

УДК 553.411.071:553.086 (575.16)

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2026-65-3-151-160

К МИНЕРАЛОГИИ ЗОЛОТЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАУШАН (ГОРЫ КУЛЬДЖУКТАУ, УЗБЕКИСТАН)

Абдисалим Бобомурод угли Юсупов¹✉, Азизбек Каимжанович Оролов²,
Маматхан Садирович Карабаев³, Алексей Андреевич Самсонов⁴,
Виктор Иванович Старостин⁵, Рустам Маматхан угли Садиров⁶,
Ойбек Эгамберди угли Бахтиёров⁷

¹ Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева, Ташкент, Узбекистан; abdisalim1994@mail.ru ✉

² Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева, Ташкент, Узбекистан; orolovak92@gmail.com

³ Университет геологических наук, Ташкент, Узбекистан; karabayev61@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; samsonov@geol.msu.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; vistar.geol@gmail.com

⁶ Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева, Ташкент, Узбекистан; sadirov9966@mail.ru

⁷ Университет геологических наук, Ташкент, Узбекистан; baktiyorov23@gmail.com

Аннотация. В работе приведены результаты изучения минералогического состава золотых руд месторождения Таушан в горах Кульджуктау (Центральные Кызылкумы, Узбекистан). Отмечено, что промышленные руды месторождения представлены двумя основными типами золотого оруденения — эндогенные и экзогенные, которые связаны с гидротермальным и гипергенным минералообразованием. Первые сложены более ранними кварц-пирит-арсенопиритовой (главная продуктивная на золото), кварц-карбонат-полисульфидной и кварц-карбонат-сульфидно-сульфосольной (с серебром) ассоциациями. Гипергенное рудообразование развивается по эндогенным рудам, представлены вторичными минералами железа (гётит, гидрогётит, ярозит, лимонит и др.), с микрозернами самородного золота в кавернозной массе, в различной степени выветрелых пород.

Установлено, что наиболее распространенными рудными минералами, включающими самородное золото, являются арсенопирит и пирит, а второстепенными минералами являются пирротин, антимонит, сфалерит, халькопирит, марказит, галенит, висмутин, ковеллин и халькозин. Для распространенных минералов выделены парагенные ассоциации, структурно-текстурные особенности, химический состав и комплексы элементов-примесей. В результате работ обозначен ряд новых минералов (для района исследований) и их разновидностей: электрум, тетраэдрит (теннантитовая серия), фрейбергит, бурнонит, гессит, Au-гессит, штютцит, петцит, теннантит, джемсонит, полибазит и др. Определены особенности состава, морфология выделений, размерность частиц, пробность самородного золота эндогенных и гипергенных руд, в их различных минеральных ассоциациях.

Ключевые слова: самородное золото, электрум, горы Кульджуктау, Таушан, микроминералогия, типоморфные свойства минералов, микрозондовый анализ, растровое распределение элементов

Для цитирования: Юсупов А.Б., Оролов А.К., Карабаев М.С., Самсонов А.А., Старостин В.И., Садиров Р.М., Бахтиёров О.Э. К минералогии золотых руд месторождения Таушан (горы Кульджуктау, Узбекистан) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2026. № 3. С. 151–160.

TO THE MINERALOGY OF GOLD ORES OF THE TAUSHAN DEPOSIT (THE KULDZHUKTAU MOUNTAINS, UZBEKISTAN)

Abdisalim B. Yusupov¹✉, Azizbek K. Orolov², Mamatkhan S. Karabayev³,
Aleksei A. Samsonov⁴, Viktor I. Starostin⁵, Rustam M. Sadirov⁶, Oybek E. Baktiyorov⁷

¹ Institute Geology and geophysics named after Kh.M. Abdullaev, Tashkent, Uzbekistan; abdisalim1994@mail.ru ✉

² Institute Geology and geophysics named after Kh.M. Abdullaev, Tashkent, Uzbekistan; orolovak92@gmail.com

³ University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan; karabayev61@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; samsonov@geol.msu.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; vistar.geol@gmail.com

⁶ Institute Geology and geophysics named after Kh.M. Abdullaev, Tashkent, Uzbekistan; sadirov9966@mail.ru

⁷ University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan; baktiyorov23@gmail.com

Abstract. This paper presents the results of a mineralogical study of gold ores at the Taushan deposit in the Kuldzhuktau Mountains (Central Kyzylkum). It is noted that the deposit's industrial ores are represented by two main types of gold mineralization—endogenous and exogenous—associated with hydrothermal and supergene mineralization. The former are composed of earlier quartz-pyrite-arsenopyrite (the main gold-producing), quartz-carbonate-polysulfide, and quartz-carbonate-sulfide-sulfosalt (silver-bearing) associations. Supergene ore formation develops over endogenous ores, represented by secondary iron minerals (goethite, hydrogoethite, jarosite, limonite, etc.), with micrograins of native gold in a vuggy mass in varying degrees of weathered rocks.

It has been established that the main ore minerals (in terms of gold carriers) are arsenopyrite, pyrite, and native gold; pyrrhotite, antimonite, sphalerite, chalcopyrite, marcasite, galena, bismuthinite, covellite, and chalcocite are minor minerals. Paragenetic associations, structural and textural features, chemical composition, and trace element assemblages were identified for common minerals. The work resulted in the identification of a number of new minerals (for the study area) and their varieties: electrum, tetrahedrite (tennantite series), freibergite, bournonite, hessite, Au-hessite, stützite, petzite, tennantite, jamesonite, polybasite, and others. The compositional features, morphology of precipitates, particle size, and fineness of native gold from endogenous and hypogene ores were also identified in their various mineral assemblages.

Key words: native gold, electrum, Kuldzhuktau mountains, Taushan, micromineralogy, typomorphic properties of minerals, microprobe analysis, raster distribution of elements

For citation: Yusupov A.B., Orolov A.K., Karabayev M.S., Samsonov A.A., Starostin V.I., Sadirov R.M., Baktiyorov O.E. To the mineralogy of gold ores of the Taushan deposit (the Kuldzhuktau mountains, Uzbekistan). *Moscow University Geol. Bull.* 2026; 3: 151–160. (In Russ.).

Введение. Изучение вещественного состава руд месторождений полезных ископаемых, форм нахождения главных компонентов, закономерностей их размещения и условий их формирования является неотъемлемой частью фундаментальных исследований в данной области. Результаты подобных исследований имеют важное практическое значение при эффективном использовании рудного сырья определенных месторождений, прогнозировании новых и нетрадиционных типов руд [Panov et al., 2001; Бортников и др., 2011; Карабаев и др., 2019; 2020; Юсупов, 2023; 2025].

Геологическая обстановка. Горы Кульджуктау расположены в юго-западной части Центральных Кызылкумов и в геотектоническом плане относятся к Зарафшано-Туркестанской складчатой системе Южно Тянь-Шанской структурно-формационной зоны. Месторождение Таушан с примыкающим к нему с севера рудопоявлением Перевальное расположено в центральной приводораздельной части поднятия Кульджуктау в 2,5 км восточнее Актостинского интрузива (рис. 1). Границы месторождения условно можно провести с севера и северо-запада по выходам известняков девона, залегающих в виде наволока на терригенных отложениях таушанской свиты. С юга месторождение ограничивается линзующимися горизонтами кремнистых сланцев и мраморизованных известняков. Площадь месторождения около 2 км². Протяженность рудолокализирующей структуры — 2 км.

