



Минеральный состав руд месторождения Бесапантау

С. С. Сайитов, В. Д. Цой

Научно-исследовательский институт минеральных ресурсов, Ташкент, Узбекистан
vtsoi@inbox.ru

Обсуждаются результаты минералогических исследований типичного для Мурунтауского рудного поля (Центральные Кызылкумы) месторождения Бесапантау, относящегося к убогосульфидному золотокварцевому геолого-промышленному типу. Наиболее продуктивной на золото является раннесульфидная (пирит-арсенопиритовая) парагенетическая минеральная ассоциация (ПМА). В число минералов-спутников золота и серебра входят пирит, арсенопирит, галенит, блеклые руды, сульфоантимониды, теллуриды. Самородное золото варьируется по составу в диапазоне от электрума до весьма высокопробного. Серебро присутствует в формах: самородной, золотосодержащей, гессита, аргентита, стефанита, пираргирита. Эффективным поисковым признаком на золото в условиях Центральных Кызылкум может служить арсенопирит, а критерием степени обогащения золотом – содержание в рудах мышьяка.

Ключевые слова: Узбекистан, Центральные Кызылкумы, Мурунтауское рудное поле, месторождение Бесапантау, минералы золота и серебра.

The mineral composition of the ores of the Besapantau deposit

S. S. Saitov, V. D. Tsoi

Scientific Research Institute of Mineral Resources, Tashkent, Uzbekistan

The results of mineralogical studies of the Besapantau deposit, typical of the Muruntau ore field (Central Kyzylkum), belonging to the low-sulfide gold-quartz geological-industrial type, are discussed. The most productive for gold is the early sulfide (pyrite-arsenopyrite) stage of mineralization. The minerals associated with gold and silver include pyrite, arsenopyrite, galena, fahlore, sulfoantimonides, and tellurides. Native gold varies in composition from electrum to very fine gold. Silver is present in the forms: native, gold-bearing, hessite, argentite, stephanite, pyrrargyrite. Arsenopyrite can serve as an effective search indicator for gold in the conditions of forms, and also as the Central Kyzylkum, and the content of arsenic in ores can serve as a criterion for the degree of gold enrichment.

Keywords: Uzbekistan, Central Kyzylkum, Muruntau ore field, Besapantau deposit, gold and silver minerals.

Введение

Узбекистан является одним из основных производителей золота и по разведанным запасам металла входит в первую десятку стран мира с 1 800 т запасов. В 2021 году он вошел в топ-10 стран мира и по производству золота (Minerals, 2022). К настоящему времени в Узбекистане открыты около сотни золоторудных месторождений – от мелких до гиганта мирового уровня Мурунтау.

Золоторудные месторождения Узбекистана приурочены к единому Кызылкумо-Кураминскому металлогеническому поясу, включающему Южно-Тяньшанский орогенический пояс и Бельтау-Кураминскую вулканоплутоническую дугу (рис. 1), образованные в результате субдукции коры Туркестанского палеоокеана под Казахстано-Киргизский континент и коллизии последнего его с Каракумо-Таримским континентом (Далимов и др., 2004; Yakubchuk et al., 2005; Goldfarb et al., 2013).

Большое количество золоторудных объектов, включая крупные месторождения республики, такие как

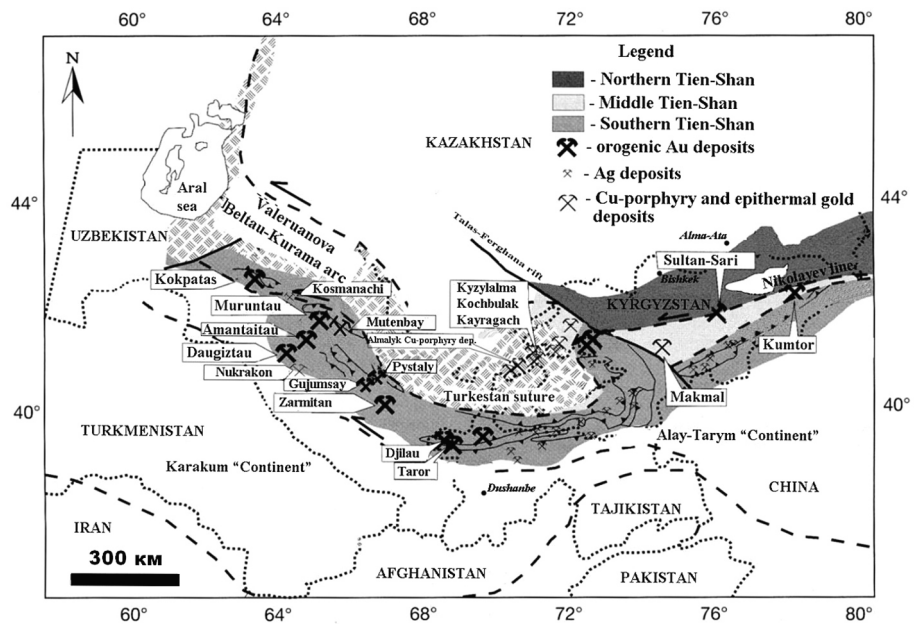
Мурунтау, Мютенбай, Кокпатас, Даугызтау, сосредоточены в Центральных Кызылкумах и локализованы в черносланцевых толщах (Мурунтау, Мютенбай), карбонатных, терригенных и вулканогенных породах (Кокпатас, Балпантау), в интрузивных образованиях в Зармитане (Конеев и др., 2019). Рудные тела в этих месторождениях представлены кварцево-жильными образованиями и метасоматически измененными зонами вмещающих пород (Цой и др., 2015). В Чаткало-Кураминских горах расположены известные месторождения Кызылалмасай и Кочбулак. В соответствии с зональностью, глубиной формирования на золоторудных месторождениях установлен единый последовательный ряд геохимических парагенезисов: Au-W / Au-As / Au-Te / Au-Ag / Au-Sb / Au-Hg (Konееv et al., 2005; Конеев и др., 2009). Запланировано масштабное увеличение добычи золота в ближайшие годы с привлечением новых собственно золоторудных объектов для отработки в известных горнорудных районах, а также увеличение объема перерабатываемых золотосодержащих медно-порфириновых руд. В последние годы был построен гидрометаллургический завод № 5

