

УДК 553.411.071:550.4

ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА, ОБРАЗОВАННЫХ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВОМ И НЕСЛАНЦЕВОМ СУБСТРАТЕ

И.В. Кучеренко

Томский политехнический университет

E-mail: lev@tpu.ru

Обсуждается проблема происхождения золоторудных месторождений, залегающих в кристаллическом и черносланцевом субстрате. Подчеркивается целесообразность сравнительного исследования всех геолого-вещественно-генетических факторов их образования, в числе которых важное значение сохраняют геохимические.

Предлагается методика геохимических исследований, основанная на использовании результатов петрологического изучения субстрата золоторудных полей и их обрамления, обеспечивающего формирование многоуровневой системы геохимических выборок, представляющих поэтапную историю формирования горных пород и геохимического облика их на каждом этапе.

Приведены результаты реализации предлагаемого подхода в золоторудных месторождениях Северного Забайкалья, залегающих в кристаллическом субстрате и протерозойских черносланцевых толщах в обрамлении Муйского выступа архейского фундамента Сибирского кратона. Приведенные материалы доказывают в геохимическом аспекте геолого-генетическую однородность образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате гидротермальных месторождений золота, обоснованную всей совокупностью эмпирических данных. Предлагаемая методика обеспечивает формирование регионального, а в перспективе глобального банков корректных геохимических данных.

Введение

Противостояние магматогенно-гидротермальной и метаморфогенно-гидротермальной концепций образования золотых месторождений в разных их вариантах с акцентом на геологические ситуации районов сланцевого типа продолжается более сорока лет и конца ему не видно. Нерешенность проблемы, естественно, не способствует углублению теории рудообразования и решению важнейшей прикладной задачи — разработке научно обоснованных «работающих» критериев прогнозирования новых рудоносных площадей.

Известно, и это аксиома, что дискуссия благотворно влияет на развитие любой науки, но почти полувековая в данном случае ее продолжительность без достижения положительных результатов настораживает и давно требует анализа ситуации и поиска вероятных причин явно затянувшихся дебатов, равно как и путей устранения ключевых противоречий. Некоторые причины существующего неудовлетворительного положения вещей анализировались и предлагались к обсуждению ранее [1]. Обращалось внимание на две главнейших.

Первая заключается в том, что метаморфогенно-гидротермальная концепция рудообразования в районах сланцевого типа, предполагающая местный породный источник золота, за редкими исключениями [2], строится на положении, согласно которому обязательной предпосылкой к рудообразованию служит сверхкларковая, повышенная или высокая, дорудная золотоносность вмещающих пород, формирующаяся на этапах седиментации или регионального метаморфизма, либо на том и другом этапах. Однако продолжающееся до сих пор накопление многочисленных новых исключений один другой вариантов решения вопроса с оценкой в одних и тех же породах и толщах дорудных содержаний золота (как правило, без привлечения дру-

гих металлов-спутников) от мг/т до г/т [3–5 и др.] служит объективным свидетельством того, что используемые с удивительным постоянством приемы такой оценки не корректны.

Вторая причина объясняет первую. Очевидно, чтобы доказать дорудное или синрудное накопление повышенных против кларка или аномальных концентраций металлов во вмещающих породах, то есть в междурудном пространстве рудных полей и/или за их пределами, надо использовать такие методические приемы, которые обеспечивали бы выяснение геологической истории химических элементов и одновременно, — достижение цели и решение задач геохимии как науки. На практике же применяются методы поисковой геохимии, которые имеют свое назначение и ориентированы на решение, прежде всего, прогнозно-поисковых задач, не всегда и не в полном объеме соотносимых с задачами вскрытия геологической истории металлов, содержащихся в рудах и вмещающих породах [6–8 и др.].

В решении геолого-генетических проблем рудообразования, в частности, в районах сланцевого (черносланцевого) типа ситуация усугубляется обычной реализацией одностороннего геохимического подхода в обозначенном его варианте, который, как показало многолетнее его применение, не обеспечивает решение стоящих задач. Обозначились тревожные симптомы последнего времени. Авторы некоторых опубликованных работ, подобно ситуации в рудноформационном методе [9], уже не утруждают себя в конкретных случаях доказательствами, скажем, дорудного происхождения сверхкларковых содержаний золота в породах, подавая спорную информацию как доказанные факты [10–16 и др.]. В числе опубликованных можно встретить работы, в которых демонстрируется неосведомленность либо нежелание видеть то, что не вписывается в авторские представления. Напри-

мер, утверждается отсутствие в золотых месторождениях магматических пород, со становлением которых по времени и по другим критериям можно было бы связать рудообразование [17]. Этим не соответствующим действительности утверждением обосновывается предложение еще одной альтернативной концепции рудообразования.

