

УДК 553.411:550.42:553.242.4

И.В.КУЧЕРЕНКО, Н.П.ОРЕХОВ

ЗОЛОТО, СЕРЕБРО, РТУТЬ В ЗОЛОТОНОСНЫХ АПОГНЕЙСОВЫХ И АПОСЛАНЦЕВЫХ ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОРЕОЛАХ БЕРЕЗИТОВОЙ ФОРМАЦИИ

Приведены аналитические материалы, раскрывающие соотношения околорудных метасоматических и геохимических ореолов, образованных в архейских гнейсах и протерозойских углеродистых терригенных сланцах допалеозойского обрамления Сибирской платформы в Северном Забайкалье. Доказана генетическая общность тех и других ореолов. Распределение металлов в ореолах не противоречит представлению о глубинных их источниках. Используемая система формирования геохимических выборок рекомендуется как средство для более корректного решения геохимических и генетических вопросов и совершенствования структуры банков геохимических данных.

Введение

В проблеме формирования золотого оруденения в сланцевых толщах вопрос об источниках золота и других рудогенных элементов относится к числу важнейших, по существу определяющих исход дискуссии о рудообразующей роли регионального метаморфизма, корового и мантийного магматизма. При отсутствии прямых критериев определения источников большинства рудогенных элементов в гидротермальных золоторудных месторождениях эмпирический материал, характеризующий геохимию этих элементов в рудах и околорудных ореолах, сохраняет статус фактической основы, которую наряду с другими данными целесообразно привлекать при исследовании проблемы, в том числе для апробации результатов экспериментов [1 – 5 и др.] и термодинамических расчетов [6 и др.] на предмет выяснения способов приложения полученных выводов к природным процессам.

В последние годы приходится учитывать, что распространенное мнение о приуроченности золотых руд к сланцевым толщам с изначально повышенным содержанием золота и других металлов [7 – 9 и др.], которое послужило основой для возобновления в шестидесятых годах разных вариантов метаморфогенно-гидротермальной гипотезы рудообразования, не всегда подтверждается накапливающимися новыми эмпирическими данными. Согласно этим данным, в частности, содержание золота в сланцах золотоносных и незолотоносных районов находится на уровне субкларковых и оценивается в пределах 4 – 6 [10], 1 – 4 [11] и 1,5 – 5 мг/т [12] и т.д. Отсюда может быть сделано два вывода. Первый заключается в том, что по уровню исходной золотоносности сланцы в некоторых золотоносных районах не имеют преимуществ перед другими породами, что, естественно, усложняет аргументацию здесь метаморфогенно-гидротермальной концепции при отсутствии других доказательств. Второй сводится к тому, что содержания золота в сланцах некоторых районов в десятки – тысячи мг/т, оцениваемые чаще как следствие дорудного обогащения при седиментации или метаморфизме и как необходимая предпосылка рудообразования, фактически представляют наложенные околорудные геохимические ореолы, образованные вследствие рудоотложения.

Причина сохраняющейся противоречивости суждений о дорудной и обусловленной рудообразованием повышенной металлоносности сланцев даже в пределах одной толщи или месторождения заключается в недооценке назревшей потребности единообразного применения таких принципов формирования геохимических выборок, которые опирались бы на рациональную геологическую «вещественную» основу [13]. Скажем, можно разработать геохимические критерии прогноза оруденения на конкретной площади, ориентируясь на выявление тех или иных показателей зональности околорудных геохимических ореолов, но затруднительно или невозможно при этом от-

ветить на один из ключевых вопросов о роли конкретных геологических процессов «седиментации, регионального метаморфизма, околорудного метасоматизма» в формировании итогового геохимического облика рудовмещающего субстрата без дифференцированного учета минеральных продуктов, созданных каждым из этих процессов. Между тем во многих опубликованных работах можно встретить выборки, представляющие «слабо измененные», «измененные», «интенсивно измененные», «углистые», «гидротермально измененные» и т.п. сланцы или вообще сланцы. Обусловленность изменений сланцев процессами низкотемпературного (зеленсланцевого) регионального метаморфизма без участия магматизма при этом считается, как правило, аксиомой, а поэтому не обсуждается, хотя существует ряд признаков связи таких пропилиитоподобных изменений сланцев в некоторых районах с магматогенно-флюидной деятельностью. Не исключено, что в сланцах мы имеем дело с конвергентным золотым оруденением в разных районах, а возможно, в одном и том же районе, обусловленным разными процессами.

Выяснению ситуации здесь может способствовать целенаправленный углубленный сравнительный анализ вещества и геологических факторов рудообразования в углеродистых сланцевых толщах, с одной стороны, и в разнообразном ином субстрате – с другой.

