УДК 553.41:553.493.5 (571.15)

БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ В КАЛГУТИНСКОМ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

А.А. Поцелуев, В.И. Котегов, Л.П. Рихванов, Д.И. Бабкин, А.Ю. Никифоров*

Томский политехнический университет. E-mail: lev@tpu.ru
*Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды по Республике Алтай

В геологических образованиях Калгутинского редкометалльного грейзенового месторождения выявлены высокие концентрации благородных металлов (Au до 116 мг/т, Ag до 8,4 г/т, Pt до 802 мг/т, Pd до 115 мг/т, Os до 7 мг/т). Максимальные содержания элементов характерны для малых тел альбитизированных гранит-порфиров ($\gamma\pi_2J_1vk$), внутрирудных гидротермально измененных даек калгутитов ($\gamma\pi_3J_1vk$), рудных жил, околожильных грейзенов и автономных рудоносных грейзеновых тел типа "Мо-шток". Золото встречается в самородной форме, высокие концентрации элемента отмечаются в зернах графита (до 100 г/т) и в пирите (54 мг/т). Серебро главным образом входит в состав сульфидов и сульфосолей (до 7,3 %), а также является основной примесью в золоте. Высокие концентрации платиноидов характерны для пирита, вольфрамита, молибденита. Предполагается наличие самостоятельных минеральных форм платиноидов. Благородные металлы характеризуются гнездовым распределением. Отмечается осевая и продольная зональность, связь с распределением основных рудных элементов, графита и изменением мощности жилы. Указывается на перспективы попутного извлечения благородных металлов. Делается вывод о глубинном мантийно-плюмовом характере флюидно-магматической системы Калгутинского месторождения.

Введение

В последние годы все более пристальное внимание обращается на нетрадиционные источники благородных металлов [1–6]. Определяется это в первую очередь совершенствованием технологии и перспективой их попутного извлечения в условиях роста спроса и цен на них. Высокие концентрации благородных металлов выявлены во многих редкометалльных и медно-молибден-порфировых месторождениях Сибири, Монголии, Казахстана, Узбекистана. В ряде случаев ведется их попутное извлечение.

Необходимо также подчеркнуть недостаточную изученность геохимии и минерагении благородных металлов. Решение этих вопросов весьма актуально во всех отношениях и, особенно в связи с развитием мантийно-коровой и плюм-тектонической моделей рудогенеза [7, 8].

Калгутинское месторождение является представителем месторождений молибдено-редкометально-вольфрамовой рудной формации, которые широко распространены в пределах Горного Алтая. Вместе с тем, на месторождении на заключительных стадиях формирования редкометалльного оруденения в тех же тектонических структурах проявилось масштабная сульфидно-сульфосольная минерализация, что с учетом других геологических данных позволяет говорить о более позднем проявлении медно-порфирового типа оруденения.

Месторождение приурочено к одноименному массиву лейкократовых редкометальных позднегерцинских гранитов (рис. 1). По данным изотопно-геохимических исследований установлено, что формирование гранитов, внутрирудных даек калгутитов и жильно-грейзенового оруденения происходило в узком временном интервале 213...202 млн лет [9, 10]. Отмечается сложный характер взаимоотношения даек калгутитов с рудными жилами и грейзеновыми телами, указывающий на близкое время формирования тех и других. Изотопная ($^{87}Sr/^{86}Sr$) характеристика калгутинских гранитов, калгутитов [9], другие минералого-геохимические данные [11, 12] подчеркивают значительную роль мантийных процессов в формировании флюидно-магматической системы месторождения.

Оруденение представлено серией крутопадающих вольфрамит-молибденит-кварцевых жил с халькопиритом, висмутином, бериллом. Длина жил колеблется от первых десятков до 1000 м при мощностях, редко превышающих 1 м. Вертикальная амплитуда оруденения превышает 500 м. Жилы сопровождаются грейзеновой оторочкой мощностью до 0,5 м. Отмечаются изолированные участки грейзенов, в форме линейных зон, раздувов и столбообразных тел типа "Мо-шток". На месторождении учтены запасы W, Mo, Be, Cu и Bi.

В развитии Калгутинской РМС выделяется 2 этапа и 5 стадий.

Первый дорудный этап парагенетически связан с порфировидными биотитовыми гранитами I фазы внедрения (γ-lγT_3-J_1kl) и включает одну турмалин-вольфрамит-кварцевую стадию.

Второй главный этап рудообразования включает два подэтапа. Первый подэтап включает стадию формирования автономного грейзенового оруденения типа "Мо-шток", парагенетически связанного с внедрением гранит-порфиров II фазы ($\gamma\pi_2J_1vk$).