Активное, начиная с 60-х гг. прошлого века, противопоставление золотых месторождений, образованных в углеродистых сланцевых толщах осадочных бассейнов с извлечением, как полагают, золота из пород, месторождениям, созданным в кристаллическом субстрате с экстракцией золота из силикатных расплавов, инициировало возникновение популярных представлений о глубоких геолого-генетических различиях между месторождениями этих двух совокупностей. Долгое время, например, существовало убеждение в том, что в углеродистых сланцах околорудные изменения пород не выражены или они принципиально иные, на уровне субфаций регионального регрессивного метаморфизма, чем в месторождениях, залегающих среди гранитов, ультраметаморфитов и других кристаллических пород, где рудные тела сопровождаются ореолами околорудного метасоматизма пропилит-березитовой и других формаций. Однако начатые с созывом Всесоюзного совещания [18] исследования в направлении поиска этих различий не получили дальнейшего развития. Между тем, в приложении к восточно-сибирскому региону получены результаты, согласно которым принципиальных различий в том, что относится к минеральному составу, физико-химическим и термодинамическим режимам образования руд, структуре, минерало-петрохимическим чертам и формационной принадлежности околорудных метасоматических ореолов, обусловленности рудообразования геологическими процессами, нет [19]. О различиях следует говорить, когда речь идет о грандиозных масштабах запасов золота при низких содержаниях металла в рудах месторождений сланцевого типа в отличие от более скромных месторождений, образованных в кристаллическом субстрате, которые обладают меньшими запасами золота, но сравнительно высокими его содержаниями. Все это находит приведенное далее простое объяснение, обусловлено особенностями устройства среды рудообразования, но не связано с геолого-генетическими различиями процессов рудообразования.

В совокупности доказательств, которые призваны обеспечивать решение проблемы геолого-генетической сущности рудообразования в несланцевом и черносланцевом субстрате на широкой геолого-вещественно-генетической основе и в сравнительном аспекте, свое место занимают положения, следующие из корректного исследования геохимической ситуации в золоторудных полях. В статье обсуждаются методические приемы, как представляется, такого исследования, обобщаются ранее опубликованные [1, 20–23] и дополнитель-

ные материалы и обосновываются выводы, раскрывающие некоторые общие закономерности формирования современного геохимического облика междурудного пространства, сложенного кристаллическим и черносланцевым субстратом.

1. Обоснование методики эксперимента

Теоретическое обоснование методических приемов выполняемого с 1986 г. [20] и продолжающегося [1 и др.] эксперимента опирается на ряд исходных посылок, которые представляются аксиомами.

Во-первых, химические элементы, в том числе металлы, приходят в движение (мигрируют) в горных породах любого состава и происхождения только при воздействии на них геологических факторов, инициированном эпигенетическими геологическими процессами, например, региональным или контактовым метаморфизмом и/или метасоматизмом. Без участия горячих вод (растворов) механизм внутрикристалльной диффузии даже в масштабах геологического времени может обеспечить перемещение вещества лишь на исчезающе малые расстояния. Это доказывается сравнительно стабильным составом растворенного вещества (молекул, ионов, атомов) в газовой-жидких включениях минералов гидротермальных однотипных по происхождению и составу руд месторождений полезных ископаемых, образованных в отдаленные одна от другой геологические эпохи.

Во-вторых, каждый геологический процесс эпигенетических преобразований пород оставляет в них вещественные следы в составе новообразованных минералов, минеральных ассоциаций и комплексов, принадлежность которых к каждому этапу поддается диагностике. В реакциях минеральных замещений синхронно участвуют петро- и рудогенные элементы в соответствии с их химическими свойствами и существующими физико-химическими и термодинамическими режимами.

В третьих, чтобы понять, следуя целевым установкам геохимии, геологическую историю металлов, в частности, золота, необходимо проследить «поведение» их на этапе образования каждой породы и на этапе (этапах) ее последующих преобразований.

Поскольку промежуточные и итоговый балансы металлов (как и любого вещества) в породах рассчитываются на основе сравнения параметров распределения, прежде всего, средних содержаний металлов в выборках проб, корректное решение вопроса происхождения (и распределения) их в междурудном, околорудном пространстве, а, следовательно, и в рудах должно опираться на рациональную систему геохимических выборок. Последние должны, в свою очередь, удовлетворять следующим требованиям. Каждая выборка представляет конкретный вид (разновидность) исходной породы. Это нижний уровень формирующейся системы выборок. Каждая выборка представляет конкретный

вид (разновидность) исходной породы и конкретную минеральную зону ореола зонального регионального, контактового или окологупольного метаморфизма, который в районах сланцевого типа обычно предшествует рудообразованию. Это промежуточный уровень формирующейся системы выборок. Каждая выборка представляет конкретный вид (разновидность) исходной породы, конкретную минеральную зону ореола зонального регионального, контактового или окологупольного метаморфизма и конкретную минеральную зону околорудного метасоматического ореола. Это верхний уровень формирующейся системы выборок. Промежуточные выборки могут представлять два геологических процесса, например, раннего регионального и позднего метаморфизма очагово-купольного типа, то есть два промежуточных уровня, либо отсутствовать, как это бывает в рудных полях, образованных, скажем, в гранитах, в том числе древних.

