

М. А. Шейн^{1,2}

¹ – *Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), г. Новосибирск*

² – *Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*
sheinma@yandex.ru

**Геохимические характеристики и минеральный состав оруденения
Деспенского золоторудного поля (Республика Тыва)**
(научный руководитель к.г.-м.н. П. А. Неволько)

В рамках государственного контракта № 1Г-12 от 10.02.2012 г. «Поисковые работы на рудное золото на Деспенской площади (Республика Тыва)» сотрудниками СНИИГГиМС выделено и изучено Деспенское золоторудное поле. Автор принимал непосредственное участие в полевых работах и написании окончательного отчета. Деспенская площадь расположена в южной части Республики Тыва в пределах Тес-Хемского кожууна вблизи границы с Монголией. В геолого-структурном плане Деспенская площадь находится в южной части крупного Восточно-Таннуольского тектонического блока Верхнеенисейской складчатой системы Алтае-Саянской складчатой области. Породы блока сложены раннекембрийско-ордовикскими вулканогенно-осадочными и интрузивными породами и ограничены региональными разломами с севера и юга – Бай-Дагским и Южно-Таннуольским, соответственно.

Деспенское золоторудное поле (около 12 км²) располагается на юге центральной части прогнозируемого Аптаринского золоторудного узла, который, в свою очередь, находится на юге западной части Восточно-Таннуольского рудного района. Деспенское золоторудное поле приурочено к провисам кровли интрузивных массивов в зоне пересечения крупных разломов субширотного и северо-восточного направления. Массивы интрузивов представлены гранит-порфирами и мелкозернистыми плагиогранитами второй фазы майнского комплекса (Є₁), габбро-диоритами, диоритами первой фазы и гранодиоритами, плагиогранитами второй фазы таннуольского комплекса (Є₂₋₃) и арголигским гранодиорит-гранитовым комплексом (О) [Черных и др., 2017]. Перечисленные интрузивные комплексы прорывают раннекембрийские вулканогенно-осадочные породы. В пределах золоторудного поля стратифицированные вулканогенно-осадочные породы представлены зеленокаменными базальтами, туфами, туфобрекчиями и порфиритами основного-среднего состава и известняками кадвойской свиты (Є₁kdv) и андезибазальтами, андезибазальтовыми порфиритами, андезитами и мраморизованными известняками серлигской свиты (Є₁sr1). Эти свиты залегают согласно, образуя синклиналию складку с субширотным направлением оси [Черных и др., 2015].

По результатам горных и буровых работ выделено шесть минерализованных зон золотоскарновой и золото-кварц-сульфидной минерализации. Минерализованные зоны прослеживаются субширотно, приурочены к зонам тектонических нарушений и выражены многочисленными полями метасоматических преобразований: скарнирования, эпидотизации, окварцевания, сульфидизации. Среднее содержание Au в зонах варьирует от 0.14 до 3.18 г/т при средней мощности зон от 6.0 до 133.1 м. По результатам

работ по Деспенскому золоторудному полю ФГУП ЦНИГРИ апробированы прогнозные ресурсы золота категории P_2 42.3 т до глубины 100 м [Черных, 2015].

Высокие содержания Au установлены в различных окварцованных и сульфидизированных породах золоторудного поля: скарнах и скарноидах, метавулканитах среднего и основного состава, известняках, габбродиоритах, диоритах и гранитах. Участки, обогащенные кварцевыми жилами и прожилками, часто эпидотизированы; в интрузивных породах плагиоклаз сосюртитизирован, а роговая обманка и биотит замещаются хлоритом.

Скарны широко распространены в пределах золоторудного поля, приурочены к телам первой и второй фазы таннуольского комплекса и арголигского комплекса и характеризуются повышенным содержанием Au на уровне 0.0п г/т. На участках развития сульфидно-кварцевой минерализации наблюдаются более высокие содержания золота с весьма неравномерным распределением от первых десятых граммов на тонну до 29 г/т. Скарны – мелко- и среднезернистые, редко крупнозернистые, имеют чаще всего прожилковую текстуру, реже пятнистую, атакситовую. По взаимоотношению скарнов и вмещающих пород выделено три вида скарнов: (1) инфильтрационные, которые развиты по карбонатным породам без видимой связи с силикатными; (2) контактово-инфильтрационные внутри силикатных пород, характеризующиеся жильными телами; и (3) контактово-биметасоматические, развитые вдоль контактов мраморизованных известняков и силикатных пород. Главные минералы скарнов – гранат, клинопироксен и волластонит, реже везувиан.

