

УДК553.41+669.21+463(571.55)  
 DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-54-63

## **ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ В ШАХТАМИНСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ**

### **GOLD-SILVER MINERAL ASSOCIATION IN THE SHAKHTAMINSKY ORE FIELD**



**Г. А. Юргенсон**, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита  
 yurgga@mail.ru

**G. Yurgenson**, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita

**А**ктуальность работы заключается в определении минеральных форм золота и серебра в жильных телах Шахтаминского рудного района, где с XIX в. известна крупнейшая Шахтаминская золотоносная россыпь. Цель работы – определение содержаний золота и серебра и изучение их минеральных форм. Объектом исследования являются сульфидно-кварц-доломитовые жильные образования, предметом – минеральные ассоциации, содержащие золото и серебро. Методы исследования включают использование оптической и электронной микроскопии.

С применением комплекса современных методов изучен минеральный состав проявлений золота и серебра в пределах Шахтаминского рудного района. Установлена относительно высокая сереброносность фрагментов тонкозернистых карбонатно-кварцевых жил, содержащих халькопирит, сфалерит, пирит, галенит, сульфосоли тетраэдритового состава, а также самородные серебро и золото. Особенностью тетраэдрита является обогащенность цинком (6,52...7,73 %), а также относительно низкие содержания в нем мышьяка. Соотношение сурьмы и мышьяка находится в пределах 2,64...13,33.

Расчет формульных коэффициентов показал дефицит серы, замещаемый избыtkом As. Типичная формула тетраэдрита свидетельствует о распределении меди в трех позициях, где в двух из них она замещается Zn, Fe и Ag:  $(\text{Cu}_6[(\text{Cu}_{3,78}\text{Ag}_{0,22})_4(\text{Cu}_{0,03}\text{Fe}_{0,2},\text{Zn}_{1,67})_{1,9}](\text{Sb}_{3,59},\text{As}_{0,5})_{4,09}(\text{S}_{12,96}\text{As}_{0,04})_{13,0})$ .

Резкое преобладание Sb над As является особенностью блеклых руд кварц-мolibденитовых месторождений. Это связано с ограниченным развитием мышьяковой минерализации в месторождениях молибден-кварцевого минерального типа молибден-порфировой формации. Впервые для Шахтаминского рудного поля выявлена обогащенность серебром тетраэдрита (1,08...1,72 %). В этой связи рекомендовано изучить сереброносность техноземов старого хвостохранилища, так как из руд Шахтаминского месторождения молибдена извлекался лишь молибденит. Впервые обнаружены самородные серебро и золото. При этом серебро содержит 44,45 % Au, а золото – 17,41 % Ag. Эти особенности самородных золота и серебра указывают на принадлежность изученных фрагментов кварц-карбонатной жилы к месторождению малоглубинной золото-серебряной формации

**Ключевые слова:** золото; серебро; серебросодержащий тетраэдрит; формульный коэффициент; самородное золото; участок Кулинда; Шахтаминское рудное поле; Забайкалье

**T**he relevance of the work is to determine the mineral forms of gold and silver in the vein bodies of the Shakhtaminsky ore district, where the largest Shakhtaminskaya gold placer has been known since the 19th century. The purpose of the work is to determine the contents of gold and silver and study their mineral forms. The object of study is sulfide-quartz-dolomite vein formations, and the subject is mineral associations containing gold and silver. The methodology includes the use of optical and electron microscopy.

For the first time using the complex of modern methods, the mineral composition of the manifestations of gold and silver was studied within the Shakhtaminskoye ore district. A relatively high silver content of fragments of fine-grained carbonate-quartz veins containing chalcopyrite, sphalerite, pyrite, galena, sulfosalts of tetrahedritical composition, as well as native silver and gold was established. A feature of tetrahedrite is the enrichment of zinc (6.52...7.73 %) and the relatively low content of arsenic in it. The ratio of antimony and arsenic is in the range of 2.64...13.33.

The calculation of the formula coefficients showed a sulfur deficiency, replaced by an excess of As. A typical tetrahedrite formula indicates the distribution of copper in three positions, where in two of them it is replaced by Zn, Fe and Ag:  $(\text{Cu}_6[(\text{Cu}_{3.78}\text{Ag}_{0.22})_4(\text{Cu}_{0.03},\text{Fe}_{0.2},\text{Zn}_{1.67})_{1.9}](\text{Sb}_{3.59}\text{As}_{0.5})_{4.09}(\text{S}_{12.96}\text{As}_{0.04})_{13.0})$ .

The sharp predominance of Sb over As is a feature of faded ores of quartz-molybdenite deposits. This is due to the limited development of arsenic mineralization in deposits of the molybdenum-quartz mineral type of the molybdenum-porphry formation. For the first time for the Shakhtaminskoye ore field, silver enrichment of tetrahedrite (1.08...1.72 %) was revealed. In this regard, it is recommended to study the silver content of technosoils of the old tailing dump, since only molybdenite was extracted from the ores of the Shakhtaminskoye molybdenum deposit. Native silver and gold were discovered for the first time. Moreover, silver contains up to 44.45 % Au, and gold 17.41 % Ag. These features of native gold and silver indicate that the studied fragments of the quartz-carbonate vein belong to the deposit of a shallow gold-silver formation

**Key words:** gold; silver; silver-containing tetrahedrite; formula coefficient; native gold; Kulinda site; Shakhtaminskoye ore field; Transbaikalia

**Введение.** Шахтаминское рудное поле находится в Шелопугинском районе Забайкальского края, непосредственно на территории села Вершино-Шахтаминский и в его окрестностях (рис. 1).