Второй основной подэтап рудообразования объединяет последовательно образования редкометалльно-гюбнерит-кварцевой, сульфосольно-сульфидно-кварцевой и заключительной карбонат-кварцевой стадий минералообразования. Образования сульфидно-сульфосольно-кварцевой стадии преимущественно телескопированы в более ранние структуры с образованием сложных по составу сульфидно-сульфосольно-редкометалльно-гюбнерит-кварцевых жил, которые и явились основным объектом исследований. В пределах этого подэтапа происходило внедрение внутрирудных штоков и даек калгутитов ($\gamma\pi_3J_1vk$), микрогранит-порфиров.

На протяжении весьма длительного периода с момента открытия месторождения многими исследователями отмечалось самородное золото и высокие содержания Au и Ag в рудах месторождения и в некоторых рудопроявлениях района. В середине 1990-ых гг. были получены первые данные о высоком содержании элементов платиновой группы (ЭПГ) в отдельных концентратах руд месторождения [13].

Нами с привлечение различных методов анализа проведены специальные исследования руд и различных геологических образований месторождения на широкий спектр химических элементов (48), включающих группы редких, радиоактивных, редкоземельных элементов и благородных металлов (Au, Ag, Pt, Pd, Os).

Контроль результатов анализов благородных металлов осуществлялся разными методами и в разных лабораториях. В качестве основного был принят вольтамперометрический метод, применяемый в геолого-аналитическом центре "Золото-платина" ТПУ (научный руководитель А.Ф. Коробейников). Контрольные определения Au, Pt и Pd выполнены атомно-абсорбционным методом в лаборатории ИГ СО РАН. Содержания Ag контролировались эмиссионным спектральным и инструментальным нейтронно-активационным методами. Сравнение основных и контрольных определений показывает, что результаты анализа Au, Ag и Pt соответствуют количественным, а Pd-полуколичественным определениям. Систематическая ошибка при определении содержаний платины, палладия и золота инверсионно-вольтамперометрическим методом в сравнении с сорбционно-атомно-абсорбционным методом анализа отсутствует.