Для цитирования: Сайитов С. С., Цой В. Д. Минеральный состав руд месторождения Бесапантау // Вестник геонаук. 2023. 6(342). С. 21–28. DOI: 10.19110/geov.2023.6.3

For citation: Saitov S. S., Tsoi V. D. The mineral composition of the ores of the Besapantau deposit. Vestnik of Geosciences, 2023, 6(342), pp. 21–28, doi: 10.19110/geov.2023.6.3

Рис. 1. Геологическая схема размещения золоторудных месторождений в геодинамических структурах Центральной Азии (Goldfarb et al., 2013)

Fig. 1. Geological scheme of distribution of gold deposits in geodynamic structures of Central Asia (Goldfarb et al., 2013)



(ГМЗ-5) для переработки руд месторождения Амантай, продолжаются строительные работы ГМЗ-6 на базе месторождения Пистали в горах Нуратау, медно-обогатительной фабрики № 3 на базе месторождения Ёшлик, на которой будут извлекать золото попутно с медью.

Увеличение разведанных запасов золота за счет изучения флангов и глубоких горизонтов известных месторождений в регионах с развитой горнорудной промышленностью является приоритетным направлением экономического развития Узбекистана. В этой связи изучение месторождения Беспантау, которое расположено в пределах Мурунтауского рудного поля, является актуальным.

Месторождение Беспантау расположено в южной части гор Тамдытау, в пределах Мурунтауского рудного поля, в 5 км к северо-западу от месторождения Мурунтау (рис. 2). Административно входит в состав Тамдынского района Навоийской области. Рудные залежи месторождения локализованы в отложениях косманачинской толщи, которая является основной рудовмещающей для рудного поля (Рудные месторождения Узбекистана, 2001).

Многие исследователи связывают формирование золоторудных месторождений Узбекистана с гранитоидным магматизмом, возраст которого карбон—пермь.

По данным Ю. А. Костицына граниты Мурунтауского рудного поля имеют возраст (287.2 ± 3.9) млн лет, сиенодиоритовые порфириды — (285.4 ± 5.1) и (284.4 ± 1.9) млн лет, адамеллиты — (286.2 ± 1.8) млн лет (Костицын, 1991). Результаты Re-Os-He изотопии арсенопирита показывают возраст 285.5 ± 1.7 млн лет (Morelli et al., 2007). Так как арсенопирит является минералом-спутником самородного золота в золоторудных месторождениях Центральных Кызылкумов, можно сделать заключение о взаимосвязи золотого оруденения именно с гранитоидным магматизмом. Данные U-Pb геохронологии также свидетельствуют о том, что золотоконтролирующий гранитоидный магматизм имеет преимущественно постколлизийный возраст в 270—290 млн лет (Koneev, Seltman, 2014). Золотое оруденение накладывалось здесь в течение 60—70 млн лет на осадочно-вулканогенные и магматические породы различного состава возрастом от докембрия до верхнего карбона —

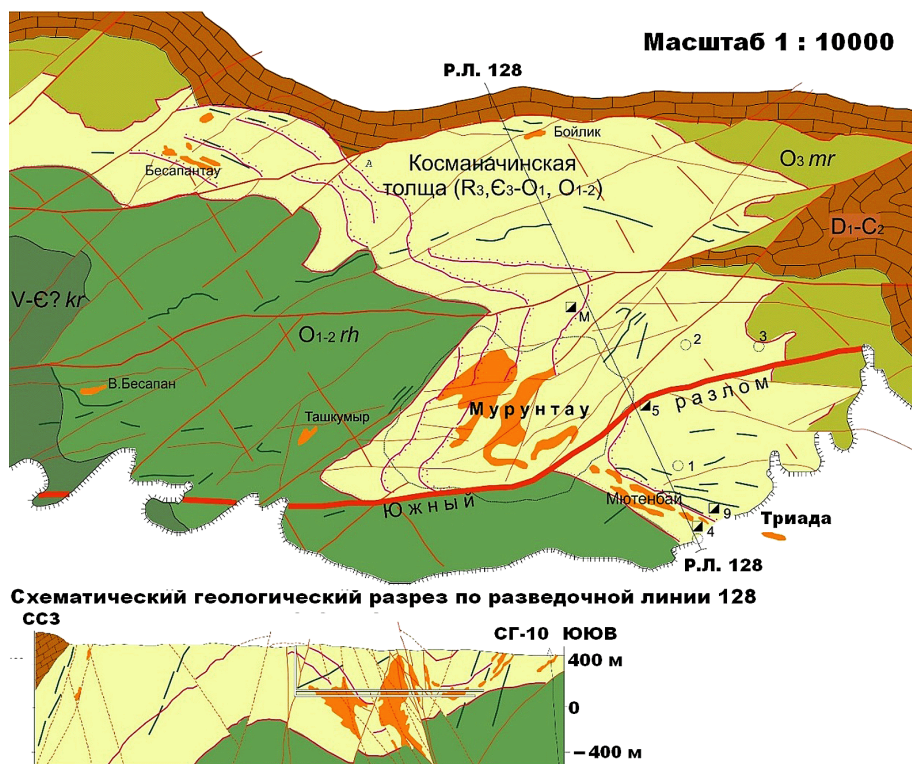


Рис. 2. Схема геологического строения и геологический разрез Мурунтауского рудного поля. Используются материалы А. Д. Швецова, С. Ю. Петрова, А. Т. Бендика, А. И. Образцова, Ю. С. Савчука и др.