1. Объекты и методы исследований

Приведенные соображения учтены в сравнительном исследовании геохимии рудогенных элементов в околорудном пространстве двух золоторудных полей позднепалеозойского возраста, одно из которых (Ирокиндинское) локализовано в Муйском гнейсовом выступе архейского фундамента Сибирской платформы, а другое (Кедровское) – в протерозойской кедровской углеродисто-терригенной сланцевой толще обрамления выступа. Геология обоих рудных полей описана в [14], а минералого-петрохимическая однородность образованных в них структурно связанных и по времени сопряженных с рудоносными зонами крупно объемных мощностью до многих сотен метров зональных околорудных метасоматических ореолов, отвечающих пропилит-березитовой формации, – в [13,15]. Подчеркнем, что ореолы включают наиболее мощные внешнюю (до сотен метров) и первую промежуточную (до десятков метров) зоны пропилиитоподобных изменений, вторую промежуточную (до первых метров) и внутреннюю (до 1 – 2 метров) зоны, сложенные соответственно березитоидами (с альбитом) и березитами (кварц+серицит+карбонаты+сульфиды+рутил+лейкоксен+апатит). Внешняя зона расчленена по объему минеральных новообразований (менее 10, 10 – 20 и 20 – 30%) на подзоны соответственно слабого (ВНЕС), умеренного (ВНЕУ), интенсивного (ВНЕИ) изменения. В выступе фундамента минеральные ассоциации этапа рудообразования наложены на незональные продукты ультраметаморфизма позднего архея, в сланцевой толще – на мусковит-биотитовый парагенезис предшествующего этапа регионального метаморфизма аркозовых песчано-алевро-сланцев.

Для оценки содержания рудогенных элементов в породах отбирались точечные пробы по сериям геолого-геохимических разрезов, ориентированных вкрест простирания рудоносных зон. Протяженность разрезов определялась из расчета выхода их за пределы или на дальнюю периферию околорудных метасоматических ореолов. В разрезе каждая минеральная зона околорудного метасоматического ореола представлена пробой массой 0,5 кг. Пробы по одноименным минеральным зонам объединялись для статистических расчетов в совокупности (выборки) при том условии, что исходный для околорудного метасоматизма субстрат во всех выборках рудного поля должен быть однороден по минералого-химическому составу и происхождению. Соблюдение этого условия с учетом приведенных выше замечаний призвано обеспечить максимально возможную корректность сравнительного анализа и реконструкции причин изменения параметров распределения металлов в околорудном пространстве. Из всего многообразия пород для данного сообщения в Ирокиндинском рудном поле выбран альмандин-диопсид-двуполевошпатовый гнейс, в Кедровском рудном поле – песчано-алевро-сланец, метаморфизованный на уровне биотитовой субфации зеленсланцевой фации метаморфизма.

Содержание золота определялось тремя методами анализа, содержание серебра и ртути – атомно-абсорбционным методом. Наиболее устойчивой мерой сходимости результатов анализов,

выполненных разными методами, служит средняя относительная ошибка, значения которой не зависят от содержания элемента в пробах. Достигнутая сходимость результатов аналитических работ (табл.1) обеспечивает решение поставленных задач с использованием данных, полученных всеми перечисленными методами, так как относительная погрешность не выходит за пределы природной изменчивости содержаний. Учитывая известные рекомендации [16] и исходя из того, что в нашем случае распределение рудогенных элементов обычно не согласуется с нормальным законом, но не противоречит логнормальному, для анализа использованы параметры логнормального распределения в сопоставлении с параметрами нормального.

Таблица 1

Оценка сходимости результатов определения разными методами содержания золота и серебра в породах

Элементы	Сравниваемые методы анализов	Выборки	Интервалы содержаний, мг/т									
			0,5-10			10,1-100			Более 100			
			П а р а м е т р ы									
			<i>n</i>	δ	σ	<i>n</i>	δ	σ	<i>n</i>	δ	σ	
Au	AA-AA _к	1	88	1,2	23							
		2,3,4	136	0,8	18	5	6,3	26				
	AA-XC	1a	55	2,2	46							
		5,6,7	126	2,6	51	14	40	61	12	3086	78	
	AA-NA	8	22	1,1	23							
Ag	AA-AA _к	9	219	52	14							
		10	22	1,3	11	137	14	13	53	124	18	

Примечание:

1) Методы анализа: атомно-абсорбционный (AA) и контрольный атомно-абсорбционный (AA_к), предел обнаружения 0,1 мг/т, выполнен в лаборатории ядерно-физических методов анализа ОИГГиМ РАН, г. Новосибирск, аналитик В.Г.Цимбалит; химико-спектральный (XC), предел обнаружения 0,3 мг/т, выполнен в ЦЛ ПГО «Читагеология»; нейтронно-активационный (НА), предел обнаружения 0,1 мг/т, выполнен в лаборатории ядерно-физических методов анализа НИИ ядерной физики при Томском политехническом университете.

