

Рудоподготовительные процессы, предшествующие непосредственному этапу рудообразования, но определяющие возможность формирования рудных тел, могут занимать значительные (в геологическом масштабе) промежутки времени, и в них могут активно участвовать как эндогенные, так и экзогенные процессы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев, Г.В. Урановые месторождения и провинции типа несогласия / Г.В. Афанасьев, Ю.Б. Миронов, Э.М. Пинский // Региональная геология и металлогения. — 2014. — № 60. — С. 52–59.
2. Вернадский, В.И. Избранные сочинения / В.И. Вернадский. — Т. 1. — М.: Изд-во АН СССР, 1954. — 696 с.
3. Вернадский, В.И. Эволюция видов и живое вещество (Доклад, читанный на заседании Ленинградского общества естествоиспытателей 5 февраля 1928 г.) / В.И. Вернадский // Природа. — 1928. — № 3. — С. 227–250.
4. Казанский, В.И. Эволюция уранового рудообразования / В.И. Казанский, Н.П. Лаверов, А.И. Тугаринов. — М.: Атомиздат, 1978. — 208 с.
5. Коржинский, Д.С. Основы метасоматизма и метамагматизма / Д.С. Коржинский. — М.: Наука, 1993. — 239 с.
6. Лаверов, Н.П. Условия образования крупных полихронных месторождений урана (на примере северной Австралии) // Итоги науки техники. Сер. Рудные месторождения / Н.П. Лаверов, С.Ф. Винокуров. — М.: ВИНТИ, 1988. — Т. 21. — 164 с.
7. Наумов, Г.Б. Природа воды гидротермальных растворов / Г.Б. Наумов, Т.К. Беркелиев, О.Ф. Миронова. — Записки РМО. — Ч. СХЛ. — № 5. — 2012. — С. 75–88.
8. Наумов, Г.Б. Метасоматическая природа гидротермальных рудообразующих растворов / Г.Б. Наумов, Т.К. Беркелиев, О.Ф. Миронова // Минералогический журнал. — 2012. — Т. 34. — № 2. — С. 100–111.
9. Наумов, Г.Б. Урановое пятиметалльное месторождение Шлема-Альберода (ФРГ): пример самоорганизующейся гидротермальной системы / Г.Б. Наумов, Б.П. Власов, В.Н. Голубев, О.Ф. Миронова // Геология рудных месторождений. — 2017. — № 1. — С. 3–16.
10. Наумов, Г.Б. Геохимическая роль и место рудоподготовительных процессов в моделях эпигенетического рудообразования / Г.Б. Наумов, Н.П. Ермолаев, З.М. Моторина и др. // Генетические модели эндогенных рудных формаций. — Т. 1. — Новосибирск: Наука, 1983. — С. 34–42.
11. Пакульнис, Г.В. Месторождения урана типа «несогласия» района Атабаска (Канада) / Г.В. Пакульнис, М.В. Шумилини // Минеральное сырье. — № 17. — М.: ВИМС, 2005. — 102 с.
12. Рябчиков, И.Д. Термодинамика флюидной фазы гранитных магм / И.Д. Рябчиков. — Л.: Наука, 1975. — 232 с.
13. Ферсман, А.Е. Избранные сочинения / А.Е. Ферсман. — Т. IV. — М.: Изд-во АН СССР, 1958. — 558 с.
14. Čadecký, J. Podmínky akumulací kovů v sedimentech // Ústřední ústav geologický / J. Čadecký, J. Syka, I. Vavřín, T. Veselý. — Praha, 1975.

© Наумов Г.Б., 2019

Наумов Георгий Борисович // gbnaumov@yandex.ru

УДК 553.41:553.065.3+552.086 (571.620)

Трушин С.И.¹, Кириллов В.Е.², Иванов В.В.³, Полин В.Ф.³ (1 — ОАО «Полиметалл УК», 2 — ОАО «Ресурсы Албазино», Хабаровск, 3 — Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток)

ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ВУЛКАНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КИРАНКАН-АВЛЯЯКАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ЗАПАДНОЕ ПРИОХОТЬЕ)

*Киранкан-Авляяканский рудный узел расположен в южной части Аяно-Майского района Хабаровского края, включает Авляяканское, Киранканское и Кундумийское эпitherмальные золотосеребряные месторождения. Оруденение имеет поздне меловой возраст и связано с завершающими фазами кислого вулканоплутонизма Охотско-Чукотского вулканического пояса. Золотая и серебряная минерализация приурочены к кварцевым и кварц-адуляровым жилам в ореолах пропилитов и кварц-серицитовых метасоматитов. Особенностью рудоносных зон является их размещение в породах двух структурных этажей (архейский фундамент и вулканогенные образования). **Ключевые слова:** месторождения золота и серебра, эпitherмальные, вулканогенная формация, Приохотье.*

*денение имеет поздне меловой возраст и связано с завершающими фазами кислого вулканоплутонизма Охотско-Чукотского вулканического пояса. Золотая и серебряная минерализация приурочены к кварцевым и кварц-адуляровым жилам в ореолах пропилитов и кварц-серицитовых метасоматитов. Особенностью рудоносных зон является их размещение в породах двух структурных этажей (архейский фундамент и вулканогенные образования). **Ключевые слова:** месторождения золота и серебра, эпitherмальные, вулканогенная формация, Приохотье.*

Trushin S.I.¹, Kirillov V.E.², Ivanov V.B.³, Polin V.F.³ (1 — Poly-metal of UK, 2 — Albazino resources, 3 — Far East Geological Institute of the Russian Academy of Sciences)

GOLD AND SILVER MINERALIZATION OF THE VOLCANOGENIC DEPOSITS IN THE KIRANKAN AND AVLAYAKAN ORE CLUSTER (THE WESTERN OKHOTSK REGION)

*Kirankan and Avlayakan ore cluster is located in the southern part of Ayano-May District of Khabarovsk Territory. It includes Avlayakan, Kirankan and Kundumy epithermal gold and silver deposits. The Late Cretaceous ore mineralization associated with the final acidic volcanic plutonism of the Okhotsk Chukchi volcanic belt. Gold and silver mineralization is located in the quartz and quartz-adularia veins in halos of propylites and quartz-sericite metasomatites. The location in rocks of two structural units (Archean foundation and volcano-genic formations) is one of the main mineralization peculiarity. **Keywords:** gold and silver deposits, epithermal, volcano-genic formation, Okhotsk region.*

Введение

Россыпная золотоносность территории Киранкан-Авляяканского рудного узла была установлена в начале XX в., поиски и разведка промышленных россыпей здесь проводились в 1930–1950 годах. В ходе этих работ было выявлено Авляяканское рудопроявление золота, дальнейшее изучение которого позволило перевести его в разряд месторождений. В 1977–1982 гг. в районе проводилась геологическая съемка масштаба 1:50 000, в результате которой были выявлены новые перспективные золотосеребряные рудопроявления (Киранканское, Кундумийское, Мевачанское). В результате оценочных и разведочных работ ПГО «Дальгеология», артелей «Восток» и «Амур», компании «Silver Bear Resources» в 1984–2018 гг. Киранканское и Кундумийское рудопроявления переведены в разряд мелких промышленных месторождений; в последние годы Киранканское и Авляяканское месторождения активно обрабатывались ОАО «Полиметалл».

