

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 549.283+553.411

© С.В.Яблокова, С.А.Миляев, Н.Н.Позднякова, 2011

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ТИПОХИМИЗМУ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С.В.Яблокова, С.А.Миляев, Н.Н.Позднякова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Применение данных по составу элементов-примесей в самородном золоте, полученных при масс-спектрометрическом анализе с индуктивно связанной плазмой (ICP MS), позволило разработать новые геохимические критерии для определения рудно-формационных типов золоторудных месторождений. Впервые с этой целью использованы примеси в золоте с концентрациями ниже кларков литосферы: РЗЭ, редкие щелочные и щелочноземельные элементы.

Ключевые слова: золото, типоморфизм, элементы-примеси, рудно-формационные типы.

Яблокова Светлана Васильевна, Миляев Сергей Анатольевич, Позднякова Наталья Николаевна, vosp@tsnigri.ru

NEW DATA ON TYPICAL CHEMICAL FEATURES OF NATIVE GOLD OF DIFFERENT TYPE DEPOSITS

S.V.Yablokova, S.A.Milyaev, N.N.Pozdnyakova

New data on chemical composition of native gold were obtained with ICP MS. For the first time REE, rare alkali and alkali earth trace elements in native gold were used equally with the other trace elements as criteria for distinguishing ore-formational types of gold deposits.

Key words: native gold, typomorphic features, trace elements, ore-formational type.

На начальных стадиях геологических исследований представления о типах золоторудных проявлений, распространенных на изучаемой территории, особенно важны для выбора правильного направления геологоразведочных работ. Эти данные можно получить при изучении типоморфизма золота и, в частности, его типохимизма из проявлений экзогенной золотоносности.

Впервые закономерные изменения состава самородного золота в месторождениях, различающихся по глубине формирования и сульфидности руд, были установлены Н.В.Петровской [6].

Изучение состава элементов-примесей в самородном золоте, проводившееся в ЦНИГРИ при систематических исследованиях типоморфизма самородного золота основных золотоносных провинций России и стран СНГ, основывалось на применении количественного спектрального анализа самородного золота с определением 15 элементов с чувствительностью $1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-4}\%$ из навески 5 мг [1]. В месторождениях основных промышленных типов выделены устойчивые примеси с частотой встречаемости 60% и более и варьирующие. Однако математическая обработка базы данных по типоморфизму золота с количественной оценкой информационного веса каждого признака показала малую информативность состава элементов-приме-

сей по данным спектрального анализа [8]. Для получения более информативных геохимических критериев отнесения золота к определенному рудно-формационному типу необходимо было расширить круг изученных объектов и использовать более чувствительные методы анализа.

Применение для изучения элементов-примесей инновационного метода масс-спектрометрического анализа с индуктивно связанной плазмой ICP MS позволило создать наиболее полные геохимические модели самородного золота, отображающие особенности золота из месторождений различных рудно-формационных типов. Анализы выполнены на приборе «Элан-610» фирмы Перкин-Элмер в ФГУП «ЦНИГРИ» (аналитик И.В.Григорьева). Для анализа использовалась 5-миллиграммовая навеска чистого золота. Контроль осуществлялся повторным анализом выборочных дубликатов проб и показал хорошую сходимость. Пределы определяемых концентраций составляют $1 \cdot 10^{-6}\%$, что позволило впервые обнаружить в золоте ряд элементов (РЗЭ, редкие щелочи, щелочноземельные и др.) с содержаниями ниже кларков литосферы.

Более 490 образцов самородного золота из месторождений золото-кварцевого малосульфидного (Au-Q), золото-полисульфидно-кварцевого (Au-S-Q) и золото-серебряного (Au-Ag) рудно-форма-

ционных типов и примыкающих к ним россыпей ряда золотоносных провинций РФ проанализированы на 70 химических элементов. По абсолютным содержаниями химических элементов в самородном золоте намечены группы объектов с близкими геохимическими характеристиками. Геохимическое сходство золото-кварцевых месторождений выражается в повышенных содержаниях в золоте Sn, W, Ba, Sr и пониженных Te, Se, Sb. Для группы золото-полисульфидно-кварцевых месторождений геохимическое сходство заключается в заметном повышении содержания Te, Bi, Cu, а также Pt, Pd, U, Th и Co. Золото из золото-серебряных месторождений характеризуется повышенными содержаниями Sb, Se, Te и редких щелочей [5].

Наиболее наглядно разделение рудно-формационных типов золоторудных месторождений по типоморфным элементам-примесям иллюстрируется на тройных диаграммах с координатами алгебраических сумм элементов Sb+Se+Te, характерных для золото-серебряного типа, Cu+Co+Bi — для золото-полисульфидно-кварцевого, Ba+Sr+W — для золото-кварцевого (рис. 1). При построении произведено нормирование содержания каждого элемента на величину среднего содержания по всем рассмотренным объектам.