2) Выборки 1, 1a – углеродистые терригенные сланцы и метасоматиты по ним, остальные выборки – граниты, гнейсы, магматиты, габбро, долериты, вулканиды и метасоматиты по ним, выборка 9 включает пробы без дифференциации по содержанию металла.

3) *n* – число пар сравниваемых анализов; δ – средняя квадратическая ошибка разности, мг/т; σ – средняя относительная ошибка по разностям двойных измерений, %.

4) Расчеты выполнены Н.П. Ореховым.

2. Результаты исследований

Содержания рудогенных элементов в едва затронутых метасоматизмом гнейсах и сланцах в подзоне слабого изменения внешней зоны не отличаются от таковых в свежих породах нулевой зоны (0,5 – 1,5 мг/т), сохранившихся в редких останцах между метасоматическими ореолами, сопровождающими соседние рудоносные зоны. Это в сочетании с дефицитом проб из нулевой зоны и необходимостью формирования выборок, по объему пригодных для статистических расчетов, обусловило добавление к выборкам нулевой зоны результатов анализов, представляющих подзону ВНЕС.

Распределение рудогенных элементов в околорудном пространстве гнейсов и сланцев при всех различиях в происхождении и возрасте этих пород подчиняется сходным закономерностям (табл.2). Не затронутые и почти не затронутые метасоматизмом породы имеют примерно одинаковые содержания, близкие к кларковым (по А.П. Виноградову) в сланцах (золото) или пониженные против кларков (серебро, ртуть). Сравнительно со сланцами в гнейсах понижено содержание золота, но повышено серебра. По-видимому, эти концентрации отвечают местным геохимическим фонам тех и других пород. По мере усиления метасоматических преобразований в породах дифференцированно возрастают содержания и дисперсия распределения всех трех элементов, причем

отличия параметров распределения их относительно подзоны ВНЕС квалифицируются как существенные в основном в тыловых зонах, но отчасти и в подзонах внешней зоны (рис.1 и 2).

Таблица 2

Оценка параметров распределения и корреляционных связей золота, серебра, ртути в минеральных зонах околорудных метасоматических ореолов

Элементы	Параметры распределения	Минеральные зоны					
		Внешняя			1 (23)	2 (65)	ВНУ (169)
		ВНЕС (29)	ВНЕУ (48)	ВНЕИ (29)			
Апогнейсовыи ореолы Ирокиндинского рудного поля							
Au	XГ (X)	0,7 (1,1)	0,6 (0,7)	0,7 (0,7)	0,7 (0,8)	16,5 (47,0)	49,9(228,8)
	T (S)	2,1 (1,8)	1,5 (0,3)	1,5 (0,3)	1,4 (0,3)	4,0 (94,0)	5,7 (646,0)
Ag	XГ (X)	35,7 (43,9)	50, (55,9)	60,3 (85,3)	56,8 (92,7)	153,1(222,0)	134,3(268,1)
	T (S)	1,8 (36,8)	1,7 (25,3)	2,2 (95,1)	3,2 (109,8)	2,3 (239,0)	2,9 (590,8)
	R (SR)	<u>0,73</u> (0,12)	0,02 (0,20)	0,38 (0,22)	<u>0,68</u> (0,14)	<u>0,82</u> (0,06)	<u>0,50</u> (0,12)
Hg	XГ (X)	17,1 (22,0)	15,6 (18,2)	19,3 (34,4)	21,7 (34,8)	19,7 (33,4)	28,7 (55,2)
	T (S)	2,0 (17,0)	1,7 (11,5)	2,4 (56,5)	2,3 (53,8)	2,6 (47,0)	2,9 (99,4)
	R (SR)	-0,07 (0,2)	-0,36 (0,1)	-0,10 (0,2)	0,04 (0,27)	0,05 (0,11)	0,07 (0,08)
Au / Ag		0,025	0,016	0,014	0,021	0,107	1,590
Апосланцевые ореолы Кедровского рудного поля							
Au	XГ (X)	1,2 (1,6)	0,7 (1,5)	1,1 (1,7)	1,8 (2,6)	3,9 (6,9)	5,8 (15,3)
	T (S)	2,1 (1,5)	2,9 (2,7)	2,7 (1,6)	2,0 (4,0)	2,8 (9,5)	4,5 (19,9)
Ag	XГ (X)	26,7 (32,1)	23,3 (26,0)	56,6 (91,7)	61,7 (165,1)	135,8(222,4)	165,0(278,5)
	T (S)	1,9 (20,9)	1,6 (13,9)	2,6 (116,6)	4,6 (340,0)	2,6 (359,5)	3,1 (257,0)
	R (SR)	0,001 (0,2)	<u>0,79</u> (0,11)	0,22 (0,21)	0,21 (0,12)	0,11 (0,09)	<u>0,44</u> (0,16)
Hg	XГ (X)	17,8 (26,3)	28,3 (34,7)	22,0 (30,4)	24,5 (34,1)	17,5 (23,5)	30,5 (36,0)
	T (S)	2,8 (20,7)	2,1 (18,7)	2,2 (27,0)	2,4 (30,1)	2,1 (20,6)	1,8 (21,4)
	R (SR)	<u>0,35</u> (0,16)	<u>0,50</u> (0,22)	0,20 (0,21)	-0,15 (0,12)	-0,11 (0,08)	<u>0,58</u> (0,13)
Au / Ag		0,07	0,03	0,02	0,09	0,04	0,04