В литературе [6] имеются лишь краткие сведения по Авляяканскому месторождению, по другим объектам Киранкан-Авляяканского рудного узла опубликованные данные отсутствуют.

Методы анализа

В настоящей статье для Авляяканского и Кундумийского месторождений приводится расширенная информация по геологии и вещественным характе-

ристикам руд, включая данные по исследованию в них тонко-вкрапленной минерализации современными средствами анализа. В частности, для морфогенетического и локального элементного анализа «невидимой» минерализации в лаборатории микро- и наноисследований Аналитического центра ДВГИ ДВО РАН были использованы два сканирующих электронных микроскопа (СЭМ) — Jeol JSM-6490LV с системами локального энерго (ЭДС)- и волнодисперсионного (ВДС) анализа Oxford INCA Energy и INCA WAVE, а также Tescan LYRA 3 XMH с системой микроанализа Oxford AZtec Energy. Для автоматизированного поиска и качественного анализа фаз применялось программное приложение INCAFeature Oxford Instruments.

Геология рудного узла и месторождений

Киранкан-Авляяканский рудно-россыпной узел (рис. 1) расположен в южной части Аяно-Майского района Хабаровского края, в бассейнах рек Авляякан и Киранкан, в зоне сочленения Станового и Джугджурского хребтов. Узел приурочен к юго-западной части Предджугджурского вулканотектонического прогиба (ПДВП) Западно-Охотской вулканической зоны (ЗОВЗ) [1] Охотско-Чукотского окраинно-континентального (надсубдукционного) [2] вулканического пояса (ОЧВП). Фундаментом образований ПДВП являются нижнеархейские складчато-метаморфические образования, протерозойды, а также доскладчатые габброиды и анортозиты древнеджугджурского комплекса (рис. 1), под-