Таким образом, в данной системе выборки отвечают, как минимум, двум и более геологическим процессам, начиная с этапа образования пород и кончая завершающим этапом их преобразований, в рудных районах обычно связанных с рудообразованием. Выборки в предлагаемом варианте обеспечивают решение вопроса о том, какому геологическому процессу обязано изменение содержания металлов в породе каждого вида (разновидности) и, в зависимости от интенсивности процесса, — в какой степени, а какой геологический процесс не повлиял на содержание металла (металлов) и его (их) распределение в породе. Другими словами, для каждого этапа преобразований может быть дано генетическое объяснение конкретному распределению металла (металлов). В частности может быть корректно решен ключевой вопрос о принадлежности геохимических аномалий к этапу (этапам) дорудного накопления металлов или синрудного их концентрирования в углеродистых сланцах.

В четвертых, процедуре формирования геохимических выборок для статистических расчетов должны предшествовать детальные петрологические исследования с целью реконструкции исходного субстрата неоднократно преобразованных пород и диагностики принадлежности эпигенетических минеральных ассоциаций (комплексов) к конкретным этапам их преобразований. В этом случае каждая геохимическая выборка будет представлять конкретный вид (разновидность) исходных пород, конкретный этап их преобразований и в сравнении с выборками одного и смежных уровней она пригодна для генетических обобщений.

В многолетней практике выполнения эксперимента в гидротермальных золоторудных полях допалеозойского складчатого обрамления Сибирского кратона обнаружались некоторые типовые ситуации. Если вмещающим рудные поля субстратом служат кислые изверженные породы, в том числе древние (начиная с раннепротерозойских), геохимические выборки могут быть сформированы и

формируются на двух уровнях: исходных, как правило, свежих, то есть хорошо сохранившихся с момента становления массивов гранитоидов, и апогранитоидных метасоматитов, образованных на этапе рудообразования. Напротив, в рудных полях, залегающих в протерозойских толщах углеродистых терригенных сланцев, исходные осадочные породы изменены на дорудном этапе регионально-го метаморфизма зеленосланцевой или эпидот-амфиболитовой фаций. Свежие исходные осадочные породы не сохранились. В этом случае геохимические выборки представляют уровни регионального относительно низкотемпературного метаморфизма осадочных пород и околорудного метасоматизма этапа рудообразования. При этом, с использованием ряда признаков не составляет проблемы диагностировать исходные породы, даже интенсивно преобразованные в рудообразующем процессе. Особый случай представляют архейские ультраметаморфические породы фундамента. Состав первичного субстрата неизвестен, а существующие методы его реконструкции не всегда обеспечивают получение достоверного результата. Вместе с тем, ультраметаморфические породы, как и гранитоиды, способны сохраняться бесконечно долго (миллиарды лет) вплоть до этапа рудообразования, когда они подвергаются гидротермальным преобразованиям. Анализ геохимических полей здесь также осуществляется на основе двухуровневой системы выборок: исходных ультраметаморфических пород и образованных по ним метасоматитов.

Исследования с использованием трехуровневой системы выборок пока не реализованы из-за дефицита в известных рудных полях пригодных для этого геологических ситуаций.

В пятых, вся описанная процедура реализации предлагаемого подхода в геохимических исследованиях междурудного, околорудного пространства золоторудных полей будет лишена смысла, если не уделять должного внимания чистоте эксперимента в части отбора, обработки и анализа проб. Как было показано ранее [1, 20 и др.], значимые различия содержания золота, например, в смежных выборках наступают на уровне долей мг/т ... первых мг/т. Поэтому, малейшие сбои в подготовке и анализе проб приведут к искажению результатов, не поддающемуся корректировке, так как обычно неизвестно, на каком этапе произошел сбой.

2. Геологическое положение золоторудных полей

Участвующие в эксперименте золоторудные поля расположены в Южно-Муйском (Ирокиндинское, Западное, Кедровское) и Северо-Муйском (Каралонское) хребтах Северного Забайкалья среди архейско-протерозойских структурно-вещественных комплексов, составляющих на данной территории фрагмент допалеозойского складчатого обрамления Сибирского кратона (рис.). В протерозойских складчатых сооружениях архейские ультраметаморфические породы сохранились в Муйском вы-

ступе фундамента, ограниченном зонами глубинных разломов, — Кияно-Ирокиндинской на западе и Тулдуновской на востоке. Эти зоны контролируют размещение части обсуждаемых и других золоторудных полей и рудопоявлений в районе Муйского выступа. Каралонское рудное поле представляет северное звено в цепочке золоторудных месторождений и проявлений, размещенных в Сюльбанской зоне глубинных разломов, ограничивающей на востоке Байкало-Муйский офиолитовый пояс.

Рудные тела представлены кварцевыми жилами, а в черносланцевых толщах, кроме того, — минерализованными зонами жильно-прожилково-вкрапленных руд. Во всех породах руды сложены пятью минеральными комплексами, отложенными в рамках пяти стадий пульсационного гидротермального процесса в температурном диапазоне 500...35 °C [25].