Вмещающие породы на месторождении сложены терригенными отложениями таушанской свиты. Подстилающие и перекрывающие мраморизованные известняки девона прослеживаются на севере и в виде тектонических линз в южной и западной частях месторождения. Литологический состав свиты довольно пестрый, и представлен чередованием песчаников, алевролитов (филлитовидных сланцев).

В южной части месторождения залегают кремнистые сланцы, типичные для низов свиты. Кремнистые сланцы серого, светло-серого цвета тонкоплитчатые, местами чередуются с известняками, рассланцованными алевролитами и углистыми сланцами. Эти породы прослеживаются в виде линз субширотного простирания и ограничивают с юга минерализованную зону.

Терригенно-осадочные отложения прорваны дайками лампрофиров. Наиболее широко проявлены дайки спессартитов (диоритовых порфиров, микродиоритов). Эти дайки имеют субширотное простирание (300–340°), мощность от 1 до 20 и более метров и протяженностью до 200 м. Углы падения крутые (60–80°) на север.

Аналитические методы. Минералогические исследования выполнены с использованием оптической микроскопии (отраженный/проходящий свет) и электронно-зондового микроанализа (ЭЗМА). Количественный анализ химического состава рудных минералов проводился на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8800R Superprobe (Jeol, Япония) в лаборатории Института геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева (Ташкент). Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 20 нА, время накопления 20–40 с, стандарты: Au (Au), Ag (Ag₂Te), Cu (Cu), Fe (FeS₂), As (FeAsS), Sb (Sb₂S₃), Te (PbTe), S (FeS₂). Энергодисперсионный и волновой спектрометры. Аналитик: М.А. Ким. Микроэлементный состав пирита определен оптическим эмиссионным спектральным анализом (ОАС), ток дуги 12А, напряжение 220В. Полученные результаты использованы для идентификации минеральных фаз, выделения парагенетических ассоциаций и описания типоморфных признаков.

Результаты и их обсуждение. Среди рудных минералов месторождения, включающих эндогенное самородное золото, преобладают арсенопирит, пирит. Второстепенными минералами являются пирротин, антимонит, сфалерит, халькопирит, марказит, галенит, тетраэдрит-(теннантитовая серия), фрейбергит, бурнонит, гессит, петцит, штютцит, висмутин, ковеллин, халькозин.

Основными пороодообразующими минералами являются кварц, серицит, кальцит, доломит; менее распространены хлорит, полевошпат и другие (табл. 1) [Yusupov et al., 2023; Амиров и др., 2018; Юсупов, 2022].

В ходе изучения минералогии руд для района исследований выявлен ряд новых минералов и их разновидностей, в том числе: электрум, тетраэдрит, фрейбергит, бурнонит, гессит, Au-гессит, штютцит, петцит, теннантит, джемсонит, полибазит и др.

Самородное золото. Промышленные руды Таушанского месторождения представлены двумя основными типами золотого оруденения — эндогенные и экзогенные, которые связаны с гидротермальным и гипергенным минералообразованием (табл. 2). В результате гидротермальных процессов проявлены более ранняя кварц-пирит-арсенопиритовая (главная продуктивная на золото), кварц-карбонат-полисульфидная и кварц-карбонат-сульфидно-сульфосольная (с серебром) ассоциации. Данные ассоциации чаще слагают жильно-метасоматические зоны и прожилки различной мощности в рудовмещающих породах. Гипергенное рудообразование развивается по эндогенным рудам, которые представлены вторичными минералами железа (гётит, гидрогётит, ярозит, лимонит и др.), с микрозернами самородного золота в кавернозной массе, в различной степени выветрелых пород.

Эндогенное золотое оруденение месторождения представлено тонкозернистым самородным золотом, в виде микрочастиц (20–30 мкм), проб-

ностью 927–992 ‰. Наряду с золотом высокой пробностью, обнаруживается медистое золото (до 1,33 мас.% меди). Для состава эндогенного самородного золота характерно присутствие висмута (0,25–0,31 мас.%).

Самородное золото часто встречается в виде микровкраплений в кварцевых прожилках, образуя сложные пространственные сростки с сульфидами, блеклыми рудами и сульфосолями, общее количество которых не превышает 1,5 % от общей массы. В составе руд месторождения, реже, наблюдается золото, связанное с поздней серебряно-сульфидно-сульфосольной ассоциацией, поробность которого составляет 682–862 ‰ (рис. 2, а).

В серебряно-сульфосольной ассоциации обнаружены пластинчатые формы самородного золота, с неравномерным распределением элементов по его поверхности — периферийные части агрегата более обогащены золотом (рис. 2, а). Это, по-видимому, указывает на изменение состава гидротермальных растворов в момент рудообразования.

