

## Литература

- Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Металлогения золота. Владивосток: Дальнаука, 1998. 403 с.
- Емельянов И.Ю., Далецкий А.И. Техничко-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 (Артемовский 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].

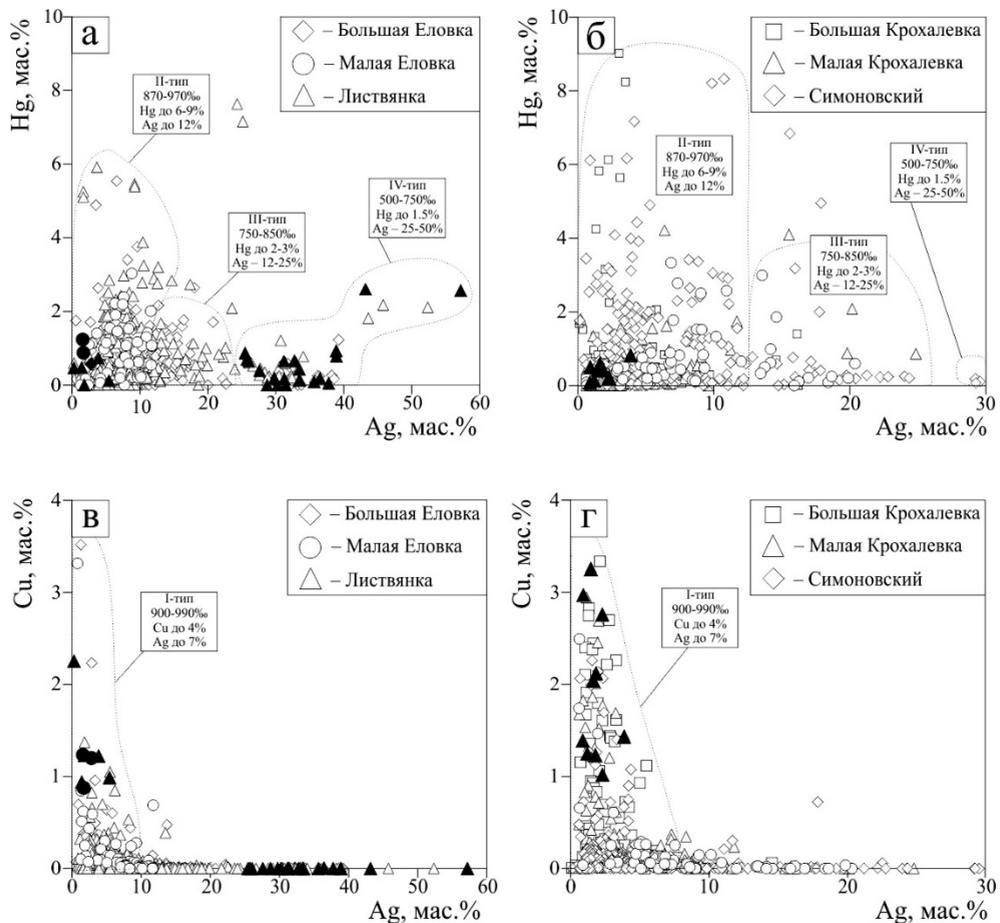


Рис. 1. Состав самородного золота и соотношение россыпей Крохалевского и Еловского участков Иковского россыпного поля: а, б) соотношение содержаний Ag и Hg; в, г) соотношение содержаний Ag и Cu.

Закрашенный маркер соответствует самородному золоту, анализируемому методом ЛА ИСП МС.

Иковское россыпное поле расположено в бассейне р. Большой Ик и объединяет главный водоток с правыми притоками. Левые притоки р. Большой Ик не являются золотоносными. Правые притоки р. Большой Ик слагают два контрастных по составу самородного золота россыпных участка – Крохалевский и Еловский. Нами были изучены выборки самородного золота нескольких типов, проявленного на обоих участках. На Крохалевском участке преобладает самородное золото типа I при подчиненном количестве золота типов II и III. Еловский участок, напротив, характеризуется явным преобладанием самородного золота типов II и III, а золото типов I и IV проявлено незначительно (рис. 1) [Неволько и др., 2019; Фоминых и др., 2019]. Нами проанализированы зерна самородного золота, отвечающие наиболее контрастным группам – медистое и серебристое (I и IV типы, соответственно). Исследования методом ЛА ИСП

МС выполнялись на приборе New Wave Research UP213 YAG Laser Ablation System (ИМин ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, г. Миасс, аналитик Д.А. Артемьев).

Во всех зернах постоянно повышенные содержания S до 3000 г/т, в отдельных случаях – Si, Ca, Fe, Zn, Se, Pb, Sb и Bi. Предполагается, что повышенным концентрациям упомянутых элементов соответствуют участки самородного золота с включениями пирита, галенита, сфалерита, минералы сульфосолей Fe и Pb, в том числе, и нерудных минералов.

Для самородного золота I типа (Cu до 4 мас. %) исследуемых участков постоянной примесью является Pd (рис. 2). Его содержания достигают 730 г/т, при этом минимальные значения соответствуют уровню 30 г/т. Концентрации Pd в самородном золоте могут достигать первых процентов [Сотников, 1999]. В некоторых случаях палладистое золото связывают со стадийностью золоторудной минерализации, причем его появление относят к завершающим стадиям процессов рудообразования [Рудашевский и др., 2019]. Корреляционный анализ указывает на положительную корреляцию между S-Se-Te в роли анионной части и группы Fe-Zn-Pb и Sb-Sn-Bi – в катионной.