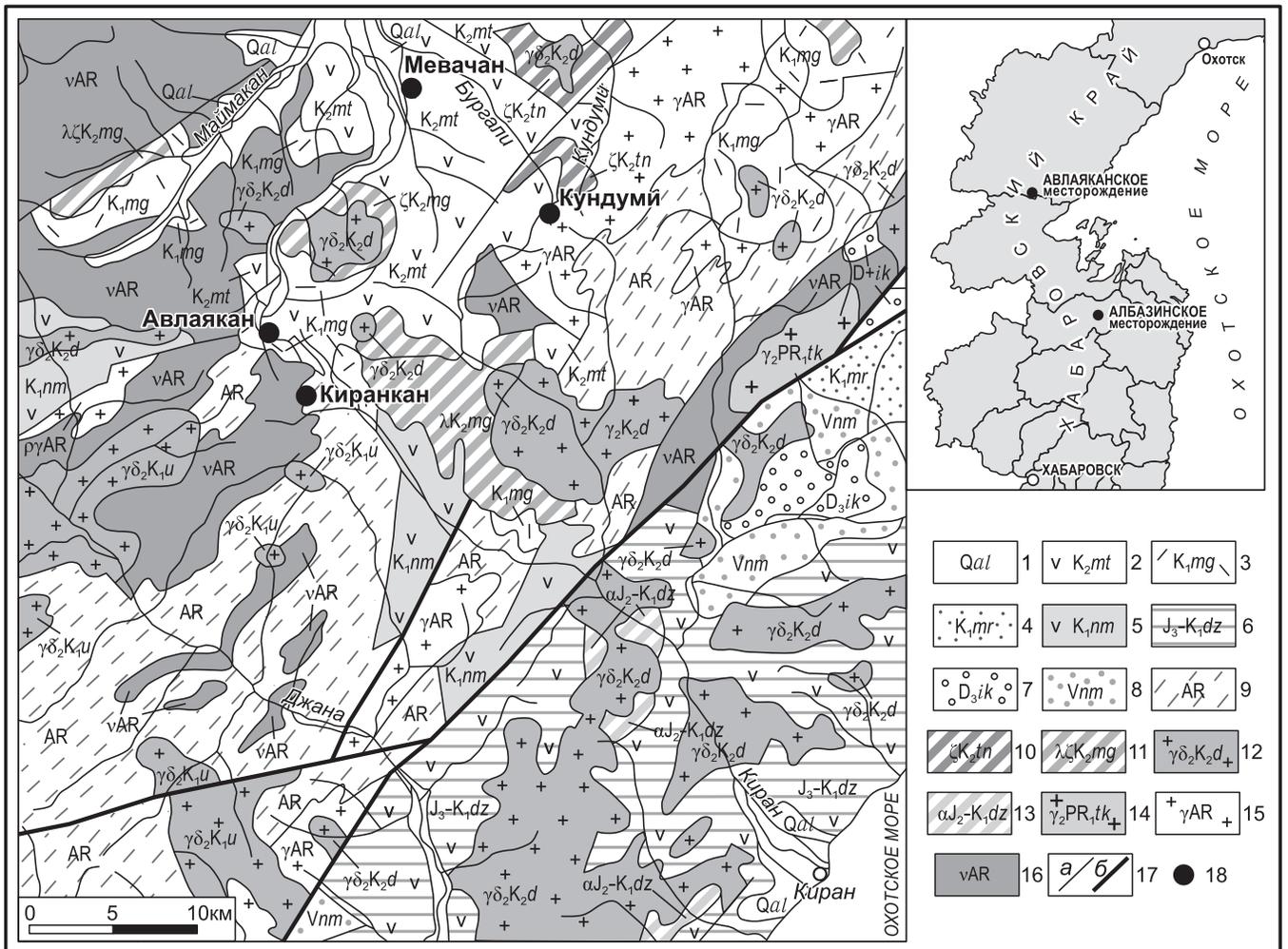


Рис. 1. Обзорная геологическая карта района Киранкан-Авляяканского рудного узла: 1 — четвертичные аллювиальные отложения; 2 — мотаринская свита (андезиты, андезитбазальты, реже дациандезиты, дациты, туфы средних и умереннокислых пород); 3 — магейская свита (туфы, игнимбриты, реже игниспумиты риолитов и дацитов, туфы смешанного состава); 4 — мериконская свита (туфоконгломераты, туфопесчаники, песчаники); 5 — немуйканская свита (андезиты, реже дациты, туфы, туфогенно-осадочные породы); 6 — джелонская свита (туфы, туфобрекчии смешанного состава, андезиты, туфопесчаники); 7 — ийкандинская свита (известняки, алевролиты, аргиллиты); 8 — немериканская свита (известняки, кремнисто-глинистые сланцы, долериты, туфы); 9 — нижнеархейские кристаллические породы (гнейсы, кристаллосланцы, амфиболиты, мраморы); 10 — тунумский субвулканический комплекс (риодациты, дациты, риолиты, гранит-порфиры, трахидациты, трахириолиты); 11 — магейский субвулканический комплекс (дациандезиты, дациты, риодациты); 12 — джугджурский интрузивный комплекс (диориты, гранодиориты, лейкограниты); 13 — джелонский субвулканический комплекс (андезиты); 14 — тукурингрский комплекс (граниты, лейкограниты, гранодиориты); 15 — позднестановой комплекс (граниты, лейкограниты, гранодиориты гнейсовидные); 16 — древнеджугджурский комплекс (габбро, анортозиты, нориты); 17 — разрывные нарушения (а), наиболее крупные разломы (б); 18 — золото-серебряные рудопроявления и месторождения

вергшиеся метаморфизму в условиях гранулитовой фации [3].

Залегание вулканогенных толщ Преддзугджурского прогиба определяется пологим наклоном вулканических покровов к осевой части структуры и приуроченностью к ней максимальных мощностей вулканогенных толщ [4]. Протяженность ПДВП составляет 175 км при ширине около 60 км, при мощности вулканогенных толщ до 2 км. От расположенного севернее Ульяновского вулканического прогиба ОЧВП Преддзугджурской отделен Прибрежным поперечным поднятием, сложенным гранитоидами дзугджурского комплекса.

В основании ПДВП залегают нижнемеловые толщи андезитов немуйканской свиты, развитые в северо-западном борту прогиба. Выше залегает мериконская свита (преимущественно вулканогенно-осадочные отложения) и широко распространенные вулканогенные толщи контрастного состава магейской свиты, слагающие центральную и юго-восточную части ПДВП. Вверх по разрезу эти толщи перекрываются продуктами существенно андезит-андезибазальтового и выше — кислого субщелочного вулканизма (мотаринская и тунумская свиты соответственно), которым и завершается вулканогенный разрез. Широко проявлены субвулканические и жерловые образования различного состава, слагающие немки, силлы, лакколито-подобные тела и экстрезивные купола.

Внутреннее строение ПДВП определяется многочисленными овальными в плане вулканотектоническими структурами (ВТС). Преобладают отрицательные формы — депрессии и кальдерообразные провалы, ограниченные дуговыми разломами. Поперечные размеры ВТС колеблются от первых километров до 50 км. Преобладают кальдеры, выполненные риолитовыми игнимбритами нижнемагейской подсвиты. Часто крупные ВТС осложнены вулканоструктурами более высоких порядков.

Реже встречаются куполовидные ВТС и интрузивно-тектонические горсты, возникшие, вероятно, над крупными субвулканическими и гипабиссальными телами. Поперечные размеры положительных магмагенных структур составляют 15–20 км.

Разрывные нарушения в пределах ПДВП распространены довольно широко (рис. 1). Наиболее крупные разломы СВ направления представлены субвертикальными сбросами с незначительными, до нескольких сот метров, амплитудами смещения. Разломы этого типа являются основными магмоподводящими каналами; к ним приурочено большинство центров вулканической активности, к ним же тяготеют цепочки субвулканических тел.

Согласно схеме металлогенического районирования [5] рассматриваемая территория относится к Преддзугджурской минерагенической зоне, характеризующейся золотосеребряной минерализацией в пределах мелового структурного этажа и железо-медно-никелевой — в архейском фундаменте. Авляяканское, Киранканское и Кундумийское месторождения,

а также рудопоявления на их флангах (Мевачан, Бургале, Бол. Ян) и россыпные месторождения золота входят в состав Киранкан-Авляяканского рудно-россыпного узла Авляякан-Нагимского рудно-россыпного района. Из всех рудных объектов района наиболее детально работами разведочной стадии изучены месторождения Авляяканское и Киранканское Киранкан-Авляяканского рудного поля, в меньшей степени изучено месторождение Кундумийское в пределах Бургале-Кундумийского рудного поля.

Золотосеребряное оруденение в пределах рудного узла связано преимущественно с субщелочным кремнекислым тунумским комплексом даек, экстрезий и субвулканических интрузий (риолиты и гранит-порфиры) турон-коньякского возраста [7].

Киранкан-Авляяканское рудное поле приурочено к северной части Авляякан-Киранканской ВТС, сложенной вулканиками умеренно-кислого и среднего состава магейской и мотаринской свит ОЧВП. Вулканогенные породы прорваны многочисленными дайками и мелкими интрузивными телами порфириновых и полнокристаллических пород среднего и кислого состава.

В пределах Авляяканского месторождения выявлены четыре рудоносные зоны, вмещающие сближенные кварцевые и кварц-карбонатные жилы и прожилки, и участки метасоматически окварцованных пород в ореолах пропилитов и метасоматитов березитоподобного типа в андезитах, туфах андезитов и дацитов (рис. 2). Золотоносные жилы осложнены многочисленными ветвящимися апофизами. Иногда жилы по простиранию сменяются зонами прожилкового окварцевания. Простирание зон северо-западное, с падением на северо-восток под углами 60–80°. Для зоны Центральная мощность жильно-прожилковых зон составляет 5–40 м, протяженность — до 1.5 км; мощность зоны Северо-Восточная — 50–120 м, протяженность — 3 км. Наиболее крупные жилы в раздувах достигают 10 м мощности и прослеживаются до глубины 300 м.

Средние содержания золота в рудах составляют 10.8–12 г/т, серебра — 112 г/т, максимальные содержания Au — 551 г/т, серебра — 2376.3 г/т. Содержание этих элементов в рудах весьма неравномерное; отношение золота к серебру колеблется от 1:4 до 1:22. Руды характеризуются, кроме Au и Ag, аномальными содержаниями Cu, Zn, Te и Se. Согласно силикатному анализу, содержание SiO₂ в кварцевых жилах составляет 79.1 %, Al₂O₃ 7.9 %, MgO 1.8 %, CaO 1.2 %, K₂O и Na₂O соответственно 1.0 и 0.5 %.

