

УДК 553.1.553.411+549.283 (575.1)

© Ш.П.Алимов, В.Д.Цой, И.В.Королева, 2011

ПРИРОДНЫЕ ТИПЫ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАЛПАНТАУ

Ш.П.Алимов, В.Д.Цой, И.В.Королева (ГП ИМП Госкомгеологии РУз)

На месторождении Балпантау по минералогическим и геохимическим особенностям выделены два природных типа руд — окварцованные сульфидизированные метавулканогенно-терригенные породы с тремя подтипами и кварцевые жилы с двумя подтипами.

Ключевые слова: природный тип руд, золото, минералогия, геохимия.

Алимов Шамсиддин Пахритдинович, shams2711@mail.ru, Цой Владимир Деньевич, vtsoi@inbox.ru, Королева Ирина Валентиновна, koroleva_ira49@mail.ru

NATURAL TYPES OF ORE DEPOSITS BALPANTAU

Sh.P.Alimov, V.D.Tsoy, I.V.Koroleva

On the field Balpantau selected two natural ore types that show their mineralogical and geochemical characteristics. The first type of natural ores represented quartz, sulfidizing metavolcanic-terrigenous rocks. In the first type described three subtypes. Second — quartzvein natural type of ore includes 2 subtypes.

Key words: natural type of ore, gold, mineralogy, and geochemistry.

Золоторудное месторождение Балпантау расположено на северных склонах гор Тамдытау в Центральном-Кызылкумском регионе. Рудовмещающими являются породы нижнесилурийской кушкумбайской (по другим авторам среднесилурийской косбулакской) свиты [3]. Ф.К.Диваев выделяет кушкумбайский осадочно-вулканогенный комплекс, включающий покровные и секущие фации. Покровные фации одноименной свиты состоят из андезитов, андезибазальтов, лейкобазальтов, их туфов, тефроидов, туффитов, вулканомиктовых и полимиктовых песчаников, алевролитов, аргиллитов, гравелитов, конгломератов с прослоями кремнистых пород, известняков и окремненных известняков. Секущая фация представлена некками, штоками, силлами и дайками андезитового, андезибазальтового и базальтового составов. Тектоническое строение территории месторождения определяется близостью разлома глубокого заложения и локализацией золотого оруденения в приразломной компенсационной вулканотектонической депрессии.

Предшествующими тематическими исследованиями (В.Ф.Проценко, Г.П.Чеботарева, Н.Я.Гурейкин, Ю.Г.Зарембо, М.Л.Дынкин, Г.В.Горев, В.Л.Шадрин, В.Д.Цой, И.В.Королева и др.) на месторождении определен списочный состав минералов, выделены минеральные ассоциации, в том числе продуктивные, описаны основные рудные минералы, определены геохимические особенности, возрастные взаимоотношения минералов.

Золотое оруденение месторождения Балпантау характеризуется рядом признаков, несколько отличных от таковых в известных золоторудных месторождениях, локализованных в черносланцевых толщах Центральных Кызылкумов.

Предрудные преобразования пород относятся к пропицит-березитовой формации [1]. Эти процессы вызваны действием одних и тех же углекислых растворов, различия между ними обусловлены составом вмещающих пород [2, 5]. В одних случаях метасоматические изменения затрагивают эффузивы среднего и основного составов, в других — алюмосиликатные песчано-сланцевые отложения. При этом комплекс минералов (ассоциаций) имеет ряд особенностей.

Вулканогенные породы изменены процессами пропицитизации. Отмечаются различные фациальные разновидности пропицитов: серицит-карбонат-кварцевые, серицит-кварцевые, серицит-карбонатные. Высокотемпературные фации не встречены. Породы массивные, разбиты прожилками кварца, часто с сульфидной минерализацией. Новообразованные полевые шпаты замещены карбонатом, серицитом, смесью минералов; карбонаты, в свою очередь, замещаются лимонитом, который в окисленных участках выщелачивается, за счет чего породы приобретают пористую текстуру.

Предрудные изменения пород алюмосиликатного состава характеризуются развитием метасоматического кварца, серицита, пирита, полевого шпата с подчиненным количеством карбоната.

Состав минеральной ассоциации непостоянен и зависит от состава исходных пород. Зоны измененных пород контролируются разрывными нарушениями, трещиноватостью, деформацией пород. С поверхности зоны фиксируются благодаря осветлению, карбонатизации, полевошпатизации.