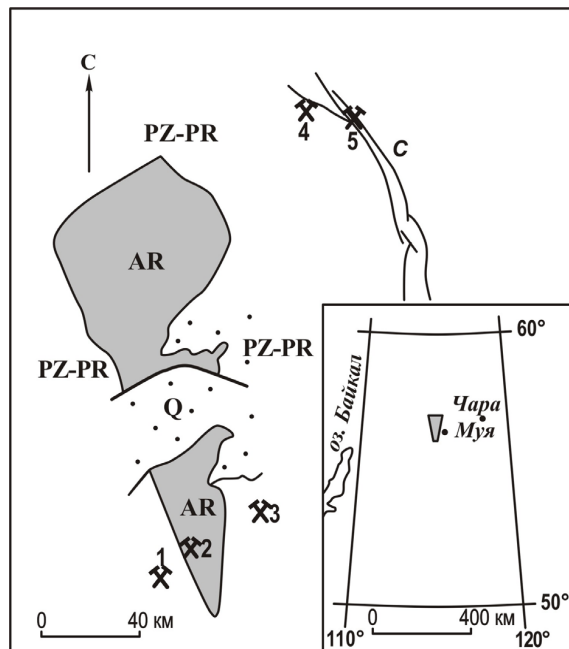


Рисунок. Схема расположения золоторудных месторождений в Северном Забайкалье (геологическая ситуация по В.А. Лашенкову [24]). AR — Муйский выступ архейского фундамента Сибирского кратона среди палеозойско-протерозойского складчатого обрамления (PZ-PR); C — Сюльбанская зона глубинных разломов; Q — рыхлые четвертичные отложения Муйской впадины. Золоторудные месторождения: 1) Западное, 2) Ирокиндинское, 3) Кедровское, 4) Каралонское с Нижне-Орловским участком (5). На врезке — географическое положение Муйского выступа

Рудные поля образованы в позднепалеозойскую металлогеническую эпоху [26].

Вмещающий золоторудные поля субстрат обеспечивает решение поставленной задачи. Здесь представлены мощные толщии углеродистых терригенных сланцев в объеме протерозойских кедровской и водораздельной свит, содержащие промышленные золоторудные кварцевые жилы и минерализованные зоны. Кероген в породах диагностиро-

ван как графит и графитоид [27]. Вмещающий промышленное кварцево-жильное оруденение кристаллический субстрат разнообразен по составу и происхождению и включает несколько видов архейских ультраметаморфических пород Муйского выступа, кварцевые диориты позднепалеозойской зрелой Кедровской очагово-купольной структуры, дайковые породы кислого и основного состава.

3. Минералого-петрохимическая зональность околорудных метасоматических ореолов

В результате литологического и петрологического изучения горных пород установлены исходные для последующих геохимических исследований межрудного и околорудного пространства по-ложения.

Все рудовмещающие кристаллические архейские ультраметаморфические и палеозойские кислые и основные изверженные породы не содержат вещественных следов эпигенетических, до начала рудообразования, изменений. Например, в гнейсах, кварцевых диоритах и других породах полевые шпаты, пироксены, амфиболы, чрезвычайно чувствительный к изменениям биотит совершенно чисты в эпизодически сохранившихся блоках — останках межрудного пространства. Терригенные осадочные породы на дорудном этапе подверглись региональному метаморфизму зеленосланцевой фации, вещественным выражением которого служит мусковит-биотитовый с турмалином парагенезис, равномерно распределенный в толщах пород. При этом, породы сохранили основные дометаморфические черты состава и строения, благодаря чему диагностируется их видовая принадлежность, отвечающая этапу седиментации. Вместе с тем, в районах распространения обсуждаемых осадочных толщ нематоморфизованные осадочные породы не обнаружены.

В кристаллическом и черносланцевом субстрате наложенные на породы минеральные ассоциации и комплексы входят в состав крупнообъемных зональных околорудных метасоматических ореолов. Последнее доказывается принадлежностью минералов к единому метасоматическому повторяющемуся в разных сочетаниях во всех породах ансамблю, закономерным изменением минерального состава метасоматических пород от одной минеральной зоны к другой и, что особенно показательно, нарастанием содержаний эпигенетических минералов от периферии в направлении тыловых зон метасоматических ореолов и рудных тел.

По масштабам, структуре, то есть порядку минеральной зональности, петрохимическим чертам околорудные метасоматические ореолы во всех обсуждаемых породах аутентичны и детально описаны ранее в [1, 20–23, 27 и др.]. Поэтому, отметим главное в соответствии с назначением данной статьи.

Ореолы включают резко разнообъемные минералого-петрохимические внешнюю, в том числе актинолит-тремолитовую, хлоритовую (эпидот-

хлоритовую), альбитовую и тыловую зоны с осевой кварцевой жилой или минерализованной зоной прожилково-вкрапленных руд. Обычно мощность внешней зоны достигает многих сотен метров, хлоритовой — многих десятков метров, альбитовой — первых метров, тыловой — многих десятков см. На участках сближенного расположения рудных тел ореолы своими периферийными частями сливаются один с другим, образуя единый метасоматический ореол. При наличии субпараллельных рудным телам локальных оперяющих рудовмещающих структуры трещин-разломов вследствие усиления минеральных замещений в обрамлении последних минеральные зоны многократно чередуются в поперечном разрезе одного околожильного ореола.