В самородном золоте IV типа (Ag 25–50 мас. %) не выявлены микропримеси, характерные для самородного золота I типа (см. рис. 2). Однако ряд анализов показал повышенные содержания таких элементов, как Fe (до 1100 г/т), Cr (до 230 г/т), Sb (до 3100 г/т), Pb (до 460 г/т), Ca (до 2200 г/т), Si (до 3700 г/т) и Al (до 1360 г/т). Корреляционный анализ в большинстве случаев указывает на устойчивую положительную корреляцию между элементами анионной (S-Se-Te) и катионной (Fe-Cr) и (Fe-Pb) групп. Распределение на рисунке 2 в той же мере, как и повышенные концентрации ранее приведенных элементов, интерпретируется в пользу существования самостоятельных минеральных фаз (микровключений), нежели как микропримесь в самородном золоте. Единичные «пики» в концентрациях объясняются захватом пучка лазера микровключений рудных минералов, не вскрытых при полировке, а находящихся внутри зерен золота на глубине погружения пучка лазера. Таким образом, диагностируемые повышенные содержания элементов (Fe, Pb и Sb) нельзя рассматривать в контексте микропримесей, характерных для самородного золота.

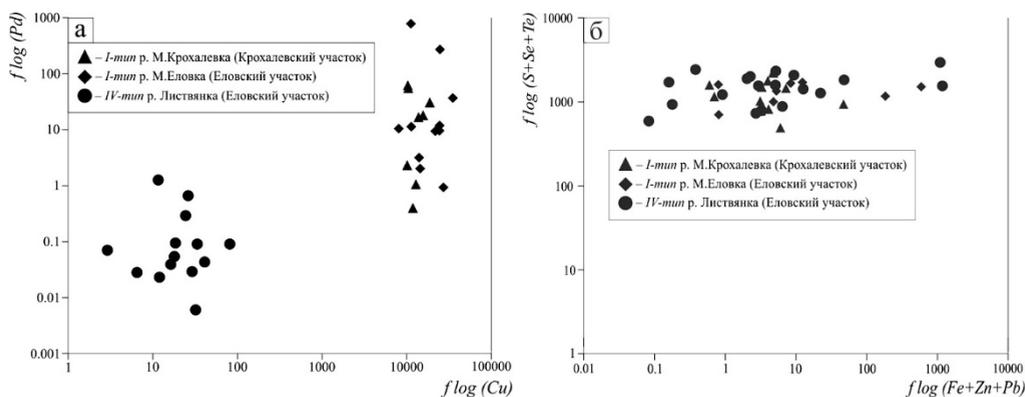


Рис. 2. Соотношения содержаний Pd к Cu (а) и (S+Se+Te) к (Fe+Zn+Pb) (б). Диаграммы построены на основе данных ЛА ИСП МС.

Присутствие Pd в золоте указывает на то, что самородное золото типа I, проявленное на Крохалевском и Еловском участках Иковского россыпного поля, имеет один источник, который находится ближе к Крохалевскому участку. Это предположение основано на данных микрозондового анализа (см. рис. 1): среди самородного золота из россыпей Крохалевского участка преобладает золото I типа, в то время как на Еловском участке оно проявлено в незначительном количестве. Стоит отметить, что для исследований методом ЛА ИСП МС использованы участки самородного золота однородного химического состава с видимыми включениями минералов, что подтверждалось оптически, а также с помощью СЭМ. Таким образом, в самородном золоте типа I микровключения рудных минералов представлены пиритом, сфалеритом и минералами сульфосолей. Для самородного золота типа IV микровключения, вероятно, представлены пиритом, галенитом и хромитом. Для обоих типов самородного золота среди нерудных включений преобладают кварц и карбонатные минералы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-45-543002/19) и частично – государственного задания (проект № 0330-2016-0001).*

## Литература

*Бортникова С.Б.* Минералого-геохимические особенности золотого оруденения в полиметаллических полях северо-восточного Салаира. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 1989. 16 с.

Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т. II. Полезные ископаемые / Под ред. А.В. Каныгина, В.Г. Свиридова. Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1998. 254 с.

Минералогия зоны сочленения Салаира и Кольвань-Томской складчатой зоны / *Н.А. Росляков, Ю.Г. Щербаков, Л.В. Алабин, Г.В. Нестеренко, Ю.А. Калинин, Н.В. Рослякова, И.П. Васильев, А.И. Неволько, С.Р. Осинцев.* Новосибирск: Гео, 2001. 243 с.

Объяснительная записка к Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Кузбасская, лист N-45-XIII. Новосибирск: Департамент природных ресурсов по Сибирскому региону ФГУП «Новосибирская геолого-поисковая экспедиция», 2001. 275 с.

*Неволько П.А., Колтаков В.В., Нестеренко Г.В., Фоминых П.А.* Самородное золото аллювиальных россыпей северо-западного Салаира: состав, типы и минеральные микровключения // Геология и геофизика. 2019. Т. 60. № 1. С.79–100.

*Рослякова Н.В., Щербаков Ю.Г., Агеенко Н.Ф., Портянников Д.И., Бортникова С.Б., Радостева Н.Е.* Условия золотоносности колчеданно-полиметаллических месторождений / Условия образования, принципы прогноза и поисков золоторудных месторождений. Новосибирск: Наука, 1983. С. 31–65.

*Рудашевский Н.С., Горбунов А.А., Антонов А.В., Аликин О.В., Рудашевский В.Н. Боброва О.В.* Палладистое золото (Au, Pd) в золото-сурьмяных рудах Удережского месторождения, Енисейский край // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН, 2019. № 16. С. 492–496.

*Сотников В.И.* Золото в системе коренной источник – россыпь // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 5. С. 66–71.

*Фоминых П.А., Неволько П.А.* Типоморфизм и источники питания самородного золота аллювиальных россыпей Северо-Западного Салаирского края // Новое в познании процессов рудообразования. М.: ИГЕМ РАН, 2019. С. 436–439.