

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности



DOI 10.52209/1609-1825_2021_4_99

УДК 533

Проблемы восполнения минерально-сырьевой базы на золото в Восточном Казахстане

¹АКЫЛБАЕВА Асель Темирбаевна, докторант, akilbaeva@mail.ru,

¹ЗИКИРОВА Карина Талгатовна, докторант, 96karina@list.ru,

^{1*}МИЗЕРНАЯ Марина Александровна, к.г.-м.н., ассоциированный профессор, mizernaya58@bk.ru,

¹КУЗЬМИНА Оксана Николаевна, PhD, ассоциированный профессор, kik_kuzmins@mail.ru,

²МИРОШНИКОВА Анастасия Петровна, PhD, старший научный сотрудник, anastasiya-2588@mail.ru,

¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

²Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», Казахстан, 070002, Усть-Каменогорск, ул. Промышленная, 1,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые жильные месторождения – один из главных источников золота во многих геологических провинциях мира. Коммерческая привлекательность кварцево-жильных образований обусловлена высоким качеством сырья (преобладающая свободная форма золота, относительно простые схемы обогащения руд). В Казахстане к данной группе относятся 15 средних по запасам (Долинное, Бескемпир, Акжал, Жаркулак и др.) и более 100 мелких месторождений. Часть средних и мелких объектов при дополнительной оценке может перейти в более крупный ранг. В традиционных рудных районах, к которым относится и Восточный Казахстан, не исчерпаны ресурсы разрабатываемых и законсервированных в настоящее время месторождений. Цель исследований – изучение геологии и минералогии средних и мелких объектов золотодобычи для восполнения минерально-сырьевой базы Востока Казахстана на золоторудное сырье.

Ключевые слова: запасы, месторождения, добыча, золото-кварцевые руды, золото-сульфидные руды, геология, минералогия, Западная Калба, Акжал, Восточный Казахстан.

Введение

Уникальная минерально-сырьевая база Республики Казахстан характеризуется разнообразием различных видов минерального сырья, что на данный момент является определяющим фактором для экономики.

В последнее десятилетие, в условиях возрастающей добычи на разрабатываемых месторождениях и весьма малого объема и малой конечной эффективности геологоразведочных работ, постоянно растет невосполнение извлекаемых запасов, сокращение темпов добычи и ухудшения качества сырья. Практически на 10% сократились запасы Pb, Zn, Cr, Ag, Au. Некоторый прирост запасов Fe, Mn, Pb, Zn, Au получен в результате переоценки и доизучения разрабатываемых объектов на флангах и глубоких горизонтах. Руды эксплуатируемых месторождений, зачастую, низкого качества, что не позволяет компенсировать истощение запасов.

Состояние минерально-сырьевой базы и перспективы освоения средних и малых месторождений золота

По запасам золота Казахстан входит в первую десятку стран мира, а в рейтинге стран бывшего Советского Союза занимает 3-е место. Добыча золота составляет 13,4 т в год. К настоящему времени учтены запасы по 237 золоторудным объектам (122 коренных, 81 комплексных-золотосодержащих и 34 россыпных месторождений). Среди лидеров по запасам золота Казахстана выделяются: Восточный, Северный и Центральный Казахстан [1-5].

По последним данным Комитета геологии, более половины всех месторождений Казахстана содержат упорные руды со значительным количеством вредных примесей (углерод, мышьяк и т.д.). Отсутствие резерва новых крупнотоннажных месторождений составляет реальную угрозу дальнейшего развития золотодобывающей отрасли.

В реестре месторождений золота значительную долю составляют мелкие и средние месторождения, более половины которых в настоящее время не эксплуатируются. Среди этих месторождений ведущую роль занимают жильные месторождения кварцево-жильного и золото-сульфидно-кварцевого типов. Золото-серебро-адуляр-кварцевый тип месторождений встречается значительно реже. Руды этих месторождений характеризуются простым минеральным составом и содержат золото в свободной форме и как примеси в сульфидах. Специалисты отмечают высокую прибыльность подобных объектов [2].