Примечание:

1) ВНЕ, ВНЕ, ВНЕИ – подзоны слабого, умеренного, интенсивного изменения внешней зоны; 1, 2, ВНУ – первая, вторая промежуточные и внутренняя зоны (в скобках – число проб).

2) XГ, X, S – соответственно среднее геометрическое, арифметическое содержание и стандартное отклонение содержания, мг/т; T – стандартный множитель; R (SR) – коэффициент парной линейной корреляции элементов с золотом и его стандартное отклонение, значимые коэффициенты корреляции ($q = 5\%$) подчеркнуты.

3) Расчеты выполнены Н.П. Ореховым.

В обоих рудных полях, как и в других мезотермальных золоторудных месторождениях, продуктивность геохимических ореолов прямо коррелирует с масштабами и продуктивностью оруденения, что особенно заметно на распределении золота и серебра и величине золотосеребряного отношения. Крупные промышленные рудные тела сопровождаются высококонтрастными ореолами обоих металлов (Ирокиндинское рудное поле, табл.2), золотосеребряное отношение при этом увеличивается по мере приближения к рудным телам вплоть до свойственных рудам значений, в которых, в отличие от пород, содержание золота нередко превышает содержание серебра. При более скромных параметрах оруденения, как это имеет место в сланцевой толще Кедровского рудного поля на доступных для опробования участках, геохимические ореолы, по крайней мере, золота, даже в тыловых зонах менее контрастны, а золотосеребряное отношение при опережающем возрастании содержания серебра сохраняется на уровне периферии ореолов. Надо, однако, иметь в виду, что в других рудных полях сланцевого типа с крупными рудными телами, например, в Донском районе золотосеребряное отношение в березитах также приближается к таковому в рудных телах.