Терригенные породы охвачены процессом березитизации и весьма однообразны по составу: кварц, серицит, пирит, обломочные минералы большей

частью разлинзованные, перекристаллизованные. Полевые шпаты замещены слюдой, карбонатом.

В углеродсодержащих сланцах преобладает серицит, часто образующий почти мономинеральные линейно вытянутые скопления по сланцеватости. Совместно с ним встречаются углеродистое вещество и в виде вкрапленности лейкоксен. Карбонат замещает глинисто-серицитовый агрегат, часто в нем прослеживается полосчатая текстура, подчеркнутая углеродистыми частицами. Пирит образует субсогласные со сланцеватостью скопления или вкрапления.

Обломочные породы — песчаники полевошпат-кварцевого состава, которые в процессе метаморфизма теряют обломочную структуру. За счет перекристаллизации обломков цемент представляет собой смесь серицита и карбоната. Часто реликты полевого шпата замещаются серицитом. Кроме того, появляется новообразованный полевой шпат в виде прожилков, скоплений; кварц приобретает облачное погасание, характерно мозаичное распадение зерен. Количество новообразованных минералов меняется, что изменяет состав углистых сланцев, особенно в зонах их контакта с другими породами.

Сульфидно-карбонат-кварцевые жилы определяют золотоносность района. Золото в кварцевых жилах постоянно находится в ассоциации с сульфидами Fe и As, железосодержащим карбонатом. Наличие прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации в участках метасоматически преобразованных пород увеличивает содержание полезных компонентов в этих породах.

В зоне окисления самородное золото приурочено к участкам окисленных сульфидов — лимониту, скородиту, As-содержащему лимониту, лимонитизированному карбонату, кварцу.

Природные типы руд выделены нами по литологическим разновидностям пород с определенным химическим и минеральным составами и включают одну или несколько продуктивных минеральных ассоциаций, а также характеризуются промышленно значимыми содержаниями полезных компонентов [4]. На месторождении Балпантау выделены два природных типа руд (ПТР), которые, в свою очередь, подразделены на подтипы.

Руды первого природного типа представлены метасоматитами серицит-кварц-карбонатного или серицит-карбонатного состава по андезитам и терригенным породам — углисто-слюдистым сланцам и песчаникам. Кроме того, отмечаются золотосодержащие апокарбонаты (окремненные карбонатные породы). В связи с этим первый ПТР подразделяется на три подтипа: метатерригенные породы

(углистые сланцы, бластоалевропсаммиты) окварцованные с сульфидами и самородным золотом; метаэффузивы (андезиты, андезибазальты) сульфидизированные; апокарбонаты окремненные, лимонитизированные выщелоченные. Золотоносность метасоматитов в выделенных подгруппах обусловлена наличием сульфидно-кварцевой, карбонат-сульфидно-кварцевой с золотом минерализации.

Руды первого подтипа представлены песчаниками, алевролитами, сланцами кварц-полевошпат-серицитового, серицит-хлоритового составов, иногда с примесью углистого вещества. Породы карбонатизированы, секутся прожилками кварца мощностью до 1–3 мм. В кварце местами отмечаются пирит, арсенопирит, реже халькопирит и др. К участкам дробления, катаклаза сульфидов, зонам контактов сульфидов и кварца приурочено самородное золото ряда электрум — кюстелит.

Золотовмещающие породы часто брекчированы с обильными трещинами, выполненными кальцитом. Цемент песчаников перекристаллизован, превращен в лепидогранобластовый серицит-хлорит-кварцевый (иногда с полевым шпатом) агрегат. Обломочные зерна большей частью перекристаллизованы. В углисто-слудисто-кварцевых сланцах без прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации содержания Au 0,45 г/т, Ag не более 2,1 г/т (табл. 1). В сульфидах содержания Au 0,46–3,22 г/т, в арсенопирите — 7,35–48,7 г/т, в гидроксидах Fe 3,2–27,2 г/т. В метаалевропсаммитах с сульфидно-кварцевыми прожилками отмечаются содержания Au 10,2 г/т, Ag до 3,1 г/т (см. табл. 1).