Наиболее полный набор новообразованных минералов при минимальной их массе свойствен внешней зоне ореолов, последовательно, от одной минералогическо-петрохимической зоны к другой, уменьшается в направлении к тыловой зоне с одновременным наращиванием их массы и включает серицит + кварц + альбит + лейкоксен + рутил + магнетит ± пирит ± актинолит-тремолит + хлорит ± цоизит ± клиноцоизит ± эпидот + кальцит ± доломит ± доломит-анкерит ± анкерит ± сидерит ± апатит ± графит (графитоид).

Во внешней и хлоритовой зонах из карбонатов присутствует только кальцит, а магнезиально-железистые карбонаты в дополнение к кальциту появляются во внутренних альбитовой и тыловой зонах с укрупнением метакристаллов-ромбоэдров до 2...3 мм, что усложняет обычную лепидогранобластовую более мелкозернистую структуру метасоматитов возникающей порфиробластовой. Актинолит-тремолит, вместе с хлоритом замещающий пироксены, амфиболы, биотит исходных пород, участвует в составе минеральных новообразований на глубоких горизонтах ореолов. Полное замещение этих, кроме хлорита, минералов знаменует переход от внешней зоны к хлоритовой, в которой он приобретает статус типоморфного. Полное растворение хлорита с образованием за его счет мусковита-серицита, «загрязненного» лейкоксеном, рутилом, магнетитом, в которых фиксируются высвобождаемые из исходных цветных минералов титан и железо, происходит на внешней границе более тыловой альбитовой зоны. Минералы группы эпидота присутствуют во внешней и эпидот-хлоритовой зонах не всегда и наиболее обильны в породах, богатых основными — средними плагиоклазами. Среднекислые плагиоклазы замещаются серицитом, часто в ассоциации с кальцитом и метасоматическим кварцем, дополняющим кварц исходных пород. Плагиоклазам также свойственна деанортизация, выраженная в появлении сначала, во внешней зоне, альбитовых каемок на периферии кристаллов; в альбитовой зоне типоморфный альбит замещает плагиоклазы исходных пород полностью, но растворяется на внешней границе тыловой зоны. Последняя сложена кварцем, серицитом (мускови-

том), магнезиально-железистыми карбонатами с примесью кальцита, сульфидов (в основном, пирита), лейкоксена, рутила, апатита, в апокальцифировых метасоматитах, — графита [27]. Из апочерносланцевых метасоматитов внутренних тыловой и альбитовой зон углеродистое вещество, напротив, удаляется; при отсутствии в них керогена и цветных минералов они приобретают светло-серый цвет.

Распределение минеральных ассоциаций характеризуется, как отмечалось, тем, что масса новообразований нарастает не только в ореоле в целом в направлении внутренних зон, но и в объеме каждой минералогическо-петрохимической зоны в направлении внутренней ее границы. Особенно ярко это выражено во внешней и эпидот-хлоритовой зонах. Внешняя зона дифференцируется на три подзоны: слабого, умеренного, интенсивного изменения с массой (объемом) минеральных новообразований соответственно до 10, 20, 30 %. В условиях жесткого дефицита в рудных полях не затронутых изменениями пород это обеспечивает возможность использования для расчетов баланса петрогенных и рудогенных элементов, анализа параметров распределения металлов в междурудном (околорудном) пространстве наименее измененных, едва затронутых изменениями пород из дальней периферии ореолов, в которых в связи с этим следует ожидать отсутствия движения (миграции) металлов. На внешней периферии эпидот-хлоритовой зоны в составе новообразований присутствует цоизит, часто в форме «оспенных» включений в кристаллах плагиоклаза. В направлении к внутренней границе зоны кристаллы его разрастаются, а сам он сначала по трещинам, а затем и во всей массе замещается эпидотом, количество которого лавинообразно нарастает и который резко исчезает на границе зоны. Синхронно с этим увеличивается железистость хлорита вплоть до образования рипидолита, с которым происходит то же самое, что и с эпидотом. Все это согласуется с представлением о диффузионном механизме массопереноса, обычном в процессах околоразломного метасоматизма [28].

Минеральные преобразования происходят в условиях изменения химического состава пород, инициированного воздействием металлонесных флюидов.

Количественный показатель масштабов такого перераспределения — удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества в процентах к массе вещества исходной породы в стандартном геометрическом объеме во внешней зоне не превышает 3...4 % и в основном формируется за счет естественной неравномерности распределения в породах петрогенных компонентов. В небольшом количестве сюда, в бескарбонатную и бессульфидную среду, поступают углекислота и сера, чтобы образовать свойственную зоне несущественную примесь кальцита и пирита. В более внутренних хлоритовой, альбитовой, тыловой зонах

он возрастает, достигая в последней 40...50 % и демонстрируя существенный вынос из внутренних зон кремния и натрия (соответственно до 50 и 90 %) и поступление в ореолы, преобладающее в их внутренние зоны, углекислоты, восстановленной серы и калия.

Приведенные минералого-петрохимические данные представляют процесс образования березитовой метасоматической формации в ближнем обрамлении рудомещающих структур в сочетании с минералого-петрохимическими хлоритовой и внешней зонами, представляющими пропилитовую метасоматическую формацию. Возможность подобных сочетаний крупнообъемных периферийных и локальных минеральных зон в рамках единых метасоматических колонок, созданных в рамках единых гидротермальных рудообразующих процессов, подчеркивалась ранее [29], в том числе посредством выделения региональной пропилит-березитовой метасоматической формации [30].

