

Кравцова Р. Г. Геохимия и условия формирования золото-серебряных рудообразующих систем Северного Приохотья. Новосибирск: Гео, 2010. 292 с.

Кравцова Р. Г., Андрулайтис Л. Д. Формы нахождения Au, Ag, Hg и особенности их распределения в рудах и ореолах золото-серебряных месторождений Северо-Востока СССР // ДАН СССР. 1989. Т. 307. № 5. С. 438–441.

Кравцова Р. Г., Захаров М. Н. Геохимические поля концентрирования Дукатской золото-серебряной рудно-магматической системы (Северо-Восток России) // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 5. С. 28–38.

Кравцова Р. Г., Павлова Л. А., Rogozina Ю. И., Макшаков А. С. Первые данные о формах нахождения золота в литохимических потоках рассеяния Дукатского золото-серебряного месторождения (Северо-Восток России) // ДАН. 2010. Т. 434. № 1. С. 96–106.

Наталенко В. Е., Калинин А. И., Раевская И. С. и др. Геологическое строение Дукатского месторождения // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Вып. 25. Магадан, 1980. С. 61–73.

Павлова Л. А., Кравцова Р. Г. Определение форм нахождения серебра в литохимических потоках рассеяния методом РСМА (на примере Дукатского золото-серебряного месторождения) // Методы и объекты химического анализа. 2006. Т. 1. № 2. С. 132–141.

Сидоров А. А., Константинов М. М., Еремин Р. А. и др. Серебро (геология, минералогия, генезис, закономерности размещения месторождений). М.: Наука, 1989. 240 с.

Tauson V. L., Gelety V. F., Men'shikov V. I. Mercury speciation in mineral matter as an indicator of sources of contamination // Regional and Global Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances. Dordrecht: Kluwer Acad. Pub. 1996. P. 441–452.

А. С. Макшаков, Р. Г. Кравцова
Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск
artem_m@mail.ru

Эндогенные аномальные геохимические поля золото-серебряного месторождения Роговик (Северо-Восток России)

В связи с возросшей ролью коренных объектов в работе серебро- и золотодобывающей промышленности на территории Северо-Востока России актуальной становится проблема выявления новых и переоценки старых месторождений. При этом важная роль отводится геохимическим методам поисков, в том числе по первичным ореолам – эндогенным аномальным геохимическим полям (АГХП).

Научно-методические работы проводились на площади эпитермального золото-серебряного месторождения Роговик, которое находится на территории Магаданской области, на левобережье р. Колымы. Сведения о геологическом строении, структурных особенностях и минеральном составе пород и руд объекта в опубликованной литературе немногочисленны [Кузнецов и др., 1992]. Проведенные в 2010–2011 гг. поисково-оценочные работы с целью изучения месторождения на глубину позволили расширить имеющиеся на этот момент представления о вещественном составе пород и руд [Кравцова и др., 2012]. Были получены первые данные по составу и строению эндогенных АГХП, выявлены типоморфные ассоциации элементов, установлена их связь с рудной минерализацией и закономерности распределения в пространстве.

Район исследований, где расположено месторождение, находится в центральной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса в северном замыкании Балыгычано-Сугойского прогиба. Фундамент прогиба сложен морскими терригенными осадками верхоянского комплекса пермь-юрского возраста. Для начальной стадии формирования прогиба характерен кислый вулканизм с излиянием нижнемеловых риолитов и риодацитов аскольдинской свиты. Выше по разрезу они перекрываются нижнемеловой угленосной молассой омсукчанской свиты. Затем формируются ниже-верхнемеловые эффузивы – андезиты и туфы андезитов таватумской свиты. Заключительная стадия вновь характеризуется процессами кислого вулканизма с образованием верхнемеловых риолитов, игнимбритов и туфов риолитов наяханской свиты. В палеогене формируются дайки и маломощные покровы базальтов. Из интрузивных образований прогиба наиболее широко проявлены позднемеловые гранитоиды. Площадь самого месторождения Роговик сложена вулканогенно-осадочной толщей омсукчанской свиты – аргиллитами, вулканомиктовыми песчаниками, пепловыми и витрокластическими туфами риолитового состава, туфогенными брекчиями. Рудные тела представлены, в основном, зонами прожилкования и маломощными не протяженными жилами адуляр-кварцевого и кварцевого состава, с глубиной появляются кварц-карбонатные образования.