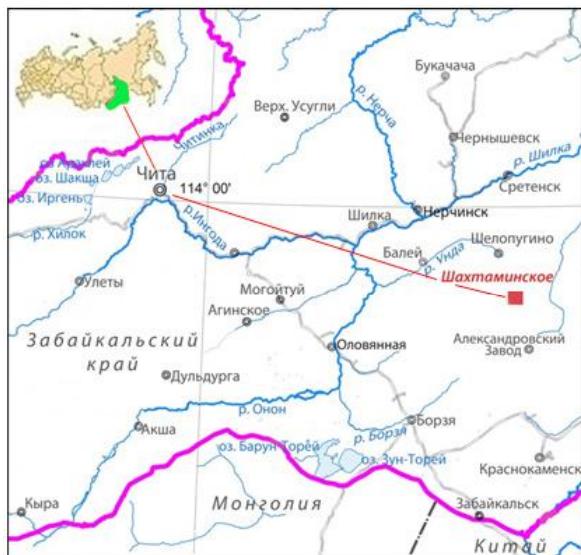


Рис. 1. Локация Шахтаминского рудного поля /  
Fig. 1. Location of the Shakhtaminsky ore field

Оно входит в состав Шахтаминского рудного района, который включает Шахтаминское месторождение молибдена, Шахтаминскую золотоносную россыпь, а также участки с золото-молибден-медно-полиметаллическим оруденением Кулинда, Дыгина, Западный, Банный, золото-шеелитовое проявление Ушканка и др.

В 1848 г. И. А. Павлуцкий в аллювиальных отложениях р. Шахтама в бассейне верхнего течения р. Унда открыл месторождение рос-

сыпного золота. В конце 1890-х гг. В. А. Обручев составил первую геологическую карту этой территории. В 1925 г. она уточнена М. М. Тетяевым в масштабе 1:420 000. Свалы кварца с молибденитом и шеелит на водоразделе падей Шахтама-Кулинда и в пади Ушканка в 1927 г. обнаружил А. Л. Лисовский. Он связал золото Шахтаминской россыпи с гранитами мезозойского возраста. Тогда же из золотоносных россыпей наряду с золотом стали извлекать и шеелит. Годом позже в районе Шахтаминского прииска, разрабатывавшего золотоносную россыпь, С. А. Призант вел поиски коренного золота и обнаружил его непромышленные проявления. В 1930 г. С. Е. Захаренко установил, что вольфрамовое оруденение пади Ушканка локализовано в кварцевых жилах в березитизированных пегматоидных гранитах.

В 1931 г. руководитель партии «Спецгеологоразведка» Л. В. Громов высказал предположение о возможной локализации висмутового и молибденового оруденения в пределах непромышленных проявлений золота. Со второй половины 1930-х гг. на основе находок А. Л. Лисовского и указаний Л. В. Громова проводятся поиски месторождений молибдена, а также золота, вольфрама и висмута. Шахтаминское месторождение молибдена открыто в 1931 г. партией «Спецгеологоразведка». В 1936 г. под руководством В. Е. Кошмана месторождение разведано. В составе месторождения выявлены кварц-турмалиновые, кварцево-сульфидно-шеелитовые и кварцево-колчеданные (пиритовые) жилы, содержащие молибденит. Кроме того, в бассейне р. Кулинда, Дыгина и на водоразделе Кулинда-Дыроватка обнаружены перспек-

тивные для золотодобычи жилы. Шахтаминское месторождение относится к жильному типу молибденитово-кварцевой формации, являющейся переходной от медно-молибден-порфировой к золото-молибденит-кварцевой [4; 10]. Оруденение пространственно и генетически связано с Шахтаминской гранитной интрузией шахтаминского гранитного интрузивного комплекса юрского возраста и локализовано в ней [4]. Оно разрабатывалось в 1941–1993 гг. двумя шахтами до глубины 400 м и двумя штольнями [2].

Шахтаминское месторождение интенсивно изучалось на протяжении десятилетий. После исследований С. Г. Петровской [7], В. В. Сидоренко [9], В. Т. Покалова [7], В. И. Сотникова, А. П. Берзина, В. О. Гимона [10], ЗабНИИ (1979–1989 гг.), Балейской ГРЭ (1985–1990 гг.), а в последние годы предприятия «Востокгеология» обоснованы широкие перспективы этого рудного района на золото-медно-молибден-порфиральное оруденение.

Одним из перспективных на золотое оруденение является участок Кулинда, где, наряду с типичным золото-кварцевым и золото-сульфидно-кварцевым оруденением, проявлено и золото-серебряное, которое представлено содержащими серебро сульфосолями, с которыми ассоциирует низкопробное золото в кварцевых жилах. Образцы отобраны нами совместно с В. П. Бородиным в 1988 г. из отвалов одной из поисково-разведочных канав участка Кулинда, пройденных Балейской ГРЭ.

Участок представляет собою часть Шахтаминской интрузии, представленной ее второй фазой, сложенной гранодиоритами, граносиенитами и гранодиорит-порфирами, рассеченной сериями субпараллельных даек гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров, диоритовых порфиритов нерчинско-заводского комплекса, а также кварцевых жил.