Рудные минералы скарнов представлены магнетитом и гематитом. Магнетитовая и гематитовая минерализация – вкрапленная и прожилково-вкрапленная; иногда магнетит образует сплошные массы сидеронитовой структуры либо линзы или прожилки в скарнах. Магнетит иногда мартитизирован и содержит небольшое количество включений пирита и халькопирита.

Основными сульфидными минералами являются халькопирит, борнит, халькозин, реже встречаются пирит, галенит, сфалерит, тетраэдрит, редко – гессит, акантит. Вторичные минералы руд – лимонит, гетит, малахит, ковеллин, куприт. В кварц-сульфидной минерализации, наложенной на магнетитовые скарны, преобладает халькопирит с подчиненным количеством борнита и халькозина, тогда как в скарнах без железорудной минерализации главными минералами являются борнит и халькозин с подчиненным количеством халькопирита и более позднего ковеллина.

Метавулканиты андезибазальтового состава, обогащенные сульфидно-кварцевой минерализацией, также характеризуются повышенными содержаниями Au (до 1 г/т и более). Сульфидная минерализация в них представлена минералами меди. Метасоматически измененные интрузивные породы, которые обогащены кварцевыми и кварц-эпидотовыми прожилками с пиритом (реже, другими сульфидами), содержат Au до 3.4 г/т. В некоторых случаях окварцевание с сульфидной минерализацией и повышенными содержаниями Au характерно для мраморов и мраморизованных известняков. Сульфиды представлены борнитом и халькопиритом.

Золото наблюдается в виде крупных аллотриоморфных зерен размером до 1–2 мм и мелких рассеянных зерен размером 1–5 мкм, развитых по трещинам и межзерновым границам минералов (рис.). Может сопровождаться пленками гидроокислов железа. Пробность золота составляет 793–910 %. Среди примесей отмечены Ag

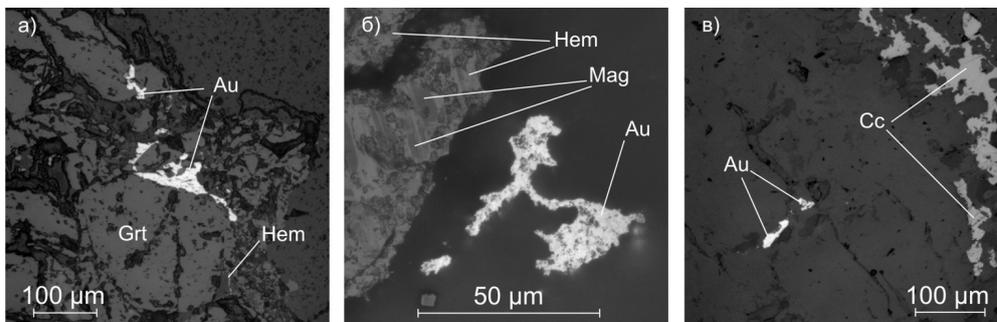


Рис. Золото Деспенского золоторудного поля в скарнах: а) включения золота в гранате; б) золото с магнетит-гематитовым агрегатом; в) золото с халькозином. Au – золото, Hem – гематит, Mag – магнетит, Cс – халькозин, Grt – гранат. Отраженный свет.

(до 19 мас. %), Hg (до 2.7 мас. %) и Cu (до 0.2 мас. %), (растровый электронный микроскоп JSM 6510 LV и рентгеноспектральный микроанализатор «Camebax-micro», аналитик О. С. Хмельникова, ИГМ СО РАН).