Характеристика кварцево-жильных золоторудных объектов Восточного Казахстана

Большой вклад в изучение золоторудной металлогении Восточно-Казахстанского региона

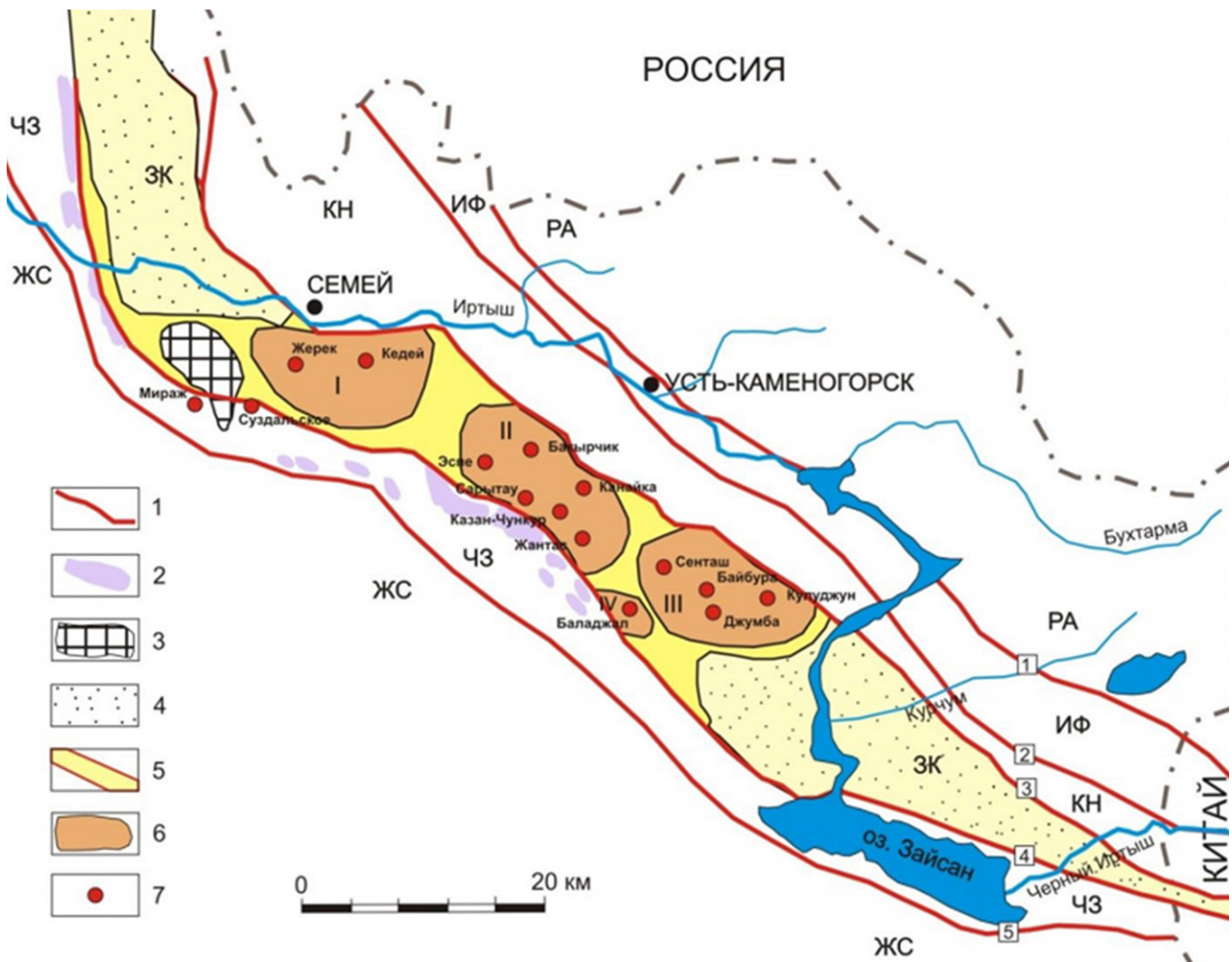
внесли многие специалисты и научные сотрудники различных организаций: (А.Я. Котов, Ф.С. Подсеваткин, В.И. Наливаев, Ю.А. Овечкин, В.В. Масленников, К.Р. Рабинович, В.И. Старов, Н.И. Бородаевский, В.А. Нарсеев, Н.А. Фогельман, В.А. А.М. Мыслик, Глоба, В.Д. Борцов, А.Ф. Коробейников, М.С. Рафаилович, Х.А. Беспаяев, Г.Н. Щерба, В.Н. Любецкий, Н.В. Полянский, Б.А. Дьячков, М.А. Мизерная, В.Н. Майоров, Ю.А. Антонов, А.А. Шатобин и др. Основные результаты исследований прошлых лет отражены в многочисленных публикациях [1, 2, 7] и др.

Западная Калба является лидером по потенциалу золота среди складчатых поясов Казахстана, здесь расположен глобальный Западно-Калбинский золоторудный пояс, северо-западный фланг которого продолжается в России (рисунок 1). На юго-востоке он продолжается в Китае, где также разрабатываются крупные месторождения золота.