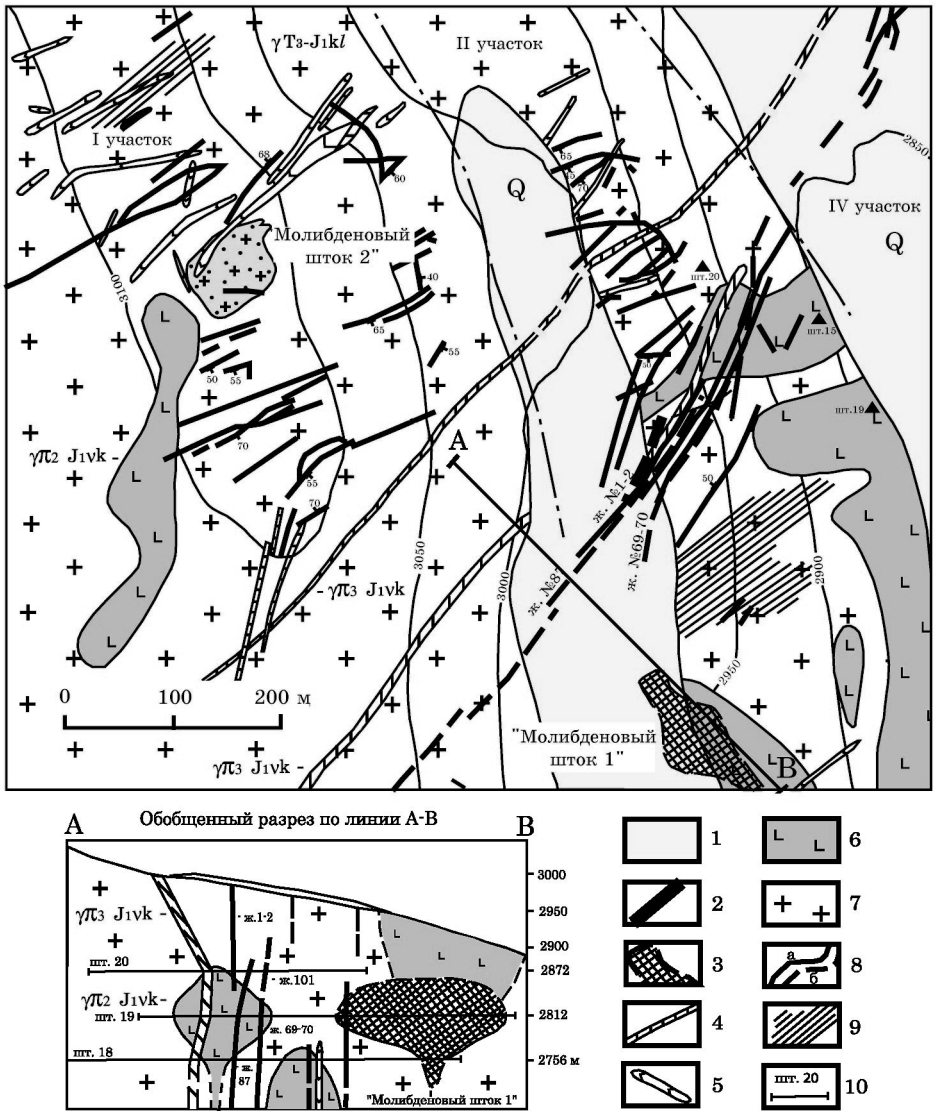

Рис. 1. *Схематическая геологическая карта района Калгутинского месторождения (по данным Б.Г. Семенцова, И.Ю. Анниковой с дополнениями): 1) четвертичные аллювиально-делювиальные отложения Q; 2) рудоносные кварцевые жилы; 3) автономное грейзеновое образование с богатым молибденитовым оруденением "Молибденовый шток 1"; 4) дайки измененных калгутитов $\gamma\pi_3$-J_1vk; 5) микрогранит-порфиры $\gamma\pi_3$-J_1vk; 6) альбитизированные гранит-порфиры $\gamma\pi_2$-J_1vk; 7) измененные порфировидные биотитовые граниты γT_3-J_1kl; 8) геологические границы: а) достоверные, б) предполагаемые; 9) зоны дробления; 10) проекции штолен и их номера*

Основные результаты исследований и их обсуждение

Выполненные исследования показывают, что в составе руд Калгутинского месторождения отмечаются высокие содержания Au до 0,05, Ag до 41, Pt до 3,5, Pd до 0,7, Os до 0,09, Rh до 0,019 г/т. Помимо рудных тел, высокие содержания благородных металлов отмечаются в околожильных грейзенах, альбитизированных гранит-порфирах и измененных дайках калгутитов (табл. 1). Распределение элементов крайне неравномерно, коэффициент вариации V, как правило, превышает 100 %.

По содержанию благородных металлов (Au, Pt, Pd) заметно выделяются альбитизированные гранит-порфиры ($\gamma\pi_2J_1vk$). Их образование непосредственно предшествовало формированию редкометально-гюбнерит-кварцевых и сульфосольно-сульфидно-кварцевых жил третьей главной продуктивной стадии рудообразования. Наиболее высоким содержанием золота характеризуются гидротермально измененные внутрирудные дайки калгутитов ($\gamma\pi_3J_1vk$). Среди рудоносных образований наибольшими концентрациями благородных металлов выделяются кварцевые жилы. Более высокие содержания Au, Pt, Pd в измененных гранит-порфирах и калгутитах, по сравнению с жилами и околожильными грейзенами, указывают на высокие перспективы выявления в районе благороднометалльного оруденения в связи с этими магматическими образованиями.

Основные минералы руд (вольфрамит, молибденит, халькопирит, пирит, висмутин и др.) контрастно отличаются по содержанию благородных металлов (табл. 2).

Максимальные содержания золота выявлены в зернах графита (100 г/т), что обусловлено микровключениями собственных минералов. Размер их может составлять 4...6 нм [12]. Среди других минералов заметно выделяется пирит рудных жил, содержание золота в котором (54 мг/т) значительно выше, чем в пирите Мо-штока. Интересной является информация о содержании элемента в кварце различных геологических образований. Наиболее золотоносным является кварц альбитизированных гранит-порфиров. Все данные подчеркивают связь золотой минерализации с формированием сульфосольно-сульфидно-кварцевого оруденения.

Золото обнаружено в двух самородных формах выделения – мелкое низкой пробы (300...150 ‰, основные примеси Cu и Ag), – тонкое высокой пробы (964...835 ‰, основные примеси – Ag, Cu, Hg, Te). В зернах золота отмечается закономерное изменение пробности (рис. 2). В центре зерна пробность выше на 1...7 ‰, в то время как в краевой части зерна соответственно возрастает содержание примесей.

Серебро накапливается главным образом в сульфидах и сульфосолях, где его концентрация достигает n·1 %. Максимальные содержания Ag отмечаются в павоните – 7,3 %, купробисмутине – 1,2 %, гладите – 0,14 %. Высокое содержание Ag характерно для зерен графита (до 0,14 %), что вероятно обусловлено