Fig. 2. Scheme of the geological structure and geological section of the Muruntau ore field. The materials of A. D. Shvetsov, S. Yu. Petrov, A. T. Bendik, A. I. Obraztsov, Yu. S. Savchuk and others were used



нижней перми (Конеев и др., 2009). Близкие результаты изотопных анализов сульфидов и гранитоидов также указывают на их генетическую связь и подтверждают выводы о синхронности золотого оруденения и гранитоидного магматизма (Хамрабаев, 1969).

Изучение минерального состава руд и определение форм нахождения ценных компонентов, выявление продуктивных парагенетических минеральных ассоциаций, расшифровка стадийности гипогенного минералообразования — все это помогает оценить рудный потенциал объекта, разработать технологические схемы обогащения руд и способы комплексного извлечения из них продуктивных компонентов. Примером таких исследований может служить наш опыт изучения месторождения Бесапантау.

Методы исследования

В процессе исследований были изучены рудные и минерализованные зоны, вскрытые скважинами и канавами. При полевых геологических работах были отобраны различные пробы для дальнейших минералого-петрографических и химико-аналитических исследований. Химический состав руд и рудовмещающих пород определялся классическим методом силикатного анализа. Для оценки содержания элементов-примесей использовались спектральный полуколичественный, ИСП-МС и атомно-абсорбционный методы. Петро- и минераграфические исследования осуществлялись с использованием микроскопа Nikon Eclipse LV100 Pol. Фазовая диагностика проводилась рентгенодифрактометрическим методом на приборе ДРОН-3. Состав анализировался на сканирующем электронном микроскопе EVO MA 10 (Zeiss), оснащенном рентгеновским детектором Oxford Instrument NanoAnalysis, и на рентгеноспектральном микронзонде JXA -8800R Superprobe (JEOL).

Обсуждение результатов

Рудовмещающие терригенные породы представлены алевропесчаниками, псаммоалевролитами (с реликтами и хорошо сохранившейся обломочной структурой), алевросланцами, филлитовидными сланцами однотипного углисто-серицит-полевошпат-кварцевого и углисто-хлорит-серицит-полевошпат-кварцевого состава. По степени вторичного изменения эти породы не превышают стадию глубинного метазенеза. На месторождении Бесапантау также установлены дайковые и жильные образования. Жилы по составу подразделяются на кварц-полевошпатовые, кварцевые, кварц-карбонатные, часто с сульфидами. Редко отмечаются дайки лампрофиров. Внедрение даек произошло после формирования главного оруденения на месторождении.

Примерно 30–40 % месторождения составляют катаклазированные породы, насыщенные вторичными минералами. Генеральное направление простирания катаклазированных зон — западное и северо-западное, падение в северных румбах — под углом 10–60 градусов. Именно в них локализованы основные рудные тела, представленные кварцевыми жилами, прокварцованными катаклазитами и метасоматитами. Основным нерудным минералом выступает кварц.

Содержание SiO_2 и Al_2O_3 в рудах и рудовмещающих породах месторождения Бесапантау варьируется в пределах соответственно 52.2–88.24 и 5.01–17.29 мас. %. Общее содержание оксидов железа достигает 12 мас. %. Сера представлена в основном сульфидной формой с содержанием до 12.26 мас. %. Средний химический состав проанализированной 21 пробы оценивается следующим образом (мас. %): SiO_2 — 66.93; TiO_2 — 0.69; Al_2O_3 — 11.72; Fe_2O_3 — 2.26; FeO — 2.93; MnO — 0.04; MgO — 1.68; CaO — 2.09; Na_2O — 2.18; K_2O — 2.78; P_2O_5 — 0.22; $\text{S}_{\text{общ}}$ 1.75; SO_3 — 0.17; $\text{S}_{\text{сульфидная}}$ — 1.68; ППП — 4.35; CO_2 — 1.63; $\text{H}_2\text{O}_{\text{гипр}}$ — 0.13.

В результате рентгенофазового анализа содержание кварца в рудах Бесапантау составило 68.7–88.6 %. В подчиненном количестве отмечаются слоистые минералы — гидрослюды (4.9–11.4 %) и хлориты. Установлены также плагиоклазы и калиевые полевые шпаты. Суммарное содержание карбонатов, представленных в основном кальцитом и сидеритом, составляет до 4.2 %. Из рудных минералов установлены пирит, арсенопирит, анатаз, ильменит (табл. 1).

Текстура руд в основном вкрапленная, прожилковая, гнездовая, спорадически массивная. Структура — гипиди- и аллотриоморфная тонко-мелкозернистая. Рудные минералы развиваются по трещинам пород или в межзерновых промежутках нерудных минералов, образуя вкрапленность и гнездообразные скопления.

Самородное золото является основным продуктивным минералом в составе руд. Отмечается в виде единичных свободных зерен в кварце, в сростках с сульфидами, чаще всего с арсенопиритом, в котором развивается по трещинам и интерстициям. Установлены также включения самородного золота в пирите (рис. 3–7). Изредка золото наблюдается в сростках с галенитом и блеклой рудой, которые развиваются по краям золотин, что указывает на более раннее образование золота. Форма золотин изометричная, ксеноморфная, вытянутая, проволоковидная. Часто эти формы повторяют межзерновые пространства сульфидов. Размеры золотин составляют <0.01–0.6 мм. Включения золота в пирите и арсенопирите более мелкие по размеру.

Состав самородного золота установлен рентгено-спектральным локальным анализом на сканирующем электронном микроскопе. По результатам 67 замеров состав этого минерала соответствует интервалам (мас. %): Au = 60.87–100; Ag = 0–39.13 (электрум — весьма высокопробное золото). В среднем по данным 67 замеров средний состав самородного золота составляет Au — 83.60, Ag — 22.28 мас. % (среднепробное золото). В единичных зернах самородного золота установлены примеси железа, мышьяка, тантала, кобальта. Это может быть за счет вмещающих минералов.