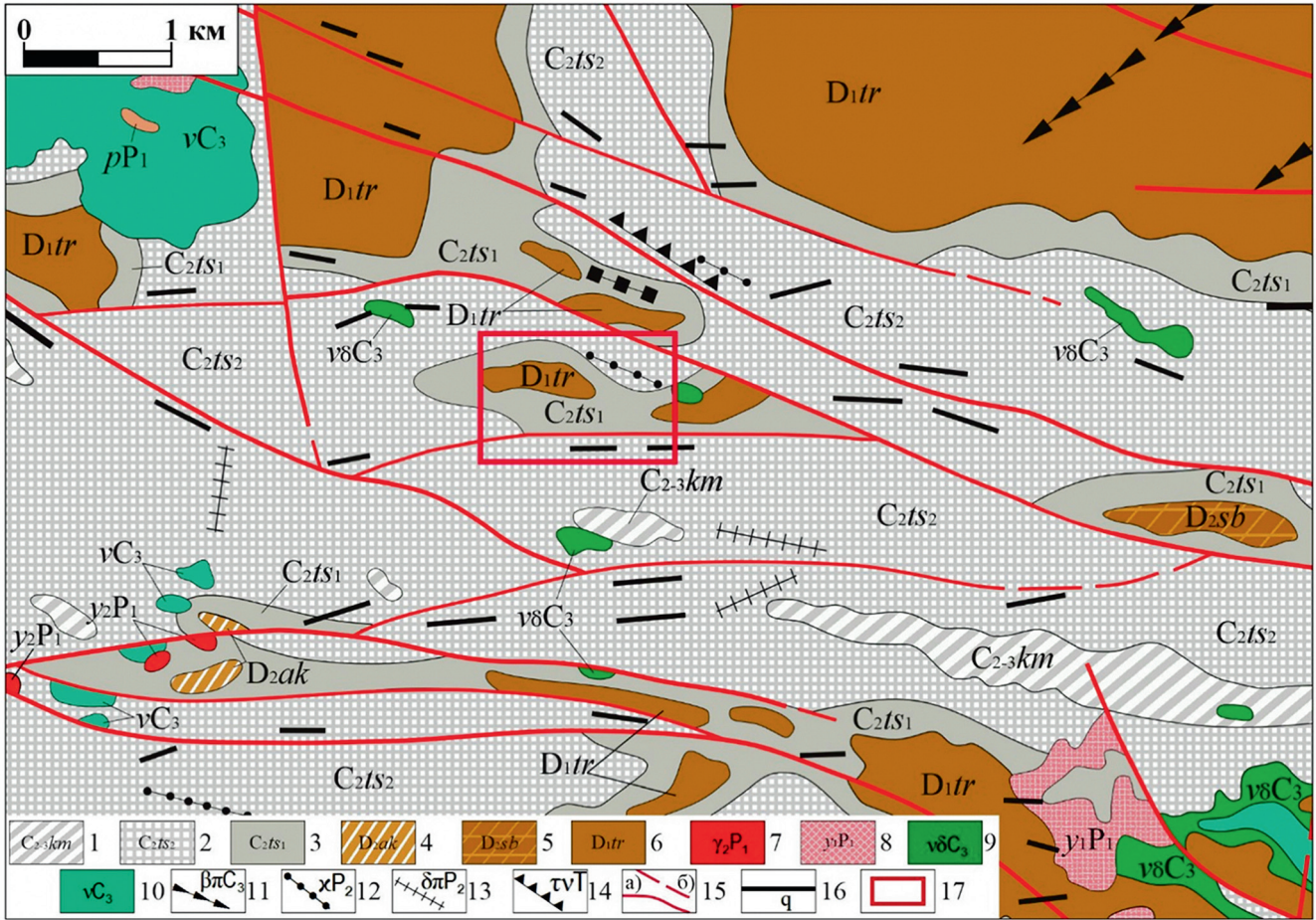


Рис. 1. Геологическая карта центральной части гор Кульджуктау (на основе материалов [Толоконникова и др., 1986]). Стратиграфические образования: 1 — средний каменноугольный камысовый ярус — гравелиты, конгломераты, песчаники, сланцы; 2 — верхняя подсвита таушанской свиты — песчаники, алевролиты, сланцы, туфогравелиты, андезитовые порфиры, туфы; 3 — нижняя подсвита таушанской свиты — кремнистые породы, сланцы, известняки, туфопесчаники; 4–5 — средний девон, арапказганская свита — песчаники, известняки, султанбинская свита — кремнистые породы, известняки, 6 — нижний девон, туркментауская свита — известняки, доломиты; магматические образования: 7 — слюдяные граниты; 8 — биотитовые граниты; 9 — габбро-диориты, кварцевые габбро; 10 — авгитовое габбро; 11 — диабазовые порфиры, микродиабазы, диабазы; 12 — трондемит-порфиры; 13 — диоритовые порфиры; 14 — камптониты — триасовый щелочно-габброидный комплекс; 15 — тектонические контакты: а) предполагаемые, б) достоверные; 16 — кварцевые жилы; 17 — Таушанское месторождение

Таблица 1

Список минералов в составе руд и вмещающих пород Таушанского месторождения

№	Минералы	Формула	№	Минералы	Формула
Самородные			Сульфаты		
1	Золото	Au	50	Барит	BaSO ₄
2	Серебро	Ag	51	Целестин	SrSO ₄
3	Электрум	Au, Ag	52	Ангидрит	CaSO ₄
4	Медь	Cu	53	Гипс	CaSO ₄ ·2H ₂ O
5	Графит	C	54	Англезит	PbSO ₄
6	Висмут	Bi	55	Ярозит	KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆
Сульфиды			56	Алунит	KAl ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆
7	Халькозин	Cu ₂ S	57	Вейлерит	BaAl ₃ (SO ₄)(AsO ₄)(OH) ₆
8	Аргентит	Ag ₂ S	58	Батлерит	Fe(SO ₄)(OH)·2H ₂ O
9	Галенит	PbS	Фосфаты		
10	Сфалерит	ZnS	59	Апатит	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH, F, Cl) ₂
11	Киноварь	HgS	60	Пироморфит	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl
12	Пирротин	Fe _{1-x} S	Арсенаты и арсениды		
13	Халькопирит	CuFeS ₂	61	Миметезит	Pb ₅ [AsO ₄] ₃ Cl
14	Ковеллин	CuS	62	Конихальцит	CaCu(AsO ₄)(OH)
15	Антимонит	Sb ₂ S ₃	63	Скородит	FeAsO ₄ ·2H ₂ O
16	Висмутин	Bi ₂ S ₃	64	Мансфильдит	AlAsO ₄ ·2H ₂ O
17	Молибденит	MoS ₂	65	Канькит	FeAsO ₄ ·3,5H ₂ O
18	Пирит	FeS ₂	66	Фармакосидерит	KFe ₄ (AsO ₄) ₃ (OH) ₄ H ₂ O
19	Марказит	FeS ₂	67	Карминит	PbFe ₂ (AsO ₄) ₂ (OH) ₂
20	Арсенопирит	FeAsS	68	Лёллингит	FeAs ₂
21	Скуттерудит	CoAs ₃	Силикаты		
22	Буланжерит	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	69	Циркон	ZrSiO ₄
24	Бертьерит	FeSb ₂ S ₄	70	Оливин	(Mg, Fe) ₂ [SiO ₄]
Оксиды и гидроксиды			71	Сфен	CaTiSiO ₅
26	Корунд	Al ₂ O ₃	72	Цоизит	Ca ₂ Al ₃ (SiO ₄)(Si ₂ O ₇)O(OH)
27	Гематит	Fe ₂ O ₃	73	Эпидот	(CaCa)(AlAlFe ₃)O[Si ₂ O ₇][SiO ₄](OH)
28	Ильменит	FeTiO ₃	74	Хризколла	(Cu, Al) ₂ H ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ ·nH ₂ O
29	Шпинель	MgAl ₂ O ₄	75	Пироксен (авгит)	(Ca, Na)(Mg, Fe, Al, Ti)(Si, Al) ₂ O ₆
30	Магнетит	Fe ₃ O ₄	76	Тальк	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂
31	Хромит	FeCr ₂ O ₄	77	Волластонит	CaSiO ₃
32	Рутил	TiO ₂	78	Биотит	K(Mg, Fe) ₃ [Si ₃ AlO ₁₀][OH, F] ₂
33	Брукит	TiO ₂	79	Мусковит	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂
34	Анатаз	TiO ₂	80	Гидромусковит	K ₁ Al ₂ [(Si, Al) ₄ O ₁₀][OH] ₂ H ₂ O
35	Касситерит	SnO ₂	81	Каолинит	Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄
36	Пирролюзит	MnO ₂	82	Галлуазит	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
37	Кварц	SiO ₂	83	Монтмориллонит	(Al, Mg) ₂ (Si ₄ O ₁₀)(OH) ₂ ·nH ₂ O
38	Гетит	FeO(OH)	84	Альбит	NaAlSi ₃ O ₈
39	Гидрогетит	FeO(OH)	85	КППШ	KAlSi ₃ O ₈
40	Псиломелан	(Ba, H ₂ O) ₂ Mn ₅ O ₁₀	86	Анальцим	Na[AlSi ₂ O ₆]·H ₂ O
Сульфосоли, теллуридов и селенидов			Карбонаты		
41	Фрейбергит	(Cu, Ag) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	87	Кальцит	CaCO ₃
42	Бурнонит	CuPbSbS ₃	88	Доломит	CaMg(CO ₃) ₂
43	Гессит	Ag ₂ Te	89	Сидерит	FeCO ₃
44	Штюцит	Ag ₅ Te ₃	90	Анкерит	Ca(Fe, Mg, Mn)(CO ₃) ₂
45	Петцит	Ag ₃ AuTe ₂	91	Малахит	CuCO ₃ (OH) ₂
46	Теллуrowисмутит	Bi ₂ Te ₃	92	Арагонит	CaCO ₃
47	Теннантит	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃	93	Брейнерит	(Mg, Fe)CO ₃
48	Джемсонит	Pb ₄ FeSb ₆ S ₁₄	94	Смитсонит	ZnCO ₃
49	Полибазит	Cu(Ag, Cu) ₆ Ag ₉ Sb ₂ S ₁₁	95	Церуссит	PbCO ₃