Таблица 1. *Благородные металлы в геологических образованиях месторождения*

Геологические образования (кол-во проб)	Ag		Au		Pt		Pd		Os	
	г/т		мг/т							
	Среднее / min–max	V, %	Среднее / min–max	V, %	Среднее / min–max	V, %	Среднее / min–max	V, %	Среднее / min–max	V, %
Рудные кварцевые жилы (35)	$\frac{8,4\pm1,7}{0,2-41}$	125	$\frac{17\pm3}{0,5-50}$	90	$\frac{449\pm140}{0,5-3490}$	185	$\frac{63\pm20}{0,5-700}$	190	$\frac{6\pm2}{0,05-45}$	210
Околожильные грейзены (52)	$\frac{1,6\pm0,3}{0,06-9,4}$	150	$\frac{15\pm2}{0,5-66}$	105	$\frac{259\pm95}{0,5-4130}$	260	$\frac{16\pm2}{0,5-69}$	100	$\frac{4\pm2}{0,03-92}$	400
Грейзенезированные и хлоритизированные дайки калгутитов, $\gamma\pi_3J_1vk$ (6)	$\frac{1,2\pm0,7}{0,007-4}$	144	$\frac{116\pm80}{8-512}$	170	$\frac{265\pm137}{0,5-700}$	130	$\frac{8\pm1}{5-11}$	31	$\frac{7\pm5}{0,03-30}$	170
Грейзеновое тело «Мо-шток 1» (38)	$\frac{3\pm0,3}{0,1-6}$	59	$\frac{27\pm7}{0,5-178}$	160	$\frac{336\pm63}{0,5-1500}$	120	$\frac{99\pm24}{1-640}$	150	$\frac{5\pm1}{0,03-14}$	100
Грейзеновое тело «Мо-шток 2» (4)	$\frac{0,25\pm0,06}{0,15-0,4}$	50	$\frac{14\pm10}{1-46}$	150	$\frac{515\pm377}{0,5-1600}$	150	$\frac{45\pm24}{1-110}$	110	н.д.	–
Альбитизированные гранит-порфиры, $\gamma\pi_2J_1vk$ (5)	$\frac{0,1\pm0,04}{0,006-0,25}$	83	$\frac{29\pm15}{3-84}$	115	$\frac{802\pm336}{150-1800}$	94	$\frac{115\pm97}{10-500}$	190	$\frac{5\pm3}{1,2-19}$	150
Грейзенезированные порфировидные биотитовые граниты, γ-I γT_3-J_1kl (1)	0,04	–	93	–	28	–	10	–	0,8	–
Кларк [14]	0,05		1,8		н.д.		0,5		н.д.	

Примечание: н.д. — нет данных

микровключениями собственных минералов. Из других рудных минералов высокие содержания элемента отмечаются в молибдените (до 260 г/т), халькопирите (до 200 г/т), пирите (до 27 г/т). Серебро является основной примесью в высокопробном золоте, где его содержание достигает 16 %.

Высокие содержания платиноидов выявлены в пирите (Σ ЭПГ=760 мг/т), вольфрамите (Σ ЭПГ=369 мг/т) и молибдените (Σ ЭПГ=82 мг/т). Максимальные содержания платины отмечаются в пирите (670 мг/т) и вольфрамите (313 мг/т). Высокие содержания палладия на уровне n·10 мг/т характерны для всех трех минералов. Максимальные содержания осмия отмечаются в молибдените (1,6 мг/т). Халькопирит отличается минимальными содержаниями платиноидов.

Лазерным микроспектральным анализом Pt и Pd фиксируются в зернах различных минералов (рис. 3). Аналитические пики Pd часто отмечаются в зернах висмутина и молибденита, а Pt выявлена только в одном зерне вольфрамита из многих десятков изученных зерен этого и других минералов (молибденит, висмутин, пирит, халькопирит). Эти данные в сочетании с информацией о высокой вариации содержаний Pt и Pd позволяют предположить наличие микровключений недиагностируемых оптическими методами собственных минералов.

Повышенные содержания благородных металлов отмечаются в различных концентратах, получаемых при обогащении руд (табл. 3). Содержание золота в товарных концентратах вольфрамита и молибденита низкое (10 мг/т), в основном оно накапливается в сульфидных отходах (5,0 г/т), образующихся при получении вольфрамитового концентрата. Серебро также в основном остается в сульфидных отходах, вместе с тем в концентратах вольфрамита и молибденита его содержание также достаточно высокое (67...70 г/т). Содержания платины менее дифференцированы, но более высокие содержания отмечаются в вольфрамитовом концентрате (530 мг/т). Высокие содержания палладия отмечаются также в вольфрамитовом концентрате (50 мг/т), но в большей степени он накапливается в сульфидном концентрате (103 мг/т) совместно с золотом и серебром.

Все это указывает на возможные перспективы попутного извлечения благородных металлов на разных этапах технологической цепочки переработки руд и концентратов.

На месторождении выявлена контрастная зональность в распределении большого числа химических элементов, в том числе основных промышленных и благородных металлов [15].

Общая схема зональности основной промышленной жилы № 87 характеризуется следующими особенностями. В верхней (фронтальной) части геохимического ряда зональности преимущественно накапливаются литофильные (редкие и редкоземельные) элементы. Слабо дифференцировано распределение, главным образом, сидерофильных элементов. В нижней (тыловой) части ряда накапливаются в основном халькофильные элементы. Основные рудные элементы значительно дифференцированы – в верхней части геохимического ряда расположены Cu, Bi, слабее дифференцировано содержание W, в тыловой части ряда зональности находятся Be, Mo. Выявленный ряд зональности в самых общих чертах согласуется с рядами зональности грейзеновых месторождений литофильных металлов.

