

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.331

Д. чл. Г. В. НЕСТЕРЕНКО, А. И. КУЗНЕЦОВА, Н. А. ПАЛЬЧИК,
Ю. Г. ЛАВРЕНТЬЕВПЕТРОВСКАИТ $\text{AuAg}(\text{S}, \text{Se})$ —
НОВЫЙ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩИЙ СУЛЬФИД ЗОЛОТА
И СЕРЕБРА¹

В нижней части зоны окисления золотосодержащего сульфидного месторождения Майкаин «С» (Центральный Казахстан) на глубине около 60—65 м в барито-кварцевой сыпучке с самородной серой и вторичными сульфидами меди и серебра обнаружен новый сульфид золота и серебра с примесью 1—2% селена. В честь известного советского исследователя минералогии золота, доктора геолого-минералогических наук, лауреата Государственной премии СССР Нины Васильевны Петровской минерал назван петровскаитом (petrovskaitе). В ассоциации с кераргиритом петровскаит образует «рубашки» на выделениях неоднородного (с пробой 850—1000) самородного золота. Размер частиц золота чаще равен долям миллиметра, хотя в технологических пробах (Крейтер и др., 1958) встречались и более крупные, размером

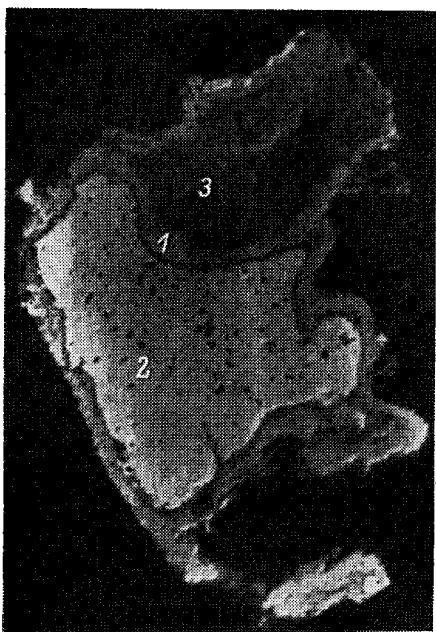


Рис. 1. «Рубашка» петровскаита (1) на золотилах неоднородного строения (2).

Черный фон — эпоксидная смола. Монтированный аншлиф, увел. 300. Изображение в обратнорассеянных электронах (снимки на рис. 1, 2 выполнены С. В. Летовым на сканирующем микроскопе ISM-35).

до 3—4 мм, золотины. Толщина «рубашки» редко превышает 10—20 мм (рис. 1).

Тонкозернистый (с величиной зерен до первых микрометров) микропористый агрегат петровскаита (рис. 2) располагается тонкими слоями параллельно поверхности золотины, образуя микрополосчатую текстуру; наблюдаются также участки петельчатого и пятнистого строения. Минерал непрозрачный, немагнитный. Цвет его темно-серый до черного, цвет порошка темно-серый, иногда с чуть заметным красно-бурым оттенком, блеск

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 28 апреля 1983 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 28 января 1984 г.

матовый, металлический. Новый минерал хрупкий, мягкий, вследствие чего «рубашка» легко раздавливается, расчлняясь на чешуйки, и снимается с золотин, обнажая их чистые поверхности. Из-за малых размеров выделений минерала и невозможности получить его в чистом виде определить удельный вес петровскаита прямыми измерениями не удалось.