На Киранканском месторождении, расположенном в 10 км к ЮВ от Авляяканского, золотоносные кварцевые и кварц-карбонатные жильные образования приурочены к зонам нарушений субмеридионального простирания и локализуются как в меловых вулканиках, так и в архейском фундаменте, где выклиниваются на глубине 80–120 м. Протяженность жильных зон — десятки метров, до 400 м, ширина составляет от первых метров до 15–40 м. Руды Киранканского месторождения в целом беднее, чем Авляяканского

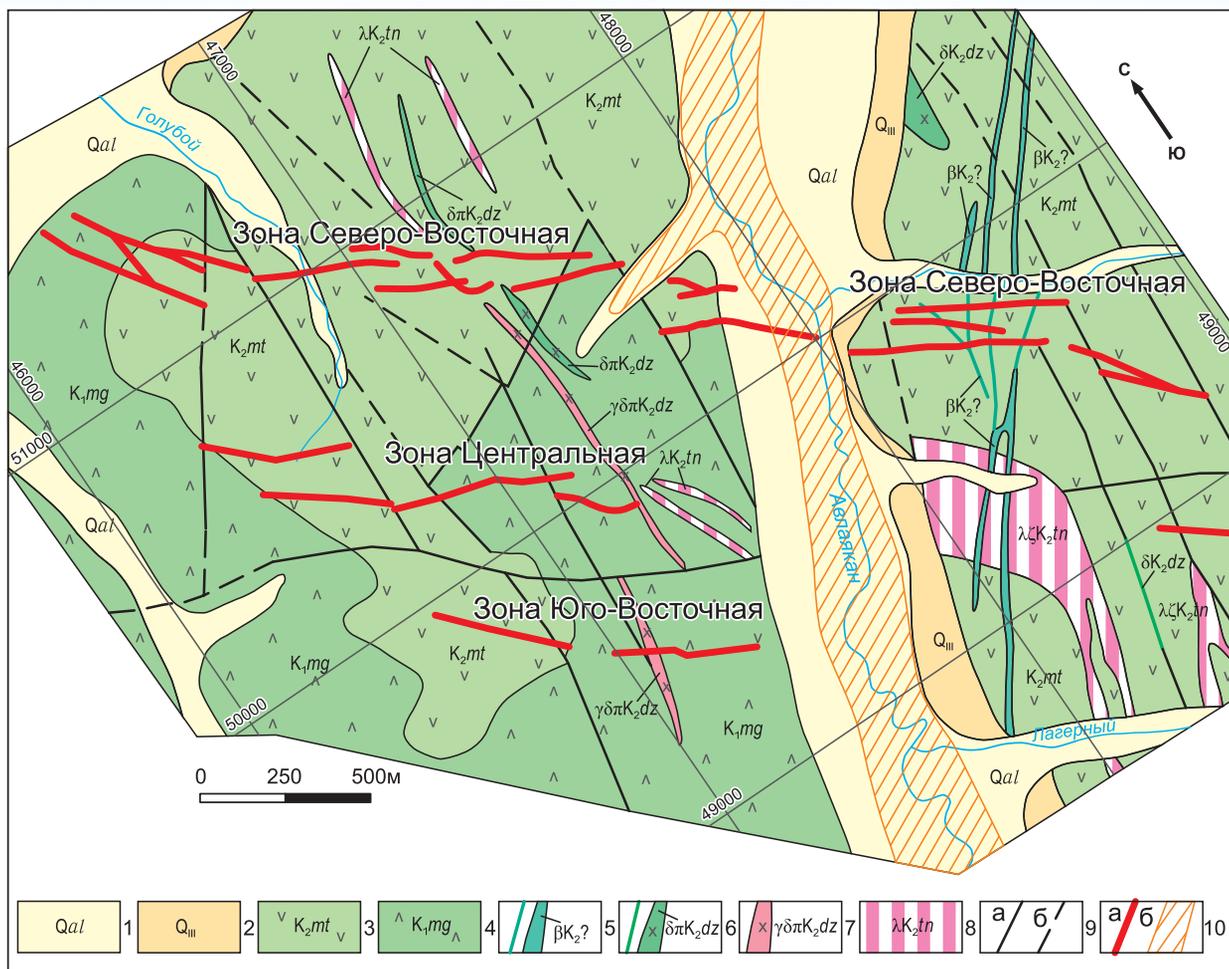


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Авляяканского месторождения: 1 — четвертичные аллювиальные отложения Q_{IV} ; 2 — четвертичные аллювиальные отложения Q_{III} ; 3 — мотаринская свита (андезиты, их туфы); 4 — магейская свита: дациты, их туфы, андезиты; 5 — дайки базальтов (?); 6–7 — дайки джугджурского комплекса: диоритовые порфиры (6); гранодиорит-порфиры (7); 8 — субвулканические тела и дайки тунумского комплекса: риолиты (λ), риодациты ($\lambda\zeta$); 9 — разрывные нарушения: достоверно установленные (a), предполагаемые (б); 10 — золотоносные кварцево-жильные тела (a), россыпь золота (б)

(в среднем содержания Au — 7–8.9 г/т, Ag — 12.6 г/т) и имеют более высокое золото-серебряное отношение.

Месторождение Кундумийское расположено в 35 км на СВ от месторождения Авляякан, на границе позднеархейского Кирано-Нагимского интрузивного массива и позднемеловой Авляякано-Бургалинской ВТС.

В геологическом строении месторождения принимают участие позднеархейский позднестановой интрузивный комплекс (гнейсовидные крупно-гигантозернистые, насыщенные ксенолитами кристаллосланцев плагиограниты, гранодиориты и лейкократовые граниты) нижнего структурного этажа, и позднемеловой вулканогенный мотаринский комплекс (андезиты, андезибазальты и их туфы) верхнего структурного этажа. Прорывающие их дайки гранитов и гранодиоритов относятся к джугджурскому и тунумскому комплексам (рис. 3).

Оруденение локализовано в позднеархейских гнейсовидных гранитоидах и связано с кварцевыми и кварц-адуляровыми жилами и прожилками в ореолах пропиловых и березитоподобных метасоматитов. В пределах месторождения оценены две рудные

зоны — Центральная и Западная, зона Северо-Восточная детально не изучалась. Содержания золота в рудах колеблется в пределах 2.5–30.4 г/т, средние составляют в разных рудных телах — 2.7–6.9 г/т.