Обращают на себя внимание контрастные аномалии фемофильных элементов — титана, фосфора, магния, железа, марганца в березитах как апогнейсовых, аподиоритовых, так и апочерносланцевых оклорудных метасоматических ореолов [28, 31 и др.], подчеркивающие, помимо прочего, генетическую однородность продуктов гидротермальных рудообразующих процессов во всех обсуждаемых породах.

4. Металлы в оклорудном пространстве

Анализируется распределение во вмещающих рудные поля породах трех металлов, обнаруживающих в рудах тесные геохимические связи — золота, серебра, ртути. Первый из них определяет промышленную ценность объектов.

Необходимые для расчета статистических параметров распределения и сравнительного анализа массивы проб в соответствии с заявленными принципами объединены в выборки по принадлежности пород к конкретным петрографическому, литологическому виду на нижнем уровне и минеральной зоне (подзоне) оклорудных метасоматических ореолов — на верхнем. Вследствие сопоставимых содержаний обломочной фракции мелкопесчанистой и алевритовой размерности терригенные породы кедровской и водораздельной свит квалифицированы как песчано-алевросланцы.

Оценка качества аналитических работ на золото и серебро, выполненных в аккредитованных лабораториях (табл.), осуществлялась посредством контрольных анализов в рамках базового высокочувствительного метода атомной абсорбции (внутренний контроль 15 % от массива проб) и выполнения нейтронно-активационного и химико-спектрального анализов (10 % от массива проб) [22]. Средняя относительная ошибка по разностям двойных измерений содержания золота и серебра по данным внутреннего контроля в интервале содержаний

0,5...10 мг/т составила в разных выборках для золота 18 и 23 %, серебра 11 и 14 %, в интервале содержаний 10,1...100,0 мг/т в одной выборке соответственно 26 и 13 %. Эта же ошибка по данным атомно-абсорбционного и химико-спектрального анализов в указанных интервалах содержаний золота составила 51 и 61 %, атомно-абсорбционного и нейтронно-активационного в интервале содержаний золота от 0,5 до 10,0 мг/т — 23 %. Содержание ртути определялось из навесок тех же проб в аккредитованной лаборатории с использованием стандартных эталонов, качество аналитических работ удовлетворительное.

Результаты расчетов, характеризующие распределение металлов в оклорудном (межрудном) пространстве, приведены в таблице.

Обращает на себя внимание, что во всех вмещающих, в том числе черносланцевых, средах геохимические поля обладают сходными чертами строения.

Наиболее низкие содержания металлов свойственны разным по составу и происхождению одного и разных рудных полей породам внешней зоны метасоматических ореолов. Во всех подзонах этой зоны они близки к 1,0...1,5 мг/т, иногда опускаясь до 0,5 мг/т или поднимаясь до 1,9 мг/т. Относительно низкие значения здесь же стандартного множителя (стандартного отклонения) содержаний подчеркивают слабую дисперсию распределения металлов на периферии метасоматических ореолов. В направлении к тыловой зоне содержания и показатели дисперсии распределения содержаний возрастают, достигая в метасоматитах тыловой зоны максимальных значений.

Содержания золота во внутренних альбитовой и тыловой зонах ореолов в абсолютном выражении зависят от степени золотоносности рудных тел, чего не наблюдается во внешней зоне. Зависимость выражается в том, что наиболее обогащены золотом породы этих зон в обрамлении рудных столбов и жил с крупными запасами металла и средними содержаниями его в рудах на уровне не менее десятков — многих десятков г/т. Такую ситуацию представляют ореолы Ирокиндинского месторождения, внутренние зоны которых опробованы в обрамлении наиболее крупных с высокими промышленными параметрами Тулуинской, Юрасовской, № 30 жил. Даже среднее геометрическое содержание золота здесь достигает десятков мг/т, серебра — превышает 100 мг/т; заметно увеличивается содержание ртути. Синхронно и резко возрастают показатели дисперсии содержаний. Картина стабильного увеличения в метасоматитах внутренних зон содержаний металлов и дисперсии их распределения (последнее не всегда) сохраняется в ореолах, обрамляющих бедные руды со средними содержаниями золота не более нескольких г/т. Однако в обрамлении слабо золотоносных жил березиты тыловой зоны аподолеритовых ореолов Западного и аподиоритовых ореолов Кедровского рудных полей, напри-

мер, обогащены золотом до уровня всего нескольких мг/т. В обрамлении минерализованных зон в углеродистых сланцах (Каралонское рудное поле) ситуация промежуточная, отвечающая невысокой их золотоносности со средним содержанием золота, редко превышающим 10 г/т.

Обычны сильные корреляционные связи в объеме околорудных метасоматических ореолов в целом и во внутренних их зонах между золотом и серебром, и лишь эпизодические — между золотом и ртутью. При этом, заметный рост содержаний ртути во внутренних зонах ореолов только в аподиоритовых и апосланцевых ореолах Кедровского рудного поля сопровождается усилением здесь положительных связей ее с золотом.