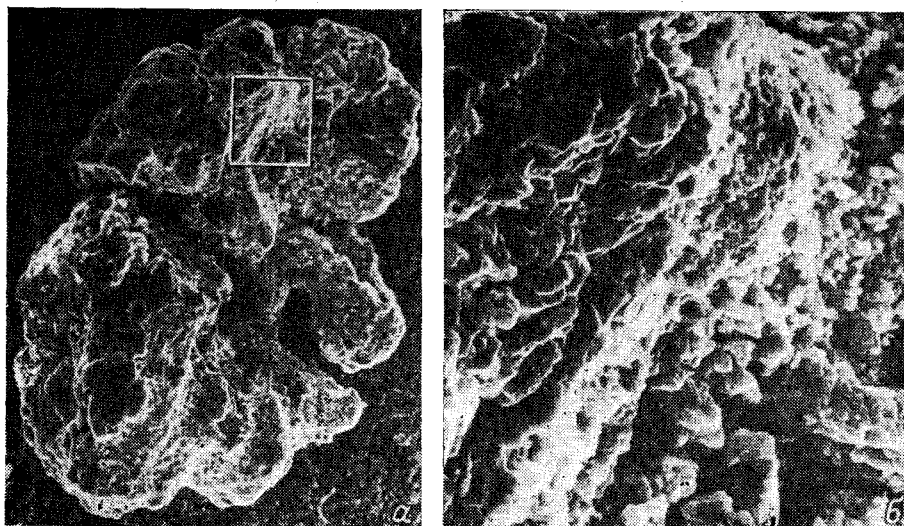


Рис. 2. Тонкозернистые, микропористые выделения петровскаита на золотине.
a — общий вид зерен, увел. 300 (мелкозернистый серый фон — серебряный клей); *б* — деталь естественной поверхности, увел. 2000. Изображение во вторичных электронах.

В отраженном свете петровскаит серый, слабо анизотропный с темно-красными внутренними рефлексами. Эффект «анизотропии» заметно усиливается в несвежих неподполированных шлифах. Отражение невысокое (табл. 1). Кривая дисперсии отражения характеризуется небольшим ма-

Т а б л и ц а 1

Дисперсия отражения (R , %) петровскаита

λ , нм	R , %			λ , нм	R , %		
	1	2	3		1	2	3
440	27.7	28.0	28.0	600	28.3	28.2	28.3
460	28.1	28.4	28.2	620	27.8	27.6	27.7
480	28.3	28.4	28.4	640	27.3	27.3	27.4
500	28.6	28.6	28.6	660	26.9	26.7	26.9
520	28.8	28.7	28.8	680	26.7	26.6	26.7
540	28.7	28.8	28.8	700	27.0	26.8	26.7
560	28.9	28.9	28.9	720	27.1	27.0	26.8
580	28.6	28.6	28.7	740	27.3	27.2	27.0

П р и м е ч а н и е. Спектры (в трех образцах) сняты С. Д. Абулгазиновой и Е. А. Курманбаевым в ГИН АН КазССР на установке КСВУ-1 с применением ЭВМ «Электроника ДЗ-28» на микроскопе Reichert. Увел. 320. Каждое значение R является средним по 20 замерам.

ксимумом в интервале длин волн 540—580 нм и минимумом при 660—700 нм (рис. 3). Двуотражение минерала, определенное на установке ПООС-1, оценивается следующими значениями $R_{\text{макс}}$ и $R_{\text{мин}}$: 27.0—22.1, 29.0—20.5, 29.5—21.5, 29.2—21.8, 29.5—24.8, 29.3—23.8 для длин волн соответственно 656, 620, 546, 500, 460 и 434 нм. Твердость микровдавлива-

ния (H), измеренная по четырем зернам в полированных шлифах (ПМТ-3, $P=10$ г, выдержка 5 с), в среднем равна 45.5 кг/мм^2 ($H_{\text{макс}}=47.8 \text{ кг/мм}^2$ и $H_{\text{мин}}=39.9 \text{ кг/мм}^2$), что примерно соответствует твердости по шкале Мооса около 2—2.5 ($H_{\text{ср}}$ ассоциирующего с петровскаитом золота равна 60.8 кг/мм^2). Минерал в аншлифах из зоны окисления может быть принят за окислы и гидроокислы железа, а также аргентит (от первых отличается низкой твердостью, от последнего — красными внутренними рефлексами).

Стандартными реактивами FeCl_3 , KOH и HCl не травится, от HNO_3 (1 : 1) покрывается легко счищаемым буроватым налетом.

Состав минерала определен методом рентгеноспектрального микроанализа на электронном микрозонде «Камебакс-микро» с четырьмя кристалл-

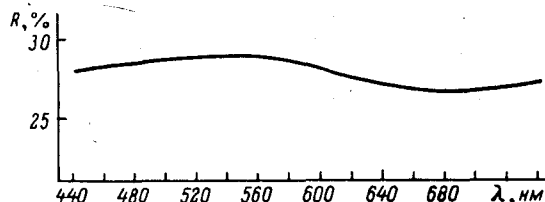


Рис. 3. Кривая дисперсии отражения (R , %) петровскаита.