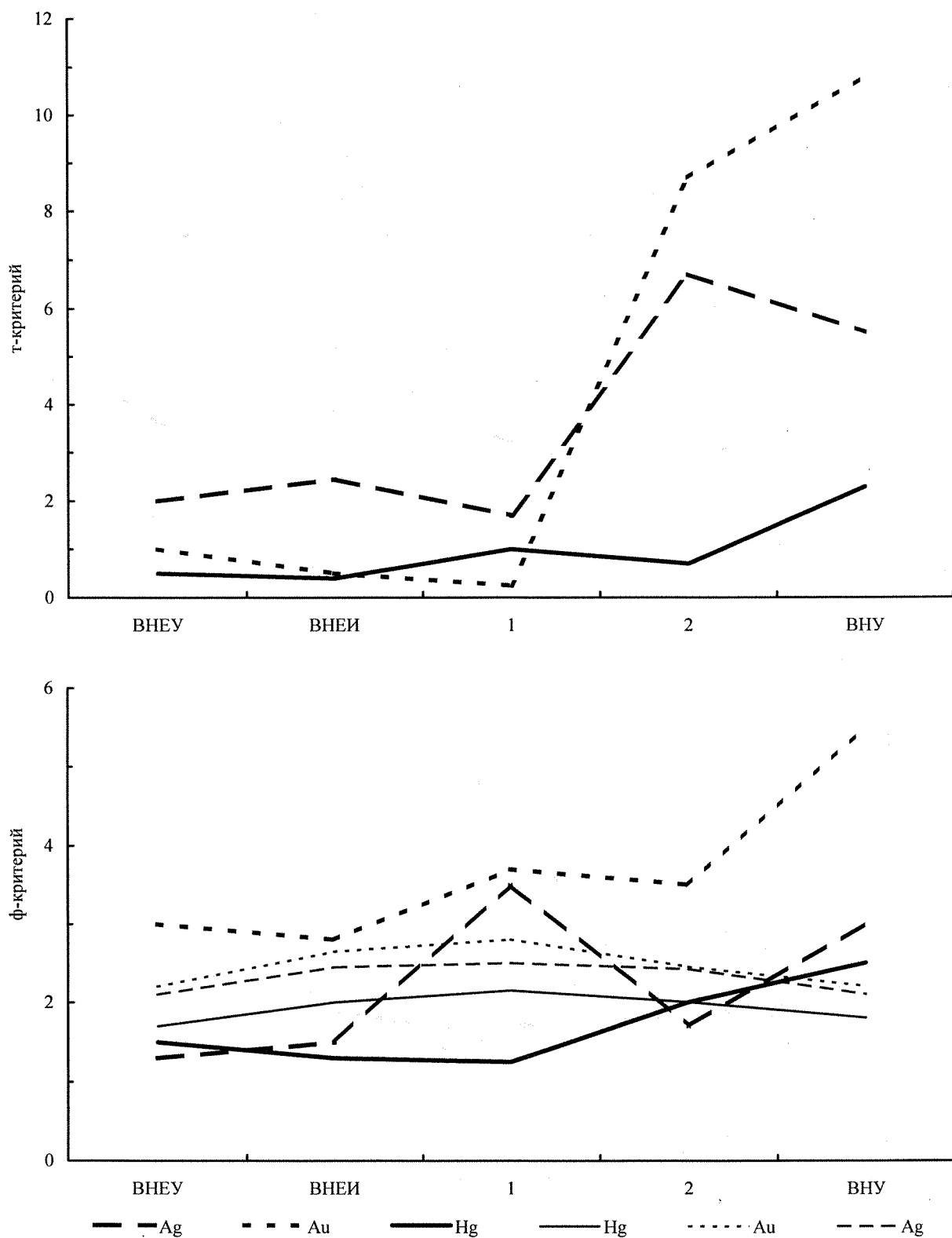


Рис.1. Распределение рудогенных элементов в золотоносных апогнейсовых и апосланцевых околорудных метасоматических ореолах березитовой формации

