

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ И НАЗВАНИЯ МИНЕРАЛОВ

УДК 549.2 : 549.48 (235.32)

Д. чл. М. И. НОВГОРОДОВА, Д. А. ЖИВЦОВ, д. чл. А. И. ГОРШКОВ,  
Н. В. ТРУБКИН, д. чл. А. И. ЦЕПИНСАМОРОДНЫЙ КАДМИЙ ИЗ ЮЖНОГО ВЕРХОЯНЬЯ<sup>1</sup>

Вторая находка самородного кадмия в Советском Союзе после его открытия Б. В. Олейниковым с соавторами (1979) относится к минерализованным гидротермально-измененным терригенно-карбонатным породам различного возраста, в которых распространена прожилково-вкрапленная свинцово-цинковая и медная минерализация, контролируемая тектоническими нарушениями, входящими в систему Билякчанского регионального разлома (Южное Верхоянье).

Самородный кадмий установлен в протолочках 12 проб минерализованных пород: алевролитах и кварцевых песчаниках усть-кирбинской свиты верхнего рифея (8 проб), доломитах юдомской свиты вендского комплекса (3 пробы) и алевролитах дыбинской свиты нижней-верхней перми (1 проба), отобранных на семи участках в южной краевой части Южного Верхоянья (рис. 1).

Все участки находок самородного кадмия расположены в пределах неширокой (до 20—30 км) полосы, вытянутой в субмеридиональном направлении на расстояние около 140 км, в зоне сочленения крупных структурно-тектонических областей. Важнейшими из них являются область развития отложений палеозойского Верхоянского геосинклинального комплекса и Верхне-Майское поднятие кристаллического фундамента Сибирской платформы, к которым с востока примыкают вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования Ульинского наложенного прогиба (одной из областей тектоно-магматической активизации Охотско-Чукотского пояса). В зоне сочленения этих областей породы прорваны многочисленными массивами раннепозднемиловых гранитоидов, а также дайками и sillами диабазов и габбро-диабазов позднерифейского, среднепалеозойского и мезокайнозойского возраста. В этой же зоне проходит Билякчанский региональный разлом, относимый рядом исследователей к типу глубинных разломов (Ставцев, 1968; Чиков, 1968; Красный, Рассказов, 1975). Длительная сложная история становления рассматриваемой пограничной зоны подчеркивается также тем, что в ее пределах установлено наличие краевых чешуйчато-надвиговых структур (Ставцев, 1976); они фиксируются на мелкомасштабных космических снимках в виде дуговой тектонической зоны протяженностью 450 км. Предполагается, что Билякчанская зона трассирует собой одну из фронтальных линий крупных чешуй, возникших при горизонтальных перемещениях Алдано-Станового блока литосферной плиты в западном направлении вдоль Монголо-Охот-

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 29 апреля 1980 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 27 июня 1981 г. по реферату совместно с Б. В. Олейниковым, А. В. Окружным и Н. В. Лесковой.

ского разлома (Коген, Ставцев, 1980). Распространение в пределах горстообразного поднятия этого района медьсодержащих молласоидных пород нижнего протерозоя, по мнению В. С. Когена с соавторами (1976),

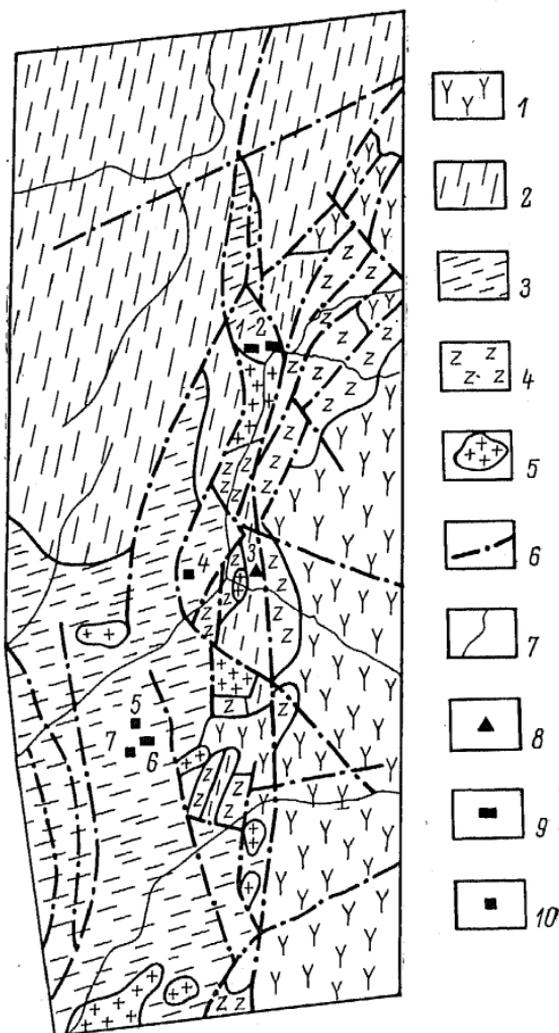


Рис. 1. Структурно-формационная карта южной части Южного Урала (составлена Д. А. Жидковым на основе тектонической карты Сибирской платформы масштаба 1 : 1 500 000, 1977).

