

Ю. И. Тарасова, А. С. Макшаков
Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск
j.tarasova84@yandex.ru

Ртуть в рудах, первичных ореолах и потоках рассеяния Дукатского золото-серебряного месторождения (Северо-Восток России)

Дукатское Au-Ag месторождение является одним из крупнейших в мире. В нем сосредоточено около 14000 т Ag и до 40 т Au [Константинов и др., 2003]. Геологическое строение месторождения, его минералогия и геохимия изучались многими исследователями [Наталенко и др., 1980; Сидоров и др., 1989; Кравцова, Захаров, 1996; Константинов и др., 1998; Кравцова, 2010 и др.].

Руды месторождения представлены несколькими типами: Ag – кварц-пирролитовые, кварц-родонитовые жилы (верхне-среднерудные горизонты); Au-Ag – кварц-родонит-полевошпатовые, кварц-полевошпатовые (среднерудные); Ag-Pb – кварц-полевошпат-хлорит-сульфидные и Sn-Ag – кварц-хлорит-сульфидные (нижнерудные и подрудные).

К числу важнейших рудных минералов относятся кюстелит и электрум, отмечается низкопробное самородное Au, аргентит-акантит, самородное Ag, пираргирит, в меньшей степени, штернбергит, прустит, полибазит, стефанит. Наиболее распространенными сульфидами являются галенит и сфалерит. Реже встречаются пирит, пирротин, халькопирит, магнетит. К редким минералам относятся марказит, арсенопирит, франкинит, магноякобсит, блеклая руда, станнин, антимонит, люционит, фаматинит, вюртцит, халькостибит, борнит, киноварь.

При изучении геохимического состава руд и первичных ореолов было установлено, что основными элементами-индикаторами Au-Ag оруденения являются Au, Ag, Hg, As, Sb, Pb, Zn, Cu, главные из них – Au и Ag. Показано, что наиболее высокие концентрации Hg (1–10 г/т) в рудах и вмещающих породах (первичных ореолах) приурочены к приповерхностным зонам (верхне-среднерудным горизонтам) Дукатского месторождения. Согласно данным фазового химического анализа [Кравцова, Андрулайтис, 1989], основными формами нахождения (ФН) Hg в рудах ранее изученных Au-Ag месторождений Северо-Востока России являются сорбционная и примесная, связанные с сульфидными минералами. Подчиненную роль играет минеральная сульфидная форма Hg – киноварь, отмеченная только на нижнерудных и подрудных горизонтах. Гипергенные формы Hg, оксихлориды, окислы и сульфаты отмечены только в приповерхностных зонах с максимумом приуроченности к пострудным разрывным нарушениям. Основными минералами-концентраторами Hg служат сфалерит, галенит, сульфосоли Ag, аргентит, самородное Ag [Кравцова, 2010].

Для детального изучения распределения Hg и ее ФН в рыхлых отложениях литохимических потоков рассеяния (ЛПР) Дукатского месторождения на участке моностадийного развития руд эпitherмальной Au-Ag формации были выбраны два водотока I и II порядков (руч. Чайка и Искра), дренирующие водораздел с промышленными Au-Ag зонами и жилами (рис. 1).

Содержание и характер распределения элементов-индикаторов оруденения в рядовых геохимических пробах, отобранных из рыхлых отложений руч. Чайка и Искра приводятся в таблице. Также как и в рудах, в ореолах аномальные концентрации отмечены для Au, Ag, Hg, As, Sb, Pb, Zn, Cu. Наиболее высокие концентрации главных