Западно-Калбинская металлогеническая зона относится к северо-западному сектору Центрально-Азиатского подвижного пояса, тектоническое строение и эволюция которого была охарактеризована в работах [4, 5]. Ее окончательное формирование как геологической структуры произошло в позднем палеозое в результате коллизии Казахстанского и Алтае-Монгольского палеоконтинентов. В строении данной территории участвуют отложения *алевролитовой аспидной* формации D_3fm_{1-2} , *базальтовая известняково-терригенно-кремнистая* формация фамена и ранневизейские образования представлены *известняково-песчаниково-алевролитовой* формацией. Отложения перекрываются флишовой *углеродисто-известковисто-терригенной* формацией (C_{1V2-3}) мощностью 500 м и граувакковой *алевролитно-песчаниковой* формацией (C_{1s}) [6].

Среди интрузивных образований к наиболее древним относятся протрузии серпентинитов, приуроченные к зоне Чарско-Горностаевского глубинного разлома. С девонским вулканизмом связаны базитовые субвулканические тела и дайки. В период коллизии внедрились малые интрузии и дайки (*габбронорит-диабазовая* формация, карабирюкский комплекс C_{2-3}) и *плагιοгранит-гранодиоритовая* формация, (кунушский комплекс C_3), с которой связано золото-кварцевое и золото-сульфидно-кварцевое оруденение. Рудоконтролирующими являются системы северо-западных и широтных глубинных разломов (Чарско-Горностаевский, Западно-Калбинский, Кызыловский и др.), а также северо-восточные и меридиональные разломы, фиксируемые по геолого-геофизическим данным и дешифрированию космоснимков [6-8].

В металлогеническом отношении площадь распространения золотоносных объектов входит в состав Западно-Калбинской золоторудной металлогенической зоны, расположенной в центральной части Зайсанской складчатой области.



1 – границы металлогенических зон; 2 – офиолиты Чарско-Горностаевского пояса; 3 – Семейтауская вулканотектоническая постройка мезозойского возраста; 4 – рыхлый четвертичный покров; 5 – граница золоторудного пояса; 6 – границы рудных районов; 7 – золоторудные месторождения. Рудные районы: I – Мукурский, II – Бакырчикский, III – Кулуджинский, IV – Баладжальский. ЖС – Жарма-Саур, ЧЗ – Чингиз-Тарбагатай, ЗК – Западная Калба, КН – Калба-Нарым, Иртышско-Фунюнская зона, РА – Рудный Алтай

Рисунок 1 – Схема размещения основных золоторудных районов Западно-Калбинского золоторудного пояса в структурах Зайсанской складчатой системы

Золоторудный потенциал месторождений золото-кварцевого и золото-сульфидного типов рассмотрен на примере золотосульфидно-кварцевого месторождения Акжал.

Геология и минеральный состав месторождения Акжал

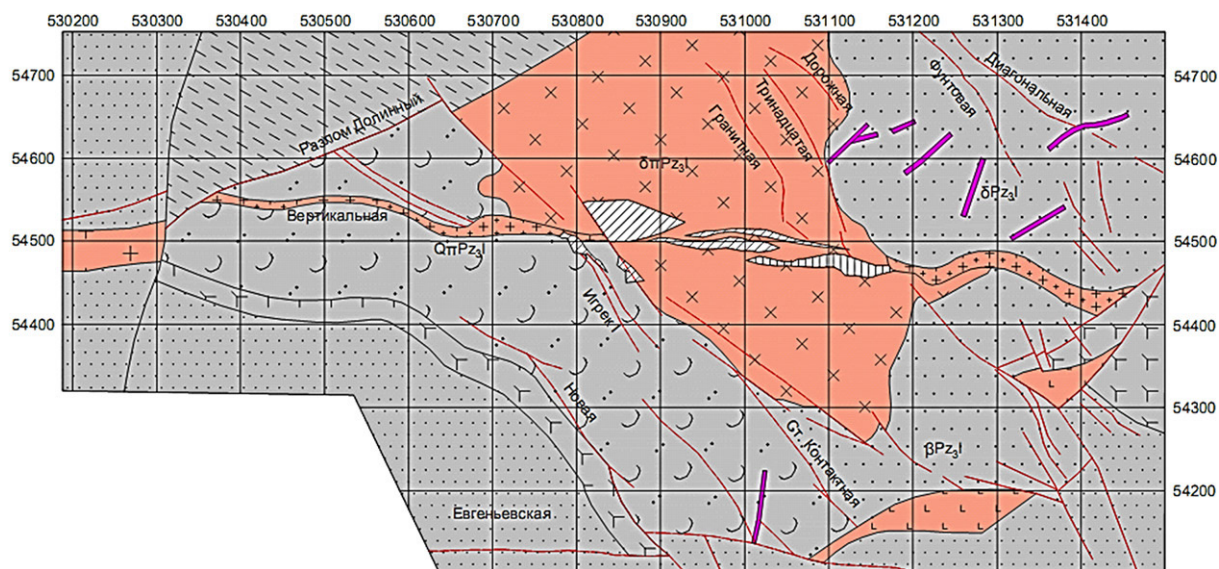
Перспективным в плане доизучения представляется месторождение Акжал, находящееся в Жарминском районе Восточного Казахстана. Месторождение приурочено к Боко-Акжалскому глубинному разлому. Геологическое строение территории довольно однообразно. Из осадочных пород распространены породы аркалыкской свиты (C_1). Интрузивные породы представлены малыми интрузиями и дайками кунушского комплекса (C_3-P_1). Породы аркалыкской свиты представлены переслаиванием известковистых песчаников, алевролитов и кремнистых сланцев с порфирита-