Наиболее ранняя пирит-арсенопиритовая с золотом парагенетическая минеральная ассоциация (ПМА) является наиболее продуктивной. Более поздние — халькопирит-пирротиновая и сфалерит-халькопирит-галенитовая ПМА — проявились в меньшей степени. Кюстелит, золотосодержащее самородное серебро, серебряные сульфиды, сульфоантимониды и теллуриды (табл. 2; рис. 8) являются продуктом наиболее поздней золотосеребряной стадии минерализации. Все это указывает на многостадийную историю образования ме-

Таблица 1. Минералогический состав (%) золотосодержащих руд на месторождении Бесапантау по данным рентгенофазового анализа

Table 1. Mineralogical composition (%) of gold-bearing ores at the Besapantau deposit according to X-ray phase analysis

Минералы / minerals	№ проб / Sample number				
	Бес-7	Бес-14	Бес-17	Бес-32	Бес-35
Кварц / Quartz	88.6	70.6	71.9	79.7	68.7
Плагиоклазы / Plagioclase	2.1	9.1	4.8	5.1	9.4
Ортоклаз / Orthoclase	1.5	1.5	2.2	0.4	2.2
Слюды / Mica	4.9	11.4	9.3	5.5	5.8
Хлориты / Chlorites	1.7	7.0	4.6	4.4	7.3
Кальцит / Calcite	0.5	0	2.5	1.8	3.7
Сидерит / Siderite	0	0.4	1.7	0.3	0.2
Пирит / Pyrite	0	0	3.1	1.1	0.9
Арсенопирит / Arsenopyrite	0	0	0	0	0.9
Анализ / Anatase	0	0	0	0	0.8
Ильменит / Ilmenite	0.9	0	0	0	0
Слоистые минералы / Layered minerals	6.6	18.4	13.9	9.9	13.1
Карбонаты / Carbonates	0.5	0.4	4.2	3.8	3.9
Кварц и рудные минералы / Quarts and Ore minerals	93.1	81.2	82.0	86.3	82.9
Виды слюдястых минералов / Types of micaceous minerals	Гидрослюда / Hydromica	Гидрослюда / Hydromica	Гидрослюда > мусковит / Hydromica > muskovite	Гидрослюда / Hydromica	Биотит > гидрослюда / Biotite > Hydromica

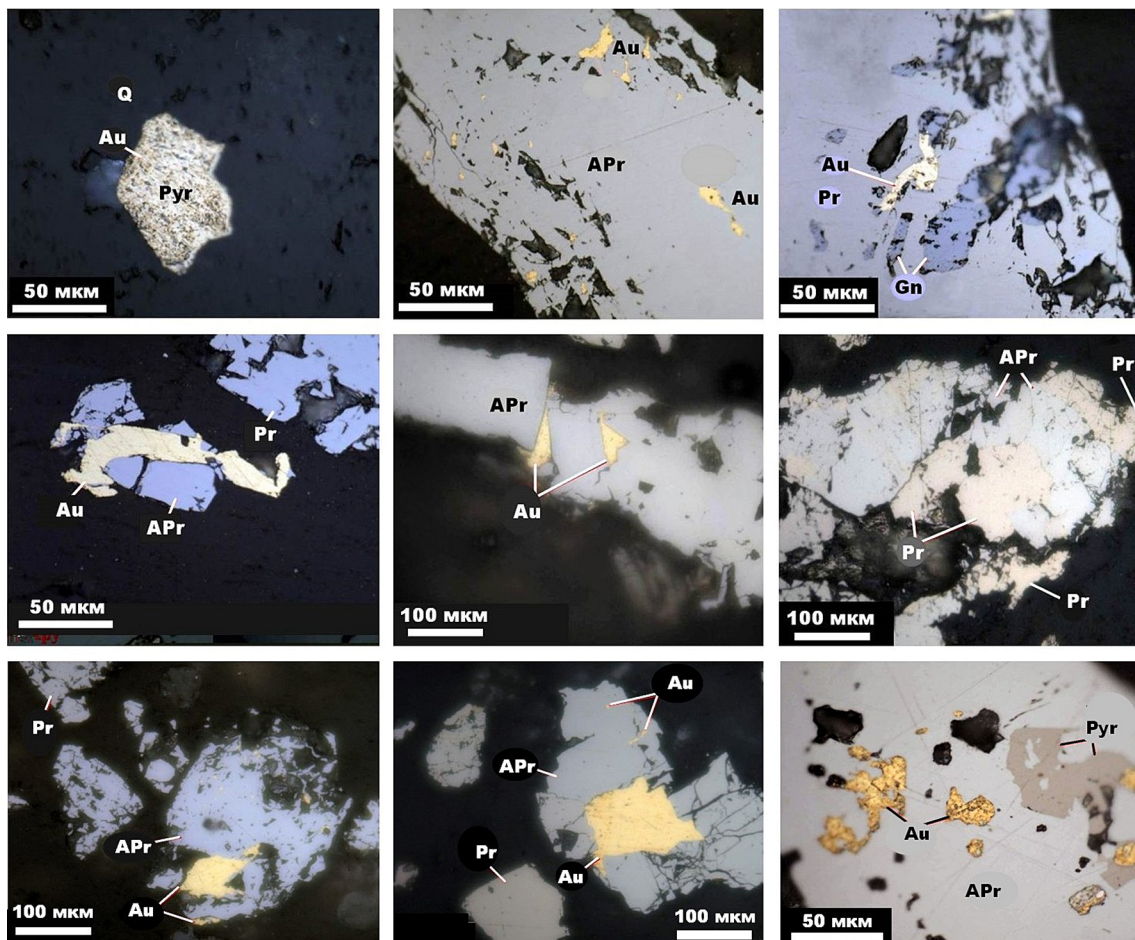


Рис. 3. Онтогенетические взаимоотношения основных рудных минералов. Фотографии в отраженном свете. Минералы: Au – самородное золото, Apr – арсенопирит, Pr – пирит, Q – кварц, Gn – галенит, Pyr – пирротин