Информативными показателями типов месторождений служат также впервые установленные в золоте устойчивые примеси с концентрациями ниже кларков литосферы: PЗЭ (от La до Lu), редкие щелочные (Li, Rb, Cs) и щелочноземельные (Sr, Ba) элементы [3]. Полный спектр PЗЭ представлен в самородном золоте из месторождений золото-полисульфидно-кварцевого и золото-кварцевого типов. В месторождениях золото-серебряного типа примеси в золоте ограничены рядом от La до Gd (рис. 2). Месторождения золото-полисульфидно-кварцевого типа характеризуются самыми высокими содержаниями PЗЭ. Прослеживается четкая тенденция падения суммы PЗЭ от золото-полисульфидно-кварцевых к золото-серебряным объектам. В самородном золоте всех типов отмечается уменьшение содержания PЗЭ от более легких к более тяжелым, выраженное в наклоне спектров распределения этих элементов относительно оси ординат. Так, отношение La к Gd для золото-полисульфидно-кварцевых объектов в среднем составляет 6, золото-кварцевых — 12, золото-серебряных — 38.

Сходство и различия между рассматриваемыми типами месторождений из различных золотоносных провинций РФ видны при использовании геохимического коэффициента IV порядка, представляющего собой отношение произведений средних содержания редких щелочных и щелочноземельных элемен-

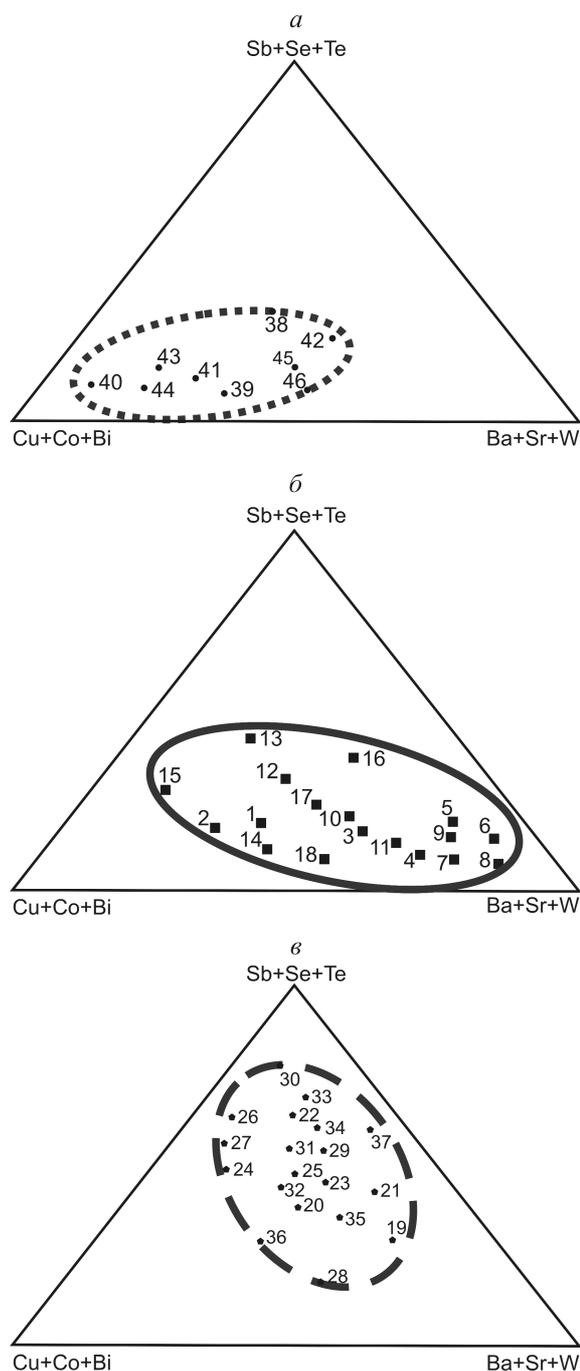


Рис. 1. Тройные диаграммы состава золота золото-полисульфидно-кварцевых (а), золото-кварцевых (б) и золото-серебряных (в) месторождений

тов к PЗЭ: $V = (Rb \cdot Cs \cdot Sr \cdot Ba) / (La \cdot Ce \cdot Pr \cdot Nd)$. В соответствии с ним золото-полисульфидно-кварцевые объекты располагаются в интервале $n \cdot 10^{-4} - n \cdot 10^{-3}$, золото-кварцевые — $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10$, золото-серебряные — $n \cdot 10^2 - n \cdot 10^3$. Выбранный коэффициент характеризуется большим размахом ($5 \cdot 10^6$ раз), что значительно