Химический состав золотосодержащих пород изменчив, %: SiO₂ 44,5–76,5, Fe₂O₃ 1,0–30, FeO 0,36–2,56, TiO₂ 0,1–0,75, MnO 0,015–0,05, Al₂O₃ 5,4–16,5, CaO 1–4,54, MgO 0–2,32, K₂O 0,67–3,31, Na₂O 0,39–4,76, P₂O₅ 0,03–0,61, SO₃ до 0,48, S_{общ} 0,11–2,48, CO₂ 0,22–3,96.

Минеральный состав руд, %: кварц 18–75,6, альбит до 40, серицит 4–28, хлорит 1–16, кальцит 2–13,9, каолинит 0,3–9, пирит 0,4–5,3, гидроксиды Fe до 32. Количество остальных минералов незначительно.

В участках пород с повышенным содержанием золота постоянно присутствуют, %: As до 0,6, Zn 0,001–0,03, Pb до 0,004, Cu до 0,004, Ni 0,003–0,01, Co до 0,003, V 0,001–0,04, Cr 0,002–0,06. Спорадически встречаются Mo, Sn, Ga, Be, Y, Yb, Sc, почти постоянно — Zr 0,001–0,01, Sr до 0,3, Ba до 0,4.

По данным рационального анализа в углеродсодержащих сланцах (табл. 2) 65,7% Au находится в свободном состоянии, 15,4% — тонковкрапленное в кислотонерастворимых соединениях. В метасоматитах полевошпат-серицитового состава по

углеродистым сланцам с сульфидами связано 36% Au, 28% ассоциируют с кислоторастворимыми соединениями, 20% находятся в свободном состоянии, 16% — тонковкрапленное в кислотонерастворимых соединениях.

К рудам второго подтипа отнесены метасоматиты по андезитах с сульфидно-кварцевой минерализацией. Породы плотные серого или зеленовато-серого цвета, часто мелкопорфировой структуры. Количество вкрапленников размером до 2–3 мм варьирует от единичных до обильных. Они представлены плагиоклазом, а основная масса полевошпат-серицитовым агрегатом с более поздними прожилками, гнездами хлорита. Порфиновые зерна полевого шпата

карбонатизированы, серицитизированы, иногда практически полностью, сохраняется лишь контур. Часто наблюдаются пересечения хлоритовыми, карбонатными и кварцевыми прожилками. Основная масса представлена тонкозернистыми агрегатами серицита, полевого шпата, хлорита, кварца, иногда отмечаются биотит, турмалин. Постоянно присутствуют скопления карбоната, ожелезненного вдоль трещин спайности, за счет чего порода приобретает «решетчатую» текстуру. В основной массе изредка встречаются реликты стекла.

Прожилковая минерализация представлена прозрачным кальцитом, секущим вмещающую породу, хлоритом, реже альбитом и кварцем, часто содержащим вкрапленность рудных минералов.

Содержания Au <0,05–10,2 г/т. Его концентрации повышаются в метасоматитах с прожилковой сульфидно-кварцевой минерализацией. Содержание Ag 0,4–10,5 г/т.

Химический состав пород варьирует в широких пределах, %: SiO₂ 52,2–80, Fe₂O₃ 1,16–13,59, FeO 1–4, TiO₂ до 0,65, MnO 0,015–0,08, Al₂O₃

1. Содержания Au и Ag в углисто-слюдисто-кварцевых сланцах и металевропсаммитах месторождения Балпантау

Номера проб	Au, г/т	Ag, г/т	Характеристика пород
174	0,45	0,8	Углисто-слюдисто-кварцевые сланцы
181	0,35	2,1	
193	<0,05	0,5	
T-3	0,24	1,7	
400 ^б	0,31	1,5	
402	0,32	2	
438	0	1,2	
439	0,12	0,9	
440	0,2	1,4	
441	<0,05	1,73	
449	0,28	1,7	Сланцы с кварцевыми прожилками и пиритом
163	2,49	2,8	
T-2	1	4,8	
405	1,23	3,3	
406 ^б	0,9	8,7	
443	0,73	0,9	Металевропсаммиты
150	<0,05	3,1	
152	0,7	0,5	
159	0,6	1,3	
169	<0,05	1,6	
170	<0,05		
173	0,42	1,3	
87	0,39	1,7	
194	0,06	0,8	
195	<0,05	0,6	
196	0,06	0,4	
196-б	0,94	0,9	
197	0,51	10,5	
154	10,2	3,1	Металевропсаммиты с кварц-сульфидными прожилками

