

*Ettlinger A.D., Meinert L.D.* Copper-gold skarn mineralization at the Veselyi Mine Sinyukhinskoe District, Siberia, USSR // *Economic Geology*. 1991. Vol. 86. P. 185–194.

*Soloviev S.G., Kryazhev S.G., Dvurechenskaya S.S., Uyutov V.I.* Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics of the Sinyukhinskoe Cu-Au skarn deposit, Russian Altai, SW Siberia // *Ore Geology Reviews*. 2019. Vol. 112. 103039.

***Е.В. Сафина***

*Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе  
liena-safina@mail.ru*

**Минеральный состав вмещающих пород  
Угаханского золоторудного месторождения,  
Бодайбинский рудный район  
(научный руководитель – к.г.-м.н. Н.Р. Аюпова)**

Угаханское золоторудное месторождение расположено на территории Бодайбинского района в Иркутской области в 150 км севернее от г. Бодайбо. В структурном отношении месторождение находится в северной части Бодайбинской структурно-формационной зоны в пределах Кудули-Хомолхинского рудного района [Иванов, 2010ф]. Структурное положение месторождения контролируется пологим северо-восточным крылом Верхне-Угаханской антиклинали, к которой приурочены зоны сульфидной вкрапленной и кварц-сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации, локализованные в слабометаморфизованных породах бужуйхтинской свиты (переслаивание песчаников, алевролитов и сланцев) [Иванов, 2010ф].

Минерализованная зона представляет собой серию пластообразных, согласно залегающих залежей, погружающихся в северо-восточном направлении под углом 9–28°. Рудные залежи не имеют геологических границ и устанавливаются по бортовому содержанию Au 0.2 г/т. В пределах этой зоны золоторудная минерализация распределена неравномерно: содержание Au варьирует от десятых долей до 13.74 г/т. Руды месторождения относятся к золото-малосульфидному типу [Емельянов, Далецкий, 2014ф]. Балансовые запасы месторождения по категории C<sub>1</sub> в контуре экономически обоснованного карьера составили: руды – 11275.1 тыс. т., Au – 16173 кг. Площадь участка – 14 км<sup>2</sup>. В настоящее время ведется добыча руд карьерным способом.

Изучение особенностей минерального состава вмещающей толщи Угаханского месторождения с выявлением редких минеральных ассоциаций, чувствительных к процессам преобразования исходных пород, может быть существенным вкладом для понимания эволюции рудообразования в Бодайбинском рудном районе, где отсутствует единый взгляд на генезис золоторудных месторождений.

Материал для исследований собран во время производственной практики (2019 г.) на подрядных работах ООО «ВитимГеология» в Иркутской области на Угаханском месторождении, принадлежащем группе компаний ПАО «Высочайший» (GV Gold). В карьере месторождения отобраны образцы песчаников, алевролитов и углеродистых сланцев с сульфидами и кварцевыми прожилками. Для детального макроскопического описания образцы размером до 15×20 см были распилены и отполированы в шлифовальной мастерской ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (г. Миасс). Из образцов были изготовлены шлифы и аншлифы для изучения минерального состава рудовмещающей толщи

и золотого оруденения. Дополнительный материал для исследований был передан к.г.-м.н. Е.Е. Паленовой. Оптико-микроскопическое изучение шлифов и аншлифов проводилось на микроскопах ПОЛАМ Р-312 и Olympus BX51. Состав аксессуарной минерализации определен на СЭМ VEGA3 Tescan с ЭДС (аналитик М.А. Рассомахин, ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН).

*Песчаники* характеризуются лепидогранобластовой, лепидобластовой и гранобластовой структурой, сланцеватыми и линзовидно-полосчатыми текстурами. Количество обломочного материала колеблется от 20 до 65 об. %. Обломки слабоокатаны и представлены кварцем, полевыми шпатами (альбит и ортоклаз) и слюдястым материалом (мусковит, серицит). Из редких минералов установлены обломочные циркон, апатит и титанит. Присутствуют новообразованные игольчатые кристаллы рутила, турмалин с каймами регенерации, эпидот и монацит. Цемент песчаников кварцево-слюдястый ( $\pm$ карбонаты, редко хлорит), базальный, поровый. Цементация породы иногда осуществлялась путем взаимного приспособления зерен и срастанием зерен, в том числе и при регенерации. Также наблюдается замещение обломочного материала цементом. Углеродистое вещество (УВ) представлено пылевой массой в цементе. Обнаружены фрагменты микрофитолитов округлой, овальной, иногда извилистой форм с хорошо выраженной концентрической зональностью в виде чередования светлых и темных слоев, состоящих из карбонатно-слюдястого материала и углеродистого вещества. Содержание УВ достигает 3–5 об. %.

