

УДК 553.07

М. Мизерная¹, канд. геол. наук, доц.

E-mail: mizernaya58@bk.ru,

Б. Дьячков¹, д-р геол.-минералог. наук, акад. проф., НАН РК

E-mail: bdyachkov@mail.ru,

А. Мирошникова², докторант PhD,

anastasiya-2588@mail.ru,

А. Мизерный¹, докторант PhD,

vostokprom@bk.ru,

Г. Оразбекова¹, докторант PhD,

orazbekova@bk.ru

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

ул. Серикбаева, 19, г. Усть-Каменогорск, 070004, Казахстан

²Филиал РГП "НЦ КПМС РК" "ВНИИцветмет"

Ул. Промышленная, 1, г. Усть-Каменогорск, 070002, Казахстан

КРУПНЫЕ СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫЕ ШТОКВЕРКОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА КАЗАХСТАНА – УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ, КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінерал. наук, проф. В. М. Загнітком)

Целью данных исследований является выявление закономерностей распределения золоторудной минерализации и сопутствующих элементов в золотоносных штоках крупных месторождений золото-сульфидно-кварцевого типа Северного и Восточного Казахстана, определение геолого-структурной позиции рудных штоков.

Методика исследований заключалась в проведении полевых работ в пределах Васильковского рудного поля в северном Казахстане и Секисовского рудного поля в Восточном Казахстане. Был выполнен отбор проб из рудовмещающих магматитов и рудных тел для определения химического состава и выявления закономерностей распределения основных рудных минералов и примесей. Проведены микрозондовый анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM 6390LV с энергодисперсионной приставкой и сравнительная характеристика рудной минерализации изучаемых месторождений.

Результаты выполненных исследований и сравнительный анализ данных по другим регионам мира показывают, что крупные штоковые золото-сульфидно-кварцевые с теллуридами и висмутсодержащими рудами месторождения Васильковское и Секисовское сформировались в период высокой тектонической активности земной коры, в пределах региональных геологических структур коллизионного типа, в процессе ритмично-пульсационного сдвижения и подворота литосферных плит и блоков. Положение рудных штоков контролируется системами корово-магнийных глубинных разломов, надвиговыми структурами и гипабиссальными интрузиями габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитовой серии. Рудообразование связано с интенсивными процессами тектонического дробления и гидротермально-метасоматического преобразования вмещающих пород, проявляющееся в микроклинизации, альбитизации, пропилитизации, березитизации и окварцевании, а также привнесение рудных минералов. Рудные тела характеризуются Au-Ag-Bi-Te специализацией. Золото двух типов: свободное и связанное с сульфидами, вертикальный диапазон распределения оруденения значительный (более 500–800 м). Связанное золото месторождения Васильковское локализуется в арсенопиритах, на Секисовском месторождении золото-рудная минерализация связана с пиритами нескольких генераций.

Выявлено широкое развитие сложных соединений золота и серебра с теллуром – месторождение Секисовское, с теллуром и висмутом в рудах Васильковского месторождения.

Комплексность руд предполагает постановку задачи разностороннего учета основных и попутных компонентов при проведении всех стадий работ: начиная с геолого-оценочных до эксплуатационной разведки. Современные технологии обогащения, новейшие способы разработки позволяют сейчас отнести эти месторождения к объектам первоочередного промышленного освоения. Их изучение имеет научное значение в вопросах эндогенного рудообразования и создает предпосылки выявления новых перспективных площадей и месторождений как в Казахстане, так и в других регионах мира.

Ключевые слова: месторождение золота, интрузия, штокверк, теллуриды, висмут, Казахстан.

Введение. Территория Казахстана – это уникальный геологический полигон в структуре Центрально-Азиатского подвижного пояса, в котором за длительную геологическую историю сформировались многие промышленные месторождения черных, цветных, благородных, редких металлов и других полезных ископаемых. На их базе развита мощная промышленная инфраструктура – горнодобывающие и металлургические комбинаты и заводы, работают многие частные компании и предприятия. Созданная за многие десятилетия поколениями геологов и горняков минерально-сырьевая база по-прежнему является основой экономики Казахстана. Однако в настоящее время в связи с истощением запасов обрабатываемых рудных объектов возникла острая необходимость открытия новых месторождений меди, свинца, золота, тантала и других металлов с целью обеспечения сырьем действующих предприятий горно-металлургического комплекса.

Особое значение имеет изучение закономерностей формирования и размещения крупномасштабных месторождений золота – стратегического вида полезных ископаемых Казахстана [2, 4]. В статье приводятся новые данные по геологическим условиям формирования и вещественному составу руд Васильковского и Секисов-

ского золоторудных месторождений для возможного использования этих результатов в практике прогнозно-поисковых и разведочных работ.

Особенности рудообразования в пределах Васильковского рудного поля

Васильковское месторождение расположено в Северном Казахстане в пределах западной части Шатского металлогенической зоны. Пространственно приурочено к метаморфическому фундаменту протерозоя, прорванному габбро-гранитоидными интрузиями зерендинского комплекса Оз-S1. Здесь также проявлены углеродисто-терригенно-карбонатные породы верхнего рифея-венда (шарыкская свита) и терригенные отложения среднего и верхнего ордовика (рис. 1, а).

Главная закономерность заключается в формировании месторождения в среднюю стадию каледонского цикла тектогенеза, в коллизионной геодинамической обстановке, сопровождавшейся активизацией системы глубинных разломов, интенсивными процессами тектонического и гидротермально-метасоматического преобразования интрузивных пород и проявлением многостадийной золото-сульфидно-кварцевой минерализации штокового типа.

В геолого-структурном плане месторождение локализуется в Северо-Кокшетауской купольно-кольцевой структуре, сформированной в узле пересечения региональных разломов северо-западного, северо-восточного и широтного (Широтный) направлений. В результате коллизонного сжатия и активизации разрывной тектоники вме-

щающие породы подверглись надвигово-блоковым перемещениям, рассланцеванию и брекчированию, а месторождение приобрело каркасно-блоковое строение [3]. Тектонические изменения пород четко проявлены в карьере месторождения в виде разрывной трещиноватости, брекчирования, сводового поднятия и плоскостей с зеркалами скольжения и милонитизации (рис. 1, б).