ми и яшмовидными породами (рисунок 2).

В пределах месторождения установлены золото-сульфидно-кварцевые рудные тела. Оруденение сосредоточено в кварцевых жилах, обогащенных сульфидными минералами, в основном пиритом. Золото чаще свободное, реже связано с сульфидами железа, образует зоны минерализации различной мощности (от 1,5 м до 50-100 м) [10-11].

Основными рудными минералами месторождения Акжал являются: пирит и арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит; нерудными – кварц нескольких генераций, кальцит, плагиоклаз, хлорит и мусковит. Из второстепенных обнаружены: блеклые руды, самородное золото и некоторые др.

Вкрапленные руды сложены преимущественно арсенопиритом с незначительным количеством пирита в виде прожилков. Кристаллы ар-



1-5 – переслаиванием известковистых песчаников, алевролитов и кремнистых сланцев с порфирами и яшмовидными породами; 6-8 – кварцевые диориты, диоритовые порфиры, гранит-прорфиры и диабазы (8), 9 – дайки кунушского комплекса, 10 – ороговикование, 11, 12 – разломы и крупные тектонические нарушения и линейные зоны тектонической трещиноватости; 13, 15 – субинтрузивные тела кунушского комплекса, 14 – линейные штокверки золоторудной минерализации, линейные штокверки золоторудной минерализации

Рисунок 2 – Геологическая схема месторождения Акжал

сенопирита призматической, реже ромбической формы. Отмечается наличие пирит-арсенопиритовых агрегатов, где на пластинчатые зерна пирита нарастают игольчатые кристаллы арсенопирита. Для пирита характерно наличие пойкилитов рутила, ильменита, апатита и нерудных минералов.

Самородное золото, как правило, встречается в ассоциации с арсенопирит-пиритовыми агрегатами. Золото часто образует сростки с кварцем, пиритом и арсенопиритом. Характерно выделение золота в мышьяковистом пирите и по границе срастания пирита и арсенопирита (рисунок 3). По результатам сканирующей микроскопии установлено, что содержание мышьяка в пирите колеблется в пределах от 1,77 до 4,08. Следует также отметить, что в результате исследований был обнаружен пирит с включением мышьяка). Самородное золото обнаружено в пирите в ассоциации с блеклой рудой, халькопиритом, а также на контакте сростков пирита и арсенопирита в виде линз, овальных и каплевидных включений (рисунок 4).

Золото в образцах было обнаружено в крупных (от 200 до 500 мкм) зернах пирита, реже арсенопирита. Золото присутствует в трещинах катаклазированного пирита, а также в пирит-арсенопиритовых сростках, где золото располагается на границе двух минералов в большей степени тяготея к пириту. Следует отметить, что определен-

ной закономерности по включениям золота в пирите и арсенопирите замечено не было, а именно оно располагается как в чистых зернах (не имеющих включения других минералов), так и в зернах с включениями халькопирита, ильменита, борнита и халькозина (рисунок 5). Золотин обнаружено было достаточно большое количество, размер их колеблется в пределах от 1 мкм (и менее) до 16 мкм, преобладают золотины размером 1-5 мкм и менее. Отмечается также свободное золото амебообразной формы в кварце размером 22 мкм и мелкая вкрапленность менее 1 мкм. Пириты и арсенопириты, содержащие включения золота, были обнаружены в березитизированных разностях кремнистой (кремнисто-карбонатной) породы, находящейся в тесном контакте с кварцевыми жилами.