Таблица 2. *Благородные металлы в минералах Калгутинского месторождения*

Минерал	Образования, вид анализа (кол-во проб)		Au, мг/т	Ag, г/т	Pt	Pd	Os
					мг/т		
Вольфрамит	Жила № 87, ИНАА (8)		25	1,1	–	–	–
	Мо-шток 1, ИНАА (4)		25	0,5	–	–	–
	Концентрат, ИВАМ (1)		–	–	313	56	0,03
Молибденит	Жила № 87, ИНАА (5)		12	78	–	–	–
	Мо-шток, ИНАА (3)		13	20	–	–	–
	Концентрат, ИВАМ (1)		–	–	6	75	1,6
Халькопирит	Жила № 87, ИНАА (6)		15	51	–	–	–
	Мо-шток 1, ИНАА (2)		15	35	–	–	–
	Концентрат, ИВАМ (1)		–	–	4	9	0,05
Пирит	Жила № 87, ИНАА (7)		54	11	–	–	–
	Мо-шток 1, ИНАА (2)		15	20	–	–	–
	Концентрат, ИВАМ (1)		–	–	670	92	0,05
Кварц	Жила № 87, ИНАА (9)		18	0,5	–	–	–
	Околожильные грейзены, ИНАА (9)		18	0,1	–	–	–
	Мо–шток 1, ИНАА (6)		15	0,1	–	–	–
	Альбитиз. гранит-порфиры ИНАА (2)		27	0,1	–	–	–
	Вмещающие граниты, ИНАА (1)		2,5	0,1	–	–	–
Графит	Концентрат, «Самевах»	(2)	$100 \cdot 10^3$	1400	–	–	–
Гладит		(4)	–	1400	–	–	–
Купробисмутин		(1)	–	12000	–	–	–
Bi-тенантит		(3)	–	900	–	–	–
Висмутин		(4)	–	8400	–	–	–
Павонит		(3)	–	73000	–	–	–
Золото, <10 мкм		(5)	$911 \cdot 10^6$	87200	–	–	–

Примечание: ИНАА – инструментальный нейтроноактивационный анализ, ИВАМ – инверсионный вольтамперметрический анализ, прочерк – нет данных

Таблица 3. *Благородные металлы в концентратах Калгутинского месторождения*

Концентраты, (количество проб)	Au	Ag	Pt	Pd	Os
	мг/т	г/т	мг/т		
Вольфрамитовый промпродукт, (1)	120	280	110	93	н.д.
Вольфрамитовый концентрат (ГОСТ-213-83), (2)	10	67	530	50	0,03
Сульфидный концентрат, (6)	5030	270	150	103	н.д.
Молибденитовая руда, (3)	11	1,2	340	4,6	0,7
Молибденитовый концентрат (ГОСТ-212-83), (2)	10	70	230	6,0	1,9

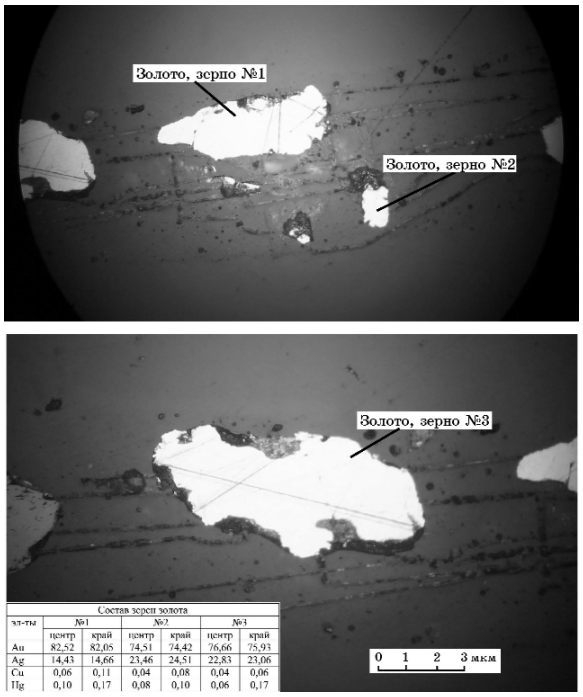

Рис. 2. *Зерна самородного золота из руд Калгутинского месторождения. Микроскоп "Jenavert", отраженный свет, николи параллельны. Содержание элементов по данным анализа на микрозонде "Camebax" (Фото В.А. Акимцев, аналитик О.С. Хмельникова, ОИГГМ СО РАН, г. Новосибирск)*

Весьма характерно положение в ряду зональности жилы ЭПГ, Au и Ag. Выше всех расположены Os и Ag, которые находятся во фронтальной части ряда зональности. Слабо дифференцировано содержание Au. Значительно ниже, в тыловой части ряда размещаются Pd и Pt. Крайним членом ряда зональности в тыловой зоне является Pt, концентрация которой с глубиной возрастает более чем в 5 раз. Разделение в ряду зональности благородных металлов также закономерно проявляется в изменении отношений пар элементов. С глубиной увеличиваются отношения Pt/Pd от 2,7 до 3,7; Pt/Os от 8,2 до 60.