Несмотря на то, что золото и серебро в пределах Шахтаминского рудного поля известно давно, детальное исследование их минералогии не проводилось, хотя это имеет существенное значение для разработки технологии их извлечения в процессе разработки оруденения в штокверках и ранее оцененных частях рудного поля, где развита молибден-полиметаллическая минерализация. В этом заключается актуальность исследования.

**Объектом исследования** является жильный материал, содержащий золото и серебро, предметом – их минеральные формы. Цель – исследование минеральной природы золото-серебряной минерализации, Задачи исследования – диагностика минералов золота и серебра и определение их химического состава. Методология определяется поставленной задачей и состоит в использовании световой и электронной микроскопии.

**Материал и методы исследования.** Изучение минерального состава золотосодержащей минеральной ассоциации выполнено в аншлифах в отраженном свете с использованием поляризационного микроскопа AXIO ScopeAI, а также электронно-зондовым методом на растровом электронном микроскопе LEO 1430 VP (аналитики Е. А. Хромова, Е. В. Ходырева, ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ, руководитель лаборатории канд. техн. наук С. В. Канакин).

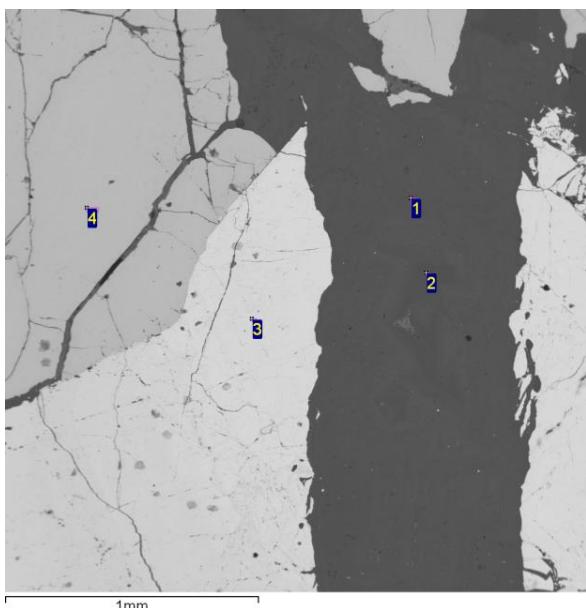
**Результаты исследования и их обсуждение.** Посредством изучения аншлифов в отраженном свете выявлено присутствие блеклых руд, в основном, тетраэдритового состава, содержащих точечные включения ярко-белого цвета размером 0,005...0,007 мм, точное определение которых под оптическим микроскопом весьма затруднительно. Они располагаются в тончайших трещинках в блеклой руде.

Тетраэдрит находится в ассоциации со сфалеритом, галенитом, халькопиритом, пиритом и кварцем, в отдельных местах контактированных и замещенных доломитом с примесью каолинита. Формы выделения тетраэдрита нередко субдиоморфны в виде несовершенных, искаженных тетраэдров размером до 2 мм. Кварц, нередко образующий в мелких полостях кристаллы величиной до 3 мм, сформировался до сульфосолей. Особенностью сфалерита является его малая железистость, характерная для поздних ассоциаций Шахтаминского месторождения, представленных оранжевым и желтовато-зеленым клейофаном. Содержание железа находится в пределах 0,39...0,44 %, кадмия – 0,56...0,78 %. Халькопирит, по данным электронно-зондовых исследований, не содержит существенных примесей и соответствует стандартному химическому составу. Галенит также имеет обычный состав и в данной ассоциации серебра не содержит. Поздний карбонат, секущий сульфидно-суль-

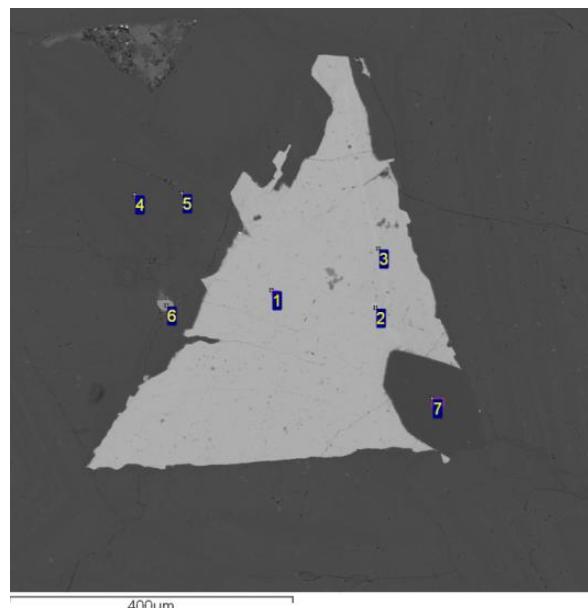
фосольно-кварцевые агрегаты, по химическому составу соответствует железистому доломиту, содержащему 1,77...8,03 % Fe и до 2,08 % Mn. Взаимоотношения и формы выделения серебросодержащего тетраэдрита показаны на рис. 2 и 3.