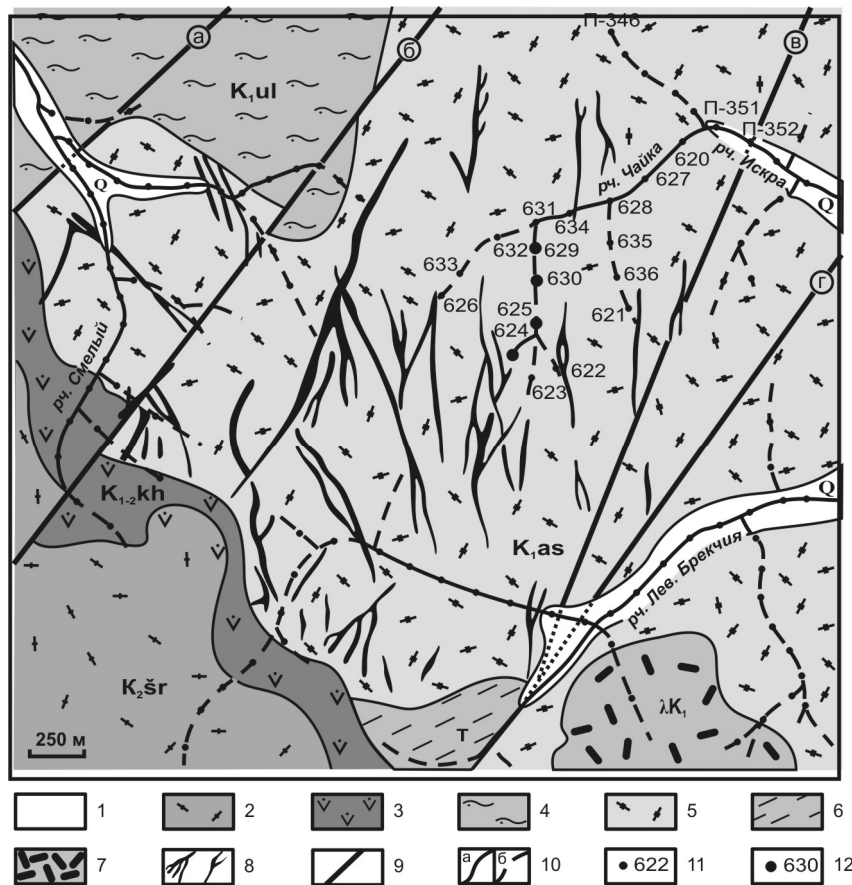


Рис. 1. Схематическая геологическая карта месторождения Дукат с точками отбора водотоков I-II порядка.

1 – современные аллювиальные отложения; 2 – флюидалные игнимбриты, массивные риолиты и риодациты верхнемеловой шороховской свиты; 3 – андезиты, андезито-базальты нижне-верхнемеловой каховской свиты; 4 – конгломераты, гравелиты, алевролиты, линзы и пласты каменных углей нижнемеловой уликской свиты; 5 – риолиты и риодациты, игнимбри-ты риолитов и риодацитов нижнемеловой аскольдинской свиты; 6 – алевролиты, туфопесчаники и известняки триаса; 7 – субвулканические невадитовые риолиты раннего мела; 8 – рудные тела, выходящие на поверхность; 9 – основные рудоконтролирующие разломы: а – Диагональный, б – Восточный, в – Марганцевый, г – Амплитудный; 10 – водотоки: а – постоянные, б – временные; 11–12 – точки отбора: 11 – рядовые геохимические пробы, 12 – объемные минерало-геохимические пробы (протоочки).

(Au, Ag) и ряда сопутствующих (Sb, Pb, Zn) элементов-индикаторов оруденения были установлены в аллювиальных отложениях головной части потока. Та же тенденция, хотя и менее отчетливая, характерна для Hg. Максимальные концентрации (0.165 г/т) установлены в головной части потока. В то же время, достаточно высокие содержания Hg (до 0.110 г/т) устойчиво проявлены и в его шлейфе (см. рис. 1, табл.).

Т а б л и ц а

**Содержание (г/т) рудных элементов в рядовых геохимических пробах,
отобранных из рыхлых отложений водотоков I-II порядков,
руч. Чайка – руч. Искра**

№ п.п.	N пробы	Au	Ag	Sb	As	Pb	Zn	Cu	Hg
1	*624	0.14	8	<30 (6.6)	40	1000	1000	200	0,125
2	*625	0.02	10	<30 (25.0)	<10	2000	1000	500	0,112
3	*630	0.06	15	<30 (12.3)	30	4000	300	200	0,098
4	*629	0.08	20	30 (20.7)	40	5000	800	400	0,165
5	633	0.04	10	30 (16.1)	30	5000	400	1000	0.150
6	632	<0.01	1.5	30 (17.3)	100	100	150	150	0.067
7	*631	0.08	10	<30 (11.9)	30	2000	300	150	0.080
8	623	<0.01	10	<30 (6.8)	10	1500	800	500	0.067
9	622	0.01	10	<30 (3.4)	<10	40	800	500	0.055
10	634	0.07	8	<30 (10.9)	30	1000	300	200	0.090
11	621	0.03	10	<30 (10.3)	10	500	300	300	0.110
12	636	0.01	8 (8.7)	<30 (7.0)	30	500	400	60	0.110
13	635	0.03	10 (16)	<30 (9.4)	30	500	300	200	0.085
14	*628	0.04	10	<30 (10.0)	30	1500	300	300	0.110
15	627	0.01	10	<30 (10.0)	40	2000	500	500	0.100.
16	*620	<0.01	10	<30 (14.3)	20	500	300	400	0.090
17	п-351	0.03	2 (5.6)	<30 (6.1)	100	1000	500	100	0.067
18	*п-352	0.01	5 (8.3)	<30 (12.4)	200	2000	500	150	0.090
19	п-353	0.05	10 (9.6)	<30 (8.6)	60	2000	500	200	0.105
20	*п-355	0.04	6 (8.8)	<30 (7.9)	40	1000	400	150	0.075

Примечание. Содержания Au и Hg определены атомно-абсорбционным методом, остальные элементов – спектральным приближенно-количественным анализом. В скобках приведены содержания Ag и Sb по данным прямого атомно-абсорбционного определения. N – точки отбора проб и их номера, расположенные от головной части к шлейфу. * – точки, где наряду с рядовой геохимической пробой, проводился отбор объемных минералого-геохимических проб (протолок): 620-ПР, 624-ПР, 625-ПР, 628-ПР, 629-ПР, 630-ПР, 631-ПР, п-352-ПР, п-355-ПР. Аналитики Л. Д. Андрулайтис, В. И. Кишечникова, А. И. Кузнецова.