*Алевролиты* характеризуются лепидогранобластовой структурой и линзовидно-очковой текстурой с характерными удлиненными «очками» кварца по сланцеватости, окруженными тонкими ориентированными чешуйками слюды. Породы сложены тонкозернистым агрегатом кварца, слюдястого вещества (мусковит), альбитом, кальцитом, изредка отмечается турмалин. От песчаников алевролиты отличаются большим содержанием УВ 5–10 об. %. Оно связано со слюдястыми агрегатами; также, как и в песчаниках, отмечены редкие микрофитолиты концентрического строения, которые представлены УВ.

*Углеродистые сланцы* тонкозернистой структуры и сланцеватой текстуры сложены тонкими зернами кварца с примесью мусковита, редко отмечается железо-магнезиальный хлорит (мас. %:  $\text{SiO}_2$  26.75,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  22.61,  $\text{FeO}$  21.08,  $\text{MgO}$  17.66). Породы отличаются существенным увеличением слюдястой и углеродистой (до 20 об. %) составляющих, встречаются также микрофитолиты концентрически-зональной формы.

В слюдясто-углеродистой основной массе песчаников, алевролитов и углеродистых сланцев установлены мелкие зональные обломки титанита (до 100 мкм) и циркона (до 60 мкм), тонкоигольчатый рутил (10 мкм) и апатит, торит и минералы РЗЭ. Максимальное разнообразие этих минералов и их количество установлено в углеродистых сланцах.

Особенностью минерального состава вмещающих пород месторождения являются многочисленные минералы РЗЭ, представленные алланитом, бастнезитом, монацитом и анкилитом, а также ассоциирующий с ними торит.

Алланит образует крупные (до 100–200 мкм) таблитчатые кристаллы с неоднородным внутренним строением и переменным составом (мас. %):  $\text{SiO}_2$  29.12–35.23,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  16.88–22.64,  $\text{CaO}$  8.58–15.64,  $\text{FeO}$  6.56–10.42,  $\text{La}_2\text{O}_3$  3.43–6.00,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  6.53–11.06,  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  1.08–1.30,  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  2.21–4.71. Алланит обрастает каймой (до 20 мкм) фторкарбоната РЗЭ, химический состав которого соответствует составу бастнезита (мас. %):  $\text{F}$  3.02–3.22,  $\text{SiO}_2$  0.63–2.16,  $\text{CaO}$  4.27–4.87,  $\text{FeO}$  0.18–0.75,  $\text{SrO}$  0.93–1.01,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  0.46–1.69,  $\text{La}_2\text{O}_3$  13.81–15.4,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  27.34–28.54,  $\text{Pr}_2\text{O}_3$  2.1–2.59,  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  11.04–11.8,  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  1.28,

ThO<sub>2</sub> 0.66–1.21. В бастанезите содержатся многочисленные мелкие (до 7 мкм) включения торита. Торит также образует изометричные выделения размером до 10–15 мкм в ассоциации с мусковитом. В составе торита обнаружены примеси РЗЭ, преимущественно, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.36 мас. % и оксиды ЛРЗЭ (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Dy) 13.54 мас. %.

Монацит в виде идиоморфных изометричных кристаллов размером до 20 мкм (мас. %: La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.86, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 36.5, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.74, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12.93, SiO<sub>2</sub> 0.11, CaO 0.25, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 29.93) обнаружен в пирите. В ассоциации с ним в пирите установлен анкилит (мас. %: CaO 4.14, SrO 8.36, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.71, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27.01, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.06, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.55). Для монацита и анкилита характерна тонкая оторочка алланита.

Сульфиды в породах представлены пирротином, пиритом, галенитом, халькопиритом, сфалеритом и молибденитом. Пирит имеет подчиненное значение и образует крупные кубические кристаллы, формирующиеся в пирротинсодержащих прослоях, на их контактах или вблизи их. В редких случаях встречаются халькопирит и сфалерит. Многочисленные мелкие округлые включения галенита наблюдаются как в пирротине, так и в пирите. В пирите также установлены удлинённые пластинчатые выделения (размером 3–5 мкм) молибденита.

Золото расположено по удлинению вдоль слоистости пород и встречается в цементе и в ассоциации с сульфидами. Зерна золота ксеноморфны, их размер достигает 0.03–0.25 мм. Иногда золото корродирует пирротин.