Fig. 3. The relationship of the main ore minerals. Photography in reflected light. Minerals: Au – native gold, Apr – arsenopyrite, Pr – pyrite, Q – quartz, Gn – galena, Pyr – pyrrhotite

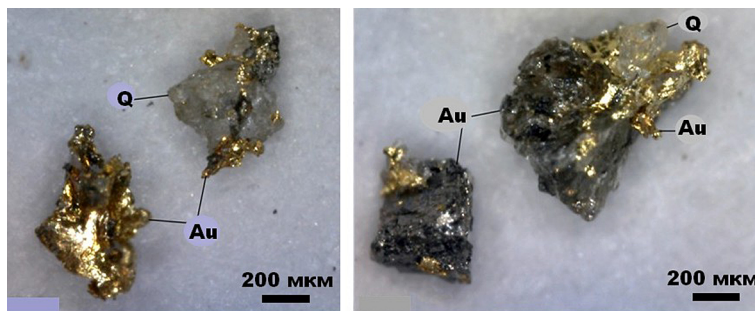


Рис. 4. Самородное золото свободное и в сростаниях с кварцем и арсенипиритом

Fig. 4. Native gold free and intergrown with quartz and arsenopyrite

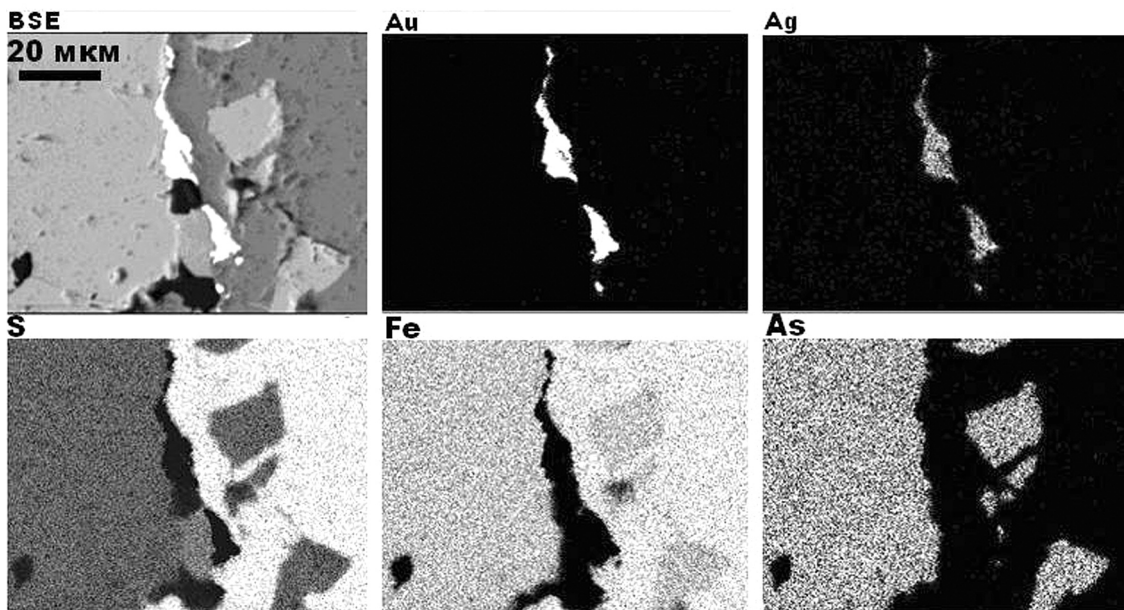


Рис. 5. Самородное золото в интерстициях пирита и арсенипирита. Изображения в режиме энергодисперсионных спектров