Как видно на рис. 2, клиновидный фрагмент тетраэдрического кристалла, ассоциирующего со сфалеритом, сечется поздним прожилком доломита, содержащим железо и марганец. Размер фрагмента кристалла тетраэдрита достаточно велик и достигает бо-

лее 1 мм. Он содержит 1,55 % серебра. Судя по его однородности, серебро входит в состав тетраэдрита в виде изоморфной примеси. На рис. 3 представлен срез треугольной формы почти совершенно четко очерченного тетраэдрического кристалла, усложненного за счет неровности контакта с железистым доломитом (4, 5) и головкой кристалла раннего кварца (7). Содержание серебра составляет (мас.%) 1,08 (точка 6-3), 1,33 (точка 6-1) и 1,74 (точка 6-2). Закономерностей в распределении серебра не выявлено.



*Рис. 2. Тетраэдрит (3) в ассоциации со сфалеритом (4) сечется доломитом (1, 2). Анализ 1. Электронно-микроскопический снимок / Fig. 2. Tetrahedrite (3) in association with sphalerite (4) is cut by dolomite (1, 2). Analysis 1. Electron microscopic image*



*Рис. 3. Срез тетраэдрического кристалла тетраэдрита (1–3) в доломите (4, 5) в ассоциации с халькопиритом (6) и кварцем (7). Анализ 6. Электронно-микроскопический снимок / Fig. 3. A section of a tetrahedral tetrahedral crystal (1–3) in dolomite (4, 5) in association with chalcopyrite (6) and quartz (7). Analysis 6. Electron microscopic image*

В табл. 1 приведены результаты элементного анализа тетраэдрита электронно-зондовым методом, в табл. 2 – нормирования их к 100 %, в табл. 3 – их формульные коэффициенты.

Анализ табл. 1 показывает, что все анализы тетраэдрита характеризуются, наряду с обязательным присутствием меди, сурьмы и серы, примесью мышьяка в количестве 2,04...7,18 % и совсем небольшой – железа (от безжелезистого до 0,73 Fe) при содержании сурьмы 19,01...27,17 %. Соотношение содержаний сурьмы и мышьяка находится в

пределах 2,64...13,33. Резкое преобладание сурьмы над мышьяком является особенностю блеклых руд кварц-молибденитовых месторождений. Это связано с ограниченным развитием мышьяковой минерализации в месторождениях молибден-кварцевого минерального типа молибден-порфировой формации, где соотношение мышьяка и сурьмы равно приблизительно 50:40, тогда как в рудах молибденит-сульфидно-кварцевых, например, Бугдаинского месторождения, оно равно примерно 53:14 [11].

Таблица 1 / Table 1

Химический состав серебросодержащего тетраэдрита / Chemical composition of silver-containing tetrahedrite

Точка измерения / Measuring point	Элемент и его содержание, мас.% / The element and its content, wt.%							Сумма, % / Total, %
	Cu	Zn	As	Sb	Fe	Ag	S	
1-3	37,92	6,51	2,91	25,47	0,73	1,55	24,8	99,88
1_1-3	36,69	6,42	2,46	25,71	0,66	1,39	24,45	97,78
2-2	38,05	7,37	6,44	19,7	0,69	1,2	25,26	98,71
2-3	36,48	7,17	4,65	21,69	0,33	1,1	24,07	95,5
5-3	38,88	7,25	2,65	25,49	0,72	1,37	25,29	101,65
6-1	38,94	7,74	7,18	19,01	0,69	1,33	25,91	100,8
6-2	37,35	7,8	2,04	27,17	-	1,74	24,82	100,92
6-3	38,79	7,02	5,07	22,28	0,42	1,08	25,38	100,04

Все измеренные фрагменты кристаллов тетраэдрита содержат примерно одинаковые количества цинка (6,42...7,74 %). Обычно содержание этого элемента в тетраэдрите находится в пределах до 3,5 %. И лишь в анализах 3 из 23 образцов в справочнике «Минералы» приводятся содержания 5,21...6,51 % цинка. Н. Н. Мозгова [5] сообщает, что из 1294 анализов блеклых руд лишь в 146 обнаружены цинк (Zn-тетраэдрит) и в 50 – серебро вместе с цинком (Ag-Zn-тетраэдрит). По результатам ряда исследований [12; 14], цинк также входит в состав тетраэдрита.

В нашем случае все анализы соответствуют Ag-Zn-тетраэдриту при содержании в нем серебра в пределах 1,08...2,04 %. Подобные же составы тетраэдрита, содержащего серебро, установлены и для Новоширокинского золото-полиметаллического месторождения, где в рудах сурьма преобладает над мышьяком (As – 0,581...0,630 % и Sb – 2,75...3,01 %) [3; 8]. В тетраэдрите Новоширокинского месторождения содержания (мас.%) Zn находятся в пределах 4,51...9,23; Ag – 1,17...10,73; Sb – 9,86...29,33 и As – 1,79...12,9 [3].