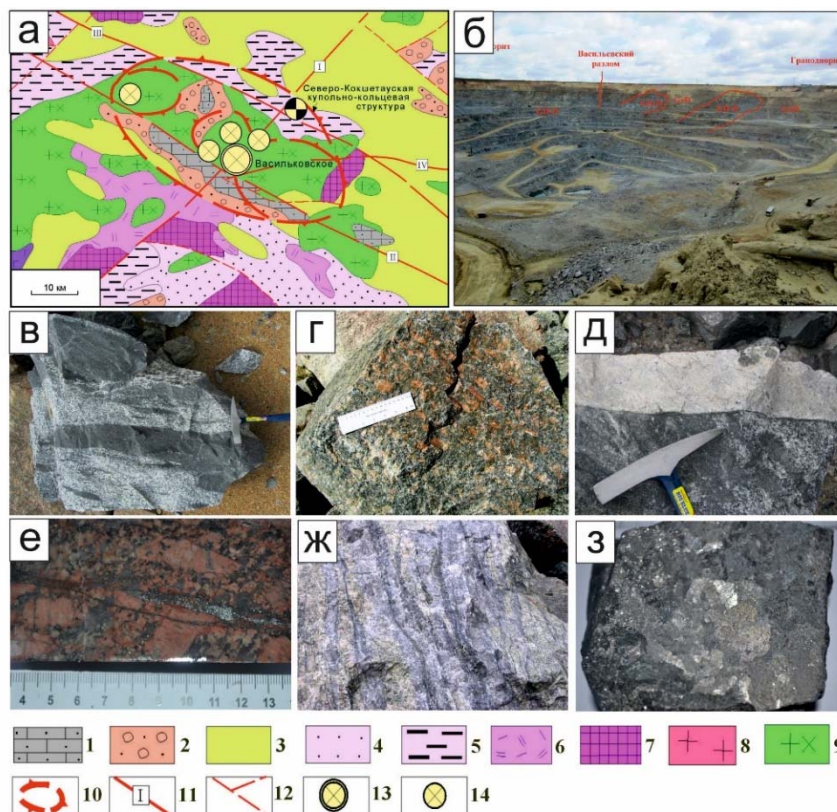


Рис. 1 Васильковское золото-сульфидно-кварцевое месторождение:

- а** – геолого-структурная позиция (Рафаилович М. С., 2004): 1–9 – геологические формации: 1 – терригенно-карбонатная C_1 , 2 – молассовая конгломерат-песчаниковая D_{2-3} , 3 – терригенная, вулканогенно-терригенная O_{1-2} , O_2 , O_{2-3} , 4 – терригенная кварцитопесчаниковая R_3-V (кокшетауская свита), 5 – углеродисто-терригенно-карбонатная R_3-V (шарыкская свита), 6 – порфириодно-порфиритоидная R_{1-2} (кууспекская свита), 7 – амфиболит-гнейсовая PR_{1-2} (зерендинская серия), 8 – лейкогранитовая D_2 (золотоношенский интрузивный комплекс), 9 – батолитов пестрого состава O_3-S_1 (зерендинский интрузивный комплекс); 10 – купольно-кольцевые структуры; 11 – региональные разломы: I – Васильковско-Березовский, II – Донгулягашский, III – Алексеевский, IV – Широтный, 12 – разломы второго и третьего порядка, 13–14 – золото-сульфидно-кварцевые объекты штокеркового типа: 13 – очень крупное Васильковское месторождение, 14 – мелкие месторождения и рудопроявления;
- б** – общий вид карьера, **в** – контакт габброидов и гранодиоритов, **г** – площадная калишпатизация, **д** – прожилок аплитовидного гранита, **е** – рудные прожилки и гнезда, рассекающие микроклинизированные граниты, **ж** – фрагмент рудоносного штокера с прожилками золото-арсенипирит-кварцевого состава, **з** – рудоносная брекчия

Интрузивные породы объединяются в две серии: габбровую (габбро, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты) и гранодиоритовую (плагииграниты, гранодиориты, граниты), внутри которой имеются фациальные разновидности. Габброиды прорываются гранодиоритами, между ними установлен резкий интрузивный контакт (рис. 1, в). Гранодиориты в раннещелочную стадию подверглись интенсивной площадной калишпатизации с идиоморфными порфиробластами микролина красного, розовато-серого цветов (рис. 1, г), составляющими от 5–10 до 45–70 % от объема породы. На отдельных участках массива в них также проявлена площадная альбитизация с образованием кварц-мусковит-альбитовых метасоматитов белой окраски (рис. 1, д). К более поздним относятся редкие жилы пегматитов, аплитовидных гранитов и граносиенитов.

Основные рудные тела сформировались в тектонически нарушенной контактовой зоне габброидов и гранодиоритов. Рудообразование сопровождалось интенсивным гидротермально-метасоматическим изменением вмещающих интрузивных пород в кислотную стадию метасоматоза (березитизация, окварцевание) с образованием системы многочисленных ветвящихся золото-арсенипирит-кварцевых прожилков (рис. 1, е). В результате этих процессов в центральной части месторождения сформировался крупный золоторудный штокер (рис. 1, ж, з) корневидной формы, с размерами на поверхности – первые сотни метров и вертикальной протяженностью до 1,0–1,5 км. Средние содержания золота 3–5 г/т [3, 11].

Новые результаты исследования авторов показывают, что зоны площадной микроклинизации пересекаются более поздними золотоносными прожилками и практически являются дорудными. По данным растровой

электронной микроскопии в них наблюдаются микровключения циркона, монацита и флюорита, отмечается также вкрапленность галенита и халькопирита. По масс-спектрометрии повышены значения (г/т): Rb (182,6), Nb (17,48), Sn (5,04), Mo (3,99). Среди редких земель характерные элементы La, Ce, Nd, Pr, а также Cd, Dy, Er, Yb, что согласуется с результатами масс-спектрометрии. Благородные и сопутствующие элементы имеют невысокие значения (г/т): Au (0,07), Ag (0,20), As (15,4) и Sb (1,84).