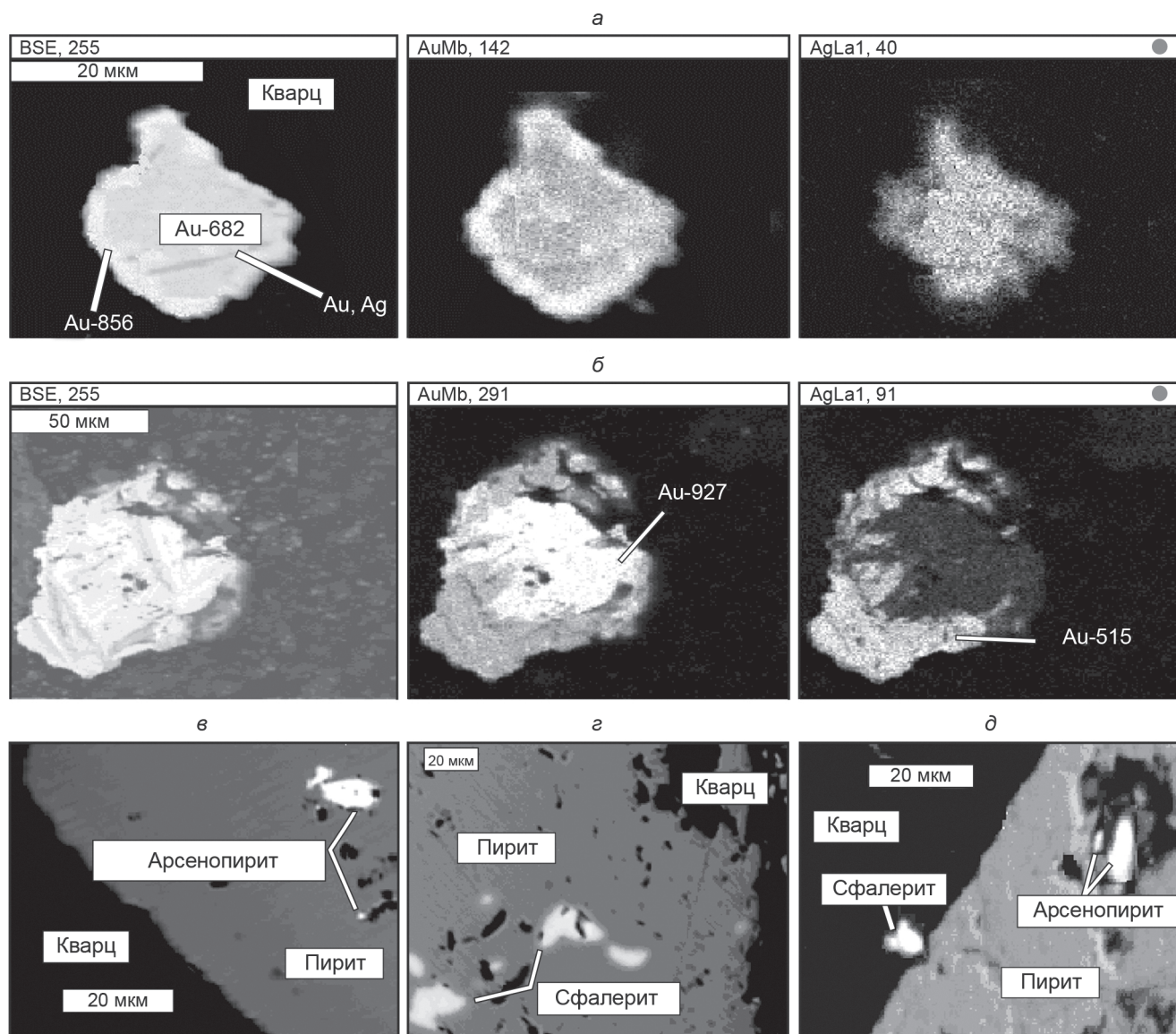


Рис. 2. *а* — самородное золото различной пробы в серебряно-сульфосольной ассоциации (анш. Т-24-6); *б* — сростание самородного золота различного состава в рудах (анш. Т-42-1); *в* — микровыделения арсенопирита в кристаллах пирита; *г* — микровключения сфалерита в пирите; *д* — микровключения пирита, арсенопирита и сфалерита в кварце. Микрозондовый анализ, изображения в отраженных электронах

Самородное золото в составе прозрачного и молочно-белого кварца является основной формой проявления в рудах. В некоторых случаях вокруг частиц золота с высокой пробностью (927‰) наблюдается нарастание относительно поздней генерации золота с более низкой пробностью (515‰) (рис. 2, *б*).

В зонах окварцевания и околорудного изменения (кварц-полевошпатовые метасоматиты) пород наиболее распространенным является золотисто-желтое или розово-желтое золото, имеющее различные морфологические особенности: угловатые, пластинчатые, жилковато-пластинчатые, прожилковые. Часто золото имеет оранжевый, розовато-желтый (медистое золото) и коричневатно-желтый (примесь золота с гидроксидами железа) цвета.

Самородное золото в зоне окисления (экзогенные руды) микроскопическое и проявляется в виде тонких бесформенных выделений, дендритов, часто

пористых бесформенных скоплений. Цвет ярко-желтый. Часть золота в этих рудах связана с распадом сульфидов и образованием по ним вторичных минералов. Здесь наблюдается развитие вторичного гипергенного золота по периферии первичных эндогенных частиц, которые отличаются между собой по составу — в эндогенном золоте преобладает содержание меди. Небольшое количество железа в самородном золоте, вероятно, связано с дисперсными включениями гидроокислов железа, на что, видимо, указывает суммарное количество слагающих (всегда меньше 100 %) и различные данные по отдельным участкам поверхности зерен.

Пирит — распространенный минерал, является носителем и ассоциацией для большинства минералов. Он выделяется в виде отдельных кубических, пентагондодекаэдрических кристаллов, ксеноморфных зерен, образуя пятнистые, цепочечные скоплен-

Таблица 2

Состав микроагрегатов золота в эндогенных и экзогенных (окисленные руды) ассоциациях по результатам микрозондового анализа (в мас.%)

№ п/п	Место взятия	Содержание элементов, в %				
		Au	Ag	Cu	Bi	Сумма
Эндогенное золота						
1	Ш.141 Р.2,4м	94,59	5,21	–	–	99,8
2		95,14	4,29	0,3	0,25	99,98
3		92,7	7	–	0,29	99,99
4		97,16	2,84	–	–	100,0
5		99,02	0,30	0,35	0,3	99,97
6		94,59	5,1	–	0,31	100,0
7		90,27	9,73	–	–	100,0
8	Ш.141	98,65	–	1,33	–	99,98
9	Р.1.4м	99,20	–	0,76	–	99,96
Экзогенное золота (окисленные руды)						
	К-18 Инт. 43–45 м	Au	Fe	Cu	Ag	Сумма
1		93,5	0,5	0,5	5	99,5
2		93,01	0,3	–	5,89	99,2
3	К-21 Инт. 18–22м	94,04	0,55	–	4,91	99,5
4		93,24	0,38	–	5,46	99,08
5		90,07	0,93	1,76	6,84	99,6
6		93,01	0,9	–	5,68	99,59

ния, иногда гнездообразной формы. Содержание пирита на поверхности аншлифов варьируется от 5 до 30 %, чаще всего находится в пределах от 2 до 5 %. В рудах отмечаются пириты с зональным строением. В ассоциации с более поздним пиритом встречаются минералы блеклых руд, преимущественно тетраэдрит-теннантитового ряда.