По размерности золото месторождения практически не различается: оно характеризуется отсутствием явных кристаллических форм и довольно выдержанным размером до 20 микрон. Отмечено различие пробыности и химического состава золота. Золото полиметаллической ассоциации имеет пробыность до 600%, пирит-арсенопиритовая – до 800%. Золото окисленных руд имеет пробыность до 1000% [12].

Выводы и рекомендации

Исследования показали, что золото месторождения Акжал мелкое, находится в свободной

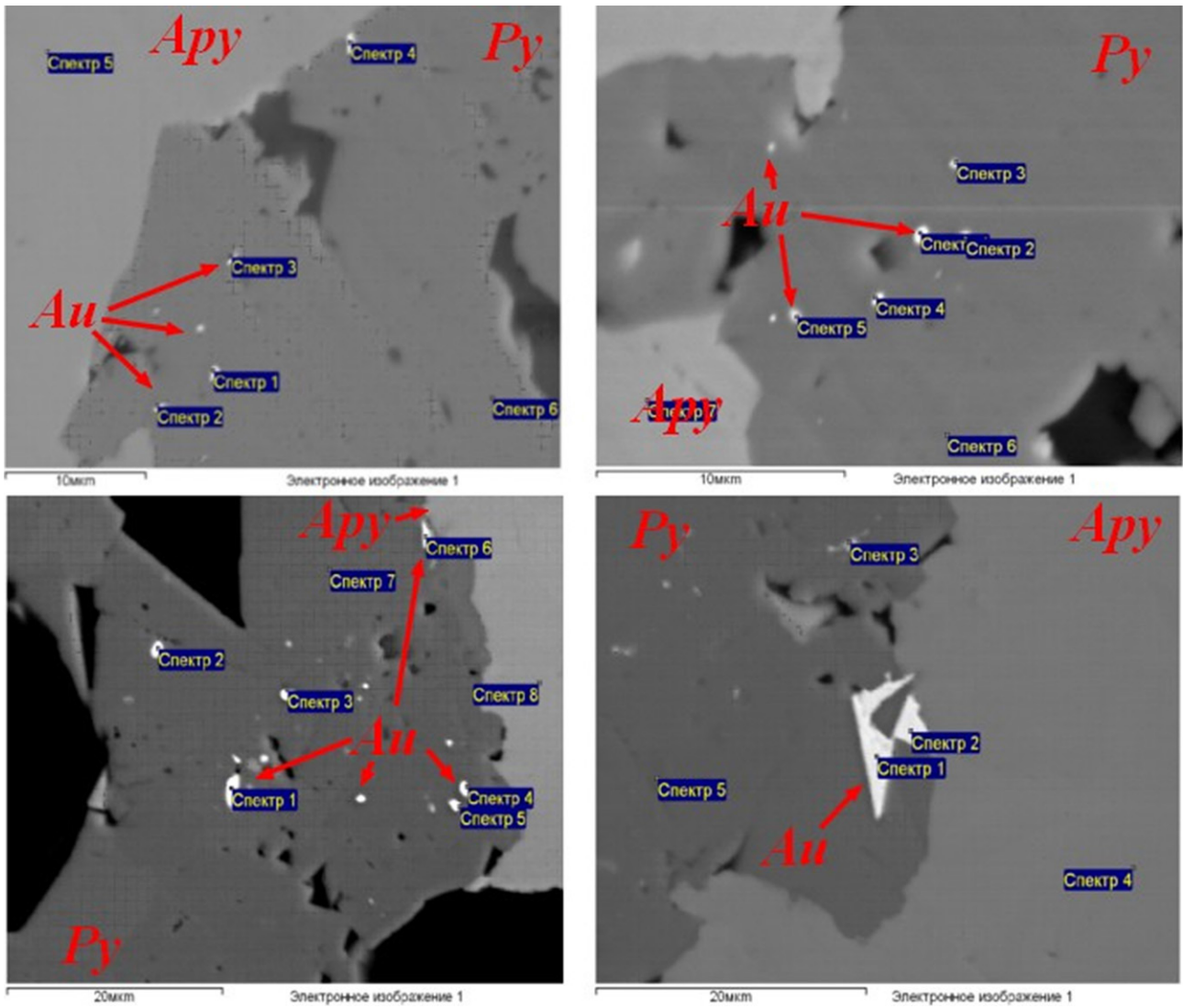
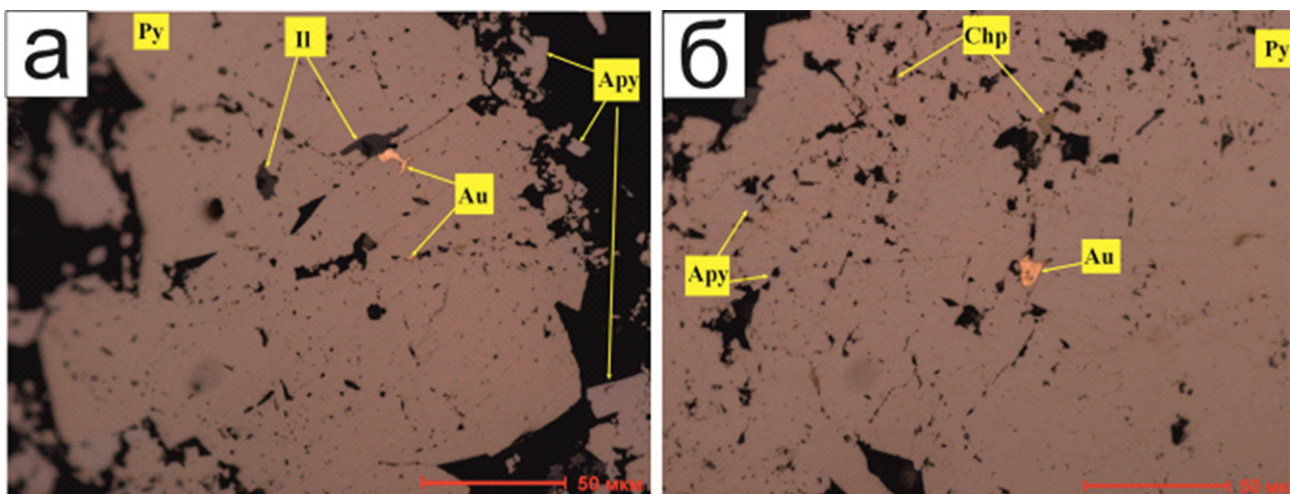