Таблица 2 / Table 2

Химический состав серебросодержащего тетраэдрита, нормированный к 100 % / Chemical composition of silver-containing tetrahedrite, normalized to 100 %

Точка измерения / Measuring point	Элемент и его содержание, мас.% / Element and its content, wt.%							Сумма, % / Total, %
	Cu	Zn	As	Sb	Fe	Ag	S	
1-3	37,96	6,52	2,91	25,5	0,73	1,55	24,83	100
1_1-3	37,52	6,57	2,52	26,29	0,67	1,42	25,01	100
2-2	38,55	7,47	6,52	19,96	0,7	1,22	25,59	100
2-3	38,2	7,51	4,87	22,71	0,35	1,15	25,21	100
5-3	38,25	7,13	2,61	25,08	0,71	1,35	24,88	100
6-1	38,63	7,68	7,12	18,86	0,68	1,32	25,7	100
6-2	37,01	7,73	2,02	26,92	-	1,72	24,59	100
6-3	38,77	7,02	5,07	22,27	0,42	1,08	25,37	100

Таблица 3 / Table 3

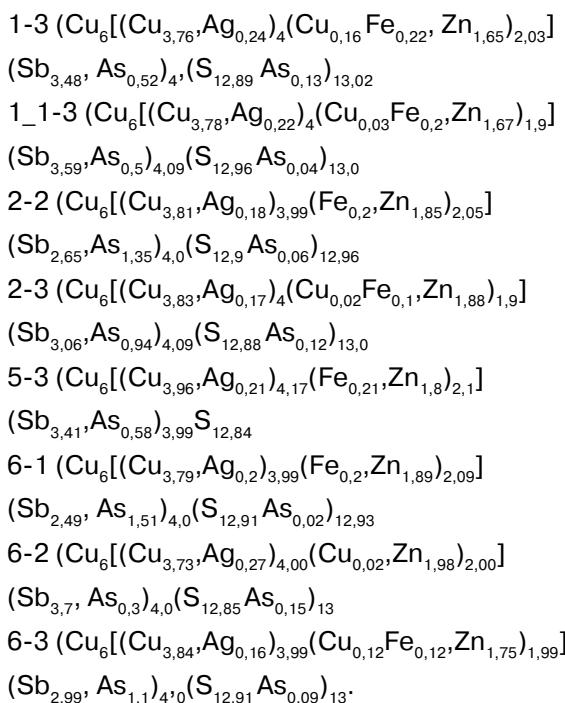
Формульные коэффициенты серебросодержащего тетраэдрита / Formula ratios of silver-containing tetrahedrite

Точка измерения / Measuring point	Элементы и их формульные коэффициенты / Elements and their formula coefficients							Сумма, % / Total, %
	Cu	Zn	As	Sb	Fe	Ag	S	
1-3	9,92	1,65	0,65	3,48	0,22	0,24	12,85	29
1_1-3	9,81	1,67	0,56	3,59	0,2	0,22	12,96	29

## Окончание табл 3

2-2	9,81	1,85	1,41	2,65	0,2	0,18	12,9	29
2-3	9,85	1,88	1,06	3,06	0,1	0,17	12,88	29
5-3	9,96	1,8	0,58	3,41	0,21	0,21	12,84	29
6-1	9,79	1,89	1,53	2,49	0,2	0,2	12,91	29
6-2	9,75	1,98	0,45	3,7	-	0,27	12,85	29
6-3	9,96	1,75	1,1	2,99	0,12	0,16	12,91	29

Исходя из величин формульных коэффициентов можно представить кристаллохимические формулы содержащего серебро тетраэдрита в виде



Стандартная формула тетраэдрита  $\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe},\text{Zn})_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ . Чистый, беспримесный тетраэдрит описывается формулой  $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ . Однако почти все тетраэдриты содержат примеси Fe, Zn, As. Серебро присутствует в 99 % анализов тетраэдрита. Анализ приведенных формул показывает незначительную нестехиометричность тетраэдрита, которая, как следует из работы Н. Н. Мозговой [5], вполне типична для него, как и боль-

шинства сульфосолей. Отметим некоторый дефицит серы, который в большинстве исследованных фрагментов кристаллов компенсируется избыточным по отношению к сурьме мышьяком. Лишь в 3 из 9 случаев наблюдается незначительный дефицит серы, не компенсированный мышьяком. Доля серебра, замещающая медь, достаточно велика, однако ее существенно меньше, чтобы появился фрейбергит. Серебросодержащий тетраэдрит претерпел существенные преобразования в процессе становления рудоносных жил, что видно на рис. 4, где в результате наложения карбонатной минеральной ассоциации он вместе со сфалеритом интенсивно передроблен.

Наряду с тетраэдритом, серебро входит в состав других, ближе не диагностированных сульфосолей ряда тетраэдрит-теннантит, где его содержание составляет 0,57...0,68 %. Кроме того, по данным расчета части результатов анализов, возможно присутствие ватанабеита  $\text{Cu}_4(\text{As},\text{Sb})_2\text{S}_5$  [13; 15], также содержащего серебро в количестве 0,57...0,88 %. Однако до сих пор отсутствует однозначное доказательство его присутствия рентгенометрическими данными. В этой связи описываются его в данной статье преждевременно.

Самородные золото и серебро (рис. 5) образуют включения величиной 10...20 мкм в серебросодержащем тетраэдрите. Формы их выделения оваловидно-округлы. В точке измерения 5 наблюдается сросток серебра (5-1), содержащего 44,5 % золота, и самородного золота, содержащего 17,47 % серебра (5-2).