В ранее опубликованных работах [Кравцова, Захаров, 1996; Кравцова, 2010] было показано, что одним из элементов-индикаторов Au-Ag оруденения, характеризующим верхнерудные и среднерудные горизонты Дукатского месторождения, также как на других Au-Ag месторождениях, является Hg. Ее основная ФН здесь – сорбционная (на поверхности сульфидных минералов и гидрослюд), реже – примесная в сульфидах и самородных Au и Ag. В то же время, Hg не образует собственные минеральные формы ни в рудах, ни в первичных ореолах этих горизонтов. То же можно сказать и о ФН Hg в ЛПР.

По данным фазового химического анализа (ФХА) и фазового термического анализа (ФТА) основной ФН Hg в головной части ЛПР является сорбционная, связанная с вторичными минералами, меньше проявлена примесная Hg в сохранившихся

зернах сульфидов. Присутствие примесной Hg в зернах сульфидов подтверждается данными рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа (РСМА). ФХА проводился по методике [Кравцова, Андрулайтис, 1989], ФТА – по [Tauson et al., 1996], РСМА – по [Павлова, Кравцова, 2006], аналитики Л. Д. Андрулайтис, И. Ю. Пархоменко, Л. А. Павлова.

По данным атомно-абсорбционного анализа, наряду с оксидами и гидроксидами Fe с содержаниями Hg до 0.5 % (в основном сорбционной), широким распространением в аллювиальных отложениях водотоков, дренирующих Дукатское месторождение, пользуются вторичные образования Mn и Pb с содержаниями Hg до 0.2 %. По данным РСМА (качественные определения), ряд зерен этих гипергенных минералов имеет отчетливо зональное строение, где содержание Hg хорошо коррелируется с содержанием Pb. Кроме того, в аллювии были найдены реликты интенсивно разрушенных медных и Cu-содержащих минералов, в которых присутствует Hg. Примесная форма Hg чаще всего ассоциирует с сульфидами Ag – акантитом и штернбергитом (рис. 2, см. вкладку, с. 160). По трещинам и кавернам сильно разрушенных зерен обычно интенсивно развиты оксиды и гидрооксиды Fe, различные сульфатные соединения Zn, Pb и Cu. Относительно высокие содержания Hg установлены в зернах электрума и кюстелита.

Аналогичные по составу, но более крупные зерна электрума, кюстелита и самородного Ag с примесью Hg до 0.9 % были установлены в рудах Дукатского Au-Ag месторождения. Относительно высокие содержания примесной Hg обнаружены в зернах галенита и халькопирита (до 0.6 %) из тех же руд (по данным РСМА).

Особенности распределения и ФН Hg в ЛПП (низкие содержания по сравнению с рудами, значительная протяженность, существенное преобладание сорбционной составляющей) можно объяснить неустойчивостью соединений Hg в гипергенных условиях и относительно широко проявленными здесь процессами хемосорбции. Вопреки традиционной точке зрения, что основную роль при формировании ЛПП в условиях зон криолитогенеза играет физическое выветривание, ранее было показано, что процессы хемосорбции широко проявлены и при формировании ЛПП таких главных элементов, как Au и Ag [Кравцова и др., 2010].

Для Hg, также как и для основных элементов-индикаторов оруденения, подтверждается основной тезис, что их ФН в рыхлых отложениях ЛПП тесно связаны с особенностями вещественного состава руд и первичных ореолов. По крайней мере, в головной части потока, в достаточной степени они идентифицируются с первичными рудами, что дополняет и повышает надежность ранее установленных поисковых критериев. В результате работ по изучению особенностей распределения Hg и ее ФН было подтверждено, что водотоки, дренирующие северо-восточную часть месторождения, вскрывают в основном верхне-среднерудные интервалы. Таким образом, ФН Hg могут служить дополнительным показателем зональности при оценке уровня эрозионного среза рудных зон.

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

Литература

Константинов М. М., Костин А. В., Сидоров А. А. Геология месторождений серебра. Якутск: ГУП НИП Сахаполиграфиздат, 2003. 282 с.

Константинов М. М., Наталенко В. Е., Калинин А. И., Стружков С. Ф. Золото-серебряное месторождение Дукат. М.: Недра, 1998. 203 с.

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.