Рисунок 3 – Вкрапленность золота в мышьяковистом пирите (результаты сканирующей электронной микроскопии)



а – микровключения золота (Au) и ильменита (Il) в пирите (Py); б – микровключения золота (Au), арсенипирита (Ару) и халькопирита (Chp) в пирите (Py)

Рисунок 4 – Минеральные рудные ассоциации месторождения Акжал

форме и в виде микроскопических включений в сульфиды. Этот факт может являться причиной неполного его извлечения в процессах обогащения. Дальнейшее изучение типоморфных свойств самородного золота и золота в составе других минералов для средних и мелких золоторудных объектов может стать основой для пересчета запасов этих месторождений.

В общем, для задачи восполнения запасов золота в Казахстане можно предложить следующие направления:

1) совершенствование научно-методологической технологии прогнозирования, поиска и оценки золоторудных месторождений на всех стадиях геологоразведочных работ;

2) усиление глубинности геологического прогноза золотоносных структур (до 500-1500 м) при

региональном геологическом изучении территории (ГТК-200, ГМК-200, а также ГТК-50 и ГМК-50);

3) изучение перспективных резервных полузакрытых и закрытых площадей на основе современных технологий геофизических и геохимических методов исследования, значительных объемов буровых работ, космического зондирования и высокоточных лабораторных анализов;

4) переоценка недостаточно изученных рудных полей и законсервированных месторождений с целью выявления и оценки скрытого золотого оруденения на их флангах и глубоких горизонтах [2];