Альбитизация, которая проявилась в габброидах, гранодиоритах и гранитах, имеет площадное и локальное развитие. Процесс альбитизации сопровождался привнесением редких щелочей (г/т): Li (1212), Rb (1282) и Cs (41,25) и редких элементов: Nb (38,92), Ta (6,26), Be (7,03), Sn (17,58). В альбитизированных гранитах также

повышены содержания Zn, Pb, Cu, Bi при низких значениях As (11,3), Sb (1,33), Ag (0,85), Au (0,14). По растровой электронной микроскопии для этих гранитов типичны редкометалльные минералы танталит-колумбит (с примесью W – 3,73 вес. %), касситерит (с примесью Ta – 2,24 вес. %) и колумбит, ассоциирующие с кварцем, альбитом, фтористым мусковитом и фторапатитом (рис. 2, а, б). Микровключение танталоносного минерала (Ta – 77,04 вес. %) обнаружено также в измененных габброидах (рис. 2, в). Размеры этих минералов изменяются от первых единиц до 50 мкм. Как видно, на месторождении, кроме золота, проявлена редкометалльная минерализация в кварц-мусковит-альбитовых метасоматитах, что необходимо учитывать при дальнейших оценочных работах и в технологии обогащения руд.

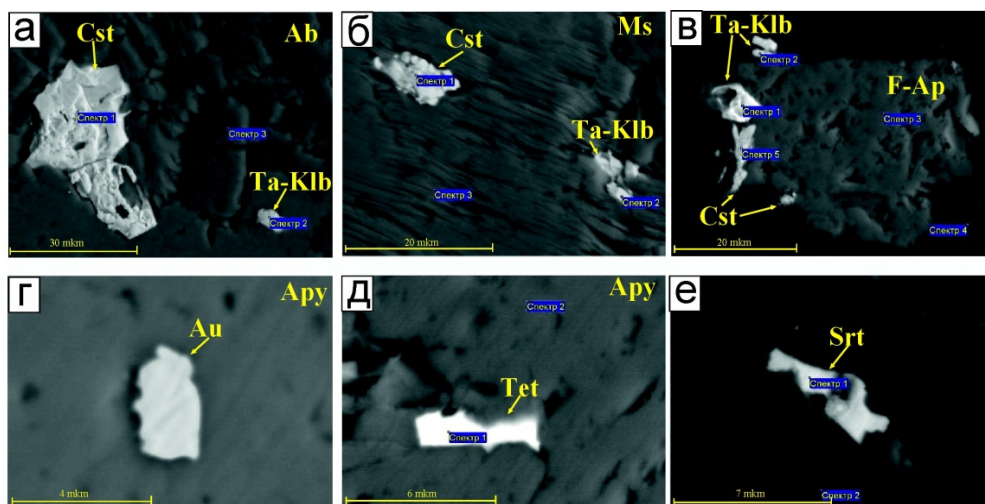


Рис. 2. Микровключения редкометалльных минералов, золота и сульфидов в альбитизированных гранитах Васильковского месторождения. Изображение на сканирующем электронном микроскопе JSM 6390LV (Аналитик А. В. Русакова):

- а** – вкрапленность касситерита (Cst) и танталит-колумбита (Ta-Klb) в альбите (Ab) и **б** – во фтористом мусковите (Ms);
в – микровключения касситерита (Cst) и танталит-колумбита (Ta-Klb) на контакте с фторапатитом (F-Ap);
г – золото (Au) комковидной формы в арсенопирите (Apy); **д** – вкрапленность тетрадимита (Tet) и **е** – сарторита (Srt)

В кислотную стадию метасоматоза на месторождении сформировался рудоносный штокверк, представленный кулисообразными, субпараллельными и взаимопересекающимися золотоносными жилами и прожилками. Стадийность минерализации: 1) пирит-пирротин-марказит-кварцевая (ранняя); 2) золото-пирит-арсенопирит-кварцевая; 3) золото-висмутин-пирит-арсенопирит-кварцевая; 4) золото-полиметаллическая рудная и 5) кварц-карбонат-антимонит-тетраэдритовая поздняя [2, 12, 13].

Высокоточные электронно-микроскопические исследования, проведенные на сканирующем электронном микроскопе JSM 6390LV, показали, что основная масса золота связана с пирит-арсенопирит-кварцевой и висмутин-пирит-арсенопирит-кварцевой ассоциациями. Выделены две генерации золота: в арсенопирите и свободное в кварцевых жилах. Размеры золотинок составляют от десятых долей мкм до 0,2 мм, формы округлые, амёбообразные, комковидные и неправильные, реже в виде ромбододекаэдрических кристаллов и их сростков. Главным минералом-индикатором золотого оруденения является арсенопирит нескольких генераций, образующий пластинчатые и зернистые скопления. Содержит примеси Bi (15,93 вес. %), Te (9,83 вес. %) и микровключения золота комковидной формы размером 1–3 мкм (рис. 2, г). По данным растровой электронной микроскопии в этих зернах содержание Au – 2,54–2,65 вес. %. В ассоциации с арсенопиритом фиксируются зерна тетрадимита и сарторита (рис. 2, д, е).

По результатам масс-спектрометрии руды обогащены (г/т): Fe (75860), Ti (6547), V (293,8) и Mn (246,7). Отмечаются высокие содержания As (44960), а также Cu (461,2), Sb (71,5) и Bi (85,95). Среди редких и редкоземельных элементов повышены значения Rb (217,1), Li (91,0), Sn (14,96), Nd (9,68), Dy (12,54). Руды характеризуются повышенной калиевой щелочностью ($K/Na = 2,7$).