1 — мезозойские вулканогенно-осадочные образования Ульинского прогиба; 2, 3 — Аллах-Юнский синклиниорий и Юдомо-Майская зона переходной складчатости Южно-Уральской складчатой системы; 4 — верхнепалеозойские и верхнерифейские — палеозойские терригенные отложения, 5 — верхнерифейские — нижнепалеозойские терригенно-карбонатные отложения; 6 — слонидолоитовые архейско-протерозойские кристаллические сланцы и гнейсы, прорванные архейскими и протерозойскими гранитоидами, и протерозойские метаморфогенно-осадочные образования (Верхне-Майское поднятие); 7 — ранне-позднемереловые гранитоиды; 8 — тектонические нарушения (Верхне-Майское поднятие); 9 — границы структурно-формационных областей; 10 — участки нахождения самородного кадмия; 11 — в алевролитах дыбинской свиты  $P_1 \rightarrow ab$  (т. 3), 12 — в доломитах юдомской свиты  $V_{id}$  (т. 1, 2, 6), 13 — в алевролитах и песчаниках усть-кирбинской свиты  $R_2$  ук (т. 4, 5, 7).

является свидетельством существования на периферии Алданского щита древнего трогового прогиба. Расколы фундамента платформенных отложений по геофизическим данным предполагаются в центральной и юж-

ной частях Билякчанской зоны. Резко выраженные гравиметрические и магнитные аномалии в геофизических полях региона (материалы В. Б. Агеева, Ю. Е. Преображенского, Б. С. Неволлина, 1980) фиксируются между точками 2—3 (рис. 1), где соответствуют основному тектоническому шву Билякчанского разлома, разделяющему отложения геосинклинальной области от кристаллических пород фундамента, и вблизи точек 5—7 (рис. 1), где установлена более широкая и протяженная на север тектоническая зона субмеридионального простирания.

Участки находок самородного кадмия тяготеют к разломам с хорошо проявленной глубинной составляющей (рис. 1). Песчаники и доломиты, вмещающие прожилково-вкрапленную медно-свинцово-цинковую минерализацию, как правило, расланцованы вдоль секущих крутопадающих нарушений, окварцованы и разбиты системой маломощных кварцевых прожилков (рис. 2). Наблюдается слабая амфибололизация, хлоритизация и пиритизация пород. Следует отметить постоянно встречающиеся в протолочках минерализованных пород минералы окислов Fe и Ti (магнетит,

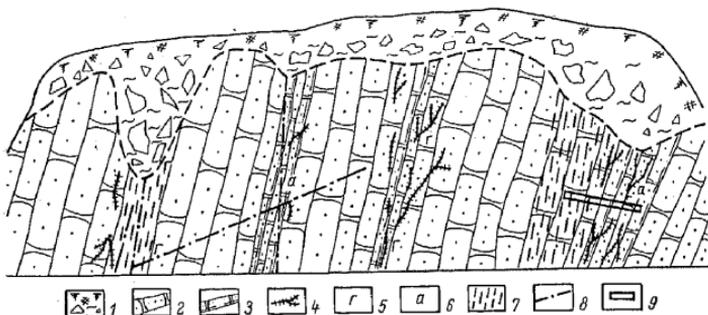


Рис. 2. Схематическая зарисовка расчистки скального обнажения (т. 7, рис. 1).

1 — почвенно-растительный слой, делювиальные обломки и суглинки, 2 — массивные кварцевые песчаники  $\text{K}_2\text{SiO}_5$ ; 3 — кварцевые песчаники с прослоями алевролитов  $\text{K}_2\text{SiO}_5$ ; 4 — окварцевание, кварцевые жилы и прожилки; 5 — амфибололизация; 6 — гематитизация; 7 — расланцование; 8 — разрывные нарушения; 9 — место отбора бороздовой пробы, в протолочке которой установлен самородный кадмий.