3,4–14,5, CaO 1,12–5,32, MgO 0–2,8, K₂O 0,44–2,89, Na₂O 0,51–4,52, P₂O₅ 0,01–0,28, S_{общ} 0,11–3,43, CO₂ 0,44–8,23, SO₃ 0,04–0,45, H₂O 0,2–0,8. Минеральный состав руд, %: кварц 16–68,7, альбит 4,4–38, серицит 3,5–28, хлорит 0–8, кальцит 2–11, каолинит до 4, пирит до 6, гидроксиды Fe до 14,4, самородное золото — единичные знаки. Из сопутствующих элементов постоянно присутствуют примеси, %: As 0,01–0,6, Cu 0,001–0,02, Zn 0,001–0,03, Pb 0,001–0,006. В единичных пробах содержится 0,01% Sb. Этот комплекс элементов сопровождает золотую минерализацию.

По данным рационального анализа преобладающие формы нахождения золота — свободное (44,5%) и тонковкрапленное в кислотонерастворимых соединениях (27,85%). С пиритом и арсениопиритом ассоциировано 9,2% Au, а с кислоторастворимыми соединениями — 18,5% (см. табл. 2).

Руды третьего подтипа представлены апокарбонатами — окварцованными, окремненными карбонатными породами, лимонитизированными,

2. Результаты рационального анализа руд месторождения Балпангау

Форма нахождения благородных металлов и характер их связи с рудными компонентами	Распределение в пробах											
	Au		Ag		Au		Ag		Au		Ag	
	г/т	%	г/т	%	г/т	%	г/т	%	г/т	%	г/т	%
	ТП-1				ТП-3				ТП-5			
Au и Ag свободные и в виде сростков с рунами компонентами	0,48	44,5	2,94	75,4	1,88	65,7	1,92	76,8	1,42	91,6	1,72	81,9
Au и Ag ассоциированные с кислоторастворимыми соединениями: оксиды, гидроксиды Fe; карбонаты	0,2	18,5	0,56	19,3	0,22	7,7	0,28	11,2	0,04	2,6	0,18	8,6
Au и Ag тонковкрапленные в пирите, арсенопирите	0,1	9,2	0,2	5,15	0,44	15,4	0,1	4,0	0,04	2,6	-	-
Au и Ag тонковкрапленные в кислотонерастворимых рудных минералах (кварце)	0,3	27,8	0,2	5,15	0,32	11,2	0,2	8,0	0,09	3,2	0,2	9,5
Итого в руде	1,08	100	3,9	100	2,86	100	2,5	100	1,55	100	2,1	100

Примечание. ТП-1 — первый ПТР, 2-й подтип, ТП-3 — первый ПТР, 1-й подтип; ТП-5 — второй ПТР, 2-й подтип.

часто выщелоченными, с обильными охрами лимонита, корками гипса в пустотах. Содержания Au варьируют от 0 до 0,13 г/т и лишь в интенсивно окремненных разностях с сульфидной минерализацией повышаются до 2,11 г/т.

Химический состав пород варьирует, %: SiO₂ 46–58,5, Fe₂O₃ 2,18–2,66, FeO 2,2–4,43, TiO₂ 0,25–0,4, MnO 0,06–0,08, Al₂O₃ 4–9,8, CaO 9,8–11,2, MgO 5,2–5,4, K₂O 0,2–0,73, Na₂O 1,12–3,5, P₂O₅ 0,37–0,9, S_{общ} 0,37–0,9, CO₂ 11,66–14,1. Минеральный состав

достаточно прост, %: кварц 60–40, кальцит 30–40, лимонит до 10, пирит в единичных зернах, гипс, каолинит в виде корок. В обломках пород в участках брекчирования встречаются хлорит, серицит, альбит. Из попутных компонентов постоянно встречаются As 0,01–0,1, Cu <0,001–0,007, Zn <0,001–0,01, Pb <0,001–0,003. Содержания Ag 0–2,3 г/т.

Руды второго природного типа. Выделены два подтипа — кварцевый и кварц-карбонатный окисленный.