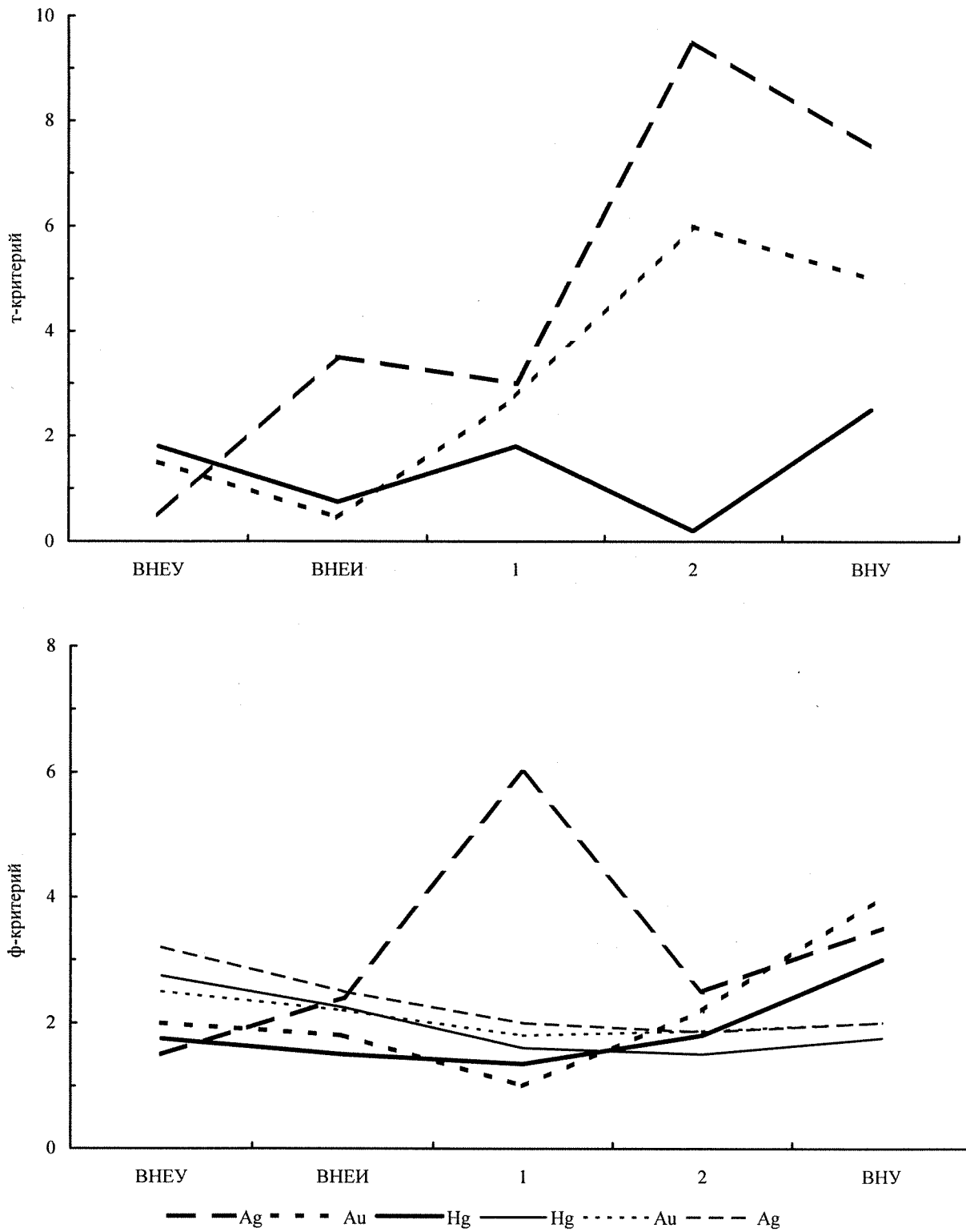


Рис.2. Распределение рудогенных элементов в золотоносных апогнейсовых и апосланцевых околорудных метасоматических ореолах березитовой формации

3. Обсуждение результатов

Субкларковые содержания золота в сланцевых толщах зеленосланцевой фации, в том числе рудовмещающих, свойственны некоторым другим районам южного складчатого обрамления Сибирской платформы. Так, к северо-востоку от Муйского выступа в водораздельной толще низов патомской серии рифея они составляют 1,0 мг/т, в Баргузинской тайге в карбонатно-терригенных рифей – раннепалеозойских толщах – 1 – 1,5 мг/т [17], в породах догалдынской, валюхтинской, имнянской свит Ленского района – 1,9, 1,2, 0,7 мг/т [18], в венд-нижнекембрийских черных сланцах северной Монголии – 0,23 – 0,60 мг/т [19], в осадочно-метаморфических толщах Монголии – 1,0 – 2,1 мг/т [20], в терригенно-сланцевых толщах рудовмещающей сухопитской серии Енисейского района – 0,3 – 2,1 мг/т [21] и т.д. Приведенные содержания, в отличие от более высоких значений некоторых других авторов, характеризуют золотоносность сланцев за пределами околорудных геохимических ореолов, которые всегда положительны и не сопровождаются отрицательными [22 – 24 и др.].

Низкие, близкие к кларковым, концентрации золота в терригенных сланцах упомянутых и ряда других золотоносных и незолотоносных районов разного возраста согласуются со сходными уровнями золотоносности современных осадков многих акваторий морей и океанов [25, 26 и др.]. Это дает основание считать, что данное явление обусловлено повторяющимися в истории формирования осадочной оболочки земной коры особенностями седиментации, хотя имеет место и обогащение осадков золотом в специфических ситуациях. Поэтому не видно объективной необходимости искать причину низкой золотоносности сланцевых толщ золоторудных районов в эпигенетическом выносе из них золота на предрудных этапах метаморфизма и рассматривать субкларковые содержания золота в сланцах за пределами околорудных ореолов как «отработанные» [27]. Кроме того, в противном случае потребовалось бы объяснить, где, как и почему золотоносные метаморфические флюиды после завершения этапа метаморфизма должны были пережить достаточно длительный период установленных, например, в Северо-Забайкальском, Ленском, Енисейском районах новых импульсов послеметаморфической активизации мантии [28, 29], сопровождавшейся многоактным внедрением магматических расплавов, в том числе поздних до – и внутрирудных базитового состава, и лишь после этого отложить золото и другие металлы.

Насыщение метасоматических ореолов рудогенными элементами свидетельствует о подвижности последних в условиях физико-химических режимов пропилит-березитового процесса, а приуроченность сверхкларковых масс рудогенных элементов преимущественно к тыловым зонам метасоматических ореолов указывает на меньшие объемы околорудных геохимических ореолов сравнительно с метасоматическими. В свою очередь, прямая зависимость продуктивности ореолов от степени метасоматической переработки пород в околорудном пространстве и от продуктивности рудных тел свидетельствует о генетическом единстве руд и ореолов в рамках единого рудообразующего процесса.

Для оценки возможных источников золота, серебра, ртути имеет значение ряд фактов, установленных ранее.

В Ирокиндинском рудном поле ранее найдены доказательства направленной при околорудном метасоматизме миграции петрогенных компонентов – кремния из высококремнистых в малокремнистые породы, кальция из высокоизвестковистых (кальцифиры) в малоизвестковистые (гнейсы) породы и т.п. [15]. Признаки подобной миграции обнаружены в рудных полях, образованных среди черных сланцев. Закономерное перемещение растворенных компонентов из областей повышенных в области пониженных концентраций объяснимо диффузионным механизмом околорудного метасоматизма в условиях малоподвижных трещинно-поровых породно-флюидных систем. В режиме фильтрующегося флюидного потока изменения концентраций подчиняются, как известно, другим законам.