Зона Западная, северо-восточного простирания, вмещает кварцевые жилы и участки прожилкового окварцевания с пиритовой минерализацией длиной до 750 м, расположенные на контактах даек и вмещающих гранитов.

Центральная зона представляет собой жильно-прожилковый штокверк меридионального простирания длиной более 300 м, ориентированный согласно лежащему контакту дайки тунумских риодацитов. В составе зоны наблюдаются две сближенные адуляр-кварцевые жилы мощностью 0.5–1.4 м со свитой прожилков.

Северо-Восточная зона имеет северо-западное простирание, протяженность около 200 м и представляет собой кварцево-жильный штокверк.

Гидротермально-измененные породы и руды

В пределах Киранкан-Авляяканского рудного поля распространены метасоматиты пропиловых, кварцсерицитовых и аргиллизитовых формаций.

Пропилиты представлены хлорит-эпидотовой, хлорит-эпидот-карбонатной, хлорит-карбонатной и хлорит-цеолитовой фациями. Пропилитизация проявилась во всех вулканических и метаморфических породах, и, наиболее интенсивно, в эффузивах мотаринской и магейской свит. Новообразованные минералы представлены эпидотом, хлоритом, кальцитом, альбитом, цеолитами, реже кварцем, серицитом, пиритом и гидрослюдами. Суммарное количество минеральных новообразований составляет 20–50 % в зависимости от интенсивности изменений и состава пород.

Гидротермальные кварциты распространены незначительно, принадлежат алунит-каолиновой и каолиновой фациям. Образуют небольшие по площади (до 2 км²) тела в вулканиках в бассейне р. Киранкан и в пределах Верхне-Авляяканской ВТС.

Аргиллизитовые метасоматиты слагают небольшие по площади участки (первые десятки квадратных ме-

тров) среди алунитовых гидротермальных кварцитов, состоят из гидрослюдистых минералов с примесью каолинита и хлорита.

Ортоклаз-серицит-гидрослюдисто-кварцевые и серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты приурочены к разрывным нарушениям. Характеризуются интенсивной проявленностью, с объемом новообразованных минералов более 50 %, которые представлены калишпатом (адуляром), серицитом, мусковитом, гидрослюдой и кварцем. Контакты метасоматитов с вмещающими туфами и игнимбритами резкие, но иногда наблюдаются и постепенные переходы через окварцованные и пиритизированные разности в неизмененные породы. Среди перечисленных образований только ортоклаз-серицит-гидрослюдисто-кварцевые и серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты являются слабозолотоносными (содержания Au в них достигают сотых и первых десятых долей г/т).

Поля и ореолы метасоматитов различных типов контролируются зоной Киранканского разлома северо-западного направления, вдоль которого прослеживаются на протяжении 30 км.

На Авляяканском месторождении в рудных зонах установлена поперечная зональность: пропилиты хлорит-эпидотовой фации во внешних частях зон (мощность зон от десятков до первых сотен метров), ортоклаз-серицит-гидрослюдисто-кварцевые и серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты — в промежуточных (мощностью от десятых долей метра до 10–15 м) — кварцевые, кварц-адуляровые, кварц-карбонатные жилы и прожилки в центральных зонах.

Жильные тела имеют зональное строение. Эндоконтактовые их части обычно сложены сливным тонкозернистым серым кварцем, насыщенным обломками вмещающих пород (20–50 %); в центральных частях кварц более крупнозернистый сахаровидный, с пустотками, выполненными друзовидным кварцем, кальцитом и адуляром. Текстура руд массивная, брекчиевая, крустификационная и каркасно-пластинчатая. Основным минералом жильных образований является кварц (60–70 %) и реже халцедон. Около 15–20 % приходится на долю слоистых минералов (смесь гидрослюда (95 %)-монтмориллонит, хлорит,