илменит, сфен, рутил, лейкоксен, измененный титаномagnetит), эпидот, апатит, реже хромит, гранат, циркон и муассанит. Часть указанных минералов кластогенного происхождения, другие, возможно, являются новообразованными в процессе гидротермально-метасоматической переработки пород. Рудные минералы представлены халькопиритом, борнитом, халькозином, пиритом в участках медной минерализации и галенитом, пиритом, сфалеритом, реже висмутином и сульфотеллуридами висмута, шеллитом в участках свинцово-цинковой минерализации. Общей особенностью всех разновидностей пород, содержащих самородный кадмий, является невысокая степень их сульфидной минерализованности; содержания основных рудных элементов (Cu, Zn) в них редко достигают величины 0.1—0.3%. В этих породах, по данным геохимического опробования, устанавливаются также повышенные относительно фоновых содержания Ag. В связи с этим уместно вспомнить утверждение В. В. Иванова (1966) о тесной связи Cd с Ag во всех типах гидротермальных месторождений. В полиметаллических и медных прожилково-вкрапленных рудах самородный кадмий не зафиксирован, несмотря на значительные локальные концентрации Cu (4—8%), Pb (1.5—6%), Zn (1—2%) и Cd (0.01—0.2%). В сульфидных парагенезисах кадмий концентрируется в сфалерите в виде примеси в содержаниях, превышающих 1%.

Помимо самородного кадмия как в медных, так и свинцово-цинковых проявлениях встречены самородные золото, медь и железо.

Морфология выделений и физические свойства. Самородный кадмий образует мелкие (0.05—0.5) мм округлые, реже пластинчатые выделения. Цвет его круглых «шариков» светло-серый с металлическим блеском, пластинчатых выделений темно-серый, иногда сажисто-черный; в последних металлическая природа вещества угадывается по ярким блестящим царапинам, остающимся после надавливания стальной иглой. В отраженном свете ярко-белый со слабым розовато-желтым оттенком цвета; анизотропия в воздухе не заметна. Твердость микровдавливания (ПМТ-3, тарирован по NaCl, нагрузка 10 г) самородного кадмия  $71.0 \pm 2.5$  кгс/мм<sup>2</sup> (по 50 замерам на 5 зернах). Стороны отпечатка алмазного индентора слабо вогнуты, что свидетельствует о пластичности минерала. Самородный кадмий гораздо тверже искусственного металлического кадмия, для которого в справочниках указывается твердость по Брюннелло, равная 16 кгс/мм<sup>2</sup>. Не исключено, что повышение твердости самородного кадмия связано как с тонкозернистой структурой его выделений, так и с наличием тонкодисперсных включений других минералов, рассмотренных ниже.

При разделении и сепарировании искусственных шлихов из протолок бороздовых проб и штуфов самородный кадмий концентрируется в тяжелой неэлектромагнитной фракции.

Состав, рентгеновская и микродифракционная характеристика. По данным микрорентгеноспектрального анализа (MS-46 «Камека»), проведенного А. И. Целиным, содержание Cd в его круглых «шариках» составляет 95.70—96.73%; определена примесь Sr в количестве 0.23—0.49%, характеризующаяся неоднородным распределением.

Дебаеграмма самородного кадмия из Южного Верхоянья аналогична дебаеграммам металлического искусственного кадмия и этого же минерала из бассейна р. Вилюй, описанного ранее (см. таблицу). Параметры

Результаты расчета дебаеграмм самородного кадмия

Самородный кадмий из Южного Верхоянья		Самородный кадмий из бассейна р. Вилюй (Олейников и др., 1979)		Кадмий (ASTM, 1986)		
I	d/n	I	d/n	I	d/n	hkl
10	2.93	3	2.79	65	2.809	0002
3	2.58	4	2.55	32	2.580	1010
10	2.34	10	2.331	100	2.345	1011
3	1.90	1	1.897	32	1.904	1012
3	1.51	2	1.513	26	1.516	1013
—	—	1	1.488	19	1.490	1120
—	—	—	—	3	1.404	0004
8	1.31	1	1.312	17	1.316	1122
—	—	—	—	2	1.290	2020
4	1.25	1	1.255	13	1.258	2021
3	1.21	—	—	4	1.234	1014
7	1.06	—	—	5	1.0622	2023
1	1.028	—	—	3	1.0303	1015
7	1.022	—	—	4	1.022	1124

Примечание. Условия съемки: камера РКД=53.7 мм, Fe излучение, размер образца 0.3 мм. Расчет дебаеграммы выполнен М. Т. Дмитриевой.

гексагональной ячейки (пространственная группа  $P6_3/mmc$ )  $a_0 = 2.98 \pm 0.01$  Å и  $c_0 = 5.62 \pm 0.01$  Å, что полностью совпадает с эталонными значениями.

Самородный кадмий был изучен методом просвечивающей электронной микроскопии в утоненных препаратах, изготовленных путем механического раздавливания его зерен между стеклами по методике, предложенной Н. В. Трубкиным (1980), и в водных суспензионных препаратах.

Электронно-микроскопические микродифракционные исследования проводились с одновременным определением химического состава анализируемых частиц на электронном микроскопе JEM-100 C с энергодисперсионной приставкой «Кевекс-Рэй».