дифракционными спектрометрами. При ускоряющем напряжении 15 кВ и токе поглощенных электронов 5—6 нА одновременно регистрировались аналитические линии $\text{Au}_{M\alpha}$, $\text{Ag}_{L\alpha}$, $\text{S}_{K\alpha}$, $\text{Se}_{L\alpha}$. Время регистрации в одной точке 10 с. Воспроизводимость собственно рентгеноспектральных измерений (s_r) на хорошо отполированном однородном золото-серебряном эталоне 1.6% для Au и 2.0% для Ag. В качестве эталонов использовались золото-серебряный сплав, содержащий 75% Au и 25% Ag (на Au и Ag), PbS (на S) и ZnSe (на Se). Дополнительно уточнялось присутствие Te, Cl, Si, Cu, Zn; их содержание оказалось ниже предела обнаружения (около 0.15%). Расчет концентраций по измеренным интенсивностям производится с помощью программы «Карат».

Определение химического состава петровскаита проведено в одиннадцати образцах (каймах). Результаты по семи наиболее надежным анализам (с суммой элементов, близкой к 100%), усредненным не менее чем по трем точкам каждый, приведены в табл. 2. Все они близки друг к другу,

Таблица 2

Химический состав петровскаита (мас. %)

Элемент	Анализы								Средний	Стехиометрический
	1	2	3	4	5	6	7	s_r		
Au	58.8	58.3	60.0	55.9	58.0	58.7	60.5	2.6	58.6	58.5
Ag	30.5	30.7	29.8	33.3	31.7	31.3	29.9	3.9	31.0	32.0
S	9.69	9.08	9.71	9.40	9.73	9.52	9.66	2.4	9.54	9.52
Se	1.77	1.84	1.13	1.54	1.10	1.07	1.00	—	1.35	
Сумма	100.8	99.9	100.6	100.2	100.5	100.6	101.1		100.5	

что подтверждает правильность определения состава петровскаита. Подмечено, что более удовлетворительные результаты чаще удавалось получить на каймах толщиной 10—20 мкм. У анализов, полученных по более широкому и, казалось бы, однородным выделениям, сумма концентраций была, как правило, на 3—8% занижена, а соотношение между элементами (особенно между Au и Ag) изменялись в более широких пределах. Это явление, по нашему мнению, связано с микропористостью петровска-

ита (рис. 4), а также, возможно, с появлением дополнительных минеральных фаз и, в частности, продуктов его последующих преобразований в зоне окисления, например микроэмульсионной вкрапленности золота, видимой в оптический микроскоп при больших увеличениях (> 1500) с иммерсией (рис. 4). Какого-либо разрушения минерала под действием электронной

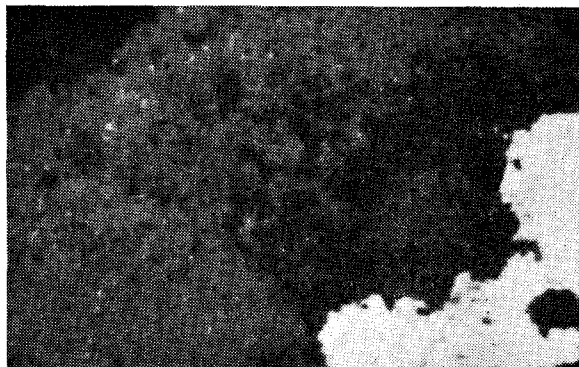


Рис. 4. Микроэмульсионные выделения самородного золота (светлые точки в петровските (серое).

Белое — золото, черные точки — поры, черный фон — эпоксидная смола. Монтированный аншлиф, увел. 2500, без анализатора, масло.

бомбардировки не наблюдалось, хотя при предварительном исследовании на микрозонде JXA-5 А в более жестком режиме ($i=30$ нА) были заметны плавление образца и рост интенсивности $Ag_{L\alpha}$ -линии, что характерно в подобных условиях для многих серебросодержащих минералов. Состав

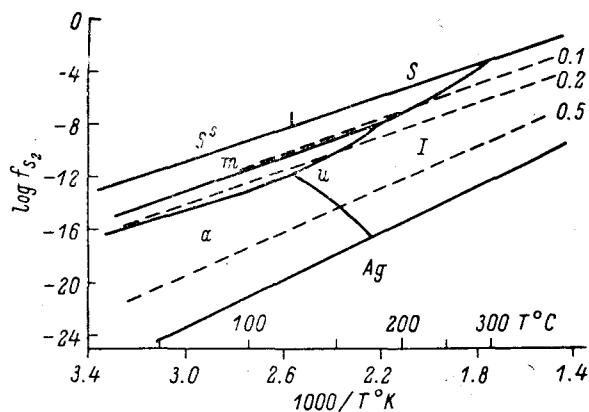


Рис. 5. Диаграмма в координатах «логарифм летучести серы» ($\log f_{S_2}$) — «температура» ($T^{\circ}C$ и $1000/T^{\circ}K$) по М. Д. Бартону (Barton e. a., 1978), показывающая устойчивость насыщенных металлами фаз в системе Ag—Au—S.

m — низкотемпературный AuS, u — ютенбогардит (Ag_3AuS_2), I — твердый раствор ($AgAu_2S$), α — акантит, S^S — сера (твердая фаза), Ag — сера (жидкая фаза), Ag — серебро. Пунктирные линии — изолинии молярной доли в сосуществующем электроде.