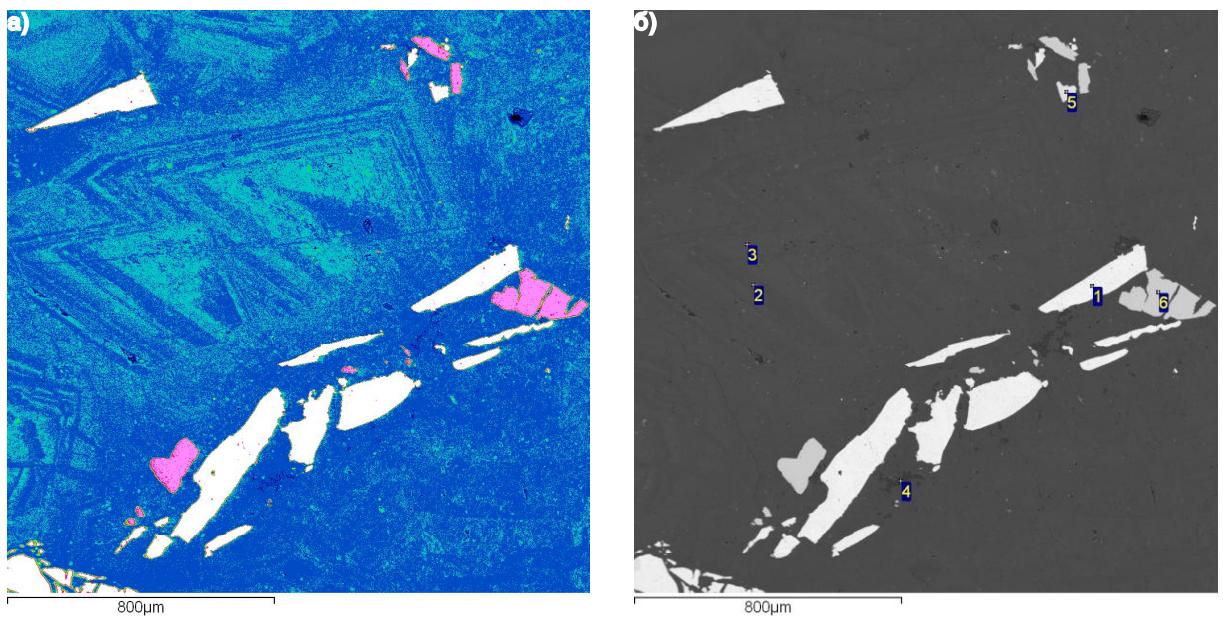


Рис. 4. Обломки кристалла серебросодержащего тетраэдрита (1, 5) и сфалерита (6) в зональном доломите (2, 3) и кварце (4): а) цветной снимок в обратных электронах: синий – доломит, белый – серебросодержащий тетраэдрит, лилово-розовый – сфалерит, черный (3, 4) – доломит и красные точки – кварц (4), б) Обр. 336-3 / Fig. 4. Fragments of a crystal of silver-containing tetrahedrite (1, 5) and sphalerite (6) in zonal dolomite (2, 3) and quartz (4): а) color image in reverse electrons: blue – dolomite, white – silver-containing tetrahedrite, lilac-pink – sphalerite, black (3, 4) – dolomite and red dots – quartz (4), б) Arr. 336-3

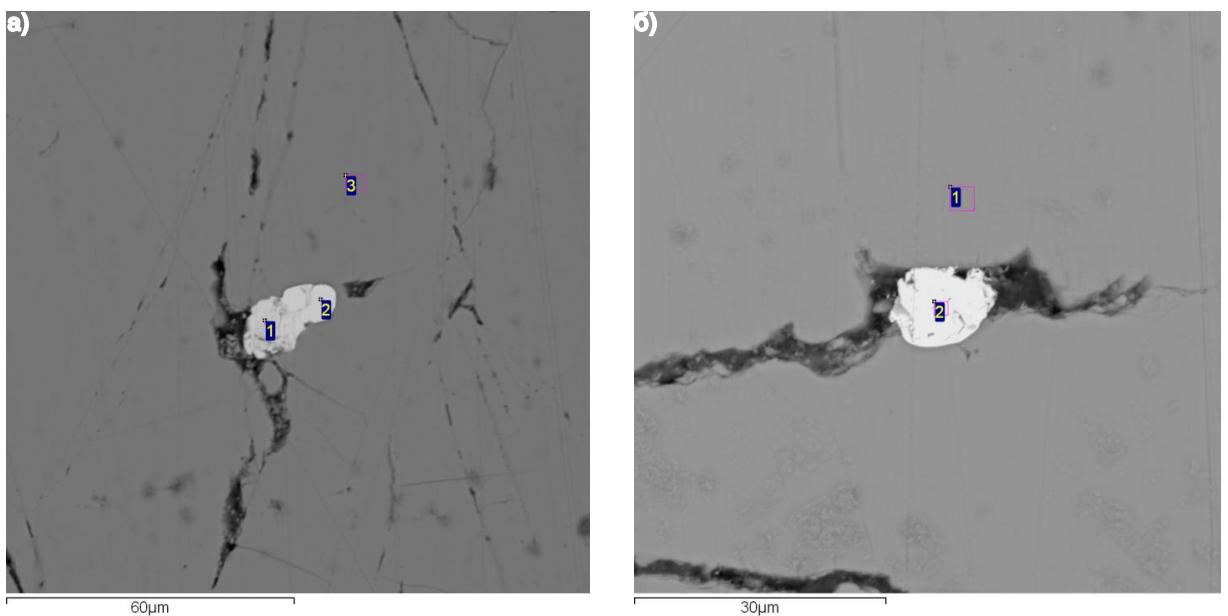


Рис. 5. Серебро (1) в сростке с золотом (2) в трещиноватой части серебросодержащего тетраэдрита (3) (а) и золото (2) в трещине в нем (1) (б). Обр. 336. Электронно-микроскопический снимок / Fig. 5. Silver (1) in intergrowth with gold (2) in the fractured part of silver-containing tetrahedrite (3) (а) and gold (2) in the crack in it (1) (б). Form. 336. Electron microscopic image

Как видно из табл. 4, золото здесь низкопробное, а серебро содержит весьма высокие концентрации золота.