Микродифракционные картины, полученные как с поликристаллических, так и монокристаллических участков самородного кадмия, подтверждают отнесение структуры этого минерала к гексагональной с пространственной группой  $R\bar{6}_3/mmc$  и параметрами элементарной ячейки  $a_0 = 2.98 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 5.62 \text{ \AA}$  (рис. 3). Особо отметим, что самородный кадмий в анализируемых участках не содержал каких-либо примесей, в том числе и  $\text{Sr}$  (рис. 3), определяемого микрорентгеноспектральным анализом. Демонстрируемые на рис. 3 микродифракционные картины и электронно-микроскопические изображения, полученные после утонения круглого «шарика» самородного кадмия, позволяют заключить, что «шарики» имеют поликристаллическое строение и представляют собой агрегат мельчайших кристаллитов размером от 0.04 до 0.3 мкм.

Природные сростки самородного кадмия и включения в нем. Сростки таких экзотических минералов, как самородный кадмий, с другими минералами, чье природное происхождение не вызывает сомнений, являются наиболее достоверными доказательствами природного происхождения экзотических минералов. Одним из наиболее часто встречающихся в сростании с самородным кадмием минералов является  $\alpha$ -кварц гидротермальных жил и прожилков. На рис. 4 демонстрируется сростание шарика самородного кадмия с кварцем, причем в трещинах зерен кварца заметны мелкие пластинчатые выделения нового минерала, свидетельствующие о более позднем по отношению к кварцу времени его отложения. Отмечены сростания кадмия с хлоритом, содержащим мелкую вкрапленность неизмененного халькопирита, а также с пластинчатым амфиболом, раздробленным и замещенным кварцем и карбонатами (рис. 4). По химическому составу и картинам микродифракции железо-кальциево-магнезиальный амфибол близок к антофиллиту. Карбонат отнесен к редкому минеральному виду отавиту ( $\text{CdCO}_3$ ). Скопления отавита постоянно отмечаются в утоненных шариках самородного кадмия. Судя по микрофотографии и кольцевым рефлексам картин микродифракции, отавит присутствует в тонкодисперсных выделениях (рис. 5).

В сростании с самородным кадмием обнаружен также другой редкий минерал кадмия — монтепонит ( $\text{CdO}$ ), впервые найденный в СССР.

Монтепонит ориентированно замещает самородный кадмий, и сам в свою очередь замещается отавитом (рис. 6). Закон ориентированного сростания  $\text{CdO}$  и  $\text{Cd}$  устанавливается по микродифракционным картинам. В частности, на электронограмме рис. 7 представлены рефлекссы, отвечающие двум сечениям гранецентрированной кубической решетки (110) и (211) и сечению гексагональной решетки  $\text{Cd}$  (11.2). Одновременное присутствие на электронограмме рефлекссов указанных сечений объясняется тем, что расхождение между соответствующими плоскостями обратных решеток двух минералов составляет примерно  $7^\circ$ , а вытянутость узлов вследствие мозаичности, блочности и низкой степени окристаллизованности (последнее справедливо для  $\text{CdO}$ , рефлекссы которого весьма диффузны) приводят к одновременному пересечению их сферой Эвальда. Выявленная взаимосвязь между установленными сечениями  $\text{CdO}$  и  $\text{Cd}$  примерно отвечает известному ориентационному соотношению атомных решеток для гексагональных ( $H$ ) и гранецентрированных кубических ( $F$ ) кристаллов:  $(111)_F \parallel (111)_{FD} \parallel (001)_H$ ;  $[101]_F \parallel [101]_{FD} \parallel [10.0]_H$  (Утевский, 1973), т. е. двойник  $\text{CdO}$  по плоскости (111) находится в сростании с монокристаллом  $\text{Cd}$  по плоскости (001). Следует отметить, что по электронограммам, полученным от частиц  $\text{CdO}$ , при перпендикулярном положении их плоскостей (111) к электронному пучку в силу гексагонального распределения рефлекссов их электронограмм закон двойникования