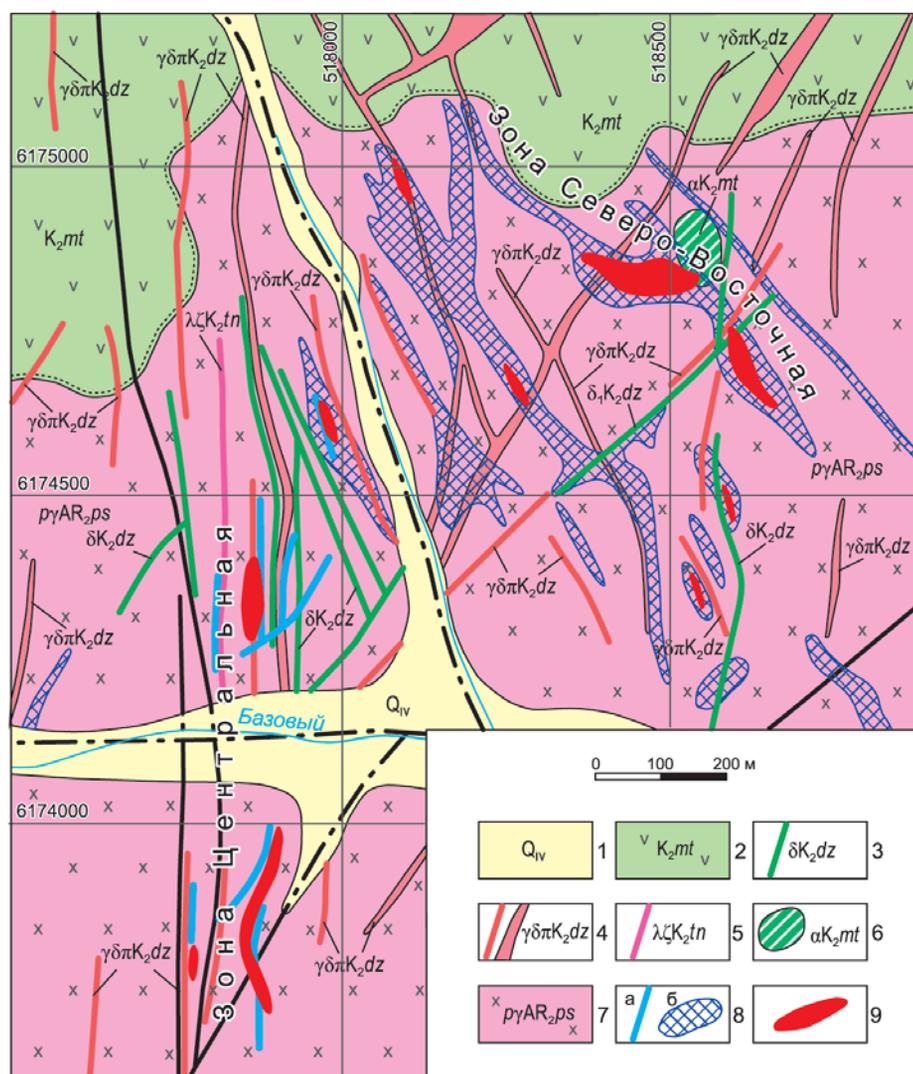


Рис. 3. Зоны Центральная и Северо-Восточная Кундумийского месторождения: 1 — аллювиальные отложения; 2 — андезиты и их туфы мотаринской свиты; 3—5 — дайки: 3 — диориты джугджурского комплекса, 4 — гранодиорит-порфиры джугджурского комплекса, 5 — риодациты тунумского комплекса; 6 — шток андезитов мотаринского комплекса; 7 — гнейсовидные гранитоиды позднестанового комплекса; 8 — кварцевые жилы (а), штокверки кварцевых прожилков (б); 9 — золоторудные тела

каолинит, реже серицит), карбонаты (кальцит, в небольшом объеме присутствуют анкерит и доломит). Реже встречаются адуляр и флюорит, а также реликтовые амфибол и пироксен (диопсид), и гипергенные гетит и гидрогетит. В карбонат-кварцевых жилах цементирующий обломки материал, помимо кварца, представлен крупнокристаллическим кальцитом. Видимых рудных минералов не более 1–2 %, в их числе магнетит, пирит, пирротин, марказит, галенит, сфалерит, самородное золото и серебро, акантит (аргентит), пираргирит и блеклая руда.

Самородное золото образует мелкие (0.005–0.01 мм) комковатые изометричные зерна и чешуйчатые агрегаты размером 0.03–0.04 мм. Около 80 % приходится на золото с размером частиц менее 0.07 мм. Редко наблюдаются крючковатые, жилковидно-пластинчатые и дендритовидные выделения золота до 2 мм.

Цвет золота бледно-желтый, зеленовато-желтый и темно-желтый, оно относится к различным золотосеребряным природным сплавам с пробой 540–590 и редко 804. Для сравнения отметим, что на Киранканском месторождении золото в сростании с кварцем и сульфидами имеет пробу около 600 единиц и образует выделения светло- и соломенно-желтого цвета, неправильной изогнутой формы с крючковидными ответвлениями.

Серебро в авляканских рудах представлено различными минеральными формами: сульфидное (акантит), самородное (кюстелит) и халькогенидное (пираргирит и Ag-содержащая блеклая руда). Массовая доля мелких (менее 0.07 мм) выделений самородного серебра составляет 95 %.

Для уточнения особенностей видового состава «невидимой», весьма тонковкрапленной, благородноме-

талльной минерализации в продуктивных жильных гидротермалитах Авляканского месторождения в качестве типового образца была выбрана проба керна с рудной зоны Северо-Восточная (С-2175, глубина 187 м; Au 7,3 г/т).

Этот образец отвечает брекчиевидной руде с неравномерным, пятнистым и рассеянным развитием в жильном субстрате пылевидных вкраплений, так называемой «серебряной черни», известной на подобных эпитермальных золотосеребряных месторождениях мира [8]. Текстура образца указывает на имевшее место внутри- или межстадийное брекчирование продуктов зоны интенсивного кислотного выщелачивания рудовмещающих пород с последующим секреторным отложением кварца и сопутствующих алюмосиликатов. С затушеванными очертаниями обломочный материал размером 3–20 мм представлен полнопроявленными кварцевыми метасоматитами. Под микроскопом кварцевый цемент этого гетерогенного гидротермалита неравномерно зернистый, мелко- (до 0,3 мм) и среднезернистый (до 1 мм).

Среди кварца (~75 %), микрочешуйчатого серицита (~24 %) и незначительного количества кальцита развиты макроскопически не диагностируемые рудные минералы с размером зерен обычно не более 0.1 мм. По результатам оптической и аналитической электронной микроскопии они представлены преимущественно сульфидными и халькогенидными, а также самородными формами проявления различных металлов.

В ряду очень тонких (до 0.1 мм) и субмикроскопических (≤ 5 –10 мкм) монозерен или сростков фаз различных минералов, нередко в местах сосредоточения серицита, в числе сульфидов встречены акантит (аргентит), пирит, галенит, халькопирит, арсенопирит и сфалерит (в т.ч. с примесью Cd). К их простым и сложным сростаниям относятся такие комбинации минералов, как электрум- (\pm кюстелит)-халькопирит, кюстелит-акантит-пирит, акантит-галенит (рис. 4), акантит-гессит-галенит-халькопирит, акантит-агвиларит-галенит, акантит-сфалерит.

Акантит является одним из наиболее распространенных минералов, слагает компактно-комковидные и реже гипидиоморфные зерна со сглаженной поверхностью. Согласно ЭДС-анализа к особенностям акантита относятся входящие в его состав примеси других элементов, прежде всего селена. В образце члены системы Ag-Se-S представлены Se-содержащим акантитом (Se 0.61 масс. %), Se-акантитом (селенистым акантитом) и S-агвиларитом. С акантитом, содержащим примеси Cu и Te, ассоциируют халькопирит и микрзерна теллурида серебра, гессита, размером до 5 мкм.

Отчетливо выраженный серебряный с золотом профиль оруденения подчеркивает и примесь серебра совместно с теллуrom в халькопирите, серебра (6.82 масс. %) и висмута (2.98 масс. %) в галените. В последнем случае есть основание говорить о наличии в некоторых зернах указанного сульфида свинца изоморфной примеси матильтида.