Для изучения эндогенных АГХП было отобрано около 2000 геохимических проб. Отбор и обработка проб проводились в соответствии с существующей инструкцией [Инструкция..., 1983]. Все отобранные пробы прошли спектральный приближенно-количественный атомно-эмиссионный анализ методом просыпки на широкий круг элементов. Содержание золота и ртути определялось атомно-абсорбционными методами: Au – с предварительной экстракцией сульфидами нефти [Торгов, Хлебникова, 1977], Hg – с помощью кислотного разложения [Новиков и др., 1971]. Обработка и интерпретация полученного материала, построение моно- и полиэлементных геохимических карт и разрезов (схем распределения ассоциаций элементов), а также данные математической статистики были выполнены с помощью метода многомерных полей – метод МП [Евдокимова, 1984].

Как было установлено, эндогенные АГХП на месторождении образуют Au (до 88 г/т), Ag (до 100 г/т и более), As (до 8000 г/т), Sb (до 400 г/т), Hg (до 75 г/т), Pb (до 100 г/т), Zn (до 400 г/т), В (до 400 г/т), реже Cu (до 300 г/т), Mo (до 80 г/т), W (до 30 г/т) и Bi (до 3 г/т). В рудах и, возможно, в ореолах постоянно присутствует Se (до 600 г/т и выше), с глубиной появляются Te (до 27 г/т), F (до 1700 г/т), Ge (до 100 г/т и более), La (до 59 г/т), Ce (до 110 г/т). По картам аномально-максимальных концентраций элементов были выявлены разнотипные АГХП – Au-Ag, преимущественно Ag, полиформационные Au-Ag и АГХП зон рассеянной сульфидной минерализации (ЗРСМ).

Эндогенные АГХП, связанные с собственно Au-Ag минерализацией, отличаются простотой состава. Ведущие элементы здесь – Au, Ag, As, Sb, Hg, которые являются типичными для вулканогенных руд эпитеpmальной Au-Ag формации [Кравцова, 2010]. Высококонтрастные АГХП образуют Au (5–15 г/т, КК* 1000–3000) и Ag (50–100 г/т, КК 500–1000), контрастные – As (600–1000 г/т, КК 300–500), среднеконтрастные – Sb (20–50 г/т, КК 40–100) и Hg (2–10 г/т, КК 10–50). По картам распределения аномально-максимальных концентраций элементов установлено, что АГХП, свя-

*КК – коэффициент контрастности элемента в АГХП.

занные с собственно Au-Ag минерализацией, характерны, в основном, для верхних горизонтов центральной части месторождения.

Эндогенные АГХП, связанные преимущественно с Ag минерализацией, имеют более сложный типоморфный состав. Помимо главных элементов – Ag, As, Sb и Hg – появляются также Pb, Zn и В, которые типичны для преимущественно Ag руд. В АГХП в небольших количествах могут присутствовать Au (до 0.1 г/т), иногда Cu (до 100 г/т). Высококонтрастные АГХП характерны для Ag (50–100 г/т, КК 500–1000), контрастные – для As (400–1000 г/т, КК 200–500) и Sb (30–100 г/т, КК 60–200), среднеконтрастные – для Hg (5–10 г/т, КК 25–50) и В (100–300 г/т, КК 10–30), низкоконтрастные – для Pb (20–50 г/т, КК 2–5) и Zn (100–200 г/т, КК 2–4). По картам распределения аномально-максимальных концентраций элементов установлено, что АГХП, связанные преимущественно с Ag минерализацией, имеют распространение, главным образом, на среднерудных горизонтах месторождения.

Эндогенные АГХП, связанные с полиформационной Au-Ag минерализацией, имеют более сложный состав. Основные элементы здесь – Au, Ag, As, Sb, Hg, Pb, Zn и В. При этом для Au и Hg отмечаются очень высокие концентрации (до 88 г/т и до 74.5 г/т, соответственно). В пределах развития таких ассоциаций с глубиной появляются высокие содержания Se (до 600 г/т и выше), Te (до 27 г/т), Bi (до 15 г/т) и Ge (до 100 г/т и выше). Отчетливо видно, как усложняется качественный и количественный состав руд и связанных с ними полей аномально-максимальных концентраций элементов. Высококонтрастные АГХП характерны для Au (10–30 г/т, КК 2000–6000) и Ag (50–100 г/т, КК 500–1000), контрастные – для As (400–600 г/т, КК 200–300), Sb (50–100 г/т, КК 100–200) и Hg (5–30 г/т, КК 25–150), низкоконтрастные – для В (50–100 г/т, КК 5–10), Zn (200–300 г/т, КК 4–6) и Pb (20–50 г/т, КК 2–5). АГХП, связанные с полиформационной Au-Ag минерализацией, выявлены на нижних горизонтах месторождения.