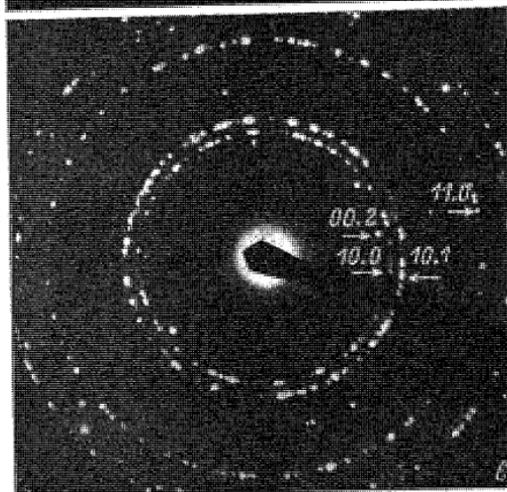
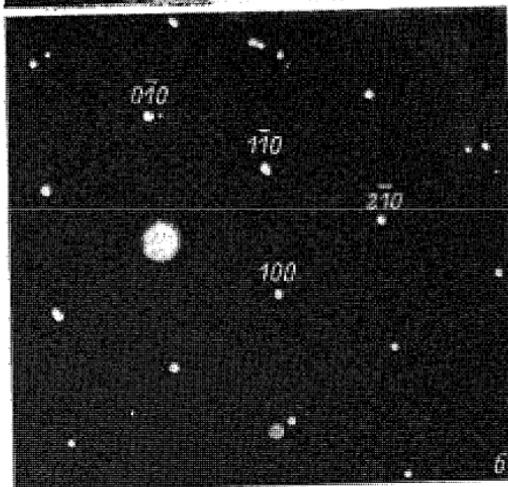
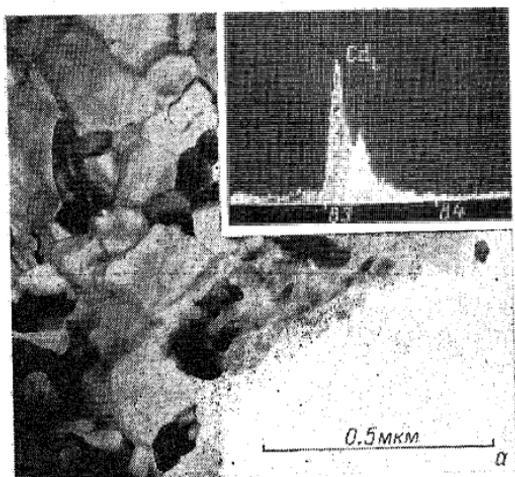


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение поликристаллического агрегата самородного кадмия.

а — увел. 89 600 и микрофракционные картины, полученные с монокристаллических, сечение 00,1\* (б) и поликристаллических (в) участков.

выявить невозможно. Получены темнопольные электронно-микроскопические изображения сростков кадмия и монтепонита в свете сильного рефлекса 111 Cd и слабых диффузных 111 CdO и 200 двойника CdO (рис. 7). Яркие светлые участки на приводимой микрофотографии соответственно обозначают положение Cd; вытянутые темные участки отвечают монтепониту с плохой пространственной упорядоченностью (почти полностью в аморфном состоянии в центральной части выделений и в более окристаллизованном виде по краям их). На этой же микрофотографии

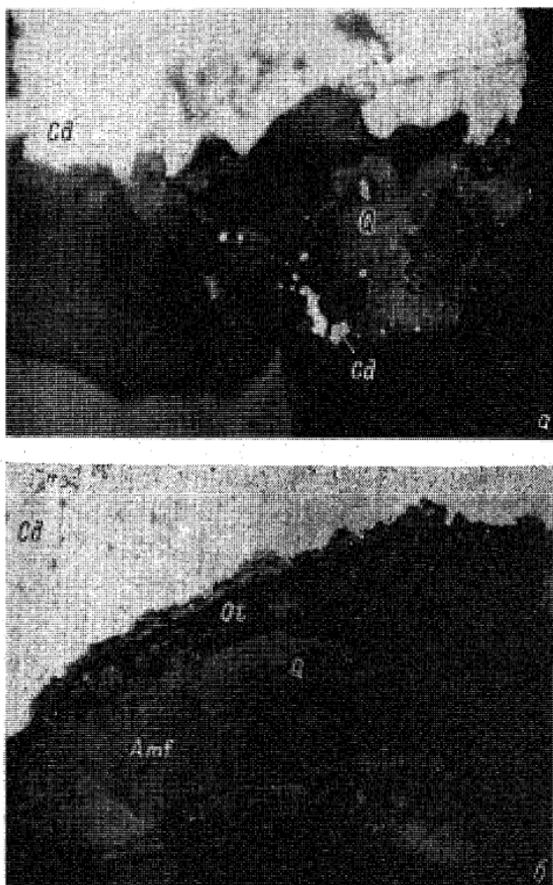


Рис. 4. Природные сростки самородного кадмия (белые) с кварцем (Q) (а) и выделением (Amf) раздробленным и замещающим кварцем и ствантом (Q) — (б). Полир. шлифы, увел. 830.

видны реликты кадмия, заключенные в полуморфной массе монтепонита (рис. 7). По-видимому, окисление самородного кадмия и замещение его монтепонитом проходит стадию аморфизации. В этой связи следует упомянуть о быстрой окисляемости самородного кадмия. На воздухе свежий срез его округлых выделений быстро (в течение 1—2 ч) туснеет, а полированная поверхность спустя год—полтора после изготовления аншлифов теряет свой блеск и цвет, покрываясь черными самородными налетами монтепонита. Последние характерны для пластичных выделений самородного кадмия, внутри которых обнаруживается выщелоченная самородного железа, более устойчивые к окислению, чем кадмий (рис. 8). Вы-

царапанные из аншлифа для получения дебаегрaммы (см. таблицу) мелкие частички самородного кадмия уже через несколько дней полно-