По минералого-петрографическим признакам рудовмещающие породы Угханского месторождения метаморфизованы в условиях мусковит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации, как и другие месторождения золота Бодайбинского рудного района [Иванов, 2010ф]. Метаморфические изменения проявлены в замещении обломков веществом цемента, регенерации обломков турмалина и обрастанием циркона поздней генерацией. Отличительной особенностью рудовмещающей толщи месторождения является присутствие фторкарбоната РЗЭ – бастанезита и карбоната РЗЭ – анкилита, а также алланита в отличие от золотоносных углеродисто-терригенных отложений других месторождений Бодайбинского района, где типичными минералами РЗЭ являются флоренсит, монацит и ксенотим [Буряк, Бакулин, 1998; Паленова и др., 2017]. Присутствие торита в виде включений в цементе свидетельствует об новообразованных формах.

Считается, что при осадконакоплении происходило сингенетичное накопление многих элементов, в том числе РЗЭ, Th, Ti и Sr, которые сорбировались органикой и глинистым материалом, а также входили в состав металлоорганических соединений, а при дальнейших процессах преобразования осадка отлагались в виде фосфатов, карбонатов, фторкарбонатов и силикатов [Юдович, Кетрис, 1994]. Согласно метаморфогенно-гидротермальной гипотезе формирования золоторудных месторождений этого района, первичные концентрации золота также накапливались в углеродистом веществе, осадочном и диагенетическом пирите, а рудообразующие растворы генерировались при региональном метаморфизме исходно металлоносных углеродистых толщ [Буряк, Бакулин, 1998]. Таким образом, перераспределение первично накопленного вещества и его концентрирование с образованием минеральных форм происходило на всех этапах литогенеза (диагенез и катагенез) и метаморфизме обломочных осадочных пород.

*Автор благодарен за консультации научному руководителю к.г.-м.н. Н.Р. Аюповой, а также сотрудникам ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН к.г.-м.н. Е.Е. Паленовой за предоставленные материалы и М.А. Рассомахину за выполнение аналитических работ.*

## Литература

- Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Металлогения золота. Владивосток: Дальнаука, 1998. 403 с.
- Емельянов И.Ю., Далецкий А.И. Технично-экономическое обоснование разведочных кондиций и отчет с подсчетом запасов месторождения рудного золота «Угахан» (Бодайбинский район Иркутской области). Книга I. Иркутск: ОАО «Высочайший», 2014ф. 162 с.
- Иванов А.И., Агеев Ю.Л. и др. Поисковые работы на рудное золото в северной части Кропоткинского рудного поля (Иркутская область). Иркутск: филиал ФГУ «ТФГИ по Сибирскому федеральному округу», 2010ф. 159 с.
- Паленова Е.Е. Минералогия месторождений золота Копыловское, Кавказ, Красное (Артемковский рудный узел, Бодайбинский район). Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. 202 с.

**П.А. Фоминых<sup>1</sup>, Д.А. Артемьев<sup>2</sup>, П.А. Неволько<sup>1,3</sup>, Колпаков В.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск*  
*fominykhpa@igm.nsc.ru*

<sup>2</sup> – *Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии*  
*и геоэкологии УрО РАН, Институт минералогии, г. Миасс*

<sup>3</sup> – *Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*

### **ЛА ИСП МС анализ самородного золота аллювиальных россыпей – генетическая интерпретация (Иковское россыпное поле, СЗ Салаирский кряж)**

Использование ЛА ИСП МС анализа является оригинальным подходом к изучению самородного золота. Такие исследования позволяют уточнить, а в некоторых случаях установить и выявить вклад разнотипных коренных источников для россыпных месторождений. Нами проведен анализ зерен самородного золота из ряда россыпей Салаирского кряжа. Полученные данные позволяют обоснованно подойти к прогнозированию коренных источников, питающих россыпи. Выявленные особенности, выражающиеся в закономерно повышенных концентрациях ряда элементов, говорят о наличии «невидимых» минеральных включений в самородном золоте, что, в свою очередь, также является важной его характеристикой.

Основные аспекты геологического строения и золотоносности СЗ части Салаирского кряжа были рассмотрены в ряде работ [Рослякова и др., 1983; Бортникова, 1989; Геологическое..., 1998; Минерагения..., 2001; Неволько и др., 2019]. К рудоносным площадям относятся Суенгинское, Иковское, Тайлинское и Бердское (прогнозируемое) россыпные поля [Геологическое..., 1998; Объяснительная..., 2001]. В пределах Суенгинского поля расположено большинство коренных объектов золото-(сульфидно)-кварцевого типа и высокопродуктивные россыпи. В Иковском и восточной части Тайлинского полях известны пункты полиметаллической минерализации, а в наименее изученном Бердском поле прогнозируется золото-(сульфидно)-кварцевое оруденение [Минерагения..., 2001; Неволько и др., 2019].