Таблица 4 / Table 4

Химический состав золота и серебра / Chemical composition of gold and silver

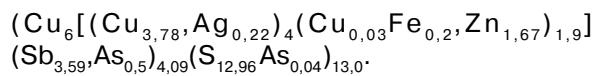
Точки измерения / Measuring points	Элемент и его содержание, мас.% / Element and its content, wt.%		Сумма, % / Total, %
	Au	Ag	
8-2	81,99	17,41	99,4
5-1	44,45	55,33	99,78
5-2	17,47	82,46	99,93

Это свидетельствует о присутствии на участке Кулинда Шахтаминского рудного района рудных жил, относящихся к малоглубинной золотосеребряной формации [1]. Участок Кулинда относится к восточному флангу Шахтаминского рудного района и представляет одну из его слабо эродированных частей.

**Заключение.** Минеральный состав золота и серебра в пределах проявления Кулинда Шахтаминского рудного района впервые изучен с применением комплекса современных методов. Установлена сереброносность фрагментов тонкозернистых карбонатно-кварцевых жил, содержащих халькопирит, сфалерит, пирит, галенит, сульфосоли тетраэдритового состава, а также самородные серебро и золото.

Особенностями тетраэдрита являются обогащенность цинком (6,52...7,73 %), а также относительно низкие содержания в нем мышьяка. Соотношение сурьмы и мышьяка находится в пределах 2,64...13,33. Как показал расчет формульных коэффициентов, наблюдается дефицит серы, замещаемый избытком мышьяка. Типичная формула тетраэдрита свидетельствует о распределении меди в

трех позициях, где в двух из них она замещается Zn, Fe и Ag



Преобладание сурьмы над мышьяком является особенностью блеклых руд кварц-молибденитовых месторождений. Это связано с ограниченным развитием мышьяковой минерализации в месторождениях молибден-кварцевого минерального типа молибден-порфировой формации.

Впервые для Шахтаминского рудного поля выявлена обогащенность серебром тетраэдрита (1,08...1,72 %), что обуславливает необходимость изучения сереброносности техноземов старого хвостохранилища, так как из руд Шахтаминского месторождения извлекался только молибденит. Впервые обнаружены самородные серебро и золото. При этом серебро содержит до 44,45 % золота, а золото – 17,41 % серебра. Эти особенности самородных золота и серебра указывают на принадлежность изученных фрагментов кварц-карбонатной жилы к объекту малоглубинной золото-серебряной формации.

## Список литературы

1. Балейское рудное поле / отв. ред. Н. П. Лаверов. М.: ЦНИГРИ, 1984. 271 с.
2. Быбин Ф. Ф. Шахтаминское рудоуправление // Энциклопедия Забайкалья / гл. ред. Р. Ф. Гениатулин. Новосибирск: Наука, 2006. Т. 4. С. 369.
3. Еремин О. В., Юргенсон Г. А., Эпова Е. С. Термодинамическая модель окисления сульфидных руд месторождения Новоширокинское (Восточное Забайкалье) // Геосферные исследования. 2018. № 3. С. 43–50.
4. Ершов В. В. Шахтаминское месторождение молибдена // Энциклопедия Забайкалья / гл. ред. Р. Ф. Гениатулин. Новосибирск: Наука, 2006. Т. 4. С. 369.
5. Мозгова Н. Н. Нестехиометрия и гомологические ряды сульфосолей. М.: Наука, 1985. 264 с.
6. Петровская С. Г. Зональность ореолов и гидротермально-измененных пород района молибденового месторождения (на примере Шахтаминского рудного поля в Восточном Забайкалье) // Геология и геофизика. 1973. № 9. С. 77–84.
7. Покалов В. Т. Рудномагматические системы гидротермальных месторождений. М.: Недра, 1992. 288 с.

8. Прокофьев В. Ю., Киселева Г. Д., Доломанова-Тополь А. А., Кряжев С. Г., Зорина Л. Д., Краснов А. Н., Борисовский С. Е., Трубкин Н. В., Магазина Л. В. Минералогия и условия формирования Новоширокинского золотополиметаллического месторождения (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59, № 6. С. 542–575.
9. Сидоренко В. В. Геология и петрология Шахтаминского интрузивного комплекса. М.; Л.: АН СССР, 1961. 102 с.
10. Сотников В. И., Берзина А. П., Гимон В. О. Шахтаминское молибденовое месторождение // Месторождения Забайкалья / под ред. Н. П. Лаверова. М.: Геоинформмарк, 1995. Т. 1, кн. 1. С. 187–192.
11. Юргенсон Г. А., Филенко Р. А. Об унаследованности геохимической специализации отходов горного производства от рудноинформационной принадлежности месторождений на примере Забайкалья // Геосферные исследования. 2018. № 4. С. 21–31.
12. Back M. E. Fleischer's glossary of mineral species 2014. Tucson: The Mineralogical Record Inc., 2014. 420 p.
13. Kudrashova V. I. New minerals. XLIX // Proceedings of the Russian Mineralogical Society. 1995. No. 6. P. 108–120.
14. Majzlan J., Kiefer S., Hermann J., Stevko M., Sejkora M., Chovan M., Lanczos T., Lazarov M., Langenhorst F., Radkova A., Jamieson H., Milovsky R. Sinergies in elemental mobility during weathering of tetrahedrite  $[(Cu,Fe,Zn)_{12}(Sb,As)_4S_{13}]$ : Feld observations, electron microscopy, isotopes of Cu,C,O, radiometric dating, and water geochemistry // Chemical Geology. 2018. Vol. 488. P. 1–20.
15. Shimizu M., Kato A., Matsubara S., Criddle A. J., Stanley C. J. Watanabeite a new mineral // Mining Magazine. 1993. Vol. 57, No. 4. P. 643.