Полученные факты позволяют считать более вероятным подъем рудоносных флюидов, обеспечивавших поступление сверхкларковых масс металлов, по разломам, зонам проницаемости, а не посредством фильтрации по поровому пространству пород. Речь идет о поведении в рудообразующих процессах кремния и создающих в золотоносных березитах контрастные приразломные

(в боках глубинных разломов) аномалии титана и фосфора [15], наиболее миграционноспособных в щелочной и сильно щелочной среде [28]. Установлено, что кремний в количествах, достаточных для образования жильного и прожилкового оруденения, выносится из тыловых зон околорудных метасоматических ореолов на около – и нижнерудные уровни [13, 15], что свойственно березитовой формации вообще. Следовательно, флюиды при подъеме были стерильны в отношении кремния, хотя, обогащенные растворенными соединениями титана и фосфора, должны были иметь щелочную и (или) сильно щелочную реакцию. Если бы такие флюиды фильтровались сквозь крупные объемы пород, они насыщались бы кремнием задолго до достижения блоков рудообразования, чего, как отмечено, не происходило.

С учетом приведенных данных разноуровневое накопление рудогенных элементов в соответствии с околорудной метасоматической зональностью обусловлено, скорее всего, диффузионным перемещением металлов от стволовых и оперяющих их флюидоподводящих и флюидовмещающих разломов и трещин, а не в обратном направлении, как это следует, например, из концепций вакуумного всасывания растворов в моменты раскрытия трещин [30] или фильтрации их [31]. Стимулирующим направленной диффузией фактором в данном случае следует, видимо, считать градиенты концентраций металлов, возникавшие между внедрившимися по разломам и законсервированными трещинными металлоносными флюидами, с одной стороны, и поровыми растворами пород – с другой. Все это подчеркивает достаточно ограниченные возможности для выноса металлов из сколько-нибудь существенных объемов пород на путях движения флюидов.

С другой стороны, рассматриваемые металлы участвуют в составе руд и ореолов в золотых месторождениях разного возраста, в том числе в Ленском [32], Енисейском районах, и среди разнообразного не специализированного на них субстрата. Это предполагает внешние по отношению к последнему источники важнейших металлов. Месторождения контролируются проникающими в мантию разломами и в Северо-Забайкальском районе, например, одна и та же Киялинская зона глубинных разломов контролирует одновозрастные Киялинское ртутное месторождение и описанное Иркиндинское ртутьсодержащее золотое месторождение подобно тому, как едиными системами глубинных разломов контролируются месторождения золота с примесью ртути и близкого к ним возраста месторождения ртути с примесью золота в Калифорнийской золото-ртутной провинции и ряде других районов [33]. Принципиальная возможность генерации золота, ртути в мантийных резервуарах подтверждается выносом этих металлов эксгаляциями во многих вулканах с мантийным питанием [34], а реальное участие мантийных продуктов в породах, ореолах и рудах обсуждаемых объектов аргументировалось нами ранее [15, 28 и др.].

Выводы

1. Тремя независимыми методами анализа, показавшими удовлетворительную сходимость результатов, установлены субкларковые (на уровне регионального фона) содержания золота, а атомно-абсорбционным методом – серебра и ртути во вмещающих золоторудные поля позднеархейских альмандин-диопсид-двуполевошпатовых гнейсах фундамента Сибирской платформы и протерозойских песчано-алевро-сланцах обрамления выступа фундамента, не затронутых околорудными метасоматическими изменениями пропилит-березитового профиля на этапе рудообразования. Иркиндинское и Кедровское рудные поля образованы в неспециализированном на перечисленные рудогенные элементы субстрате.

2. Околорудные апогнейсовые и апосланцевые геохимические ореолы занимают в околорудном пространстве меньшие объемы сравнительно с околорудными метасоматическими ореолами, обладают независимо от субстрата сходством, которое выражается в дифференцированном нарастании концентраций и дисперсии распределения рудогенных металлов по мере усиления метасоматических изменений пород. Контрастность геохимических ореолов прямо зависит от масштабов и насыщенности металлами рудных зон. Околорудные метасоматические и геохимические ореолы представляют собой генетически однородные совокупности и формировались в процессе и результате рудообразования.

3. Полученные результаты и выводы не противоречат ранее разработанному по совокупности данных представлению о внешних, вероятнее всего, мантийных источниках металлов при образовании Ирокиндинского и Кедровского месторождений.