Отмечаются закономерные изменения в соотношении концентраций элементов, в том числе и благородных металлов, в жилах и околожильных грейзенах. В целом следует заключить, что участки жил с наибольшей концентрацией благородных металлов сопровождаются более низким содержанием элементов в околожильных грейзенах и наоборот [15].

Все это свидетельствует о генетическом единстве жил и грейзенов. Наблюдаемые различия в характере геохимической зональности жил и околожильных грейзенов могут быть обусловлены существенными отличиями в механизме и условиях миграции и отложения вещества в гидротермальной системе в открытом трещинном пространстве и при сложных процессах метасоматического преобразования боковых вмещающих пород.

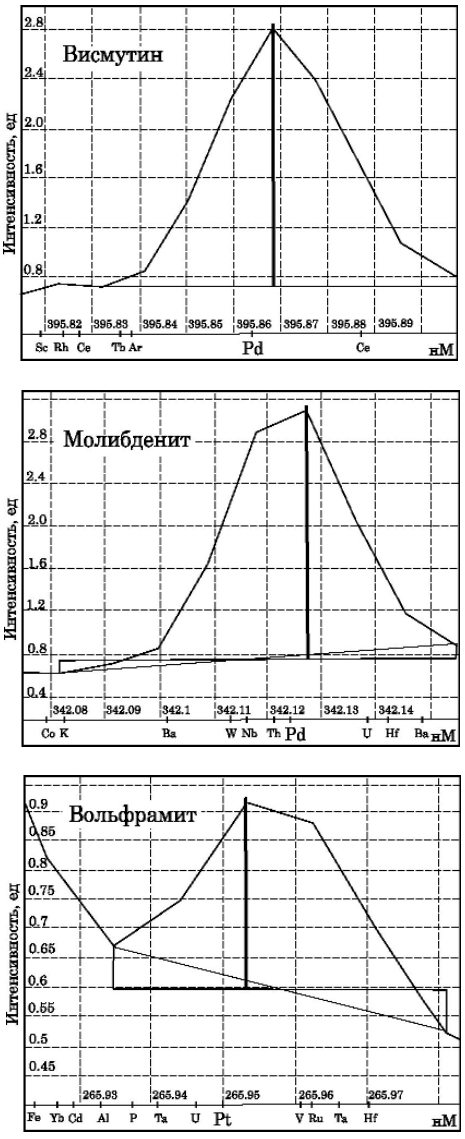

Рис. 3. *Аналитические пики Pt и Pd в зернах минералов руд Калгутинского месторождения по данным локального лазерного микроспектрального анализа (ЛМА-10 с модулем МАЭС, аналитик Г.А. Бабченко, ТПУ). Висмутин из сульфидного концентрата, молибденит и вольфрамит из жилы 87*

Отмечаются закономерности пространственного распределения элементов в плоскости рудоносной зоны (рис. 4), сочетающие элементы осевой (вертикальной) и продольной зональностей. Наблюдаются особенности гнездового распределения участков с богатыми содержаниями элементов, влияние на характер распределения элементов мощности жилы.

В рудах месторождения выявлен графит [12]. В зернах графита отмечается высокое содержание многих металлов, в том числе – Au (до 100 г/т), Ag (до 900 г/т), Te, Hg. С глубиной содержание графита растет. Все это указывает на восстановленный характер и, возможно, глубинный источник рудоносных флюидов.

Распределения графита (С) в пределах жилы 87 имеет отчетливо закономерный характер (рис. 4). Наблюдается увеличение концентрации элемента от верхней и периферической части жилы в низ и к центру. При этом просматривается отчетливая закономерность в распределении углерода и благородных металлов. В пределах жилы пробы с высоким содержанием Pt отчетливо располагаются в близи изолинии с концентрацией углерода 0,03 %, а зона с высоким содержанием Au (>20 мг/т) в виде "шапки" располагается над изолинией 0,08 %.

Высокие содержания Au, Ag, Pt и Pd в рудах и концентратах Калгутинского месторождения не являются исключительным фактом. Так, высокие содержания элементов выявлены в рудах, концентратах и минералах многих постмагматических и гидротермальных месторождений, в том числе молибдено-редкометально-вольфрамовой рудной формации [1–6, 16].