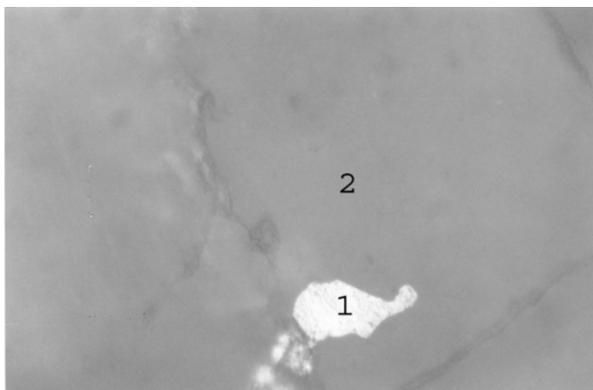


Рис. 1. Самородное золото в жильном кварце:

1 — самородное золото, 2 — кварц. Аншлиф Блп-134, ув. 600^x

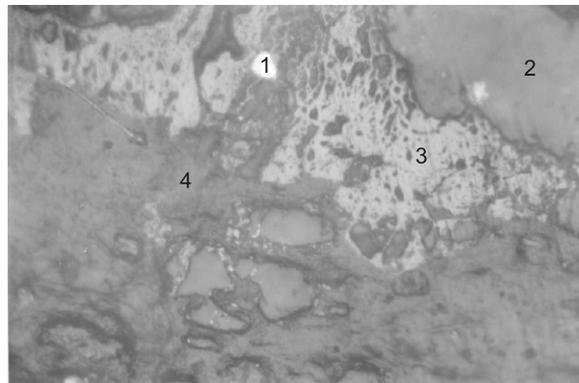


Рис. 2. Самородное золото в гидроксидах железа в кварцевой жиле:

1 — самородное золото, 2 — кварц, 3 — гетит, 4 — охры лимонит-скородита. Аншлиф Блп. ТП-5, ув. 700^x

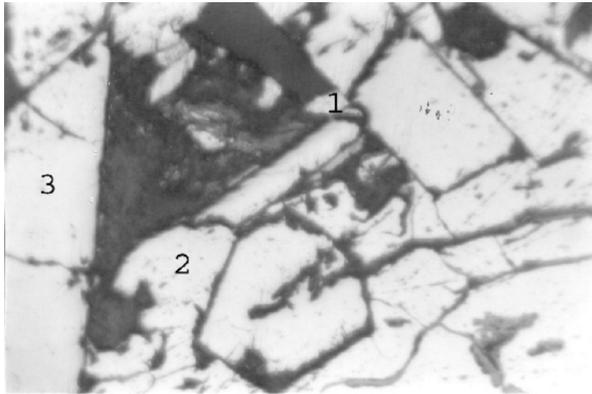


Рис. 3. Самородное золото в метаандезите с сульфидами:

1 — самородное золото, 2 — пирит, 3 — арсенопирит. Аншлиф Блп-111, ув. 530^x

Первый подтип широко распространен на рудопроявлении и является продуктивным на золото. Руды представлены кварцевыми жилами различной мощности. Кварц серовато-белый, часто содержит включения измененных вмещающих пород. Последние иногда как бы растворены в кварце. Трещины в кварце выполняются Fe-содержащим кальцитом. В кварцевых жилах присут-