Минеральный состав оруденения находит отражение в геохимической характеристике. Нами проведен корреляционный анализ содержаний элементов проб Деспенского поля по данным атомно-абсорбционного метода с электротермической атомизацией и полуколичественного спектрального анализа. Для скарнов, метавулканитов, мраморизованных известняков и интрузивных пород с содержанием золота от 0.1 г/т и более характерна высокая положительная корреляционная связь Au и Ag, Bi и Cu. Наиболее высокая корреляция Au с Ag и Bi характерна для оруденения во вмещающих метавулканитах, Au и Cu – для мраморизованных известняков. В интрузивных комплексах наблюдается высокая положительная серебрино-полиметаллическая (Bi, Zn, Cu, Pb) корреляция. Корреляционный анализ также показал значимую связь Cu и Au, Ag и Bi для всех пород, Cu и Co – для метавулканитов, интрузивных пород и мраморизованных известняков и Cu и Zn – для скарнов. Высокая корреляционная связь наблюдается у Ni, Co и Cr, однако, у Co и Cr корреляция либо очень низкая, либо отрицательная.

Не до конца раскрыт вопрос времени формирования золотого оруденения. Ранее предполагалось, что все минерализованные зоны Деспенского золоторудного поля приурочены к приконтактовым и надкровельным частям таннуольского комплекса. После проведения ГДП-200 листа М-46-Х в 2014–2016 гг. получены новые геохимические и изотопно-геохронологические данные по интрузивным комплексам данного района [Черных и др., 2017]. Можно предполагать, что золотое оруденение может быть связано с двумя интрузивными комплексами кембрийского и ордовикского возрастов (таннуольского и арголигского, соответственно). Для решения данной проблемы автором предполагается получение в будущем изотопно-геохронологических данных оруденения Деспенского золоторудного поля, а также детальная систематика участков минерализованных зон с помощью кластеризации по данным полуколичественного спектрального анализа.

Литература

Черных А. И. Металлогения Восточно-Таннуольского рудного района Алтае-Саянской складчатой области (Республика Тыва) // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Сб. тезисов 2-й науч.-практ. конф. Новосибирск, 2015. С. 202–204.

Черных А. И., Ширококов А. Ю., Викторов М. В., Меркулов В. В., Лакутин А. О., Шелин М. А. Геологическое строение и условия локализации золотого оруденения Деспенской площади Восточно-Таннуольского района (Республика Тыва) // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Сб. тезисов 2-й науч.-практич. конференции. Новосибирск, 2015. С. 204–206.

Черных А. И., Ветров Е. В., Пихутин Е. А. Геологическое строение и металлогения западной части Восточно-Таннуольского рудного района (Республика Тыва) на основе новых геохимических и изотопно-геохронологических данных // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 1–18.

А. А. Котов, К. Ю. Мурашов

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва
kotovaleksey@gmail.com*

Элементы-примеси в пирите и арсенопирите золоторудного месторождения Вернинское (Бодайбинский район)

Изучение распределения золота и элементов-примесей в главных рудных минералах позволяет проследить их поведение в рудном процессе. Элементы-примеси в пирите и арсенопирите золоторудного месторождения Вернинское слабо изучены. Большая часть работ, проводимых в данном направлении, посвящена месторождению Сухой Лог [Буряк, Хмелевская, 1997; Вилор и др., 2007; Large et al., 2007], расположенному в 12 км от месторождения Вернинское, и месторождениям Южно-Бодайбинской группы [Паленова и др., 2015]. При интерпретации результатов, полученных по Вернинскому месторождению, мы учли этапы рудообразования, предложенные в перечисленных работах.

В работе изучены пирит и арсенопирит из прожилково-вкрапленной минерализации рудных тел №№ 1 и 2 и образцы из жильной зоны Первенец, отобранные в карьере месторождения. Для выявления различий химического состава пирит и арсенопирит проанализированы микрозондовым методом и ЛА ИСП МС (ИГЕМ РАН, аналитик В. С. Абрамова).

В терригенных толщах как Вернинского, так и других месторождениях района распространен тонкозернистый пирит-1 (рис. а). Рудовмещающие породы не сопровождаются гидротермально-метасоматическими изменениями, что позволяет отнести тонкозернистый пирит к самой ранней генерации. По данным микрозондового анализа, пирит-1 содержит до 0.5 мас. % As и 0.2 мас. % Ni. Методом ЛА ИСП МС в нем