Вместе с тем, совокупность установленных фактов в соответствии с представлениями Н.Л. Добрецова, Ф.А. Летникова [7, 8, 17] указывают на глубинный мантийно-плюмовый характер флюидно-магматической системы Калгутинского месторождения. Об этом свидетельствуют – высокие концентрации благородных металлов, особенно Pt и Pd, их приуроченность к основному этапу рудообразования, присутствие в рудах графита, его металлоносность и особенности пространственного распределения, наличие предшествующих основному этапу формирования оруденения малых тел гранит-порфиров и внутрирудных даек калгутитов, особенности геохимического спектра которых отражают влияние мантийных процессов.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено:

- геологические образования Калгутинского месторождения характеризуются высокими содержаниями Au, Ag, Pt, Pd и Os;
- максимальные содержания элементов характерны для малых тел альбитизированных гранит-порфи-

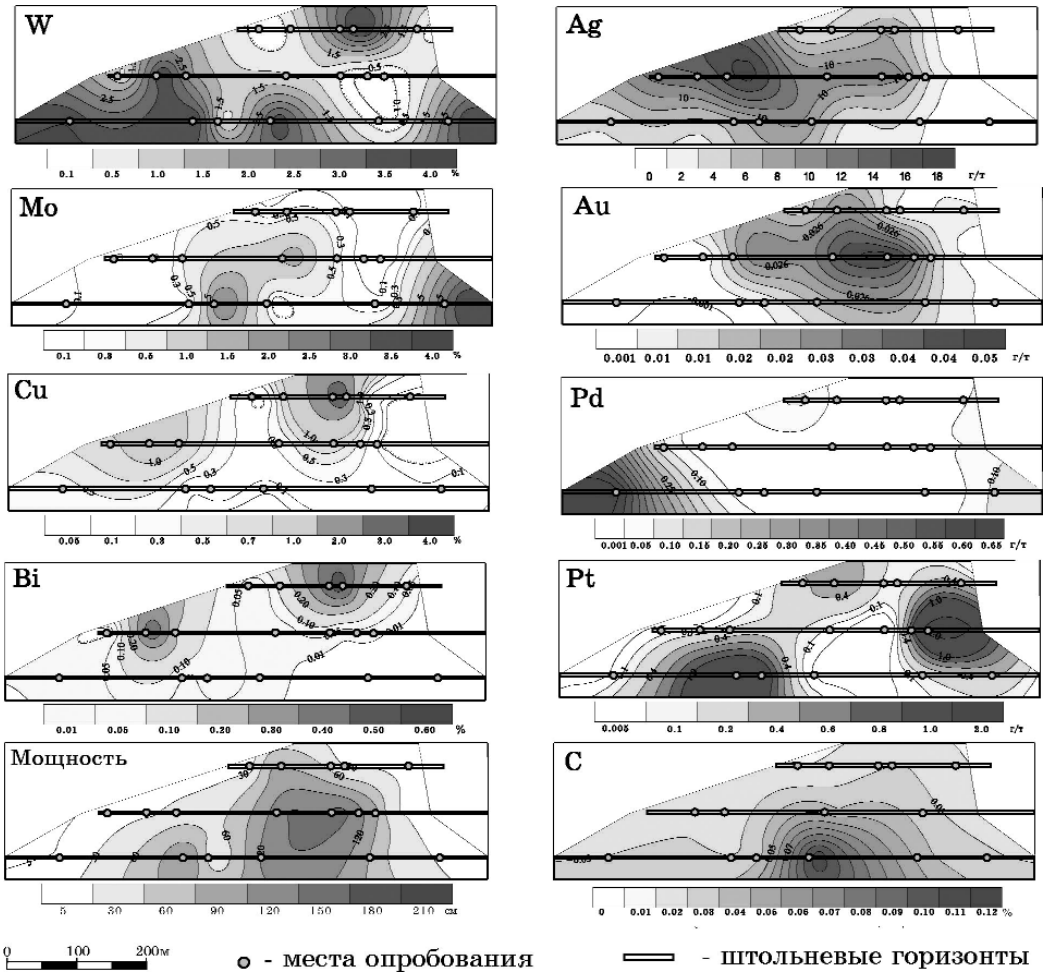

Рис. 4. *Распределение основных рудных элементов, С, Pt и Au в жиле 87 (вертикальная проекция): 1) место отбора проб, 2) вертикальная проекция штольни*

ров ($\gamma\pi_2J_1vk$), внутрирудных гидротермальноизмененных даек калгутитов ($\gamma\pi_3J_1vk$), рудных жил, околожильных грейзенов и автономных рудоносных грейзеновых тел типа "Мо-шток" Среди рудоносных образований наибольшими концентрациями благородных металлов выделяются кварцевые жилы;