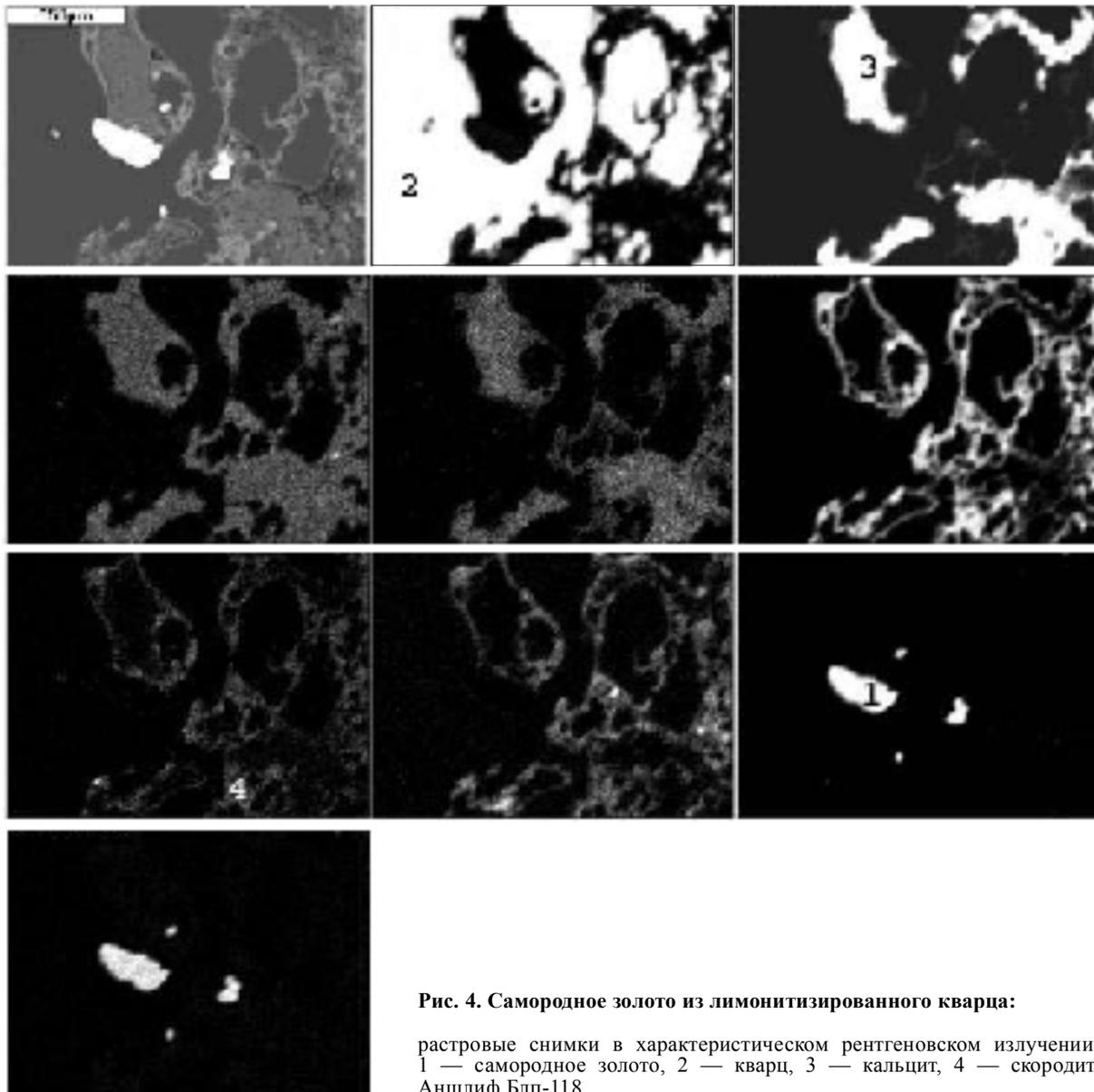


Рис. 4. Самородное золото из лимонитизированного кварца:

растровые снимки в характеристическом рентгеновском излучении; 1 — самородное золото, 2 — кварц, 3 — кальцит, 4 — скородит. Аншлиф Блп-118

ствуют гнездовые скопления сульфидов, среди которых преобладает арсенипирит в сростании с пиритом. В катаклазированных, трещиноватых агрегатах развиваются более поздние сульфиды — галенит, сфалерит, меньше халькопирит. Постоянно совместно с ними отмечается самородное золото ряда электрум — кюстелит. В кварц-сульфидных жилах содержания Au 0,1–10,8 г/т, Ag 0,8–16,8 г/т. Количество сульфидов чуть менее 5%. Основными концентраторами золота являются сульфиды.

Максимальные содержания золота фиксируются в сульфидных концентратах. Результаты химического анализа сульфидного концентрата показали наличие, %: As 0,08–12,38, Fe 5,6–23,1, Pb 0–0,004, Zn 0,058–0,084, Cu 0,01–0,53.

В жилах кварца по данным химического анализа присутствуют CaO и CO₂. В результате пересчета химических анализов на минеральный состав установлены, %: кварц 58,6, кальцит 2, альбит <5, серицит 5–7, хлорит 2, а также пирит, арсенипирит, халькопирит, самородное золото, сфалерит, галенит.

Основные элементы, сопутствующие золоту, %: As 0,02–0,6, Cu 0,001–0,01, Zn <0,001–0,1, Pb <0,001–0,02.

Спектральный анализ сульфидного концентрата показал присутствие примесей Ba, W, Mn, Cu, Mo, As, Pb, Zn и др. В легкой фракции, шламе отмечаются те же примеси, но в меньших количествах.