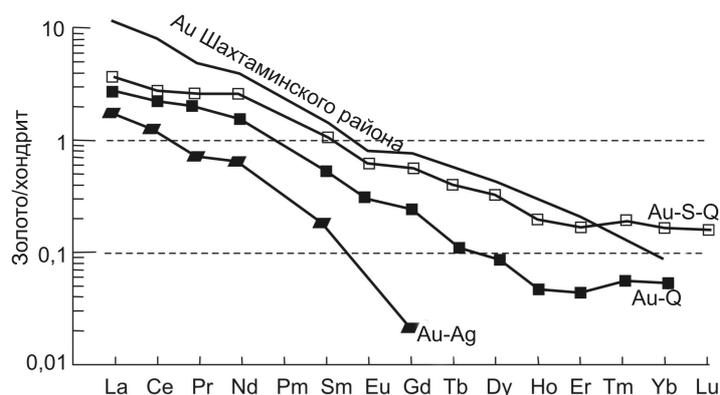


Рис. 2. Геохимические спектры средних содержаний РЗЭ (нормированных по хондриту) в самородном золоте золото-полисульфидно-кварцевых, золото-кварцевых, золото-серебряных месторождений и россыпей Шахтаминского района

превышает любые погрешности анализа. Полученные данные, свидетельствующие о четких различиях в составе самородного золота, позволяют широко использовать его для определения формационной принадлежности коренных источников. Возможности такого анализа показаны на примере россыпного золота Шахтаминского района (Восточное Забайкалье).

В районе широко развиты гипабиссальные и приповерхностные интрузии шахтаминского монцодиорит-гранодиорит-гранитового (J_{2-3}) и нерчинскозаводского гранит-порфир-лампрофирового (J_3) комплексов, к которым приурочены аномалии Mo–W–Pb и Cu–W [7]. Известны Бугдаинское свинец-золото-вольфрам-молибденовое и Шахтаминское золото-медно-молибденовое месторождения. Россыпи района имеют сложное многоярусное строение. Золотоносные пласты сформированы в результате нескольких циклов россыпеобразования (N_1-Q_3). Нижний пласт ($N-Q_1$) приурочен к плотику россыпи и перекрыт мощными глинисто-песчанистыми отложениями (Q_2), верхний (Q_3) врезан в рыхлую слабозолотоносную толщу (Q_2). Золото разновозрастных пластов обладает контрастными типоморфными признаками.

Для миоцен-раннечетвертичных пластов характерно золото правильных кристаллографических форм, зонального внутреннего строения с гипергенными высокопробными оболочками. Оно содержит включения апатита, циркона, магнетита, молибденита и светлой слюды. Пробность его 900–750%, среди микропримесей доминируют Ag, Pb, Zn, Sb, Se, Te.

Золото из более молодых верхнечетвертичных отложений отличается преобладанием сложных ин-

терстициальных и трещиннопрожилковидных форм зернистого двойникового строения без признаков гипергенного преобразования. В нем присутствуют включения титано- и хромомагнетита, гематита, фуксита, биотита, пироксена, характерны устойчивая высокая пробность 951–964% и постоянная значительная примесь Cu и Pd.

Приуроченность разнотипного золота к разным литолого-стратиграфическим уровням разреза долинных отложений одной россыпи отражает характер вертикальной зональности коренного источника. Подобная зональность, как известно [2], характерна для месторождений медно-порфирового семейства, на верхних уровнях которых располагаются золото-полисульфидные руды с низкопробным золотом, а на нижних сосредоточены собственно медно-порфировые молибденит-халькопиритовые руды с высокопробным золотом.

Наиболее наглядно зональное распределение руд и соответствующие изменения особенностей золота описаны Е.И. Николаевой для молибден-медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района в Узбекистане [4].

В россыпях Шахтаминского района, таким образом, отражается обратная по отношению к рудной зональность коренных источников, в соответствии с которой в нижних наиболее древних пластах присутствует относительно низкопробное золото с примесью Ag, Pb, Zn, Sb, Se, Te, поступившее при денудации верхних уровней медно-порфировой системы. Для молодых позднечетвертичных пластов характерно исключительно высокопробное золото с аномально высокой примесью Cu и Pd, свойственное более глубоко залегающим молибденит-халькопиритовым рудам.

Приведенные данные позволяют рассматривать типохимические особенности золота Шахтаминского района в качестве типоморфных для золото-медно-порфировых месторождений.

Для золота медно-порфирового семейства в отличие от ранее рассмотренных формационных типов характерны аномально высокие содержания РЗЭ, U, Te, Ti, W и повышенные Mo, Cu, Pd.