Кварц-карбонатно-полисульфидная (с золотом) ассоциация состоит из пирита, галенита, сфалерита, халькопирита, блеклой руды, теллуридов, самородного серебра и золота. В кварц-карбонат-сульфидно-сульфосольной ассоциации, образованной на конечной продуктивной стадии гидротермального процесса, с пиритом ассоциируют сульфосоли сурьмы и свинца (буланжерит, джемсонит, бурнонит и др.), антимонит, тетраэдрит, фрейбергит, теллуриды и сульфиды серебра и золота (аргентит, гессит).

Микрозондовый анализ пиритов различных морфологических типов показал, что эти морфотипы различаются по содержанию примесей, преобладающими из которых являются Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Ni и Co. Сурьма присутствует в 85–90 % изученных образцов пиритов. Постоянно встречаются Cu, Pb, Ni, Co. По данным оптического эмиссионного спектрального анализа средние содержания Au, Ag и As в пиритах достигают 42 г/т, 17 г/т и 0,7 % соответственно (табл. 3). В образцах, взятых из более глубоких горизонтов, концентрация Ni и Co в пирите увеличивается.

Таблица 3

Состав пирита месторождения Таушан по результатам оптического эмиссионного спектрального анализа

№ пп	№ обр.	Содержание элементов в г/т											
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Bi	Ni	Co	Sb	Mo	W
1	Тш-21-1 (3)	–	20	100	600	300	1,0 %	–	300	8	–	30	–
2	Тш-23-2 (2)	50	10	200	600	100	6000	–	400	8	70	–	0,7
3	Тш-23-4 (5)	10	10	500	600	300	1,0 %	3	200	10	70	–	50
4	Тш-24-1 (2)	50	20	300	600	400	8000	–	600	30	70	–	–
5	Тш-43-2 (4)	20	8	200	700	200	2,0 %	–	400	10	80	–	–
6	Тш-43-1 (6)	60	10	100	700	200	1,0 %	–	400	20	70	–	–
7	Тш-41-2 (3)	30	5	300	500	80	2000	–	100	20	–	3	60
8	Тш-24-6 (4)	–	4	100	800	200	1000	–	40	–	–	10	–

Примечания: в скобках количество проб.

Арсенопирит. Арсенопирит, в основном встречается в ранней продуктивной на золото кварц-пирит-арсенопиритовой ассоциации. Для арсенопирита характерны идиоморфные призматические, игольчатые и их комбинированные формы. Размер агрегатов варьируется от 0,1 до 2 мм. Широко распространен в основном в зонах окварцевания пород, в ассоциации с пиритом, иногда наблюдается и самородное золото (рис. 3). В составе арсенопирита отмечаются примеси никеля, кобальта (0,33–0,38 мас.%) и сурьмы (0,2–0,28 мас.%) (табл. 4).

Сфалерит является характерным минералом для кварц-карбонат-полисульфидной (с золотом) ассоциации. Он образует взаимные сростания с пиритом, халькопиритом, галенитом, блеклой рудой, гесситом и золотом.

В поздней кварц-карбонат-сульфидно-сульфосольной (с золотом и серебром) ассоциации сфалерит встречается преимущественно с сульфосолями Sb, As и Pb (буланжерит, джемсонит, бурнонит и др.), Cu-тетраэдритом ((Cu_{9,25}Ag_{0,32}Zn_{1,08}Fe_{0,27})_{11,72}(Sb_{3,39}As_{0,71})_{4,10}S₁₃), фрейбергитом (Ag_{4,22}Cu_{5,84}Fe_{1,50}Zn_{0,43}Sb_{4,10}As_{0,13}S₁₃), пиритом, галенитом, гесситом и акантитом (табл. 4).

Галенит встречается в составе пирита, арсенопирита и кварца в кварц-карбонатно-полисульфидной ассоциации, в виде микроскопических зерен (до 10 мкм), иногда с примесью селена. В поздней сульфидно-сульфосольной ассоциации (с золотом и серебром) более крупные выделения галенита образуют сростания с пиритом, сфалеритом, халькопиритом, блеклой рудой, гесситом и золотом (рис. 3).

Висмутовые минералы на месторождении Таушан встречаются преимущественно в более ранней кварц-пирит-арсенопиритовой (золоторудной) ассоциации, из которых в рудах выявлены висмутин, теллуrowисмутит и самородный висмут (рис. 4).

Блеклые руды. Размер их минералов колеблется от первых до десятков микрон, чаще ассоциируют с отдельными зернами пирита и халькопирита. Для ранней стадии оруденения характерны блеклые руды теннантитового состава. Микрозерна теннантита

Таблица 4

Химический состав сульфидов и сульфосолей месторождения Таушан по результатам микрозондового анализа

№ п/п	Минерал	Содержание элементов в %											
		Ag	Fe	As	Ni	Cu	Co	Zn	Pb	Se	Sb	S	Сумма
1	Арсенопирит FeAsS	–	34,76	44,59	0,38	–	0,1	–	–	–	0,15	20,04	100
2		–	34,81	44,03	0,18	–	–	–	–	–	0,28	20,87	100
3		–	35,07	43,94	0,27	–	0,3	–	–	–	0,25	20,46	100
4		–	34,35	42,82	0,22	–	0,3	–	–	–	0,23	20,83	98,75
5	Галенит PbS	0,07	0,82	–	–	0,27	–	0,99	84,1	–	0,6	13,03	99,88
6		0,47	0,92	–	–	–	–	–	84,1	0,6	–	13,7	99,79
7		0,25	0,94	–	–	–	–	–	84,6	0,5	–	13,27	99,55
8	Тетраэдрит-Cu Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	2,9	0,67	3,22	–	36,8	–	7,39	–	–	23,1	25,81	99,91
9		2,12	1,1	1,67	–	35,1	–	6,74	–	–	26,5	25,54	98,75
10		5,15	0,96	4,69	–	34,5	–	5,78	–	–	25,1	24,1	100
11	Сфалерит ZnS	–	–	–	–	–	–	66,7	–	–	–	33,27	99,96
12		–	0,08	–	–	–	–	67,7	–	–	–	32,48	100
13	Акантит Ag ₂ S	87,3	0,41	–	–	–	–	–	–	–	–	12,23	99,9
14		87,2	0,22	–	–	–	–	–	–	–	–	12,27	99,73
15	Буланжерит Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	–	0,3	–	–	–	–	–	58,2	–	20,9	20,17	99,55
30		–	0,44	–	–	–	–	–	58,4	–	20,8	20,36	99,95