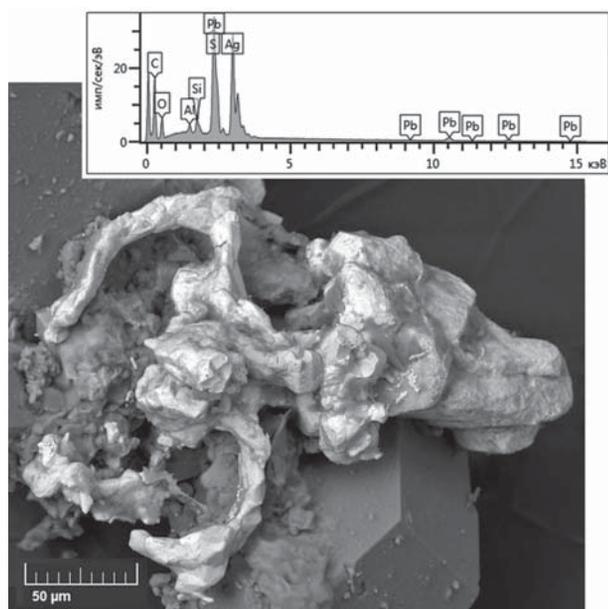


Рис. 4. Причудливой формы выделение акантита с «головкой» из смеси тонких фаз акантита-галенита. Электронно-микроскопическое выделение в обратных электронах и ЭДС спектр состава. Месторождение Авляканское, обр. А-1

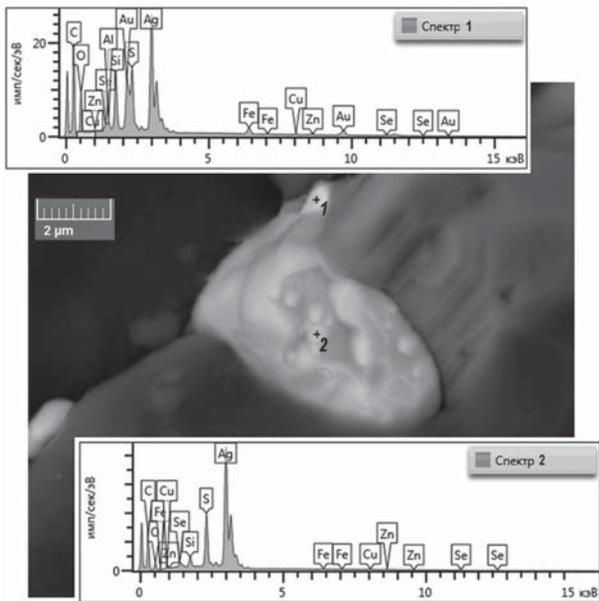


Рис. 5. Тонкие наросты кюстелита (каплевидная белая микрофаза, ЭДС-спектр 1) и селенистого акантита (бугристо-лепешковидная серая фаза, ЭДС-спектр 2) на пирите (темное зерно). Электронно-микроскопическое изображение в обратных электронах. Месторождение Авляканское, обр. А-1

Микроразмерные самороднометалльные фазы Au и Ag в руде относятся, как и в случае более крупных зерен, к твердым растворам этих металлов. Это — низкопробное золото (электрум), высокосеребристое золото (Ag более 40 масс. %) и золотосодержащее серебро, т.е. кюстелит (Ag более 85 масс. %). Кюстелит зафиксирован в данном образце в виде субмикроскопических наростов на акантит-халькопиритовом сростке и на пирите (рис. 5).

На Кундумийском месторождении гидротермально измененные породы распространены широко и представлены пропилитами хлорит-эпидотовой, хлорит-эпидот-карбонатной и хлорит-цеолитовой фаций, «светлослюдистыми» пирит-серицит-кварцевыми, кварц-карбонат-серицитовыми и кварц-серицит-гидрослюдистыми метасоматитами.

Светлослюдистые метасоматиты, на флангах переходящие в зоны пропилитов, обычно образуют линейные жилообразные тела и серии сближенных тел, которые контролируются зонами повышенной трещиноватости. Мощность зон метасоматитов от первых метров до 120 м, протяженность до 1500 м.

В центральных частях ореолов метасоматитов распространены карбонат-кварцевые, кварц-гематитовые, кварцевые и адуляр-кварцевые жилы и прожилки. По данным золотоспектрального анализа содержания золота в метасоматитах составляют сотые, изредка — первые десятые г/т, в кварцевых жилах они достигают до 2–11 и более г/т. Причем, с глубиной происходит заметное увеличение концентраций золота. Адуляр-кварцевые жилы отличаются более значительными содержаниями золота (до 243 г/т).

В пределах Центральной рудной зоны адуляр в составе жил и прожилков составляет 20–25 % их объема.

Прожилково-жильный материал рудного тела — тонко-мелкозернистый с массивной, брекчиевой и ритмично-полосчатой текстурами. В зоне Северо-Восточная гидротермалиты представлены кварцевыми жилами с мелко-микрозернистой структурой с тонкой «сыпью» видимого золота.

Для характеристики тонкодисперсной минерализации были выбраны два текстурно-различных образца богатой руды из разных рудных зон.

Рудная зона *Центральная* представлена образцом К0006/253 с содержанием Au 243 г/т (фрагмент серицит-адуляр-кварцевой жилы с кокардово-брекчиевидной текстурой). Овальные по форме обломки размером от 4×3 до 15×10 мм этой внутрирудной брекчии относятся к кварцевым метасоматитам. В зернисто-гребенчатом агрегате кварца зафиксированы сравнительно крупные (до 4 мм) идиоморфные выделения адуляра, в том числе с визуализируемыми под микроскопами зонами роста, границы которых местами маркируют чешуйки серицита, более поздние генерации которого развиты также между адуляром и кварцем в гребенчатых обростаниях обломков метасоматитов.

Минералы золота и серебра в этом образце приурочены к серицит-адуляр-кварцевому агрегату цемента

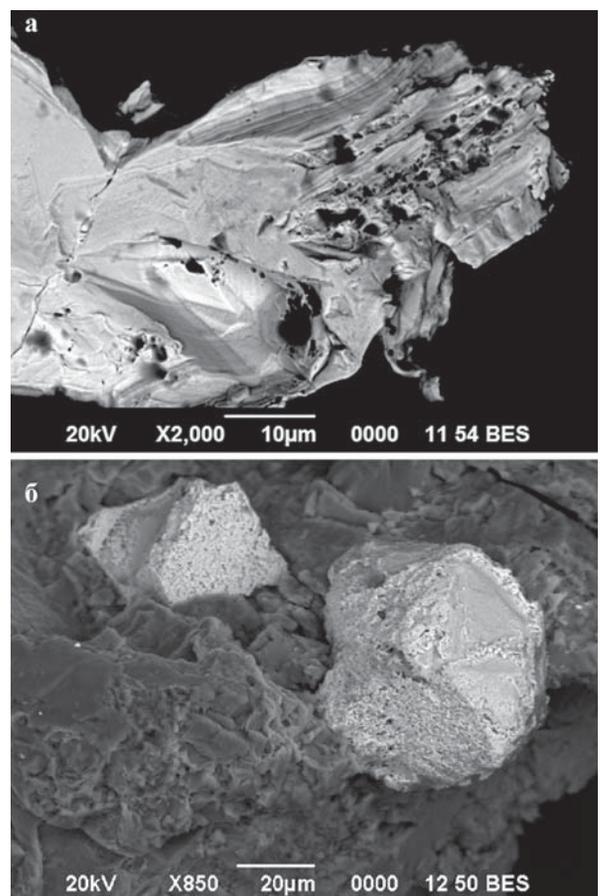


Рис. 6. Комковидное выделение электрума с участками слоисто-ступенчатой микроморфологии поверхности (а), кристаллы акантита сложного габитуса с коррозионной скульптурой граней (б). Электронно-микроскопические снимки. Зона Центральной Кундумийского месторождения, обр. 0056–13

