алевролитов, песчаников, сидеритов и других углевещающих пород. Материал отвала использовался как балласт для внутриразрезных и отвальных железнодорожных

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 20 апреля 1987 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 25 февраля 1987 г.