нового минерала и его эмпирическая формула $Au_{0.99}Ag_{0.96}(S_{0.99}Se_{0.06})_{1.05}$ довольно близки к стехиометрическому составу и идеализированной формуле $AuAgS$. Устанавливаются и некоторые отклонения, состоящие главным образом в постоянном присутствии селена в количестве 1—2 мас%. Таким образом, в данном случае изучена селенистая разновидность золото-серебряного сульфида $AuAg(S, Se)$, где $S \gg Se$.

Ввиду отсутствия монокристаллов определение структурных характеристик проводилось расчетным путем по данным дебаграммы, полученным на приборе УРС-20 в камере РКД ($Cu_{K\alpha}$ излучение), без внутреннего

Таблица 3

Результаты расчета рентгенограмм петровскаита и синтетического AgAuS

Петровскаит			Синтетический AgAuS. (Tavernier, 1966)		
<i>hkl</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>I</i>
001	7.25	7.19	3	7.16	1.5
110, 101	3.87	3.96, 3.88	3	3.96	2.0
012	3.16	3.16	1	3.16	1.0
021, 10 $\bar{2}$	3.02	3.026, 3.05	1	3.04	1.0
102, 11 $\bar{2}$, 120	2.77	2.773, 2.760	10	2.77	10.0
121	2.63	2.626	5	2.63	4.5
022, 112	2.55	2.561	1	2.54	1.0
200	2.46	2.444, 2.459	2	2.45	2.0
003, 201	2.39	2.395, 2.401	4	2.39	3.5
210	2.30	2.307	Сл.	2.30	1.0
013, 12 $\bar{2}$, 21 $\bar{1}$	2.254	2.254, 2.250, 2.258	4	2.25	1.0
113, 031	2.122	2.126, 2.124	2	2.12	1.5
21 $\bar{2}$	2.036	2.029	1		
131	1.965	1.971	1		
221	1.873	1.871	1	1.87	1.0
004, 13 $\bar{2}$, 22 $\bar{2}$	1.797	1.796, 1.795	3	1.79	1.5
21 $\bar{3}$, 104	1.746	1.745, 1.744	2	1.740	1.0
114, 222	1.681	1.687, 1.678	2		
203, 104, 30 $\bar{1}$, 300	1.637	1.637, 1.636, 1.634, 1.640			
311, 231, 114, 22 $\bar{3}$	1.587	1.587, 1.585, 1.589	1		
124	1.542	1.545	2		
133, 042	1.514	1.516, 1.513	1		
320, 223, 124	1.471	1.471, 1.470, 1.469	4		
302	1.445	1.439	2		
31 $\bar{3}$, 204, 11 $\bar{5}$, 22 $\bar{4}$	1.389	1.389, 1.387	2		
400	1.229	1.229	3		
411	1.175	1.174	2		
42 $\bar{2}$	1.128	1.129	1		

стандарта с симметричной зарядкой пленки. Как видно в табл. 3, дебаеграмма нового минерала очень близка дебаеграмме синтетического золото-серебряного сульфида AgAuS (Tavernier, 1966). Расчетами по программе Powder-1, основанной на методе варьирования угла (Кирик и др., 1979), установлено, что минерал кристаллизуется в моноклинной сингонии, ячейка примитивная, возможные пространственные группы $P 2/m$, $P2$ или Pm . Расчет теоретических межплоскостных расстояний, индифференцирование и уточнение параметров (табл. 3) проведены по программе Powder-2 (Кирик и др., 1979). Параметры элементарной ячейки имеют следующие значения: $a=4.943$ (9) Å, $b=6.670$ (9) Å, $c=7.221$ (9) Å, $\beta=95.68$ (7)°. $V_0=236.9$ Å³; рентгеновское соотношение осей $a : b : c=0.741 : 1 : 1.082$. Расчетная рентгеновская плотность минерала равна 9.5 г/см³ при $Z=4$. В статье Т. М. Смита и соавторов (Smit e. a., 1970) для синтетического AgAuS предлагаются в качестве возможных пространственные группы $I2$, Im и $I 2/m$ и соответственно параметры a и b вдвое большие, чем приведено нами.