5) разработка современных технологий оценки и отработки средних и мелких кварцево-жильных месторождений как возможного дополнительного источника золотого оруденения [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьячков Б.А., Ганженко Г.Д., Сапаргалиев Е.М. Геодинамические обстановки формирования рудоносных структур Большого Алтая. – Алматы: КазГео, 2016. С. 9-21.
2. Дьячков Б.А., Кузьмина О.Н., Рафаилович М.С., Ойцева Т.А. (2014). Геодинамические обстановки формирования золоторудных и редкометалльных месторождений Восточного Казахстана. Благородные, редкие и радиоактивные элементы в рудообразующих системах // Материалы Всероссийской научной конференции. Новосибирск: ИНГ СО РАН. 2014. С. 348-354.
3. Рафаилович М.С. Геология золота Центральной Азии: эволюция оруденения, метасоматические формации, взрывные брекчии. – Алматы, 2013. – 423 с.
4. Дьячков Б., Матайбаева И., Черненко З., Теут Е. (2015). О геологической позиции и рудоносности гранитоидных поясов Большого Алтая // ВІСНИК Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ГЕОЛОГІЯ. 1 (68), 2015. С. 55-65.
5. Гусев Н.И., Федак С.И. (2014). Погребенные гранитоиды калбинского пояса в российском Юго-Западном Алтае: вещественный состав, геохимия, геохронология. Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. Т. 1. 4 (20). 2014. С. 91-103.
6. Annikova I Yu., Vladimirov A G., Smirnov S Z., Gavryushkina O A. Geology and mineralogy of the Alakha Spodumene Granite Porphyry Deposit, Gorny Altai, Russia. Geology of Ore Deposits, 58 (5), 2016. pp. 404-426.
7. Бескин С.М., Марин Ю.Б. О классификации пегматитоносных гранитовых систем // Материалы III международной геологической конференции. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. С. 40-42.
8. Mizernaya M.A, Miroshnikova A.P., Pyatkova A.P., Akilbaeva A.T. The main geological-industrial types of gold deposits in East Kazakhstan // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine), (5), 2019. pp. 5-10.
9. Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Kotov A.B. Early evolution of the Earth, beginning of its geological history: how and when granitoid magma appeared. Litosfera, 5, 2018. pp. 653-371.
10. Rafailovich M.S. Geology of Central Asian gold: ore evolution, metasomatic formations, explosive breccia. Monograph, Almaty, 2013. 423 p.
11. Parilov Yu.S. Genesis of the main types of non-ferrous metals deposits in Kazakhstan (based on the results of studying fluid inclusions). – Almaty, 2012. 266 p.
12. Mizernaya, M.A, Aitbayeva, S. S., Mizerny, A. I., Dyachkov, B. A., Miroshnikova A. P. Geochemical characteristics and metalogeny of Herzin granitoid complexes (Eastern Kazakhstan) Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine), (1), 2020. С. 5-10.

Шығыс Қазақстанда алтынға минералдық-шикізат базасын толықтыру проблемалары

¹АКЫЛБАЕВА Асель Темирбаевна, докторант, akilbaeva@mail.ru,

¹ЗИКИРОВА Карина Талгатовна, докторант, 96karina@list.ru,

¹*МИЗЕРНАЯ Марина Александровна, г.-м.ф.к., қауымдастырылған профессор, mizernaya58@bk.ru,

¹КУЗЬМИНА Оксана Николаевна, PhD, қауымдастырылған профессор, kik_kuzmins@mail.ru,

²МИРОШНИКОВА Анастасия Петровна, PhD, аға ғылыми қызметкер, anastasiya-2588@mail.ru,

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан, 070004, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

²«ҚР МШКҚӨ ҰО» РМК филиалы «ВНИИцветмет», Қазақстан, 070002, Өскемен, Промышленная көшесі, 1,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Алтын-кварц және алтын-сульфидті-кварц кен орындары әлемнің көптеген геологиялық провинцияларындағы алтынның негізгі көздерінің бірі болып табылады. Кварц-талшықты түзілімдердің коммерци-

ялық тартымдылығы шикізаттың жоғары сапасына байланысты (алтынның басым еркін формасы, кендерді байытудың қарапайым схемалары). Қазақстанда бұл топқа қорлары бойынша 15 орташа (Долинное, Бескемпір, Ақжал, Жарқұлақ және т.б.) және 100-ден астам ұсақ кен орындары жатады. Қосымша бағалау кезінде орта және кіші объектілердің бір бөлігі неғұрлым үлкен дәрежеге өтуі мүмкін. Шығыс Қазақстанда жататын дәстүрлі кен аудандарында қазіргі уақытта игеріліп жатқан және консервацияланған кен орындарының ресурстары таусылған жоқ. Зерттеудің мақсаты – Шығыс Қазақстанның минералдық-шикізат базасын алтын кені шикізатына толықтыру үшін алтын өндірудің орта және ұсақ объектілерінің геологиясы мен минералогиясын зерделеу.

Кілт сөздер: қорлар, кен орындары, өндіру, алтын-кварцты кендер, алтын-сульфидті кендер, геология, минералогия, Батыс Қалба, Ақжал, Шығыс Қазақстан.