– более высокие содержания Au, Pt, Pd в измененных гранит-порфирах и калгутитах, по сравнению с жилами и околожильными грейзенами, указывают на высокие перспективы выявления в районе благороднометалльного оруденения в связи с этими магматическими образованиями;
– золото встречено в виде самородных форм низкой (300...150 ‰) и высокой (964...835 ‰) пробы (основные примеси – Ag, Cu, Hg, Te). В зернах золота отмечается закономерное уменьшение пробности от центра к краю;
– серебро входит в состав сульфидов и сульфосолей (до 7,3 %);
– высокие концентрации Au (до 100 г/т) и Ag (до 0,14 %) выявлены в зернах графита, что может быть обусловлено присутствием в нем микровключений собственных минералов;
– высокие концентрации Pt, Pd и Os характерны для пирита (Σ ЭПГ=760 мг/т), вольфрамита (Σ ЭПГ=369 мг/т) и молибденита (Σ ЭПГ=82 мг/т). Предполагается наличие самостоятельных минеральных форм Pt и Pd, вероятно, в форме наноминералов;
– в рудных жилах благородные металлы имеют гнездовый характер распределения, отмечается осевая и продольная зональность, наблюдается связь с распределением основных рудных элементов, графита и изменением мощности жилы.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Университеты России – фундаментальные исследования", № УР 09.01.045

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспаев Х.А., Парилов Ю.С., Пучков Е.В. и др. Элементы примеси в месторождениях Казахстана: Справочник / Под ред. А.А. Абдуллина и др. – Алматы: ИАЦ ГЭиПР РК, 1999. – Т. 2. – 161 с.
2. Коробейников А.Ф. Нетрадиционные золото-редкометальные месторождения складчатых поясов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. – 237 с.
3. Коробейников А.Ф., Грабежев А.И. Золото и платиновые металлы в медно-молибден-порфировых месторождениях // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т. 306. – № 5. – С. 24–32.
4. Рудные месторождения Узбекистана / Отв. редактор И.М. Голованов. – Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. – 611 с.
5. Сазонов А.М., Гринев О.М., Шведов Г.И., Сотников В.И. Нетрадиционная платиноидная минерализация Средней Сибири. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 1997. – 148 с.
6. Сотников В.И., Березина А.Н., Экономоу-Элиопулос М., Элиопоулос Д.Г. Платина и палладий в рудах медно-молибден-порфировых месторождений Сибири и Монголии // Доклады АН СССР. – 2001. – Т. 378. – № 5. – С. 663–667.
7. Добрецов Н.Л. Мантийные плюмы и их роль в формировании анорогенных гранитоидов // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. – № 12. – С. 1243–1261.
8. Летников Ф.А., Дорогокупец П.И. К вопросу о роли сверхглубинных флюидных систем земного ядра в эндогенных геологических процессах // Доклады РАН. – 2001. – Т. 378. – № 4. – С. 535–537.
9. Владимиров А.Г., Выставной С.А., Титов А.В., Руднев С.Н., Дергачев В.Б., Анникова И.Ю., Тикунов Ю.В. Петрология раннемезозойских редкометальных гранитоидов юга Горного Алтая // Геология и геофизика. – 1998. – № 7. – С. 901–916.
10. Анникова И.Ю., Владимиров А.Г., Выставной С.А. и др. Калгутинский редкометалльно-гранитный массив (Горный Алтай): геодинамическая позиция, глубинная морфология, изотопный возраст // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Матер. Всерос. научн. конф. – Томск: ТГУ. – 2002. – Т. 1. – С. 10–15.
11. Поцелуев А.А., Котегов В.И. Калгутинская флюидно-магматическая система (Горный Алтай): геохимическая эволюция и корреляции // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований: Тез. докл. Всерос. совещ., г. Новосибирск, 16–19 апр. 2003 г. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2003. – С. 268–269.
12. Поцелуев А.А., Котегов В.И. Минералого-геохимические особенности графита Калгутинского грейзенового месторождения // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 1. – С. 62–67.
13. Рихванов Л.П., Поцелуев А.А., Коробейников А.Ф. и др. О необходимости комплексного изучения месторождений полезных ископаемых (на примере Mo-W месторождений Алтая и углей Кузбасса) // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. – Томск: Изд-во "ГалаПресс", 2000. – Т. 2. – С. 113–116.
14. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 384 с.
15. Поцелуев А.А., Котегов В.И. Зональность и закономерности в соотношении содержаний химических элементов в жилах и околожильных грейзенах (Калгутинское месторождение) // Известия вузов: Геология и разведка. – 2002. – № 4. – С. 59–66.
16. Калинин С.К., Щерба Г.Н., Терехович С.Л. Элементы платиновой группы в молибденитах постмагматических месторождений // Доклады АН СССР. – 1972. – Т. 202. – № 1. – С. 187–189.
17. Летников Ф.А. Магмообразующие флюидные системы континентальной литосферы // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. – № 12. – С. 1262–1269.