Эндогенные АГХП ЗРСМ, несмотря на низкие аномально-максимальные концентрации, имеют типичную для таких зон Zn-Pb-Cu ассоциацию [Кравцова, 2010]. Кроме этих элементов, в полях присутствуют в небольших количествах Ag, Hg, В и As. АГХП ЗРСМ наблюдаются на флангах месторождения.

Выявленная нами геохимическая зональность носит полиформационный характер. Эффективным показателем этого типа зональности служат геохимические ассоциации элементов, выявленные с помощью метода МП на основе многомерного анализа и множественной корреляции одновременно между целым рядом элементов. В результате удалось выявить типоморфные ассоциации элементов, характерные для разных типов минерализации, установить закономерности распределения их в пространстве.

В качестве конкретного примера можно привести геохимический разрез, проведённый через центральную часть месторождения (рис.). На верхнерудных горизонтах, в центральной части разреза, широко проявлены Au-Ag ассоциации (рис., АГХП 1–4), которые связаны с собственно вулканогенными рудами эпитепирмальной Au-Ag формации. Основные типоморфные элементы здесь – Au, Ag, Hg, Sb и As. Наиболее высококонтрастный элемент – Au (11.1/2220). На среднерудных интервалах широким развитием пользуются преимущественно Ag ассоциации (рис., АГХП 5–8), которые обычно приходят на смену Au-Ag. Выявлены они также на флангах и на интервалах ниже среднерудных. Эти ассоциации тесно связаны с рудной минерализацией, названной нами преимущественно Ag. В них наблюдаются высокие концентрации Ag, As, Sb, Hg, появляются Pb, Zn, В, могут присутствовать в небольших количествах Au и Cu. Наиболее высококонтрастный элемент – Ag (30/300).

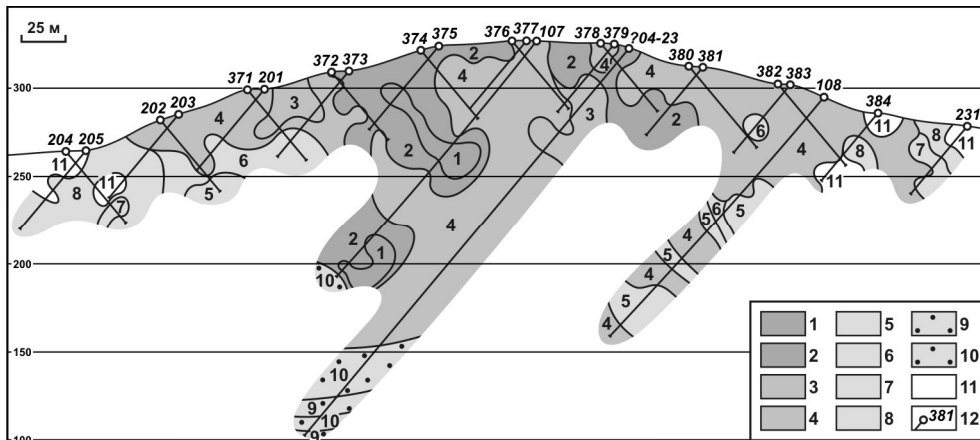


Рис. Геохимический разрез через центральную часть месторождения Роговик.

Полиэлементные эндогенные АГХП: 1–10 – ассоциации элементов:

1–4 – Au-Ag: 1 – Au (11.1/2220), Ag (53/530), As (210/105), Sb (43/86), Hg (6.6/33);
 2 – Ag (19/190), As (320/160), Au (0.5/100), Sb (29/58), Hg (1/5); 3 – As (420/210), Ag (5/50),
 Au (0.23/46), Sb (20/40), Hg (0.8/4); 4 – As (290/145), Ag (5.2/52), Sb (25/50), Au (0.06/12),
 Hg (1.4/7);

5–8 – преимущественно Ag: 5 – Ag (30/300), As (230/115), Sb (47/94), Hg (10/50),
 Au (0.08/16), В (70/7), Pb (30/3); 6 – As (350/175), Ag (15.7/157), Sb (51/102), Hg (7.6/38),
 Au (0.07/14), В (80/8), Pb (40/4); 7 – Ag (12.2/122), As (230/115), Sb (50/100), В (130/13),
 Hg (2/10), Zn (200/4); 8 – As (174/87), Sb (23/46), В (220/22), Ag (2/20), Hg (1.4/7), Zn (200/4);

9, 10 – полиформационные Au-Ag: 9 – Au (30/6000), Se (39/780), Ag (69/690), Bi (4/400),
 Te (0.2/200), Hg (28.2/141), Sb (64/128), As (146/73), В (60/6), Zn (200/4), Pb (30/3), Ge (3/3);
 10 – Au (0.09/18), Se (60/1200), Ag (8.8/88), Bi (1/100), Te (1.3/1300), Hg (1/5), Sb (20/40),
 As (290/145), В (70/7), Zn (200/4), Pb (50/5), Ge (5/5);

11 – низкоконтрастные АГХП ЗРСМ (в основном, Zn, Pb, Cu); 12 – скважины и их номера.