Главные элементы-индикаторы месторождения – Au, As, Bi, Te, менее контрастными являются W, Sb, Ag, Cu, Pb, Hg. Золото – сквозной элемент с содержаниями (г/т): в околорудных породах – 0,37, в минерализованных зонах – 1,0, в рудных телах – 3,7, рудных столбах – более 10. Средние и высокие содержания золота характерны для центральной части рудного штокверка. Наиболее крупные (мощностью до 0,5–1,0 м) золотоносные жилы развиваются во фронтальной зоне. Висмут тесно связан с пирит-арсенопиритовой минерализацией, его содержание во вкрапленных и прожилково-вкрапленных рудах – 10 г/т, в прожилковых – 10–50 г/т, в рудных столбах – до 100–1500 г/т. Золото образует тесные корреляционные связи с элементами рудной стадии – Bi, As, Ag, Pb, Cu.

В пострудную стадию на месторождении проявилась кальцит-кварц-серицитовая, флюорит-карбонатная, кварц-турмалиновая и карбонат-эпидот-пренитовая минерализация, представленная в виде жил, прожилков и гнезд. Наиболее крупные жилы карбонат-флюоритового сос-

тава прослеживаются в нижней части карьера. Васильковское месторождение по запасам относится к крупным объектам и является одним из перспективных в стратегии укрепления золоторудного потенциала Казахстана [3].

Условия формирования рудных штоков на Секисовском месторождении

Секисовское месторождение размещается в Восточном Казахстане в пределах Рудноалтайской металлогенической зоны Большого Алтая [1, 2]. Рудный Алтай – это крупная рудоносная структура региональной ранговости, в которой в раннюю стадию герцинид ($D_{1e}-D_{3fr1}$) сформировались многие промышленные колчеданно-полиметаллические и медно-колчеданные месторождения вулканогенного генезиса с богатыми комплексными рудами (Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Pt и др.). Месторождения связаны с

группой базальт-андезит-риолитовых формаций, дифференцированных и контрастного ряда, размещаются на нескольких рудоносных геохронологических уровнях девонского вулканогенно-осадочного разреза [9].

В среднюю стадию герцинского цикла (C_1-C_3) в связи со сменой геодинамического режима геологические структуры Рудного Алтая развивались в коллизионной обстановке в результате сближения и состыковки активных окраин Казахского и Горноалтайского микроконтинентов. Непосредственно в Рудноалтайской зоне в эту стадию сформировались ареалы габбро-диорит-гранодиорит-плагиигранитовых интрузий (змеиногорский комплекс C_{2-3}), с которыми связано Секисовское месторождение золото-теллуридной формации, представленное брекчированными золото-сульфидными зонами и штоками (рис. 3, а) [7, 8].

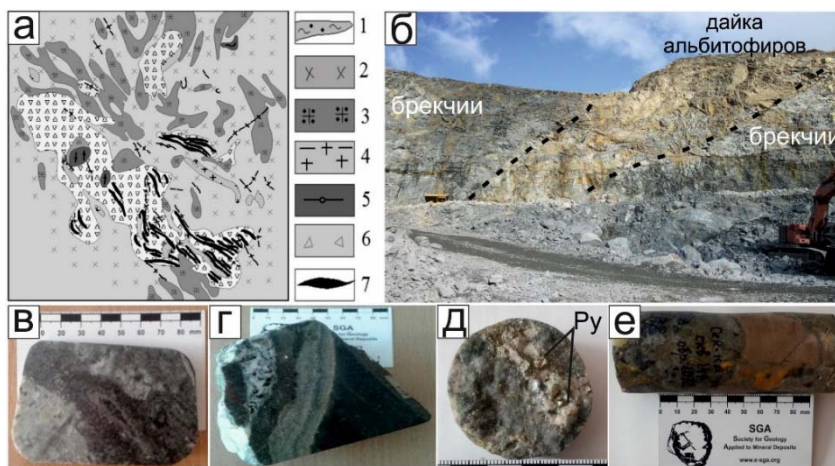


Рис. 3. Геологическое строение Секисовского месторождения:

- а – схема геологического строения и геологический разрез месторождения (по материалам "Востказгеология");
 1 – четвертичные отложения; 2 – гранодиориты, кварцевые диориты; 3 – биотит-роговообманковые граниты, плагииграниты;
 4 – аплитовидные граниты, гранит-порфиры; 5 – плагиигранит-порфиры змеиногорского комплекса (C_{2-3});
 6 – взрывчатые брекчии смешанного и кислого состава; 7 – золоторудные тела;
 б – карьер месторождения, тела брекчий, дайка альбитофиров; в – рудоносные брекчии;
 г – контакт брекчий с габбро-диоритами, метасоматические изменения во вмещающих магматитах (светлое);
 д – золотоносные кварц-карбонатно-сульфидные и кварцевые прожилки в брекчиях кислого состава;
 е – брекчии смешанного состава

В структуре рудного поля ограничено проявлены вулканогенно-осадочные породы (пихтовская свита D_{3fr1}) и песчаниково-алевролитовые отложения (тарханская свита C_{1t1}), а основная его часть сложена магматитами змеиногорского комплекса и рыхлыми четвертичными отложениями. В составе этого комплекса выделяются четыре интрузивные фазы: 1) габбро, габбро-диориты; 2) диориты, гранодиориты; 3) плагииграниты; 4) граниты. Дайковая серия представлена мелко- и микрозернистыми диоритами, диоритовыми порфирами, аплитовидными гранитами, гранит-порфирами и кварцевыми альбитофитами (рис. 3, б).

Для рудного поля характерна повышенная тектоническая нарушенность пород, фиксируемая брекчированными, смятыми и будинированными текстурами магматитов, рудно-взрывчатыми брекчиями в виде обломков интрузивных пород (размером от первых сантиметров до 2 м более), сцементированных основной массой пропилитового и березитового состава с золото-сульфидной минерализацией (рис. 3, в, г).

Рудоконтролирующее значение придается Шемонаихо-Секисовской зоне разломов северо-западного простирания, которые в сочетании с флексурированными изгибами и разрывами других направлений контролировали размещение брекчий и рудных тел. Субмеридиона-

льные и северо-восточные нарушения с субвертикальными и крутыми углами падения являются более поздними и обусловили блоковую структуру месторождения.