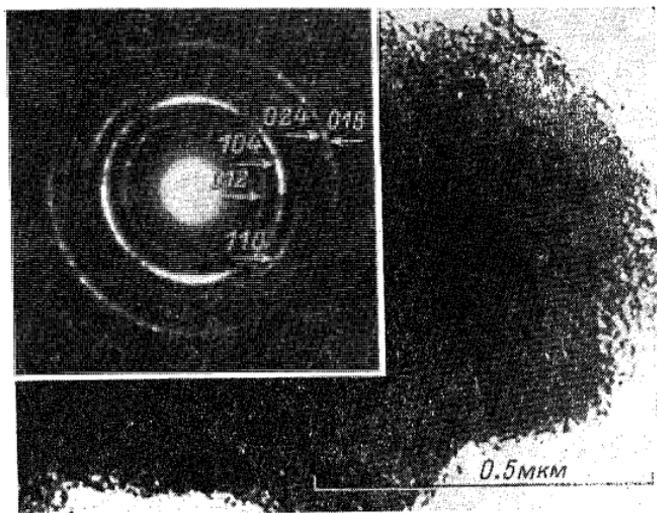


Рис. 5. Электронно-микроскопическое изображение (увел. 100 000) и картина микро-дифракции отавита.

стью почернели и превратились в полуаморфную массу. На повторной дебаегрaмме того же препарата можно было различить лишь две-три наиболее сильные линии кадмия.

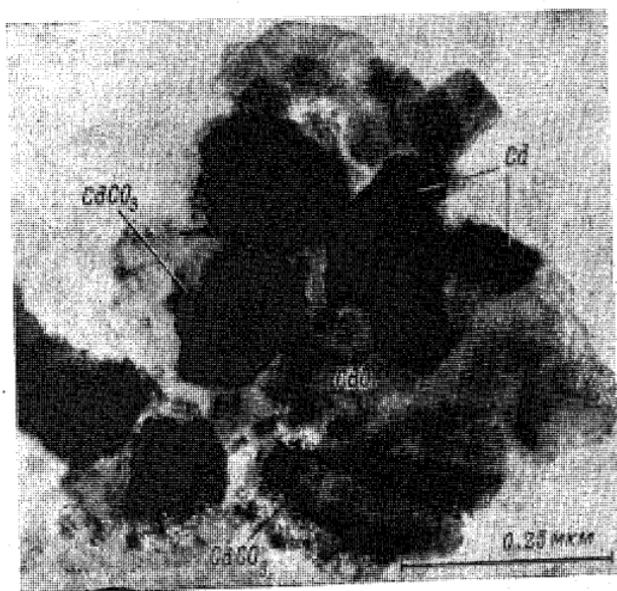


Рис. 6. Замещение самородного кадмия (Cd) монтепонитом (CdO), в свою очередь замещаемого отавитом ( $\text{CdCO}_3$ ). Электронно-микроскопическое изображение утоненного образца, увел. 250 000.

По всей видимости, устанавливаемые на электронно-микроскопическом уровне тонкодисперсные окисные и карбонатные соединения,

анатаза, графит, эсколаит ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) и муассанит ( $\text{SiC}$ ). Присутствие эсколаита объясняет повышенные количества примеси хрома в самородном кадмии, установленные микронзондом. Особо следует остановиться на муассаните, обнаруженном внутри шарика кадмия. Диагностика частиц муассанита осуществлялась по их картинам микродифракции. Политипная модификация этого минерала наиболее просто и надежно устанавливается по электронограммам, отвечающим сечениям решеток, перпендикулярным базисной плоскости (001). В частности, на рис. 9 представлена электронограмма, отображающая плоскость (120)\* обратной решетки муассанита. Базальные рефлексы 00 $l$  расположены в 6 раз реже по сравнению с рефлексами 21 $l$ , причем  $l$  со значениями, кратными 6, отсутствуют. Расстояние между пространственными рефлексами в направлении оси [001] отвечает периоду  $c=15.2 \text{ \AA}$ . Указанные дифракционные признаки однозначно характеризуют политипную модификацию 6H, которая наиболее широко распространена в природных объектах. Прямое изображение узловых плоскостей (001) кристаллической решетки муассанита (рис. 9) с межплоскостным расстоянием  $15.2 \text{ \AA}$  также отвечает политипной модификации 6H этого минерала. Отметим, что находка природного SiC-6H

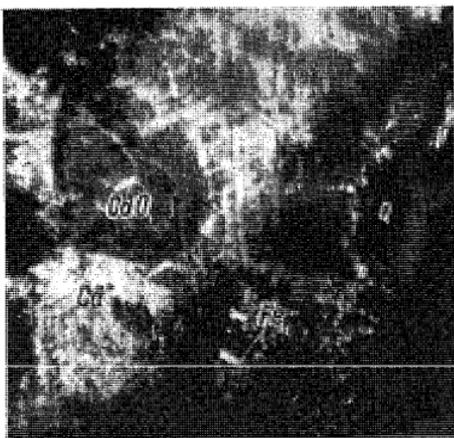


Рис. 8. Самородный кадмий (Cd) с включением самородного железа (Fe), замещенный монтепонитом, в кварце. Полир. шлиф. Увел. 630.