**References**

1. *Baleyskoye rudnoye pole* (Baley ore field) / ed. N. P. Laverov. Moscow: TSNIGRI, 1984. 272 p.
2. Bybin F. F. *Entsyclopediya of Zabaikaliya* (Encyclopedia of Transbaikalia) / ch. ed. R. F. Geniatulin. Novosibirsk: Science, 2003, vol. 4, pp. 369.
3. Yeremin O. V., Yurgenson G. A., Epova Ye. S. *Geosfernye issledovaniya* (Geosphere studies), 2018, no. 3, pp. 43–50.
4. Yershov V. V. *Entsiklopediya Zabaykaliya* (Encyclopedia of Transbaikalia) / ch. ed. R. F. Geniatulin. Novosibirsk: Science, 2006, vol. 4, pp. 369.
5. Mozgova N. N. *Nestehiometriya i gomologicheskiye ryady sulfosaloy* (Non-stoichiometry and homologous series of sulfosalts). Moscow: Science, 1985. 264 p.
6. Petrovskaya S. G. *Geologiya i geofizika* (Geology and geophysics), 1973, no. 9, pp. 77–84.
7. Pokalov V. T. *Rudnomagmaticheskiye sistemy gidrotermalnyh mestorozhdeniy* (Ore-magmatic systems of hydrothermal deposits). Moscow: Nedra, 1992. 288 p.
8. Prokofiyev V. Yu., Kiseleva G. D., Dolomanova-Topol A. A., Kryazhev S. G., Zorina L. D., Krasnov A. N., Borisovskiy S. Ye., Trubkin N. V., Magazina L. V. *Geologiya rudnyh mestorozhdeniy* (Geology of ore deposits), 2017, vol. 59, no. 6, pp. 542–575.
9. Sidorenko V. V. *Geologiya i petrologiya Shahtaminskogo intruzivnogo kompleksa* (Geology and petrology of the Shakhtaminsky intrusive complex). Moscow; Leningrad: USSR Academy of Sciences, 1961. 102 p.
10. Sotnikov V. I., Berzina A. P., Gimon V. O. *Mestorozhdeniya Zabaykaliya* (Deposits of Transbaikalia) / ed. N. P. Laverov. Moscow: Geoinformmark, 1995, vol. 1, is. 1, pp. 187–192.
11. Yurgenson G. A., Filenko R. A. *Geosfernye issledovaniya* (Geosphere studies), 2018, no. 4, pp. 21–31.
12. Back M. E. *Fleischer's glossary of mineral species 2014* (Fleischer's glossary of mineral species 2014). Tucson: The Mineralogical Record Inc., 2014. 420 p.
13. Kudrashova V. I. *Proceedings of the Russian Mineralogical Society* (Proceedings of the Russian Mineralogical Society), 1995, no. 6, pp. 108–120.
14. Majzlan J., Kiefer S., Hermann J., Stevko M., Sejkora M., Chovan M., Lanczos T., Lazarov M., Langenhorst F., Radkova A., Jamieson H., Milovsky R. *Chemical Geology* (Chemical Geology), 2018, vol. 488, pp. 1–20.
15. Shimizu M., Kato A., Matsubara S., Criddle A. J., Stanley C. J. *Mining Magazine* (Mining Magazine), 1993, vol. 57, no. 4, pp. 643.

*Работа выполнена в рамках государственного задания проекта № 0386-2019-0004 (IX.137.1.2)  
и при поддержке гранта РФФИ 18-05-00673.*

**Коротко об авторе****Briefly about the author**

Юргенсон Георгий Александрович, д-р геол.-минер. наук, зав. лабораторией геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН; профессор кафедры химии, Забайкальский государственный университет; заслуженный деятель науки РФ, г. Чита, Россия. Область научных интересов: минералогия, геохимия, рудогенез, геммология  
yurgga@mail.ru

Georgy Yurgenson, doctor of geological and mineralogical sciences, head of Geochemistry and Ore Genesis laboratory, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, professor, Chemistry department, Transbaikal State University, Honored Scientist of the Russian Federation, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mineralogy, geochemistry, ore genesis, gemmology

**Образец цитирования**

Юргенсон Г. А. Золото-серебряная минеральная ассоциация в Шахтаминском рудном поле // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 6. С. 54–63. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-54-63.

Yurgenson G. Gold-silver mineral association in the Shakhtaminsky ore field // Transbaikal State University Journal, 2020, vol. 26, no. 6, pp. 54–63. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-6-54-63.

Статья поступила в редакцию: 02.07.2020 г.

Статья принята к публикации: 06.07.2020 г.