4. Использованная система формирования геохимических выборок способствует более корректному решению геохимических и генетических вопросов и совершенствованию структуры банков геохимических данных, пригодных для региональных и глобальных обобщений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глюк Д. С. // ДАН СССР. - 1986. - Т.286. - №5. - С.1232-1235.
2. Жатнуев Н. С., Миронов А. Г. // Петрология флюидно-силикатных систем. - Новосибирск: Наука, 1987. - С.41-46.
3. Bischoff J. L., Dickson F. W. // Earth and Planet Science Letter. - 1975. - V.45. - №2. - P.385-398.
4. Seyfried W. E., Bischoff J. L. // Geochimica et Cosmochimica Acta. - 1981. - V.45. - №2. - P.135-149.
5. Seyfried W. E., Motte M. J. // Geochimica et Cosmochimica Acta. - 1982. - V.46. - №6. - P.985-1003.
6. Вилор Н. В., Казьмин Л. А. // Региональный метаморфизм и метаморфогенное рудообразование. - Киев: Наукова думка, 1984. - С.179-188.
7. Жабин А. Г. // Отечественная геология. - 1997. - №66. - С.35-40.
8. Кулиш Е. А. // Геологический журнал. - 1993. - №5. - С.16-26.
9. Жмодик С. М., Карманов Н. С., Куликов А. А. и др. // Тез. докл. IV объединенного Международного симпозиума по проблемам прикладной геохимии, посвященного памяти акад. Л.В.Таусова, г.Иркутск, 7-10 сентября 1994 г. - Т.1. - Иркутск: Изд-во Лисна, 1994. - С.175-176.
10. Вилор Н. В. // Геохимия. - 1983. - №4. - С.560-568.
11. Буряк В. А. // Региональный метаморфизм и метаморфогенное рудообразование. - Киев: Наукова думка, 1984. - С.43-50.
12. Горжевский Д. И., Зверева Е. А., Ганжа Г. Б. // Советская геология. - 1988. - №9. - С.113-121.
13. Кучеренко И. В. // Разведка и охрана недр. - 1986. - №12. - С.24-28.
14. Кучеренко И. В., Рубанов В. А. // Вопросы структурной геологии. - Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1987. - С.16-27.
15. Кучеренко И. В. // ДАН СССР. - 1987. - Т.293. - №2. - С.443-447.
16. Закс Л. Статистическое оценивание. - М.: Статистика, 1976. - 600 с.
17. Яценко Р. И., Яценко А. С. // Проблемы метасоматизма и рудообразования Забайкалья. - Новосибирск: Наука, 1985. - С.88-91.
18. Шаров В. Н., Шмотов А. П., Коновалов И. В. Метасоматическая зональность и связь с ней оруденения. - Новосибирск: Наука, 1978. - 103 с.
19. Агафонов Л. В., Жамбаа Б., Зайцев Н. С. // ДАН СССР. - 1989. - Т.306. - №2. - С.422-426.
20. Калинин Ю. А. // Геохимия в локальном металлогеническом анализе: Тез. докл. Всес. совещ., г. Новосибирск, октябрь 1986 г. - Т.2. - Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1986. - С.142-145.
21. Сазонов А. М. // Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. - Новосибирск: Наука, 1985. - С.47-53.
22. Болдыров В. Б., Поляков В. Л., Мельников С. Ю. // Геология, поиски и разведка месторождений Урала. - Свердловск: Свердловский горный институт, 1987. - С.75-80.
23. Буряк В. А. // Генетические модели эндогенных рудных формаций. - Т.2. - Новосибирск: Наука, 1983. - С.139-145.
24. Пузанов А. А. // Геохимические поиски по первичным ореолам. - Новосибирск: Наука, 1983. - С.73-80.
25. Батулин Г. Н., Фишер Э. И., Курский А. Н. и др. // Геохимия. - 1986. - №6. - С.751-759.
26. Crocket J. H., Macdougall J. D., Harris R. C. // Geochimica et Cosmochimica Acta. - 1973. - V.37. - №12. - P.2547-2556.
27. Буряк В. А. // Геология и геофизика. - 1978. - №6. - С.142-146.
28. Кучеренко И. В. // Изв. АН СССР. Сер. геологич. - 1990. - №10. - С.78-91.
29. Кучеренко И. В. // Руды и металлы. - 1993. - №3-6. - С.17-24.
30. Румянцев В. Н. // Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя. - Киев: Наукова думка, 1988. - С.121-130.
31. Нагайцев Ю. В. // Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя. - Киев: Наукова думка, 1988. - С.197-205.
32. Буряк В. А. // Геохимические поиски по первичным ореолам. - Новосибирск: Наука, 1983. - С.44-49.
33. Степанов В. А., Берзон Р. О., Никольская С. Б. Золото-ртутные месторождения мира. - М.: ВИЭМС, 1988. - 52 с.
34. Карпов Г. А. Современные гидротермы и ртутно-сурьмяно-мышьяковое оруденение. - М.: Наука, 1988. - 183 с.