в сростании с самородным кадмием — первая среди всех прочих известных находок этого минерала, сделанная в рудных гидротермально-метасоматических проявлениях.

Условия образования самородного кадмия. Самородный кадмий впервые был обнаружен в габбро-долеритах Усть-Ханьинского трещинного интрузива в восточной части Сибирской платформы; предполагалось, что кадмий является одним из наиболее ранних магматических минералов этих пород, обособившимся от силикатной матрицы на начальном этапе преобразования базитового расплава при взаимодействии его с нитрателлурическим существенно водородным флюидом (Олейников и др., 1979). Предположение о кристаллизации кадмия из расплава и дальнейшая сохранность этого минерала в виде включений в силикатах и алюмосиликатах на протяжении всей последующей высокотемпературной истории становления базитов представляется маловероятным ввиду низкой температуры плавления Cd ( $320.9^\circ \text{C}$ ). Высокие давления в общем случае, безусловно, приводят к повышению температур плавления минералов, однако для металлического кадмия вряд ли следует ожидать, что при давлениях 10—20 кбар температура его плавления превысит  $1500\text{--}1600^\circ \text{C}$ , предполагаемые Б. В. Олейниковым для начальных стадий кристаллизации базитовых расплавов. Экспериментально установлено, что для металлического железа, например, изменение давления от нормального до 50—60 кбар приводит к повышению температуры плавления всего на 10%. Невысокая температура кипения и сублимации кадмия ( $767^\circ \text{C}$ ) вставляет отвергнуть также предположение о том, что этот минерал мог сохраниться в законсервированном капельно-жидком виде в ранних магматических минералах. По всей види-

мости, образование самородного кадмия следует связывать с постмагматической деятельностью в условиях относительно невысоких температур.

Условия нахождения и минеральные ассоциации самородного кадмия, рассмотренные в настоящей статье, полностью отрицают возможность кристаллизации самородного кадмия из расплава. В рассмотренном нами случае самородный кадмий был образован при невысоких температурах и давлениях в процессе гидротермально-метасоматического изменения терригенных и карбонатных пород, предшествующего формированию прожилково-вкрапленной медно-свинцово-цинковой минерализации. Эта минерализация близка к полиметаллическому оруденению известного Сарданинского месторождения, относимого к классу стратиформных месторождений (Стратиформные... , 1979). Парагенезис самородного

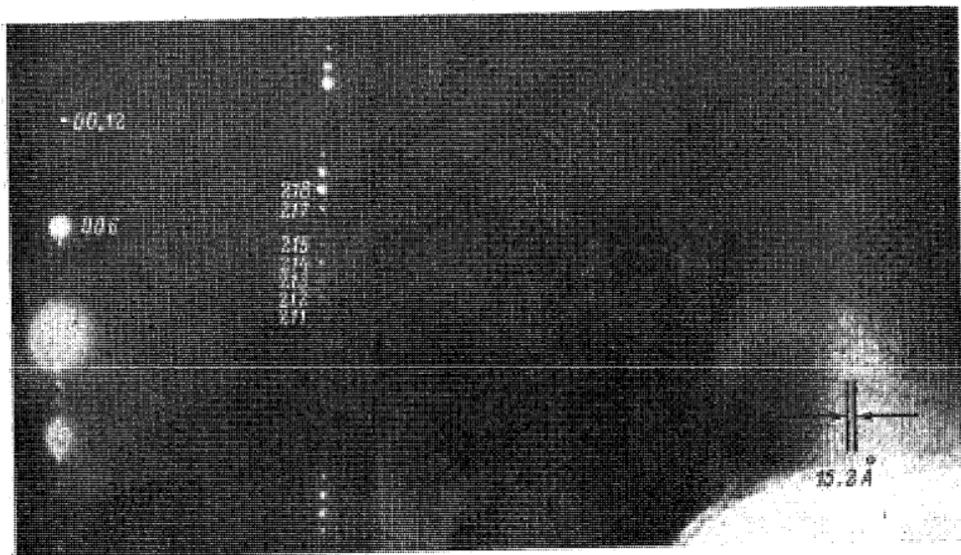


Рис. 9. Прямое электронно-микроскопическое изображение угловых плоскостей (001) кристаллической решетки муассанита и микродифракционная картина плоскости (120)\* его обратной решетки.