Руды второго подтипа представлены кварцевыми жилами с гнездами лимонитизированного карбоната, обломками пород, обеленного полевого шпата. В пустотах выщелачивания содержатся охры лимонита с включениями самородного золота.

В рудах присутствуют лимонитизированные кварцевые жилы с сетью прожилков бурого карбоната. В зонах брекчирования кварцевых жил и прилегающих участков вмещающих пород появляются бурые пестроокрашенные образования карбонат-кварц-скородит-лимонитового состава. Породы выветрелые, частично выщелоченные с порошковатыми охристыми скоплениями по трещинам и пустотам. Их химический состав, %: SiO₂ 77,2, Fe₂O₃ 2,75, FeO 1,12, TiO₂ 0,4, Al₂O₃ 10,2, CaO 1,12, MgO 0,6, K₂O 1,63, Na₂O 1,67, CO₂ 0,9, SO₃ 0,034, H₂O 0,3, S_{общ} 0,6.

Минеральный состав руд, %: золото самородное в единичных знаках, пирит в единичных зернах, кварц 58,6, гидроксиды Fe 3, каолинит 5, альбит 14, серицит 14, хлорит 2, кальцит 2.

Содержания Au варьируют от 0,2 до 115 г/т и Ag от 0 до 5,63 г/т. Золото самородное, приурочено к участкам скопления скородита, контактам зерен, выполненных лимонитом, скородитом. В руде

постоянно присутствуют примеси, %: Sb 0,001–0,01, As 0,01–0,3, Cu 0,002–0,01, Zn 0,001–0,02, Pb <0,001–0,004.

По данным рационального анализа 91,6% Au находится в свободном состоянии или в виде сростков с рудными компонентами. В поздних кварцевых жилах, не содержащих сульфидов, содержания Au не превышают 0,5 г/т, Ag 9,3 г/т.

Минеральный состав руд месторождения Балпантау относительно прост и включает 32 минерала. Минералы, дающие заметные скопления, — пирит и арсенипирит. Часть минералов присутствует постоянно, но значительных концентраций не образует. К таковым относятся халькопирит, пирротин, марказит. Они отмечаются как в виде самостоятельных макровыделений, так и в виде микровключений в других минералах. Остальные минералы встречаются спорадически в виде микровключений или редких прожилков.

Самородное золото — промышленно значимый минерал месторождения. В эндогенных рудах Балпантау установлены микро- и макроскопические выделения самородного золота в кварце, гидроксиде железа, лимонитизированном карбонате, пирите и арсенипирите (рис. 1–4).

По данным рационального анализа выявлены следующие разновидности самородного золота и серебра: 1) свободные и в виде сростков с рудными компонентами (см. рис. 1, 3); 2) тонковкрапленные в кварце; 3) в оксидах и гидроксидах Fe (см. рис. 2), карбонатах; 4) в сульфидах пирит-арсенипиритовой ассоциации (табл. 3; см. рис. 3).

Самородное золото первой разновидности в большинстве случаев определяет золотоносность района. Оно связано с проявлением кварц-золотой минеральной ассоциации и отмечается в виде микровыделений в кварцевых, кварц-карбонат-лимонитовых прожилках. Макровидимое самородное золото встречается редко, образует сростания с доломитом, пиритом, арсенипиритом. Концентрируется в жильной массе весьма неравномерно, образуя микроскопления, просечки по трещинам. Более широко развито микровидимое самородное золото тонкодисперсное и пылевидное. Форма золотин ксеноморфная, амбовидная, овальная, каплевидная, прожилковая. Они размещаются в трещинах, на контактах зерен ранних сульфидов. Часто золото совместно с халькопиритом и жильной массой цементирует дробленные, брекчированные зерна арсенипирита.

Самородное золото второй разновидности концентрируется в полевошпат-кварцевом агрегате вблизи сульфидов. Отмечаются частые сростания его с халькопиритом. Совместно с золотом в про-

3. Состав самородного золота месторождения Балпантау по данным рентгеноспектрального локального анализа