Слабый или сильный рост золото-серебряного отношения в направлении к тыловой зоне также обычен, но фиксируется не всегда.

5. Обсуждение результатов и выводы

Факт низких слабо различающихся или одинаковых значений средних содержаний золота, серебра, ртути в породах подзон слабого, умеренного, интенсивного изменения внешней зоны околорудных (межрудных) метасоматических ореолов, образованных во всех обсуждаемых средах, доказывает инертность здесь металлов на этапе рудообразования и подчеркивает близость их к кларкам в соответствующих изверженных, осадочных, метаморфических породах, оцениваемым по стандартам геологической службы США [32] и в [33]. Поэтому, представляются справедливыми два положения: указанные значения отвечают местным (региональным) кларкам соответствующих исходных для метасоматизма пород; на удаленной периферии ореолов слабое воздействие растворов, обусловившее слабое изменение пород, не способно инициировать движение металлов, — поступление их в породы или удаление из них. Ситуация меняется в более тыловых зонах ореолов.

Однообразная, повторяющаяся во всех средах, в том числе в черносланцевых толщах, картина распределения металлов в околорудном, межрудном пространстве золоторудных полей отражает тот факт, что в формировании геохимического облика этого пространства действуют одни и те же законы.

Увеличение всегда и во всех породах, независимо от их предшествующей геологической истории, содержаний золота и серебра в направлении к тыловой зоне околорудных метасоматических ореолов и рудных тел, тем большее, чем выше степень золотоносности последних, служит указанием на то, что: 1) металлы мигрируют при метасоматизме и всегда — со стороны раствороподводящих и рудовмещающих разломов, в обрамлении которых интенсивность преобразований пород наивысшая; 2) массы движущихся металлов определяются концентрацией их соединений в металлоносных растворах, унаследованной рудами и породами в их

обрамлении; 3) концентрации металлов в породах прямо соотносятся со степенью их метасоматических преобразований.

Приведенные выводы не согласуются с утверждениями, согласно которым в золоторудных месторождениях отсутствуют признаки околорудных изменений вмещающих пород [17], а золото (металлы) способно (способны) мигрировать в породах без выраженных вещественных (минеральных) признаков их эпигенетических изменений [34]. В приложении к обсуждаемым месторождениям приведенные выводы опровергают упомянутые утверждения. Вместе с тем, они не противоречат представлению о диффузионном механизме массопереноса при околоразломном метасоматизме, следующему из анализа эмпирических данных [28], — по мере удаления от раствороподводящих каналов и рудовмещающих разломов, то есть источников, массы металлов, диффундирующих по заполненному горячими растворами трещинно-поровому пространству пород, постепенно снижаются.

В согласии с приведенными фактами и следующими из них выводами в околорудных метасоматических и геохимических ореолах изменяются количественные соотношения золота и серебра. На периферии ореолов в неизмененных или в едва затронутых изменениями породах с субкларковыми содержаниями этих металлов низкие величины Au/Ag-отношения отражают резко отличные их кларки, — содержание золота здесь более чем на порядок ниже содержаний серебра. В рудах мезотермальных месторождений ситуация иная, — содержание золота мало отличается от содержания серебра или даже превышает его, хотя бывают и исключения. Поэтому, увеличение Au/Ag-отношения в сторону приближения его значений к свойственным рудам (0,5...1,5) так же, как и предыдущие факты, подчеркивает генетическую связь околорудных геохимических ореолов с околорудными метасоматическими и рудами, то есть образование их всех в рамках единых рудообразующих процессов.

При этом, околорудные геохимические ореолы всегда и во всех породах, в том числе в толщах углеродистых сланцев, занимают меньшие объемы сравнительно с околорудными метасоматическими, — первые вписываются во вторые. Очевидно, металлы способны диффундировать на ограниченные расстояния, и этим определяется тот факт, что основная их масса, судя по концентрациям, фиксируется в ближнем обрамлении рудных тел, — во внутренних альбитовой и тыловой зонах максимальных преобразований околорудных метасоматических ореолов. Далее, в направлении периферии ореолов, метасоматические изменения пород происходят в условиях прогрева вмещающей среды преобладающе за счет внутренних ресурсов петрогенных компонентов, что доказывается расчетами баланса и низкими значениями удельной массы подверженного движению (миграции) вещества. На дальнюю периферию способны диффундировать из раствороподводящих

Таблица. Оценка параметров распределения рудогенных элементов и корреляционных связей золота с рудогенными элементами в минеральных зонах околорудных метасоматических ореолов золоторудных полей Северного Забайкалья