Сопоставление спектров РЗЭ (см. рис. 2) также показывает иной характер распределения РЗЭ в золоте месторождений. Оно заметно обогащено РЗЭ (2–5 раз) в основном за счет высоких содержаний легких РЗЭ. Особенно сильно отличия в составе самородного золота из проявлений медно-порфирового типа от других типов золотых месторож-

дений проявляются при рассмотрении геохимического коэффициента $V = (Rb \cdot Cs \cdot Sr \cdot Ba) / (La \cdot Ce \cdot Pr \cdot Nd)$. Значения этого коэффициента для медно-порфировых проявлений Шахтаминского района колеблются в интервале $n \cdot 10^{-7} - n \cdot 10^{-8}$, что на четыре порядка ниже, чем для золото-полисульфидно-кварцевых объектов.

Отличительной особенностью медно-порфирового оруденения является распределение в золоте элементов семейства железа, в первую очередь Ti и Co. Для всех проявлений Шахтаминского района отмечается резко повышенное содержание в золоте Ti и пониженное Co, что иллюстрируется двухмерной диаграммой с координатами Ti/Co – La-Ce, на которой отчетливо видно, что поле примесей в золоте района обособлено от полей рассмотренных ранее основных рудно-формационных типов (рис. 3).

Таким образом, полученные новые данные позволяют использовать особенности состава микропримесей в золоте в качестве надежных критериев определения рудно-формационной принадлежности золота из россыпей, кор выветривания и коренных источников, их вертикальной зональности и глубины эрозионного среза на ранних стадиях геологоразведочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланцев И.П., Денисова Л.К. Элементы-примеси в золоте // Инструкция № 141-с. НСАМ. М., 1976.
2. Меднопорфировые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, В.С.Звездов, И.Ф.Мигачев, О.В.Минина. – М.: ЦНИГРИ, 2001.

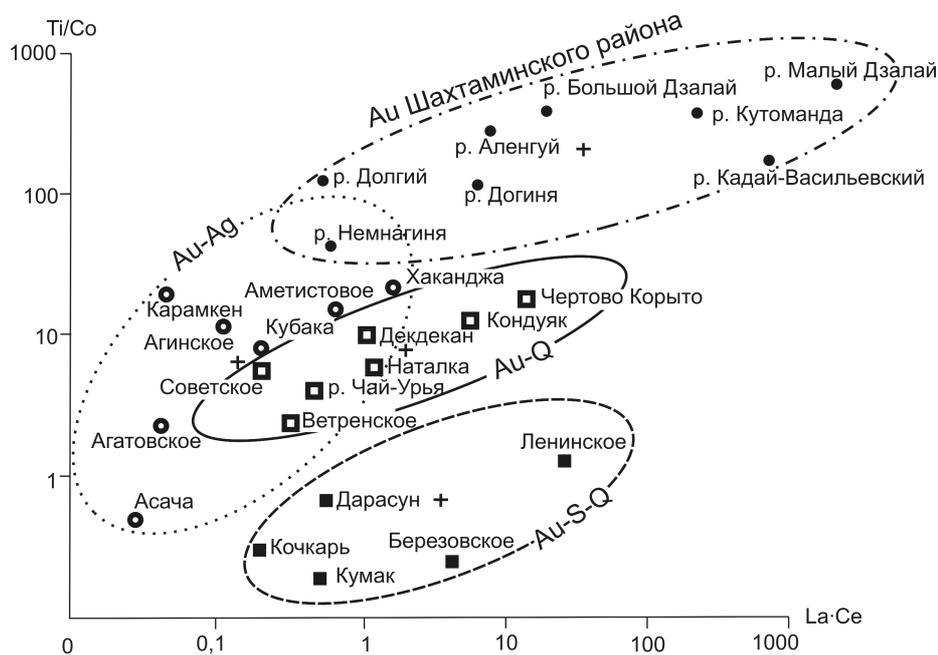


Рис. 3. Двухмерная диаграмма состава золота месторождений золото-полисульфидно-кварцевого, золото-кварцевого, золото-серебряного типов и россыпей Шахтаминского района:

знак плюс — точка, отвечающая среднему составу

3. Некрасова А.Н., Николаева Л.А., Миляев С.А., Яблокова С.В. Первые данные о распределении РЗЭ, Li, Rb, Cs, Sr, Ba в самородном золоте месторождений основных золотоносных провинций России // ДАН. 2010. Т. 432. № 5. С. 1–4.
4. Николаева Е.И. Типоморфизм самородного золота в рудах медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района // Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Средней Азии. Ташкент. 1980. Вып. 3.
5. Николаева Л.А., Миляев С.А., Яблокова С.В. Новые данные по геохимии самородного золота в месторождениях различных формаций // Мат-лы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию Н.В.Петровской. М., 2010. Т. II. С. 103–105.
6. Петровская Н.В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973.
7. Позднякова Н.Н. Типоморфизм золота россыпей Шахтаминского рудного района (Восточное Забайкалье) // Руды и металлы. 2010. № 4. С. 20–26.
8. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России. Атлас / Отв. ред. А.И.Кривцов. – М.: ЦНИГРИ, 2003.