Выходы рудовмещающих брекчий трубообразной и линейно-вытянутой формы (размерами в плане от 40 x 100 м до 120 x 500 м) прослеживаются на глубину более 950 м. Типы рудоносных метасоматитов зависели от состава исходных пород: 1) пропилито-сульфидные (по габброидам, диоритам) и 2) березито-сульфидные (по плагиигранитам и порфирам), на которые накладывались золотоносные кварц-карбонатно-сульфидные и кварцевые прожилки (рис. 3, д, е). Содержание сульфидов в цементе брекчий изменяется от долей процента до 15 % (в среднем 5 %). Рудообразование сопровождалось выносом из вмещающих пород Si, Na, привносом Fe, K, CO_2 , SO_3 и рудных компонентов (Cu, Zn, Pb, Au, Ag, Te, Bi, Mo). Золото и серебро в березитах и прожилках положительно коррелируется с Pb, Zn, Cu, Bi, а в пирит-кварцевых прожилках еще и с Mo (+0,76). Золото связано с сульфидами, однако прямой корреляции между содержаниями сульфидов и золота не установлено. Всего отмечается пять минерализованных золотоносных зон, в которых сосредоточены основные рудные тела. Последние характеризуются лентовидной и линзовидной

формой, отмечаются и столбообразные тела в узлах пересечения разрывов. По падению рудные тела не оконтурированы, мощность их варьирует от 0,6 до 3,3 м [11].

Золото-сульфидное оруденение вкрапленное и прожилково-вкрапленное. Главные рудные минералы – пирит, сфалерит, халькопирит, блеклая руда, магнетит, ильменит, рутил, тетрадимит, висмутин и др. Все типы руд обогащены пиритом (в протолочке более 17 кг/т). В вертикальной зональной колонне выделяются два минеральных парагенезиса: ранний золото-железо-медно-редкометалльный (на глубоких и средних горизонтах) и поздний золото-серебро-висмут-теллур-полиметаллический (на верхнем горизонте). Поздняя минерализация ассоциирует с дайками кварцевых альбитофитов, гранит-порфиров и фельзитов. Здесь же развиты жилки кварц-карбонатного и кварц-сульфидного составов [10, 15].

Золото двух типов – свободное в виде зерен неправильной, прожилковидной и удлиненных форм, выполняющих трещинки или на стыке зерен в пирите и кварце, и тонкодисперсное в пирите (Au – 10 г/т, Ag – 100 г/т, Bi – 290 г/т) (рис. 4, а-г).

Индикаторы оруденения – Au, Bi, Ag, попутные компоненты – Mo, W, Cu, Pb, Zn, Te, Co и др. Золото имеет бимодальное распределение в первичных рудах и зоне окисления. В первичных рудах доминирует золото класса 2–6 г/т (44,5 %) с концентрацией в рудных столбах до 500–600 г/т. В зоне окисления содержания Au – 10–60 г/т. Серебро в зоне окисления имеет неравномерное распределение преимущественно класса 20–60 г/т (49,1 %). Для первичных руд характерны моды Ag 2–10 г/т (55 %) и 20–35 г/т (12,5 %). Кривые распределения Ag/Au для зоны окисления и первичных руд повторяют друг друга. Секивовское месторождение имеет промышленное значение и в настоящее время разрабатывается.

Обсуждение. Выполненные исследования и анализ материалов по другим регионам Казахстана и зарубежных стран показывают, что крупные золото-сульфидно-кварцевые месторождения штокверкового типа формируются в региональных геологических структурах коллизионного типа в процессе ритмично-пульсационного сдвижения и подворота литосферных плит и блоков, в периоды высокой тектонической активности земной коры. Их размещение контролируется системами корово-магнийных глубинных разломов, надвиговыми структурами и гипабиссальными интрузиями габбро-диорит-гранодиорит-плагиигранитовой серии [1, 5, 7–9]. Рудообразование связывается с интенсивными процессами тектонического преобразования и гидротермально-метасоматического изменения исходных магматических пород (микроклинизация, альбитизация, пропилитизация, березитизация и окварцевание) и формированием золотоносных штокверков и эруптивных брекчий промышленного значения [6, 14]. Рудные тела характеризуются Au-Ag-Bi-Te специализацией. Золото свободное и связанное с сульфидами, вертикальный диапазон распределения оруденения значительный (более 500–800 м).

Рассматриваемые Васильковское и Секивовское месторождения сформировались в крупных горнорудных районах Казахстана, представлены золотоносными штокверками и брекчиями (с содержаниями золота от первых единиц до десятков г/т), обладают высоким сырьевым потенциалом, с перспективами прироста запасов на глубину и по флангам в пределах прогнозируемых минерализованных зон. Руды характеризуются разнообразием теллуридов золота, серебра, высокое содержание в них минералов висмута и проявление редкометальной специализации (Sn, Nb, Ta) повышает рентабельность освоения месторождений данного типа.

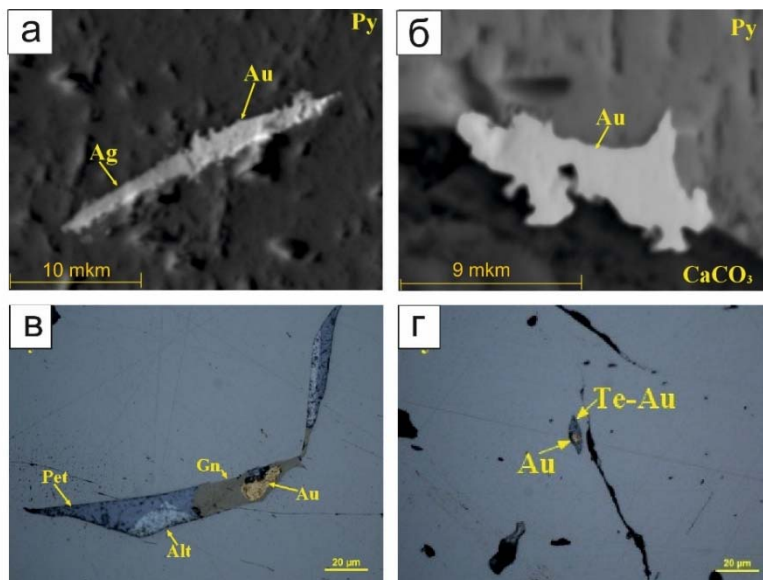


Рис. 4. Золото прожилковое и тонкодисперсное в кварце и пирите:

а – сросток самородного серебра (Ag) и золота (Au) в пирите (Py);

б – самородное золото (Au) на стыке зерна кальцита (CaCO_3) и пирита (Py);

в – самородное золото (Au) и алтаит (Alt) в пирите (Py); **г** – золото (Au) в сростке с теллуrowисмутидом (TeBi) в пирите (Py)

Выводы. Выявлено широкое развитие сложных соединений золота и серебра с теллуром – месторождение Секивовское, а в рудах Васильковского месторождения – с теллуром и висмутом.

Комплексность руд предполагает постановку задачи разностороннего учета основных и попутных компонентов при проведении всех стадий работ, начиная с гео-

лого-оценочных до эксплуатационной разведки. Современные технологии обогащения, новейшие способы разработки позволяют сейчас отнести эти месторождения к объектам первоочередного промышленного освоения. Их изучение имеет научное значение в вопросах эндогенного рудообразования и создает предпосылки выявления новых перспективных площадей и месторождений, как в Казахстане, так и в других регионах мира.

Авторы высказывают благодарность руководству и специалистам компаний Hambledon Mining и ТОО "Казцинк". Исследования выполнялись в рамках государственной темы № 49-313-2017, МОН РК.

Список использованных источников

1. Гигантские месторождения золота Центральной Азии. Укрепление золоторудного потенциала Казахстана / под ред. Г. Р. Бекжанова. – Алматы, 2014. – С. 35–124.
2. Золотоносность арсенопирита золотосульфидных месторождений Восточного Казахстана / К. Р. Ковалев, Ю. А. Калинин, Е. А. Наумов и др. // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 2. – С. 225–242.
3. Рафаилович М. С. Геология золота Центральной Азии: эволюция оруденения, метасоматические формации, взрывные брекчии / М. С. Рафаилович. – Алматы, 2013. – С. 361–385.
4. Рафаилович М. С. Золото недр Казахстана / М. С. Рафаилович. – Алматы, 2009. – С. 74–89.
5. Рафаилович М. С. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства / М. С. Рафаилович, М. А. Мизерная, Б. А. Дьячков. – Алматы, 2011. – С. 102–143.
6. Gold deposits of Western Siberia and Eastern Kazakhstan: types and ages of mineralization, correlation with magmatic events / E. Naumov, A. Borisenko, K. Kovalev, Y. Kalinin, G. Fedoseev, R. Seltmann // Let's Talk Ore Deposits: 11th SGA Biennial Meeting. – Antofagasta. – 2011. – P. 82–84.
7. Gold-tellurium deposits formation conditions, mineralogical features / V. A. Krenev, N. F. Drobot, S. V. Fomichev, U. K. Aripov, E. A. Dunin-Barkovskay // Petrochemistry And Petroleum Refining Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2015. – Vol. 49, Is. 4. – P. 532–535.
8. Kimozova T. I. Geologic position, age, and petrogenesis of plagiogranites in northern Rudny Altai Russian / T. I. Kimozova, A. V. Travin // Geology and Geophysics – 2013. – № 54. – P. 1305–1318.
9. Kruk N. N. Early-Middle Paleozoic granitoids in Gorny Altai, Russia: Implication for continental crust history and magma sources / N. N. Kruk // Journal of Asian Earth Sciences. – 2011. – Vol. 42, № 5. – P. 928–948.
10. Mineralization style and geochronology of the Sekisovka gold deposit, eastern Kazakhstan / E. Naumov, A. Mizerny, R. Seltmann, K. Kovalev, A. Izokh // Mineral deposit research for a high-tech world. – 2013. – Vol. 1–4. – P. 1164–1167.
11. Mineralogical and geochemical characteristics of the Vasilkovskoye gold deposit (North Kazakhstan) / A. Dolgoplova, R. Seltmann, A. Miroshnikova, M. Mizernaya // Mineral resources in a sustainable world. – 2015. – Vol. 1–5. – P. 77–80.
12. Mineralogy and geochemistry of gold-bearing arsenian pyrite from the Shuiyindong Carlin-type gold deposit, Guizhou, China: implications for gold depositional processes / Su Wenchao, Zhang Hongtao, Hu Ruizhong, Ge Xi, Xia Bin, Chen Yanyan, Zhu Chen // Mineralium Deposita. – 2012. – Vol. 47, Is. 6. – P. 653–662.
13. Physico-chemical formation conditions and age of the Vasilkovskoye gold deposit (Northern Kazakhstan) / M. O. Khomenko, N. A. Gibsher, A. A. Tomilenko, T. A. Bulbak, M. A. Ryabukha, D. V. Semenova // Geology and Geophysics. – 2016. – Vol. 57, № 12. – P. 2192–2217.
14. Redin Yu. O. Gold-bismuth-telluride mineralization in ores from the Serebryanoe deposit of the Lugokan ore cluster of Eastern Transbaikalia / Yu. O. Redin, V. M. Kozlova // Russian Journal of Pacific Geology. – 2014. – Vol. 8, Is. 3. – P. 187–199.
15. Seltmann R. Magmatism and metallogeny of the Altai and adjacent large igneous provinces with an introductory essay on the Altai / R. Seltmann, A. S. Borisenko, G. Fedoseev // International Association

Genesis of Ore Deposits (IAGOD). Guidebook Series 16, CERCAMS/NHM London. – 2007. – P. 188–294.