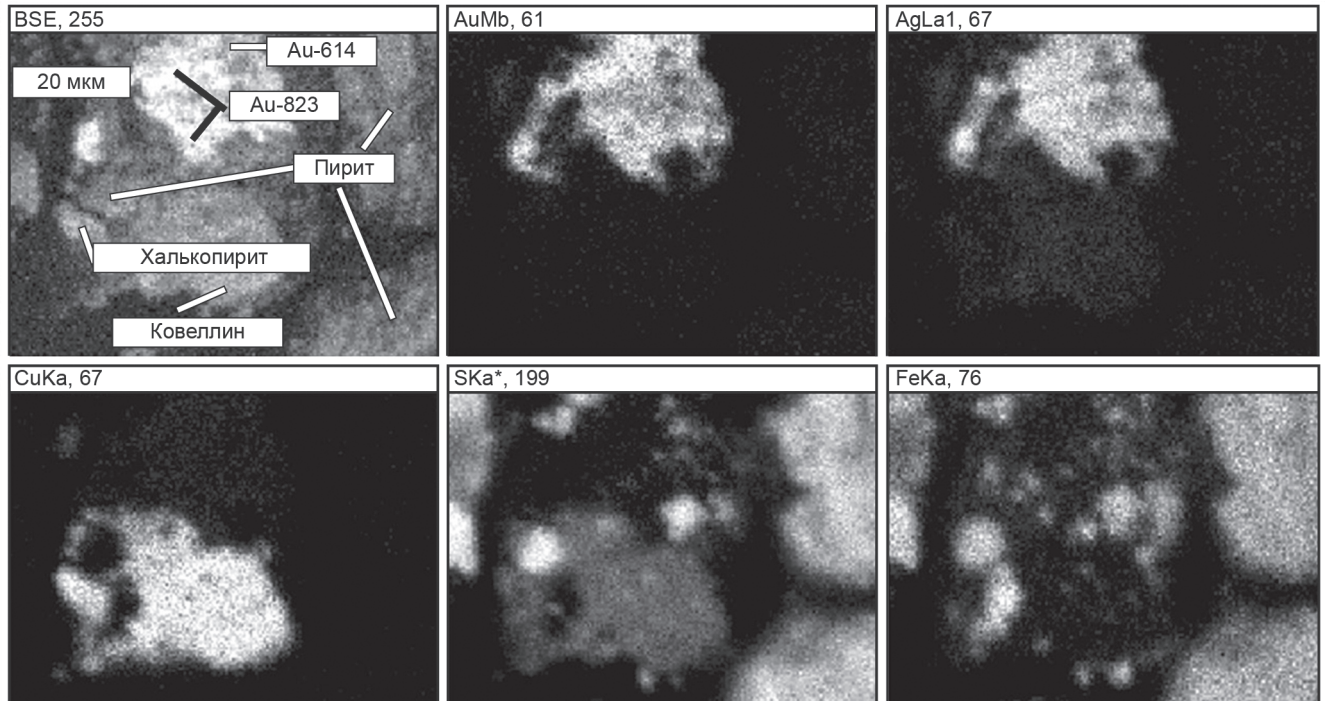


Рис. 3. Ассоциация самородного золота (с различной пробностью) с халькопиритом и пиритом (анш. ТШ-21-3). Микрозондовый анализ, растровое распределение элементов. BSE — изображение в обратнорассеянных электронах, отражающее различия среднего атомного номера минералов; максимальная интенсивность сигнала — 255. AuMb, 61 — карта распределения золота по характеристической линии AuMb. AgLa1, 67 — карта распределения серебра по линии Ag La1. CuKa, 67 — карта распределения меди по линии Cu Ka. SKa*, 199 — карта распределения серы по линии S Ka. FeKa, 76 — карта распределения железа по линии Fe Ka. Числовые значения соответствуют интенсивности зарегистрированного рентгеновского сигнала (counts)

встречаются в пирите в виде микроскопических включений (5–7 мкм). Содержание сурьмы и серебра в блеклых рудах увеличивается в более поздних минеральных ассоциациях — в карбонат-сульфидно-сульфосольной (с золотом и серебром) ассоциации, чаще встречается серебросодержащий тетраэдрит (фрейбергит — $Ag_{4,22}Cu_{5,84}Fe_{1,50}Zn_{0,43}Sb_{4,10}As_{0,13}S_{13}$) (рис. 5).

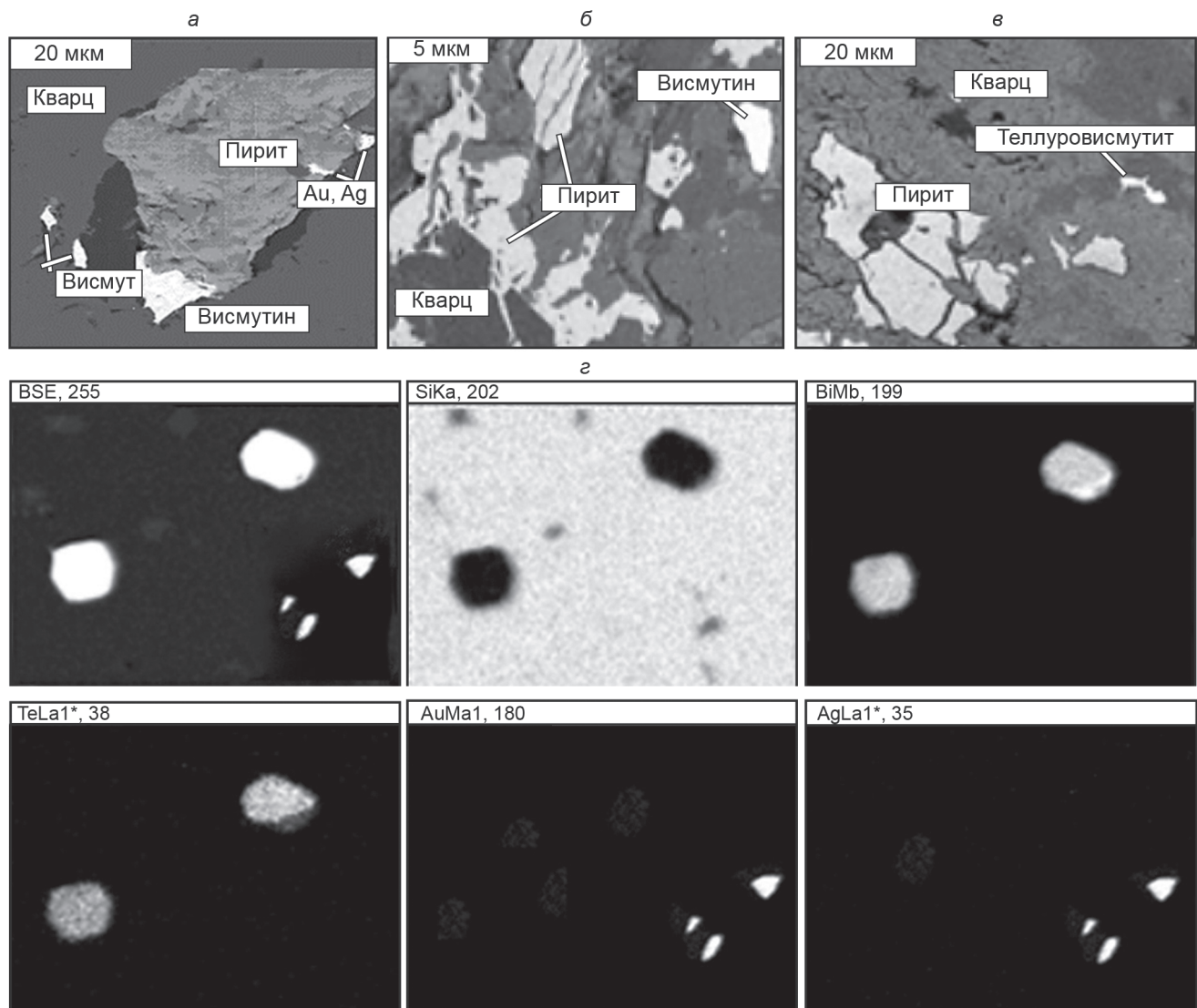


Рис. 4. Ассоциация самородного висмута, висмутина, самородного золота в кварце и пирите в кварц-золото-висмутовой ассоциации (а–в — изображение в отраженных электронах); ассоциация теллуrowисмутита и самородного золота в кварце (z — растровое распределение элементов). BSE — изображение в обратнорассеянных электронах, отражающее контраст по среднему атомному номеру минералов; максимальная интенсивность сигнала — 255. SiKa, 202 — карта распределения кремния по характеристической линии Si Ka. BiMb, 199 — карта распределения висмута по линии Bi Mb. TeLa1*, 38 — карта распределения теллура по линии Te La1. AuMa1, 180 — карта распределения золота по линии Au Ma1. AgLa1*, 35 — карта распределения серебра по линии Ag La1. Числовые значения соответствуют интенсивности зарегистрированного рентгеновского сигнала (counts)