брекчии. Серебросодержащее самородное золото представлено большим количеством микроскопических (2–10 мкм) и тонких зерен разнообразной морфологии — комковидной, скрученно-ксеноморфной и интерстициальной с занозистыми ответвлениями. Поверхность его зерен фрагментарно бородавчатая, гладкая или листовато-гребенчатая, обусловленная отпечатками слоистых силикатов и пластинчатых выделений карбонатов (рис. 6а). В виде фазовых включений в золотых микрозернах установлены акантит и адуляр. Состав самородного золота неоднороден из-за вариаций в нем содержания серебра от 16 до 49 масс. %, зафиксирована и примесь теллура (0.79 %).

Серебро в руде представлено сульфидной и самородной минеральными формами. Количественно преобладает акантит с размерами выделений от 1 до 50 мкм. Этот сульфид характеризуется изометричной формой кристаллов сложного габитуса или угловато-интерстициальной плоской и листовато-гребенчатой морфологией зерен вследствие срастаний с серицитом. На кристаллах заметна тонкая пемзовидно-коррозионная (последствия гипергенеза) скульптура поверхности (рис. 6б). В минерале установлена примесь (в масс. %) As (1.27–7.03), Fe (0.62–3.42), Te (0.74–1.97) и Se (0.13). Их наличие, по всей видимости, связано с наноразмерными реликтами и продуктами окисления халькогенидов, ассоциировавших с акантитом.

Рудная зона *Восточная* представлена образцом № 0056–13 гипергенно выщелоченной руды (Au 83.3 г/т) с плитчатой текстурой в виде спайки пластин околожильного кварцевого метасоматита и разнозернистого жильного кварца.

Структура метасоматита микрозернистая, с беспорядочно ориентированными шестоватыми зернами кварца с размером зерен 0.2–0.5 мм. Редкие промежуточные между кварцевыми зернами заполнены чешуйчатым серицитом, окрашенным гидроксидами железа. Порода рассечена тончайшими прожилками окисленного рудного минерала.

Все обнаруженные в образце рудные минералы (халькогениды, самородные элементы и интерметаллические соединения) относятся к микроминералам с размером зерен менее 100 мкм.

На редких сохранившихся микрозернах пирита установлены тонкие халькогенидные фазы Ag–Te и Ag–Bi–S систем, а также микрофаза (1.2 мкм) Cu–Sn–Fe–(Ni)–S системы, предположительно станнина.

Самородное золото низкопробное, с содержанием серебра от 39 до 45 масс. %, в виде компактно изометричных микрозерен (до 85 мкм) с фрагментарной ступенчатой скульптурой поверхности.

Заключение

Гидротермальное оруденение Киранкан-Авляканского рудного узла Преддзугджурского вулканического прогиба генетически связано преимущественно с позднемеловым тунумским комплексом, завершившим формирование ранне-позднемеловой вулкано-плутонической ассоциации ОЧВП.

Спецификой металлоносных гидротермальных систем является их размещение в пределах двух структурных этажей — в гранитно-метаморфическом фундаменте и в вулканоструктурах. Околорудными изменениями в обоих случаях являются развитые в ореолах пропилитов адуляр-серицит-гидрослюдисто-кварцевые и серицит-гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты, к центральным частям зон которых приурочены рудоносные кварц-адуляровые и кварцевые жилы. Рудоносные зоны чаще всего контролируются зонами северо-западного или субмеридионального простирания.

Оруденение Киранкан-Авляканского рудного узла относится к жильному типу эпитермальных месторождений вулканогенной золотосеребряной формационной группы, широко распространенных в вулканических поясах Востока Азии и других районах мира [6, 8].

По соотношению золота и серебра Авляканское и Киранканское месторождения относятся к золото-серебряному и серебро-золотому типам соответственно по [8]. В их продуктивных гидротермалитах это выразилось в развитии электрума, кюстелита и различных халькогенидов серебра. К типоморфным минералого-геохимическим особенностям руд относятся также сингенетичность золотосеребряной, селеновой и теллуровой минерализации при слабой проявленности сурьмяной и мышьяковой минерализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белый, В.Ф.* Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканического пояса / В.Ф. Белый. — М.: Наука, 1977. — 171 с.
2. *Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2-х книгах* / Под ред. А.И. Ханчука. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — Кн. 1. — С. 1–572.
3. *Гурьянов, В.А.* Легенда Джугджурской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе) / В.А. Гурьянов / Гл. ред. Л.П. Карсаков. — Хабаровск: Дальгеология, 1998. — 107 с.
4. *Дымович, В.А.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист О-53 / В.А. Дымович, А.Ф. Васькин, Е.С. Опалихина, С.Г. Кисляков и др. — Нелькан. Объяснительная записка. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. — 364 с.
5. *Карта минерагенического районирования Хабаровского края и ЕАО* / Под ред. Г.В. Роганова. — Хабаровск: ФГУП «Дальгеофизика», 2006.
6. *Моисеенко, В.Г.* Золоторудные месторождения Востока России / В.Г. Моисеенко, Л.В. Эйриш. — Владивосток: Дальнаука, 1996. — 352 с.
7. *Полин, В.Ф.* Разновременность формирования различных сегментов ОЧВП (по данным Ar-Ar и SHRIMP U-Pb изотопного датирования): результат движения литосферных плит / В.Ф. Полин, П.Л. Тихомиров, В.Г. Сахно // Геохронометрические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов. Матер. V Российской конф. по изотопной геохронологии. 4–6 июня 2012 г. — М.: ИГЕМ РАН, 2012. — С. 273–276.
8. *Хомич, В.Г.* Типизация золотосеребряного оруденения / В.Г. Хомич, В.В. Иванов, И.И. Фатьянов. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. — 292 с.

© Коллектив авторов, 2019

Трушин Сергей Иванович // Trushin@polymetal.ru
Кириллов Вадим Евгеньевич // kirillovVE@hbr.polymetal.ru
Иванов Владимир Викторович // d159327@yandex.ru
Полин Владимир Федорович // vfpolin@mail.ru