Преимущественно Ag оруденение по отношению к Au-Ag, по нашему мнению, сформировалось в более поздний этап, который связан с процессами гранитоидного магматизма. По геофизическим данным месторождение располагается над изометричным выступом крупного интрузивного тела, залегающего в основании Балыгычано-Сугойского прогиба на глубине около 0.3–0.5 км [Кузнецов, Ливач, 2005].

Как мы предполагаем, вмещающие преимущественно Ag оруденение структуры (разрывные нарушения, зоны трещиноватости) занимают секущее положение по отношению к Au-Ag. На участках совмещения различных по возрасту рудоносных структур (в центральной части разреза с глубиной) проявлены наиболее богатые по Au и Ag полиформационные Au-Ag руды, с которыми связаны полиформационные Au-Ag ассоциации (рис., АГХП 9, 10). На нижнерудных горизонтах эти ассоциации элементов сменяют преимущественно Ag. Их отличает сложный многокомпонентный состав и высокая контрастность. Главные типоморфные элементы – Au, Ag, As, Sb, Hg, Pb, Zn и В. С глубиной появляются высокие содержания Se, Te, Bi, Ge, а также РЗЭ и F.

На флангах разреза выявлены ассоциации элементов, характерные для непромышленных ЗРСМ (рис., АГХП 11). Основной элементный состав здесь: Zn, Pb, Cu. Постоянно присутствуют в небольших количествах Ag, Hg, В и As.

Опыт проведения геохимических исследований на территории Северо-Востока России в рудных районах центральной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса позволяет предположить, что месторождение Роговик – это не единственный и, возможно, не главный рудный объект на этой территории. Полученные результаты говорят в пользу оптимистичной оценки данной территории на предмет обнаружения новых рудных объектов, и не только золото-серебряных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-00214) и СО РАН (проект № 48).

Литература

Евдокимова В. Н. Математическая обработка данных геохимических съемок методом многомерных полей // Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 1984. 181 с.

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / М-во геол. СССР. М.: Недра, 1983. 191 с.

Кравцова Р. Г. Геохимия и условия формирования золото-серебряных рудообразующих систем Северного Приохотья. Новосибирск: Гео, 2010. 292 с.

Кравцова Р. Г., Макиаков А. С., Тарасова Ю. И., Куликова З. И. Минералого-геохимические особенности вмещающих пород и руд золото-серебряного месторождения «Роговик» (Северо-Восток России) // Изв. Сиб. отд-ния Секции наук о Земле РАЕН – Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2012. № 2 (41). С. 11–22.

Кузнецов В. М., Ливач А. Э. Строение и металлогеническое районирование Балыгычано-Сугойского прогиба // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. С. 156–176.

Кузнецов В. М., Пальмская З. А., Пузырев В. П., и др. Золото-серебряное оруденение в криповулканической структуре. Колыма, 1992. № 3. С. 5–8.

Новиков В. М., Россинская Э. С., Гольдапель С. Я. Высококочувствительный атомно-абсорбционный метод определения ртути в горных породах и минералах // Ежегодник-1971. СибГЕОХИ. Иркутск, 1971. С. 412–416.

Торгов В. Г., Хлебникова А. А. Атомно-абсорбционное определение золота в пламени и беспламенном графитовом анализаторе с предварительным выделением экстракцией сульфидами нефти // Журнал аналитической химии. 1977. Т. 32. Вып. 5. С. 960–964.

А. В. Кургузова¹, Ю. И. Клюкин²

¹ – Санкт-Петербургский государственный горный университет,
г. Санкт-Петербург

kurгузова.anna@gmail.com

² – Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

As-Bi-Tl флюиды цвиттеров гранитного массива Северный (Чукотка) (научный руководитель член-корр. РАН Ю. Б. Марин)

Введение. Предметом исследования послужили флюидные включения в кварце темнослюдистых грейзенов-цвиттеров Северного массива, Чукотка. Целью работы является выяснение особенностей флюидного режима процесса цвиттеризации гранитов массива Северный. Данная статья является продолжением ранее опубликованных материалов [Алексеев и др., 2012; Кургузова и др., 2012 и др.] по минералого-