Fig. 5. Native gold in pyrite and arsenopyrite interstices. EDS images

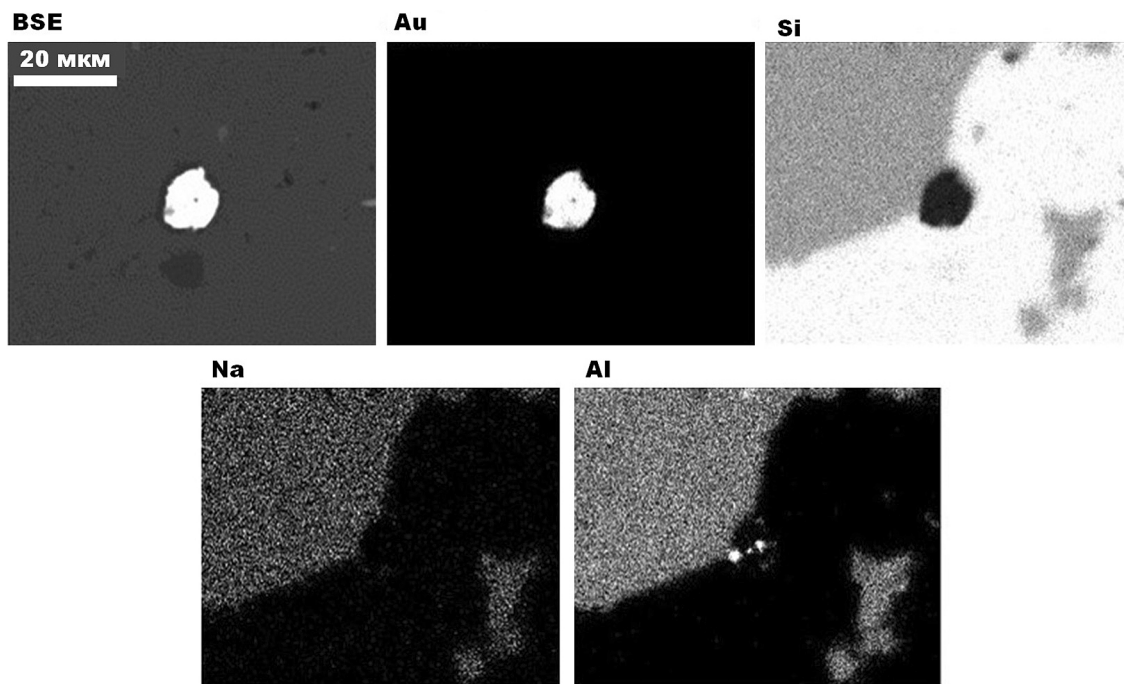
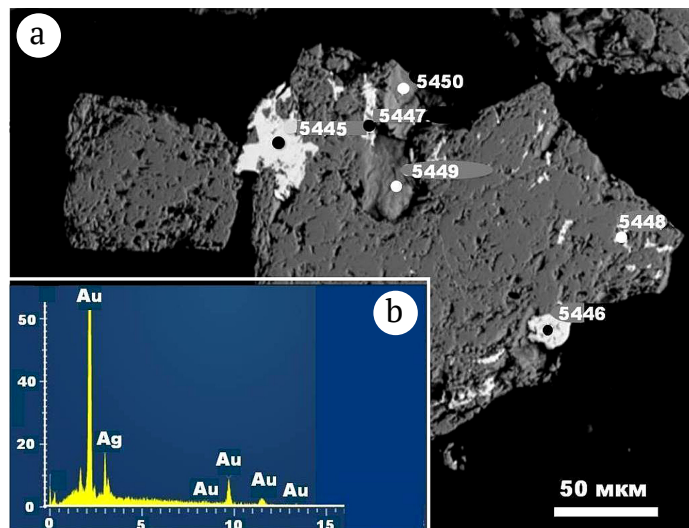


Рис. 6. Самородное золото в интерстициях кварца и плагиоклаза. Изображения в режиме энергодисперсионных спектров

Fig. 6. Native gold in quartz and plagioclase interstices. EDS images



№ спектра Spectrum No	Минералы Minerals	Au	Ag	Fe	As	S	Формулы / Formulas (тип по пробе) / (type by sample)
5445	Золото Gold	83.29	16.71	не обн. n/d	не обн. n/d	не обн. n/d	$Au_{0.73}Ag_{0.27}$ (низкопробное) / (low-grade)
5447	Золото Gold	83.42	16.58	«	«	«	$Au_{0.73}Ag_{0.27}$ (низкопробное) / (low-grade)
5448	Золото Gold	91.83	8.17	«	«	«	$Au_{0.86}Ag_{0.14}$ (среднепробное) / (medium-grade)
5449	Арсенопирит Arsenopyrite	не обн. n/d	не обн. n/d	32.09	47.27	20.63	$Fe_{0.92}As_{0.97}S_{1.03}$

Рис. 7. Срасток самородного золота с арсенопиритом (а), типичный энергодисперсионный спектр, полученный от самородного золота (б), и данные рентгеноспектрального микрозондового анализа (с)

Fig. 7. Intergrowth of native gold with arsenopyrite (a), typical energy-dispersive spectrum obtained from native gold (b) and X-ray spectral data microprobe analysis (c)

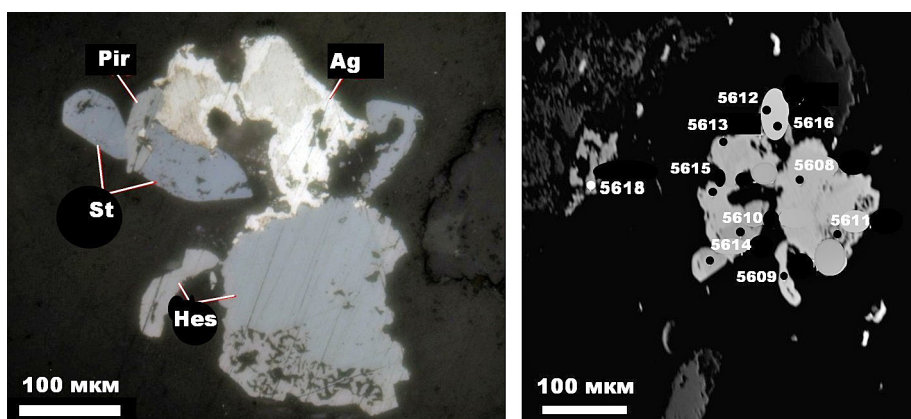


Рис. 8. Срастания самородного серебра с сульфантимонидами и теллуридами серебра, СЭМ-изображение в режиме упругоотраженных электронов (а) и схема микрозондового анализа минералов (б). Результаты приведены в табл. 2. Минералы: Ag – самородное серебро, Pir – пираргирит, St – стефанит, Hes – гёссит

Fig. 8. Intergrowth of native silver with silver sulfoantimonides and silver tellurides, SEM image in the elastically reflected electron mode (a) and scheme of microprobe analysis of minerals (b), the results are given in Table. 2. Minerals: Ag – native silver, Pir – pyrargyrite, St – stephanite, Hes – hessite