References

1. Bekzhanov, G. K. (Ed.) (2014). Gigantskie mestorozhdeniya zolota Tsentral'noy Azii. Ukreplenie zolotorudnogo potentsiala Kazakhstana. Almaty, 35–124. [in Russian].
2. Kovalev, K. R., Kalinin, Yu. A., Naumov, E. A., Kolesnikova, M. K., Korolyuk, V. N. (2011). Zolotonosnost' arsenopirita zolotosul'fidnykh mestorozhdeniy Vostochnogo Kazakhstana. *Geologiya i geofizika*, 52, 2, 225–242. [in Russian].
3. Rafailovich, M. S. (2013). Geology of gold of Central Asia: evolution of gold ore depositional processes, metasomatic formation, explosive breccia. Almaty, 361–385. [in Russian].
4. Rafailovich, M. S. (2009). Gold deposits of Kazakhstan. Almaty, 74–89. [in Russian].
5. Rafailovich, M. S., Mizernaya, M. A., D'yachkov, B. A. (2011). Krupnye mestorozhdeniya zolota v chernoslantsevykh tolshchakh: usloviya formirovaniya, priznaki skhodstva. Almaty, 102–143. [in Russian].
6. Naumov, E., Borisenko, A., Kovalev, K., Kalinin, Y., Fedoseev, G., Seltmann, R. (2011). Gold deposits of Western Siberia and Eastern Kazakhstan: types and ages of mineralization, correlation with magmatic events. *Let's Talk Ore Deposits: 11th SGA Biennial Meeting*. Antofagasta, 82–84.
7. Krenev, V. A., Drobot, N. F., Fomichev, S. V., Aripov, U. K., Dunin-Barkovskay, E. A. (2015). Gold-tellurium deposits formation conditions, mineralogical features. *Petrochemistry And Petroleum Refining Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 49, 4, 532–535.
8. Kimozova, T. I., Travin, A. V. (2013). Geologic position, age, and petrogenesis of plagiogranites in northern Rudny Altai Russian. *Geology and Geophysics*, 54, 1305–1318.
9. Kruk, N. N. (2011). Early-Middle Paleozoic granitoids in Gorny Altai, Russia: Implication for continental crust history and magma sources. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42, 5, 928–948.
10. Naumov, E., Mizerny, A., Seltmann, R., Kovalev, K., Izokh, A. (2013). Mineralization style and geochronology of the Sekisovka gold deposit, eastern Kazakhstan. *Mineral deposit research for a high-tech world*, 1–4, 1164–1167.
11. Dolgoplova, A., Seltmann, R., Miroshnikova, A., Mizernaya, M. (2015). Mineralogical and geochemical characteristics of the Vasilkovskoye gold deposit (North Kazakhstan). *Mineral resources in a sustainable world*, 1–5, 77–80.
12. Wenchao, Su, Hongtao, Zhang, Ruizhong, Hu, Xi, Ge, Bin, Xia, Yanyan, Chen, Chen, Zhu (2012). Mineralogy and geochemistry of gold-bearing arsenian pyrite from the Shuiyindong Carlin-type gold deposit, Guizhou, China: implications for gold depositional processes. *Mineralium Deposita*, 47, 6, 653–662.
13. Khomenko, M. O., Gibsher, N. A., Tomilenko, A. A., Bulbak, T. A., Ryabukha, M. A., Semenova, D. V. (2016). Physico-chemical formation conditions and age of the Vasilkovskoye gold deposit (Northern Kazakhstan). *Geology and Geophysics*, 57, 12, 2192–2217.
14. Redin, Yu. O., Kozlova, V. M. (2014). Gold-bismuth-telluride mineralization in ores from the Serebryanoe deposit of the Lugokan ore cluster of Eastern Transbaikalia. *Russian Journal of Pacific Geology*, 8, 3, 187–199.
15. Seltmann, R., Borisenko, A. S., Fedoseev, G. (2007). Magmatism and metallogeny of the Altai and adjacent large igneous provinces with an introductory essay on the Altai. *International Association Genesis of Ore Deposits (IAGOD)*, Guidebook Series 16, CERCAMS/NHM London, 188–294.

Надійшла до редколегії 10.06.17

M. Mizernaya¹, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof.

E-mail: mizernaya58@bk.ru,

B. Dyachkov¹, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof., Acad. of NSA KR

E-mail: bdyachkov@mail.ru,

A. Miroshnikova², Doctoral student

anastasiya-2588@mail.ru,

A. Mizerny¹, Doctoral student

vostokprom@bk.ru,

G. Orazbekova¹, Doctoral student

orazbekova@bk.ru

1 East Kazakhstan state technical university named D. Serikbaev

19 Serikbaeva Str., Ust Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan

2 "NC of KPMC of KR" SubDepartment "VNIl'tsvetmet"

1 Promishlennaya Str., Ust Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan

LARGE SULFIDE-QUARTZ STOCKWORK GOLD DEPOSITS OF KAZAKHSTAN – FORMATION CONDITIONS AND PREDICTING CRITERIA

The objective of the present study is to identify gold mineralization and associated elements distribution patterns in gold-bearing stockworks of gold-sulphide-quartz type large deposits in Northern and Eastern Kazakhstan and to detect geological and structural position of x-ore stockworks. Main methods are field studies within the Vasilkovskoye ore field in northern Kazakhstan and the Sekisovskoye ore field in eastern Kazakhstan. Samples of ore-bearing magmatic rocks and ore bodies were taken to determine the chemical composition and distribution patterns of the main ore minerals and impurities. Microprobe analysis using a scanning electron JSM 6390LV microscope with an energy-dispersive attachment, comparative characteristics of ore mineralization in the fields studied was made.