Номера аншлифов	Содержание, %							
	Au	Ag	Fe	Ni	Cu	Gr	As	Sb
ТП-5	68,37	29,4	2,37	0,23	0,37	-	-	-
	67,76	28,7	2,85	0,63	0,06	-	-	-
	67,73	29,46	1,7	0,13	0,14	0,83	-	-
	67,39	28,49	1,42	0,02	0,55	3,23	-	-
Блп-111	49,99	48,91	0,61	0,25	0,24	-	-	-
	49,9	48,92	0,65	0,25	0,28	-	-	-
	49,35	48,26	1,71	0,49	0,19	-	-	-
Блп-118 ^B	55,8	43,76	0,1	0,1	0,24	-	-	-
	55,59	42,47	1,43	0,44	0,07	-	-	-
	55,94	43,19	0,35	0,48	0,04	-	-	-
Блп-121 ^A	59,72	36,47	3,03	0,57	0,22	-	-	-
	60,11	36,79	2,98	0,21	0,08	-	-	-
	60,26	37,05	2,51	0,14	0,05	-	-	-
Блп-134	48,09	51,54	-	0,37	0,01	-	-	-
	48,34	51,29	-	0,36	0,02	-	-	-
	38,84	59,68	1,58	0,19	0,8	-	-	-
Блп-118 ^A	53,4	45,5	1,1	0,13	0,03	-	0,55	0,26
	52,64	46,05	1,31	0,33	0,02	-	0,16	0,19

Примечание. «-» — менее предела обнаружения.

жилках присутствуют пирит, халькопирит, единичные зерна рутила. Общее число золотинок по сравнению с числом просмотренных аншлифов невелико. Размер золотинок колеблется от 0,001 до 0,1 мм и менее. Преобладают золотины класса 0,001–0,009 и <0,001 мм. Цвет золота бледно-желтый, оно низкопробное и относительно низкопробное. Из элементов-примесей в золоте установлены Fe, Ni, Cu, Cr, As, Sb (см. табл. 3).

Золото третьей разновидности связано с кварц-карбонат-лимонитовой (ранее сульфидсодержащей) ассоциацией (см. рис. 2) и определяет наличие золота в сульфидах. Встречается в виде единичных знаков. По пробности оно отвечает кюстелиту. Кюстелит присутствует на контакте пирита с включенным в нем арсенопиритом, чем и объясняется локальное повышение серебра в сульфидах. Кюстелит играет незначительную роль в общем балансе золота из-за малой распространенности полисульфидной ассоциации.

Субдисперсное золото в сульфидах первой разновидности образует точечные выделения размером менее микрометра. Содержание золота в сульфидах весьма незначительно. Зависимость между содержанием золота и количеством сульфидов золото-пирит-арсенопиритовой ассоциации, а также содержания золота в этих сульфидах позволяют предполагать существование субдисперсного золота.

Итак, на месторождении Балпантау выделены два природных типа руд, характеризующихся своими минералогическими и геохимическими особенностями. Золото, представленное электрумом и кюстелитом, концентрируется в кварце, карбонате, пирите, арсенопирите, оксидах железа и мышьяка. Оно приурочено к трещинам в сульфидах (пирите, арсенопирите), а в зоне гипергенеза сохраняется в контурах продуктов разложения сульфидов (гетите-гидрогетите) и вблизи них. Золото, наложенное на сульфиды, легкоизвлекаемое.

Месторождение Балпантау относится к малосульфидной золото-кварцевой формации. Судя по имеющимся минеральным ассоциациям, на месторождении развиты ранняя продуктивная пирит-арсенопиритовая с золотом (преобладает) и в небольшом количестве поздняя золото-серебряная парагенетические минеральные ассоциации.

Кроме главных рудных элементов, выделены попутные элементы-примеси, среди них Pb, Zn, Cu, Sb, As, S_{сульфид} и др. К вредным примесям относятся мышьяк, группа слюдястых минералов, которые затрудняют обогащение руд, к шлакообразующим компонентам — оксид кремния. При определенных содержаниях SiO₂, Al₂O₃, As в рудах, а также крупности зерен руды первого и второго природных типов могут использоваться в качестве флюсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологический словарь*. Т. 1. — М.: Недра, 1978.
2. *Коржинский Д.С.* Зависимость активности компонентов от кислотности раствора и последовательность реакций при послемагматических процессах // *Геохимия*. 1956. № 7. С. 3–10.
3. *Стратиграфический словарь Узбекистана*. — Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001.
4. *Цой В.Д., Королева И.В.* Природные типы руд оцениваемых золоторудных месторождений Узбекистана // *Геология и минеральные ресурсы*. 2007. № 5. С. 64–73.
5. *Шабынин Л.И.* Формация магниезильных скарнов. — М.: Наука, 1973.