Таблица 2. Химический состав серебряных минералов, мас. %

Table 2. Chemical composition of silver minerals, wt %

№ п/п	Минералы / Minerals	Ag	Au	Cu	S	Sb	Te	Формулы / Formulas
1	Самородное серебро Nugget silver	87.38	не обн. n/d	не обн. n/d	не обн. n/d	12.62	не обн. n/d	$Ag_{0.89}Sb_{0.11}$
2	«	100	«	«	«	не обн. n/d	«	Ag
3	Электрум / Electrum	54.83	45.17	«	«	«	«	$Ag_{0.69}Au_{0.31}$
4	Гёссит + аргентит + серебро Hessity + argentite + silver	66.95	не обн. n/d	не обн. n/d	6.97	5.12	20.26	$0.36Ag_2(Te_{0.69}Sb_{0.31}) + 0.35Ag_2S + 0.29Ag$
5	Гёссит / Hessite	66.3	«	«	не обн. n/d	не обн. n/d	33.7	$0.9Ag_2Te + 0.1Ag$
6	«	66.26	«	«	1.23	«	32.51	$Ag_2(Te_{0.93}S_{0.12})_{1.05}$
7	«	67.96	«	«	не обн. n/d	«	32.04	$0.85Ag_2Te + 0.15Ag$
8	«	62.19	«	«	«	«	37.81	$Ag_2Te_{1.02}$
9	«	62.11	«	«	«	«	37.89	$Ag_2Te_{1.03}$
10	Стефанит / Stephanite	61.99	«	«	18.38	19.63	не обн. n/d	$Ag_5Sb_{1.4}S_5$
11	Пираргирит / Pyrargyrite	49.92	«	3.43	22.99	23.55	«	$(Ag_{2.69}Cu_{0.31})_3Sb_{1.12}S_{4.17}$

сторождения Бесапантау, что обычно характерно для наиболее масштабных по запасам рудных объектов (Цой и др., 2020).

Валовое содержание золота в рудах колеблется от 0.08 до 20 г/т, составляя в среднем 2.7 г/т. Полученные результаты ИСП-МС показали, что кларки концентраций (КК) для Ag, Ni, W, Sb, V составляют десятки единиц, для Au, U, Bi, Re, Se, REE — сотни единиц, для Te и Mo — тысячи единиц. Геохимический ряд степени обогащения основными рудогенными элементами месторождения Бесапантау и других золоторудных объектов малосульфидно-золото кварцевого типа в Центральных Кызылкумах имеет вид: $W < Ag < Re < Au < Mo$. Корреляционный анализ выявил особенно сильную прямую связь между золотом и мышьяком (рис. 9), что подтверждает вывод о наибольшей продуктивности золото-пирит-арсенопиритовой ПМА. Также установлена прямая корреляция между золотом, серебром и вольфрамом, указывающая на некоторую продуктивность и дорудной альбит-шеелитовой ПМА.

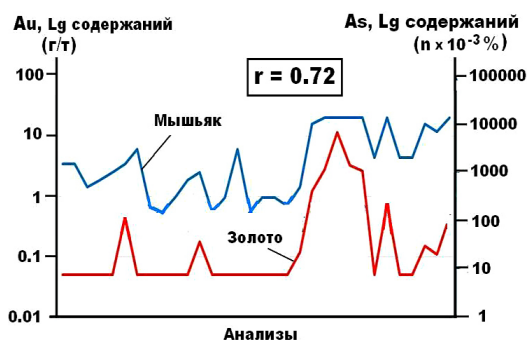


Рис. 9. Корреляция содержаний золота и мышьяка в рудах месторождения Бесапантау

Fig. 9. Correlation of gold and arsenic content in the ores of the Bsepantau deposit

Заключение

Результаты проведенных исследований дают основания отнести месторождение Бесапантау к убого-

сульфидному золото кварцевому геолого-промышленному типу, весьма характерному именно для Мурунтауского рудного поля. К основным сульфидам относятся пирит и арсенопирит. Примесью выступают пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, ковеллин, блеклые руды, висмутин, ильменит, рутил, шеелит, антимонит, молибденит, оксигидроксиды железа, магнетит, гематит и др. Золото и серебро представлены собственными минералами. Самородное золото варьируется по составу в диапазоне от электрума до весьма высокопробного. Серебро присутствует в самородной золото содержащей форме, а также в виде сульфидов, сульфидантимонидов, теллуридов.

На основе изучения минерального состава руд можно заключить, что пирит-арсенопиритовая с золотом парагенетическая минеральная ассоциация, отвечающая раннесульфидной стадии минерализации, является наиболее продуктивной в части золотого оруденения. Это подтверждается сильной прямой корреляцией ($r = 0.74$) между валовым содержанием золота и содержанием мышьяка. Таким образом, присутствие арсенопирита может служить в Центральных Кызылкумах поисковым признаком золотого оруденения.

Минералы более ранних (оксидная, вольфрамовая) и более поздних (полиметаллическая, золото-серебряная, сурьмяная) стадий минерализации отмечаются редко или в единичных зернах. Тем не менее выявляющийся широкий диапазон стадий — от оксидной до сурьмяной — свидетельствует о длительности рудного процесса и значительных перспективах месторождения Бесапантау на благородно-металльное оруденение.

Самородное золото является основным продуктивным минералом. Наблюдается в виде единичных свободных зерен в кварце, в сростках с арсенопиритом, пиритом. Развивается по трещинам и межзерновым интерстициям в пирит-арсенопиритовых агрегатах, обрастает галенитом и блеклыми рудами, что указывает на более позднее образование последних. Форма золотин изометричная, ксеноморфная, проволочковидная. Размеры золотин варьируются в диапазоне от 10 до 600 мкм. Особой формой золотоносности является тонкодисперсное насыщение зерен пирита и арсено-

пирита частицами нанометровой размерности.