кадмия с муассанитом и самородным железом мог быть сформирован лишь в высоковосстановительной среде при низкой активности серы. Из диаграммы равновесий окисленных и восстановленных форм различных металлов в зависимости от летучести кислорода и температуры (Зотов и др., 1980) следует, что самородный кадмий при температуре 300° и менее может быть устойчив при  $f_{O_2} \leq 10^{-32.5}$  в присутствии воды, однако сростки кадмия с муассанитом заставляют предположить безводную среду их кристаллизации. В противном случае вместо муассанита должна быть устойчива ассоциация  $SiO_2 + C$ . «Сухая» высоковосстановительная среда может быть обеспечена углеводородными газами. Предположение о возможности газоконденсатных реакций в потоке восстановительных газов было высказано ранее для объяснения условий кристаллизации таких металлов как самородные алюминий, цинк и другие (Новгородова, 1979, 1980). Оно представляется весьма вероятным для объяснения условий образования самородного кадмия в терригенных и карбонатных толщах рассмотренного района. Известно, что к базальным горизонтам вендского (юдомского) комплекса приурочены основные притоки газа и нефти на Сибирской платформе (Работнов, Кулибакина, 1972). На это обстоятельство обратила внимание Л. Н. Гриненко (Стратиформные... , 1979),

не исключившая участия в формировании полиметаллических руд Сардинского месторождения нефтяных метановых газов.

Показательно, что самородный кадмий, так же как и другие самородные металлы, обнаруженные в последние годы в гидротермальных месторождениях, располагаются в участках рудных тел, лишенных сульфидной минерализации, или на их флангах. Ввиду большого сродства большинства металлов, в том числе и кадмия, к сере, это обстоятельство вполне объяснимо, однако требует условия либо одновременного образования самородных металлов и их сульфидных соединений, либо существенных различий в составе минералообразующей среды в центральной части рудных тел и на их флангах. Для рассматриваемых рудопроявлений мы не располагаем достаточным количеством фактического материала, чтобы в какой-то мере решить этот вопрос. Можно лишь предположить по аналогии с ранее встреченными ассоциациями самородных металлов, что кадмий явился одним из ранних минералов прожилково-вкрапленных руд, впоследствии подвергшийся гипогенному окислению и переотложению в сульфидной форме в виде примеси в сфалерите и других сульфидах.

Что касается монтепонита и отавита, то эти два минерала, по всей видимости, являются новообразованиями зоны окисления.

#### Литература

- Зотов И. А., Олейников В. В., Округин А. В., Курдюков Е. В. (1980). Оценка физико-химических условий появления и устойчивости самородных металлов в магматических образованиях. ДАН АН СССР, т. 255, № 5.
- Иванов В. В. (1966). Геохимия рассеянных элементов в гидротермальных месторождениях. «Недра».
- Коген В. С., Рунов Б. Е., Ставцев А. Л. (1976). Медистые песчаники в низкотермовойских отложениях Южного Верхоялья. Геол. и геофиз., № 4.
- Коген В. С., Ставцев А. Л. (1980). Роль дуговых тектонических зон, отделившихся на космических снимках в размещении стратиформного оруденения на Юго-востоке Сибири. ДАН АН СССР, т. 250, № 1.
- Красный Л. И., Рассказов Ю. П. (1975). Новый рудный район в Северном Приохотье. Разв. и охр. недр, № 12.
- Новгородова М. И. (1979). Находка самородного алюминия в кварцевых жилах. ДАН СССР, т. 248, № 4.
- Новгородова М. И. (1980). Новая группа природных твердых растворов и интерметаллидов. Докл. сов. геол. на XXVI МГК. Геохимия, минералогия. «Наука».
- Олейников В. В., Округин А. В., Лескова Н. В. (1979). Самородный кадмий в графитах Сибирской платформы. ДАН СССР, т. 248, № 6.
- Работнов В. Т., Кулибакина И. В. (1972). Нефтегазопроявления в верхнем докембрии. Геол. и геофиз., № 6.
- Ставцев А. Л. (1968). Тектоника юго-востока Сибирской платформы и сопредельных подвижных областей. Автореф. канд. дис.
- Ставцев А. Л. (1976). О тектонике и металлогении краевых чешуйчатонадвиговых зон в обрамлении древних платформ. ГРМ, № 1.
- Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в отложениях венда юго-восточной Якутии (1979). Новосибирск, «Наука».
- Тектоническая карта Сибирской платформы в масштабе 1:1 500 000. Обязательная записка (1977). Л., ВСЕГЕИ.
- Трубкин Н. В. (1980). Методика механического утонения металлических частиц малых размеров для их фазовой неоднородности. Тез. докл. на симпозиуме «Применение новых электронномикроскопических методов в технологии, кристаллографии и минералогии». М.
- Утевский Л. М. (1979). Дифракционная электронная микроскопия в металлургии. «Металлургия».
- Чиков В. М. (1978). Срединные массивы и вопросы тектонического районирования складчатых сооружений. Тр. ИГГ СО АН СССР, вып. 408.
- A S T M. (1966). N5-0674. Philadelphia.