Results of the study of the completed research and comparative analysis of data from other regions of the world show that large stockwork gold-sulphide-quartz with tellurides and bismuth-bearing Vasilkovskoye and Sekisovskoye ore deposits formed in a period of high tectonic activity in the earth's crust within regional geologic collision type structures, in the process of rhythmically pulsating displacement and tuck in the lithospheric plates and blocks. The position of ore stockworks is controlled by crust-magnesium deep splits, thrust structures and hypabyssal

intrusions of gabbro-diorite-granodiorite-plagiogranite series. The mineralization is associated with intense tectonic crushing processes and hydrothermal-metasomatic transformation of host rocks, manifested in microclinization, albitization, propylitic alteration, beresitization and silicification as well as injection of ore minerals. The ore bodies are characterized by Au-Ag-Bi-Te specialization. The gold is of two types: free and banded with sulfides, the mineralization vertical distribution range being significant (more than 500–800 m). The banded gold deposits in the Vasilkovskoye are localized in arsenopyrites, in the Sekisovskoye deposit gold mineralization is banded with pyrites of several generations. Scientific novelty is that complex compounds of silver and gold with tellurium have been revealed in the Sekisovskoye and, with tellurium and bismuth in ores of the Vasilkovskoye deposit.

The complexity of ores involves setting a versatile task of basic and trace elements recording during all stages of work: from geological evaluation to production exploration. Modern processing technology and the latest development techniques allow classifying those fields as objects of industrial development priority. Studying them has scientific significance in the matter of endogenous ore formation, and creates a prerequisite to identifying promising new areas and deposits, both in Kazakhstan and in other parts of the world.

Keywords: gold deposit, intrusion, stockwork, tellurides, bismuth, Kazakhstan.

М. Мізерна¹, канд. геол.-мінерал. наук, доц.

E-mail: mizernaya58@bk.ru,

Б. Дьячков¹, д-р геол.-мінералог. наук, проф., акад. НАН РК

E-mail: bdyachkov@mail.ru,

А. Мірошникова², докторант PhD.

anastasiya-2588@mail.ru,

А. Мізерний¹, докторант PhD.

vostokprom@bk.ru,

Г. Оразбекова¹, докторант PhD.

orazbekova@bk.ru

¹Східно-Казахстанський державний технічний університет ім. Д. Серікбаєва

вул. Д. Серікбаєва, 19, м. Усть-Каменогорськ, 070004, Республіка Казахстан

²Філіал РГП "НЦ КМПС РК" "ВНІцветмет"

вул. Промислова, 1, м. Усть-Каменогорськ, 070004, Республіка Казахстан

ВЕЛИКІ СУЛЬФІДНО-КВАРЦОВІ ШТОКВЕРКОВІ РОДОВИЩА ЗОЛОТА КАЗАХСТАНУ – УМОВИ ФОРМУВАННЯ, КРИТЕРІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ

Мета – виявлення закономірностей розподілу золоторудної мінералізації та супутніх елементів у золотоносних штокверках великих родовищ золото-сульфідно-кварцового типу Північного і Східного Казахстану, визначення геолого-структурної позиції в рудних штокверках.

Методика – польові дослідження в межах Васильківського рудного поля в північному Казахстані й Секісовського рудного поля у Східному Казахстані. Відбір проб з рудовмісних магматитів і рудних тіл для визначення хімічного складу і виявлення закономірностей розподілу основних рудних мінералів і домішок. Були проведені мікрзондовий аналіз за допомогою скануючого електронного мікроскопа JSM 6390LV з енергодисперсійною приставкою та порівняльна характеристика рудної мінералізації досліджуваних родовищ.

Результати: виконані дослідження і порівняльний аналіз даних з інших регіонів світу показують, що великі штокверкові золото-сульфідно-кварцові з телуриду і вісмутмісткими рудами родовища – Васильківське і Секісовське сформувалися в період високої тектонічної активності земної кори, у межах регіональних геологічних структур колізійного типу, у процесі ритмічно-пульсаційного зрушення і підвороту літосферних плит і блоків. Положення рудних штокверків контролюються системами коро-магнієвих глибинних розломів, надвиговими структурами і гіпабісальними інтрузіями габро-діорит-гранодіорит-плагіогранітової серії. Рудоутворення пов'язано з інтенсивними процесами тектонічного дроблення і гідротермально-метасоматичного перетворення порід, що вміщують, які проявляються у мікроклінізації, альбітизації, пропілізації, березитизації та окварцюванні, а також привнесенні рудних мінералів. Рудні тіла характеризуються Au-Ag-Bi-Te спеціалізацією. Золото двох типів: вільне і зв'язане із сульфідами, вертикальний діапазон розподілу зрушення значний (більш 500–800 м). Зв'язане золото родовища Васильківське локалізується в арсенопіритах, на Секісовському родовищі золоторудна мінералізація пов'язана з піритом декількох генерацій.

Наукова новизна. Виявлено значне поширення складних з'єднань золота і срібла з теллуром у рудах Секісовського родовища, а в рудах Васильківського родовища – з теллуром і вісмутом.

Комплексність руд передбачає постановку завдання різнобічного обліку основних і супутніх компонентів при проведенні всіх стадій робіт, починаючи з геолого-оціночних до експлуатаційної розвідки. Сучасні технології збагачення, новітні способи розробки дозволяють сьогодні віднести ці родовища до об'єктів першочергового промислового освоєння. Їхнє вивчення має наукове значення в питаннях ендегенного рудоутворення і створює передумови виявлення нових перспективних площ і родовищ, як у Казахстані, так і в інших регіонах світу.

Практична значимість. Рудні тіла досліджуваних родовищ локалізуються в золотоносних штокверках і брекчіях (із вмістом золота від перших одиниць до десятків г/т), відзначається високий сировинний потенціал і перспективи значного приросту запасів. Руди характеризуються різноманітністю телуридів золота, срібла, високий вміст у них мінералів вісмуту і прояви рідкометальних спеціалізацій (Sn, Nb, Ta) підвищує рентабельність освоєння родовищ даного типу. Тектонічні, магматичні й мінералого-геохімічні чинники контролю освоєння штокверкових рудних тіл і золотоносних вулканічних брекчій дозволяють прогнозувати розвиток зон мінералізованих брекчій на флангах і глибини досліджуваних родовищ. Значні концентрації золота, а також різноманітність супутніх елементів підвищують рентабельність освоєння родовищ даного типу.

Ключові слова: родовище золота, інтрузія, штокверк, телуриди, вісмут, Казахстан.