Литература / References

- Далимов Т. Н., Конеев Р. И., Ганиев И. Н., Ишбаев Х. Д. Металлогения золота и геодинамика северной окраины Туркестанского палеоокеанического бассейна // Современные проблемы металлогении: Материалы научной конференции, посвященной 90-летию академика Х. М. Абдуллаева. Ташкент: АН РУзб, 2004. С. 142–144.
- Dalimov T. N., Koneev R. I., Ganiev I. N., Ishbaev Kh. D. *Metallogeniya zolota i geodinamika severnoy okrainy Turkestanskogo paleookeanicheskogo basseyna* (Gold metallogeny and geodynamics of the northern margin of the Turkestan paleocean basin). Modern problems of metallogeny: Proceedings of the scientific conference dedicated to the 90th anniversary of Academician Kh. M. Abdullaeva. Tashkent: RUAS, 2004, pp. 142–144.
- Конеев Р. И., Холматов Р. А., Кривошеева А. Н. Нахождения и микронаноансамбли золота — индикаторы условий образования, размещения и типизации орогенных месторождений Узбекистана (Южный Тянь-Шань) // Записки РМО. 2019. № 4. С. 30–45.
- Koneev R. I., Kholmatov R. A., Krivosheeva A. N. *Nakhozheniya i mikro-nanoansambli zolota — indikatory usloviy obrazovaniya, razmeshcheniya i tipizatsii orogennykh mestorozhdeniy Uzbekistana (Yuzhnyy Tyan'-Shan')* (Findings and micro-nanoensembles of gold as indicators of the conditions for the formation, location and typification of orogenic deposits in Uzbekistan (Southern Tien Shan)). Proc. of RMS, 2019, No. 4, pp. 30–45.
- Конеев Р. И., Халматов Р. А., Мун Ю. С. Золоторудные месторождения Узбекистана: минерально-геохимический стиль, закономерности размещения и формирования // Геология и минеральные ресурсы. 2009. № 4. С. 11–24.
- Koneev R. I., Khalmatov R. A., Mun Yu. S. *Zolotorudnyye mestorozhdeniya Uzbekistana: mineral'no-geokhimicheskii stil', zakonmernosti razmeshcheniya i formirovaniya* (Gold deposits of Uzbekistan: mineral-geochemical style, regularities of location and formation). Geology and Mineral Resources, 2009, No. 4, pp. 11–24.
- Костицын Ю. А. Rb-Sr изотопные исследования месторождения Мурунтау. Рудоносные метасоматиты // Геохимия. 1994. № 4. С. 486–497.
- Kostitsyn Yu. A. *Rb-Sr izotopnyye issledovaniya mestorozhdeniya Muruntau. Rudonosnyye metasomatity* (Rb-Sr isotopic studies of the Muruntau deposit. Ore-bearing metasomatites). Geochemistry, 1994, No. 4, pp. 486–497.
- Рудные месторождения Узбекистана / Отв. ред. Н. А. Ахмедов. Ташкент: ИМП, 2001. 661 с.
- Rudnyye mestorozhdeniya Uzbekistana* (Ore deposits of Uzbekistan). Ed. N. A. Akhmedov. Tashkent: IMR, 2001, 661 p.
- Хамрабаев И. Х. Петролого-геохимические критерии рудоносности магматических комплексов (на примере Узбекистана). Ташкент: Фан, 1969. 471 с.
- Khamrabaev I. Kh. *Petrologo-geokhimicheskiye kriterii rudonosnosti magmaticheskikh kompleksov (na primere Uzbekistana)* (Petrological and geochemical criteria for the ore content of igneous complexes (example of Uzbekistan)). Tashkent: Fan, 1969, 471 p.
- Цой В. Д., Королева И. В., Алимов Ш. П. Природные типы руд золоторудных месторождений Узбекистана. Ташкент: ГП «НИИМП», 2015. 156 с.
- Tsoi V. D., Koroleva I. V., Alimov Sh. P. *Prirodnyye tipy rud zolotorudnykh mestorozhdeniy Uzbekistana* (Natural types of ores of gold deposits in Uzbekistan). Tashkent: NIIMR, 2015, 156 p.
- Цой В. Д., Королева И. В., Сайитов С. С., Булин С. Е. Стадийность гипогенного минералообразования рудных месторождений Узбекистана и её значение при оценке перспективности разведываемых объектов // Геология и минеральные ресурсы. 2020. № 1. С. 15–18.
- Tsoi V. D., Koroleva I. V., Sayitov S. S., Bulin S. E. *Stadiynost gipogennogo mineraloobrazovaniya rudnykh mestorozhdeniy Uzbekistana i yeyo znachenie pri otsenke perspektivnosti razveduyemykh ob'ektov* (Staging of hypogenic mineral formation of ore deposits in Uzbekistan and its significance in assessing the prospects of explored objects). Geology and Mineral Resources, 2020, No. 1, pp. 15–18.
- Goldfarb R. J., Taylor R. D., Collins G. S., Goryachev N. A., Orlandini O. F. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia // Gondwana Research. 2013. V. 25. № 1. P. 48–102.
- Koneev R., Ignatkov E., Turesebekov A., Aripov U., Khalmatov R., Kodirov O., Usmanov M. Gold ore deposits of Uzbekistan: geochemistry and nanomineralogy of tellurium and selenium // Geochemistry, mineralogy and petrology. 43. Sofia. 2005. P. 102–107.
- Koneev R. I., Seltmann R. South Tien Shan orogenic belt: structure, magmatism and gold mineralization (Uzbekistan) // Geophysical Research Abstracts. 2014. V. 16. EGU2014-7384-1.
- Minerals Commodity Summaries, U.S. Geological Survey. Reston, Virginia. 2022. P. 202. <https://doi.org/10.3133/mcs2022>.
- Morelli R., Creaser R., Seltmann R., Stuart F., Selby D., Graupner T. Age and source constraints for the giant Muruntau gold deposits, Uzbekistan, from coupled Re-Os-He isotopes in arsenopyrite // Geological Society of America. Geology. 2007. V. 35. № 9. P. 795–798.
- Yakubchuk A. S., Shatov V. V., Kirwin D., Edwards A. Tomurtogoo O., Bardach G., Buryak V. A. Gold and Base Metal Metallogeny of the Central Asian Orogenic Supercollage: Society of Economic Geology // Economic Geology 100th Anniversary Volume. 2005. P. 1035–1068.

Received / Поступила в редакцию 31.03.2023