Problems of Replenishment of the Mineral Resource Base for Gold in East Kazakhstan

¹AKYLBAEVA Asel, doctoral student, akilbaevaa@mail.ru,

¹ZIKIROVA Karina, doctoral student, 96karina@list.ru,

^{1*}MIZERNAYA Marina, Cand. Geol. and Min. Sci., Associate Professor, mizernaya58@bk.ru,

¹KUZMINA Oksana, PhD, Associate Professor, kik_kuzmins@mail.ru,

²MIROSHNIKOVA Anastasiya, PhD, Senior Researcher, anastasiya-2588@mail.ru,

¹D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Kazakhstan, 070004, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

²Branch of RSE «NC IPMRM RK» «VNIItsvetmet», Kazakhstan, 070002, Oskemen, Promyshlennaya Street, 1,

*corresponding author.

Abstract. Gold-quartz and gold-sulfide-quartz vein deposits are one of the main sources of gold in many geological provinces of the world. The commercial attractiveness of quartz-vein formations is due to the high quality of raw materials (the predominant free form of gold, relatively simple ore dressing schemes). In Kazakhstan, this group includes 15 medium-sized reserves (Dolinnoye, Beskempir, Akzhal, Zharkulak, etc.) and more than 100 small deposits. Some of the medium and small objects with additional evaluation may move to a larger rank. In the traditional ore regions, which include Eastern Kazakhstan, the resources of the currently developed and mothballed deposits have not been exhausted. The purpose of the research is to study the geology and mineralogy of medium and small gold mining facilities to replenish the mineral resource base of the East of Kazakhstan for gold ore.

Keywords: reserves, deposits, mining, gold-quartz ores, gold-sulfide ores, geology, mineralogy, Western Kalba, Akzhal, East Kazakhstan.

REFERENCES

1. D'jachkov B.A., Ganzhenko G.D., Sapargaliev E.M. Geodinamicheskie obstanovki formirovaniya rudonosnyh struktur Bol'shogo Altaja. – Almaty: KazGeo, 2016. pp. 9-21.
2. D'jachkov B.A., Kuz'mina O.N., Rafailovich M.S., Ojceva T.A. (2014). Geodinamicheskie obstanovki formirovaniya zolotorudnyh i redkometall'nyh mestorozhdenij Vostochnogo Kazahstana. Blagorodnye, redkie i radioaktivnye jelementy v rudoobrazujushhih sistemah // Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii. Novosibirsk: INGG SO RAN. 2014. pp. 348-354.
3. Rafailovich M.S. Geologija zolota Central'noj Azii: jevoljucija orudenenija, metasomaticheskie formacii, jeksplozivnye brekchii. – Almaty, 2013. 423 p.
4. D'jachkov B., Matajbaeva I., Chernenko Z., Teut E. (2015). O geologicheskoy pozicii i rudonosnosti granitoidnyh pojasev Bol'shogo Altaja // VISNIK Kiivs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka, GEOLOGJA. 1 (68), 2015. pp. 55-65.
5. Gusev N.I., Fedak S.I. (2014). Pogrebennye granitoidy kalbinskogo pojasa v rossijskom Jugo-Zapadnom Altae: veshhestvennyj sostav, geohimija, geohronologija. Geologija i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri. T. 1. 4 (20). 2014. pp. 91-103.
6. Annikova I.Yu., Vladimirov A.G., Smirnov S.Z., Gavryushkina O.A. Geology and mineralogy of the Alakha Spodumene Granite Porphyry Deposit, Gorny Altai, Russia. Geology of Ore Deposits, 58 (5), 2016. pp. 404-426.
7. Beskin S.M., Marin Ju.B. O klassifikacii pegmatitonosnyh granitovyh sistem // Materialy III mezhdunarodnoj geologicheskoy konferencii. Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 2017. pp. 40-42.
8. Mizernaya M.A., Miroshnikova A.P., Pyatkova A.P., Akilbaeva A.T. The main geological-industrial types of gold deposits in East Kazakhstan // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine), (5), 2019. pp. 5-10.
9. Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Kotov A.B. Early evolution of the Earth, beginning of its geological history: how and when granitoid magma appeared. Lithosphaera, 5, 2018. pp. 653-371.
10. Rafailovich M.S. Geology of Central Asian gold: ore evolution, metasomatic formations, explosive breccia. Monograph, Almaty, 2013. 423 p.
11. Parilov Yu.S. Genesis of the main types of non-ferrous metals deposits in Kazakhstan (based on the results of studying fluid inclusions). – Almaty, 2012. 266 p.
12. Mizernaya, M.A., Aitbayeva, S. S., Mizerny, A. I., Dyachkov, B. A., Miroshnikova A. P. Geochemical characteristics and metalogeny of Herzin granitoid complexes (Eastern Kazakhstan) Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (Ukraine), (1), 2020. pp. 5-10.