Теллуриды серебра. Обычно характерны для более поздних карбонат-сульфидно-сульфосольной ассоциации. Гессит часто наблюдается в ассоциации с пиритом, сфалеритом и блеклыми рудами (рис. 6). Данный минерал с микроразмерными просечками самородного золота присутствуют в виде включений в пирите или в виде отдельных зерен в кварц-адуляровой матрице. Химический состав гессита приведен в табл. 5.

Таблица 5
Химический состав теллуридов и селенсодержащего галенита месторождения Таушан по результатам микрозондового анализа

№ п/п	Минерал	Содержание элементов в %							Сумма
		Au	Ag	Te	Se	Pb	Fe	S	
1	Гессит Ag_2Te	–	61,5	38,4	–	–	0,1	0,16	100
2		–	62,1	37,6	–	–	0,1	0,19	100
3		–	61,6	37	–	–	0,9	0,59	100
4		–	62,1	36,5	–	–	0,9	0,59	100
5	Штюдцит Ag_7Te_4	–	57,8	42	–	–	–	0,13	100
6	Ag-Te галенит $(\text{Pb,Ag})(\text{S,Se})$	–	8,33	0,37	15,4	68,4	0,7	6,81	100
7		–	7,18	0,42	14,2	70	1	7,19	99,91
8	Se-галенит $\text{Pb}(\text{S,Se})$	–	0,6	–	5,6	82,5	–	10,5	99,21
9		–	0,18	–	1,83	83,8	–	12,2	98,08
10	Петцит Ag_3AuTe_2	31,6	38,6	29,1	–	–	0,1	0,31	99,74
11		31,2	42,2	26,1	–	–	0,1	0,44	99,99
12		29,5	41,2	28,4	–	–	0,6	–	99,68
13	Au-гессит $(\text{Ag,Au})_2\text{Te}$	19,3	46,8	32,7	–	–	0,7	0,42	100

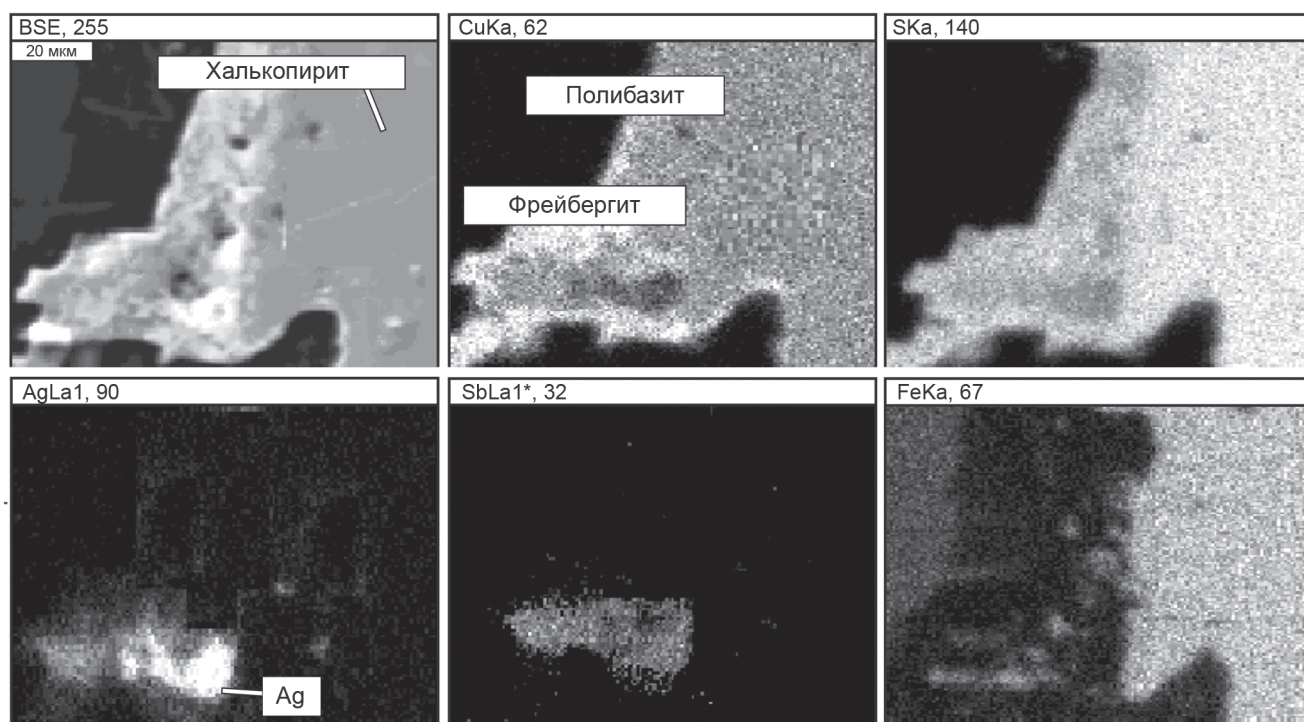


Рис. 5. Микроассоциация самородного серебра, полибазита, фрейбергита и халькопирита (анш. Тш-53). Микронзондовый анализ, растровое распределение элементов. BSE2 — изображение в обратнорассеянных электронах (BSE), отражающее различия среднего атомного номера минералов; максимальная интенсивность сигнала — 255. CuKa, 62 — карта распределения меди по характеристической линии Cu Ka. SKa, 140 — карта распределения серы по линии S Ka. AgLa1, 90 — карта распределения серебра по линии Ag La1. SbLa1*, 32 — карта распределения сурьмы по линии Sb La1. FeKa, 67 — карта распределения железа по линии Fe Ka. Числовые значения соответствуют интенсивности зарегистрированного рентгеновского сигнала (counts)