В заключение отметим, что петровскаит уверенно отличается составом, структурой и физическими свойствами от природного сульфида серебра и золота ютенбогардита (Ag₃AuS₂) (Barton e. a., 1978).

Приуроченность нового минерала к горизонту с гипергенной самородной серой и вторичными сульфидами меди и серебра и тесная ассоциация его с галогенидами серебра (рис. 1) свидетельствуют о гипергенном генезисе петровскаита. С этим выводом хорошо согласуются и имеющиеся экспериментальные данные. На рис. 5 приведена диаграмма М. Д. Бартона (Barton e. a., 1978), показывающая устойчивость насыщенных металлами фаз в системе Ag—Au—S, в координатах логарифм летучести серы —

температура. Область устойчивости низкотемпературного AgAuS (аналога петровскаита) непосредственно примыкает к таковой самородной серы, отделяя от последней поля устойчивости Ag_3AuS_2 и $(\text{AgAu})_2\text{S}$. Б. Х. Тавернер (Tavernier, 1966) синтезировал AgAuS из тиосульфатных растворов по реакции: $\text{Ag}_3\text{AuS}_2 + \text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} \rightarrow 2\text{AgAuS} + (\text{AgS}_2\text{O}_3)_2^-$. Учитывая положение вмещающего минерал горизонта между «сульфидной» и «сульфатной» зонами, также можно предполагать участие в формировании обнаруженного минерала тиосульфатных комплексов золота и серебра.

Образцы, содержащие петровскаит переданы в Центральный Сибирский геологический музей при Институте геологии и геофизики СО АН СССР в г. Новосибирске (регистрационный № Ш-70).

Авторы пользуются приятной возможностью поблагодарить старейшего геолога Майканского рудника С. М. Мурзалева за помощь в отборе образцов, а также С. Д. Абулгазинову, В. И. Васильева, В. Н. Королюка, К. В. Кочеткову, Е. А. Курманбаева, С. В. Легова, В. И. Синякова и А. Н. Фомина за ценные советы, содействие и помощь в проведении изучения нового минерала.

Литература

Кирик С. Д., Борисов С. В., Федоров В. Е. Алгоритм индирования порошковых рентгенограмм произвольной сингонии методом варьирования угла. — Структурная химия, 1979, т. 20, № 2, с. 359—362.

Крейтер В. М., Аристов В. В., Волюнский И. С. и др. Поведение золота в зоне окисления золото-сульфидных месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1958. 267 с.

Barton M. D., Kieft C., Burke E. A. J., Oen J. S. Uytendogaardtite, new silver-gold sulfide. — Canad. Miner., 1978, vol. 16, N 4, p. 651—657.

Smit T. J. M., Venema E., Wiersma J., Wieggers G. A. Phase Transitions in Silver Gold Chalcogenides. — J. Solid. State Chemistry, 1970, vol. 2, p. 309—312.

Tavernier B. H. Über Silber-Gold(1)-Chalkogenide. — Z. Anorg. Allgem. Chem., 1966, s. 323—328.

УДК 549.67

Д. чл. Ю. П. МЕНЬШИКОВ

ПЕРЛИАЛИТ $\text{K}_9\text{Na}(\text{Ca},\text{Sr})[\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}] \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ КАЛИЕВЫЙ ЦЕОЛИТ ИЗ ХИБИНСКОГО МАССИВА¹

В нефелино-микроклиновых с пектолитом жилах, нефелино-полевошпатовом пегматите, содалито-микроклиновом пегматите и в содалито-астрофиллитовых жилках из гнейсовидных рихчорритов горы Эвслоччорр и Юкспор Хибинского массива установлен калиевый цеолит, не имеющий природных аналогов. В честь Перекрест Лилии Алексеевны, преподавателя минералогии Кировского горного техникума, минерал назван перлиалит (perlialite).

Наибольшие концентрации нового минерала сосредоточены в нефелино-микроклиновой с пектолитом жиле на горе Юкспор в гнейсовидных рихчорритах. Мощность жилы до 1 м, падение СЗ 330° под углом 50°. По простиранию жила прослежена на 15 м. Жильное пространство от кровли до подошвы выполнено сталактито- и сталагмитоподобными образованиями до 20 см в диаметре. Пространство между ними заполнено тонкопризматическим эгирином и пектолитом. В разрезах эти образования имеют

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 2 апреля 1982 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 28 февраля 1984 г.