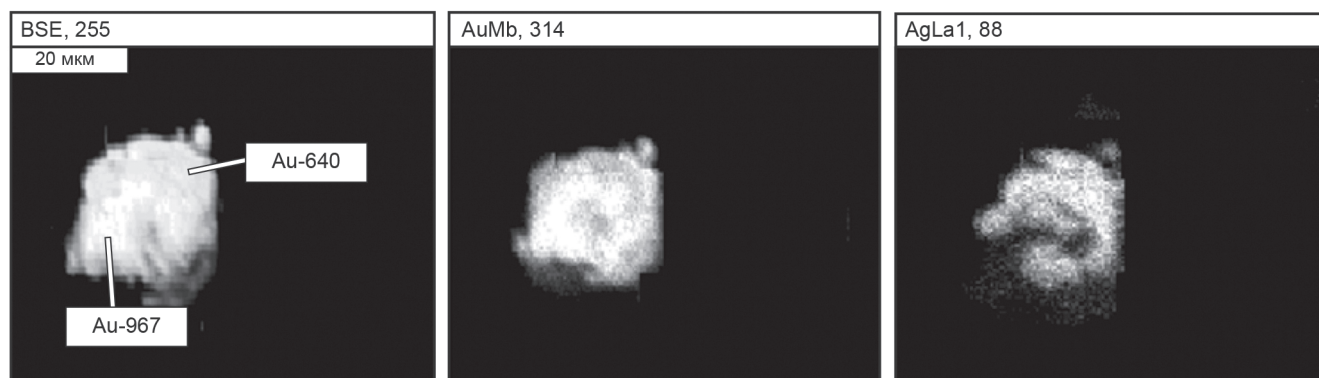


Рис. 6. Морфология выделений и характер распределения золота и серебра по площади самородного золота (анш. Тш-63-2). Микронзондовый анализ, растровое распределение элементов. BSE — изображение в обратнорассеянных электронах, отражающее контраст по среднему атомному номеру минералов; максимальная интенсивность сигнала — 255. AuMb, 314 — карта распределения золота по характеристической линии Au Mb. AgLa1, 88 — карта распределения серебра по линии Ag La1. Числовые значения соответствуют интенсивности зарегистрированного рентгеновского сигнала (counts)

На поверхности Таушанского месторождения широко развита зона выветривания горных пород и окисления руд. Мощность этих зон варьируется от 10–15 м до 40–45 м от поверхности, но они могут опускаться на большую глубину (60–80 м) вдоль отдельных тектонических нарушений.

Зона окисления представляет собой неравномерно распределенную рыхлую массу лимонита, в которой присутствуют реликтовые остатки и подвергшиеся коррозии зерен породообразующих минералов, составляющие 30 % массы породы. Окисленные руды сложены сочетанием гетита, гидрогетита, лимони-

та, ярозита и глинистых минералов, кварца и др. [Юсупов, 2022].

Здесь самородное золото находится в тонкодисперсном состоянии (до 15–20 мкм), преобладают микрочастицы размером 20–30 мкм, иногда более 100 мкм, что, вероятно, связано с выделением и перекристаллизацией самородного золота из состава гипергенных растворов. Пробность золота по агрегату очень изменчива (от 640 до 967 ‰) (рис. 6).

Выводы. Промышленные руды месторождения Таушан в горах Кульджуктау (Центральные Кызылкумы) представлены двумя основными типами

золотого оруденения — эндогенные и экзогенные, которые связаны с гидротермальным и гипергенным минералообразованием. В результате гидротермальных процессов проявлены более ранняя кварц-пирит-арсенопиритовая (главная продуктивная на золото), кварц-карбонат-полисульфидная и кварц-карбонат-сульфидно-сульфосольная (с серебром) ассоциации. Данные ассоциации, чаще слагают жильно-метасоматические зоны и прожилки различной мощности в рудовмещающих породах. Среди рудных минералов месторождения преобладают арсенопирит, пирит и самородное золото (рудные минералы в смысле носителей золота). Второстепенными минералами являются пирротин, антимонит, сфалерит, халькопирит, марказит, галенит, висмутин, ковеллин, халькозин. Для распространенных минералов выявлены парагенные ассоциации, структурно-текстурные особенности, химический состав и комплексы элементов-примесей. В ходе изучения минералогии руд для района исследований выявлен ряд новых минералов и их разновидностей: электрум, тетраэдрит (теннантитовая серия), фрейбергит, бурнонит, гессит, Au-гессит, штютцит, петцит, теннантит, джемсонит, полибазит и др.

Эндогенное золотое оруденение месторождения представлено тонкозернистым самородным золотом, в виде микрочастиц (20–30 мкм), пробностью 927–992 ‰, в его составе присутствует медь (до 1,33 %) и висмут (0,25–0,31 %). Самородное золото часто встречается в виде микровкраплений в кварце-

вых прожилках, образуя сложные пространственные сростки с сульфидами, блеклыми рудами и сульфосолями, общее количество которых не превышает 1,5 % от общей массы. В составе руд месторождения, реже, наблюдается золото, связанное с поздней серебряно-сульфидно-сульфосольной ассоциацией, поробность которого составляет 682–862 ‰. В некоторых случаях вокруг частиц золота с высокой пробностью (927 ‰) наблюдается нарастание относительно поздней генерации золота с более низкой пробностью (515 ‰).

Гипергенное рудообразование развивается по эндогенным рудам, представлены вторичными минералами железа (гётит, гидрогётит, ярозит, лимонит и др.), с микрозернами самородного золота в кавернозной массе, в различной степени выветрелых пород. Самородное золото в зоне окисления (экзогенные руды) микроскопическое и проявляется в виде тонких бесформенных выделений, дендритов, часто пористых бесформенных скоплений, цвет ярко-желтый. Часть золота в этих рудах связана с распадом сульфидов и образованием по ним вторичных минералов — наблюдается развитие вторичного гипергенного золота по периферии первичных частиц золота, которые отличаются между собой по составу; в эндогенном золоте преобладает содержание меди.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Амиров Э.М., Мойлиев М.Ш., Юсупов А.Б., Садиров Р.М. Минералого-петрографическая характеристика рудовмещающих пород месторождения Таушан (горы Кулджуктау) // Горный вестник Узбекистана. 2022. № 4. С. 48–52.

Бортников Н.С., Дистлер В.В., Викентьев И.В. и др. Формы нахождения благородных металлов в рудах комплексных месторождений: методология изучения, количественные характеристики, технологическое значение // Проблемы минералогии России. 2011. С. 1–20.

Карабаев М.С., Амиров Э.М., Джурабаев А.Б. и др. Типоморфные особенности пиритов золотого оруденения Центральных Кызылкумов // Геология и минеральные ресурсы. 2019. № 6. С. 22–28.

Карабаев М.С., Жаниев Х.Э., Джурабаев А.Б., Амиров Э.М. Типоморфизм минералов разнотипного золотого оруденения Центральных Кызылкумов и их поисково-оценочное значение // Геология и минеральные ресурсы. 2020. № 1. С. 37–43.

Юсупов А.Б. Минералогия золоторудных месторождений Песчаное и Таушан (Центральные Кызылкумы):

Автореф. дисс. ... докт. филос. (PhD) по геолого-минер. наукам. Ташкент, 2025. 48 с.

Юсупов А.Б. Типоморфные особенности главных минералов золотых руд месторождения Таушан (горы Кулджуктау) // Международная научная конференция молодых ученых «Наука и инновации». Ташкент, 2022. С. 443–444.

Юсупов А.Б., Карабаев М.С., Амиров Э.М., Кодиров О.З. Микроминералогия золоторудного месторождения Песчаное в горах Ауминзатау // Вестник университета геологических наук. 2023. № 4. С. 19–25.

Panov B.S., Alekhin V.I., Yushin A.A. “Gold Mineralization in Coals of the Dnieper Brown Coal Basin,” in *Geology of Coal Deposits* (UGGGA, Yekaterinburg, 2001). № 11. P. 248–252 (In Russ.).

Yusupov A.B., Amirov E.M., Moyliev M.Sh. The composition of gold ores and typomorphic characteristics of basic minerals in the Taushan mine (the Kuljukttau mountains) // *Bulletin of the University of Geological Sciences*. 2023. № 5. P. 36–40.

Статья поступила в редакцию 03.03.2026,
одобрена после рецензирования 18.03.2026,
принята к публикации 24.06.2026