Элементы	Параметры ра- спределения	Минеральные зоны [число проб]					
		Внешняя			Хлоритовая	Альбитовая	Тыловая
		Подзоны изменения					
		Слабого	Умеренного	Интенсивного			
1. Ирокиндинское рудное поле Кальцифилы							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	0,9(1,2)[25]	0,9(1,4)[23]	0,9(1,0)[6]	1,0(1,2)[7]	1,7(5,7)[18]	7,2(188,0)[53]
	$t(s)$	2,1(1,7)	2,3(1,9)	1,8(0,6)	1,7(0,6)	4,0(12,1)	8,4(982,7)
Ag	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	42,5(53,4)	30,9(36,1)	44,4(47,6)	52,0(70,8)	175,6(399,7)	112,0(242,0)
	$t(s)$	2,2(32,1)	1,9(20,2)	1,5(20,8)	2,8(46,8)	3,7(603,3)	3,5(408,0)
	$r(sr)$	0,75 (0,17)	0,09(0,37)	0,80 (0,16)	0,03(0,50)	0,91 (0,05)	0,47 (0,16)
	Au/Ag	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,06
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	23,8(29,6)	21,6(32,4)	32,5(39,6)	23,4(30,3)	27,0(48,8)	41,7(64,7)
	$t(s)$	2,0(19,9)	2,3(35,3)	2,1(25,5)	2,2(24,2)	3,1(56,4)	2,7(63,6)
	$r(sr)$	-0,36(0,33)	-0,54(0,27)	-0,06(0,45)	0,47(0,39)	0,0002(0,29)	0,24(0,19)
Альмандин-диопсид-двуполевошпатовые гнейсы							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	0,7(1,1)[29]	0,6(0,7)[48]	0,7(0,7)[29]	0,7(0,8)[23]	16,5(47,0)[65]	49,9(228,8)[169]
	$t(s)$	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	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	35,7(43,9)	50,0(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(239,8)	2,9(590,8)
	$r(sr)$	0,73 (0,12)	0,02(0,20)	0,38(0,22)	0,68 (0,14)	0,82 (0,06)	0,50 (0,12)
	Au/Ag	0,02	0,01	0,01	0,01	0,1	0,37
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	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(0,19)	-0,36 (0,13)	-0,10(0,18)	0,04(0,27)	0,05(0,11)	0,07(0,08)
Альмандин-двуслюдяные гнейсы							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	0,5(0,6)[30]	1,2(1,4)[17]	1,9(2,5)[15]	1,7(2,4)[96]	2,3(4,1)[24]	11,5(1439,5)[34]
	$t(s)$	1,3(0,2)	1,7(0,7)	2,4(1,7)	2,3(2,4)	2,3(8,5)	21,0(1220,0)
Ag	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	36,2(43,1)	33,3(42,4)	42,5(52,4)	38,9(56,0)	76,5(91,1)	160,2(777,8)
	$t(s)$	2,2(19,3)	2,3(25,9)	2,0(32,5)	2,5(50,3)	1,9(50,2)	4,0(н/д)
	$r(sr)$	0,12(0,33)	0,61 (0,19)	-0,32(0,26)	0,42 (0,20)	0,09(0,23)	0,72 (0,12)
	Au/Ag	0,01	0,04	0,04	0,05	0,03	0,08
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	19,4(21,4)	21,2(23,4)	17,0(19,7)	18,3(20,8)	15,0(19,9)	18,3(26,4)
	$t(s)$	1,6(9,5)	1,6(10,0)	1,7(11,8)	1,6(12,5)	2,2(16,3)	2,1(33,2)
	$r(sr)$	-0,46(0,26)	-0,23(0,29)	0,19(0,28)	0,33(0,22)	-0,33(0,20)	0,14(0,25)
Граниты мигматитовой выплавки							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	0,6(0,7)[28]	0,6(0,7)[10]	0,6(0,7)[17]	1,5(1,7)[49]	6,4(23,2)[99]	50,7(335,2)[24]
	$t(s)$	1,6(0,4)	1,4(0,2)	1,4(0,2)	1,8(0,9)	4,9(45,7)	10,6(688,3)
Ag	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	47,9(70,3)	58,9(77,2)	47,3(54,8)	19,0(26,1)	96,8(122,9)	158,5(318,5)
	$t(s)$	2,4(71,6)	2,4(50,2)	1,8(27,3)	2,3(19,8)	2,2(78,2)	3,1(513,4)
	$r(sr)$	0,18(0,27)	-0,08(0,35)	0,28(0,28)	-0,37(0,22)	0,40 (0,15)	0,81 (0,10)
	Au/Ag	0,01	0,01	0,01	0,07	0,06	0,32
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	20,6(24,1)	21,8(28,3)	16,2(30,1)	17,1(19,6)	27,8(41,0)	34,5(41,1)
	$t(s)$	1,7(16,6)	2,2(20,9)	2,5(55,1)	1,7(11,8)	2,4(45,9)	2,0(22,0)
	$r(sr)$	-0,15(0,27)	-0,58 (0,24)	-0,20(0,29)	0,49 (0,20)	0,14(0,18)	0,02(0,23)
Микрогранит-порфиры фельзитовые дайковые							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	н/д	н/д	1,2(1,4)[6]	1,4(1,9)[37]	3,6(17,4)[120]	43,1(269,5)[64]
	$t(s)$			1,8(1,0)	2,0(1,8)	4,9(53,8)	9,0(736,4)
Ag	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$			24,4(24,6)	н/д	132,7(168,4)	143,8(164,3)
	$t(s)$			1,1(3,0)	н/д	1,8(160,0)	1,7(92,9)
	$r(sr)$			0,48(0,34)	н/д	н/д	н/д
	Au/Ag			0,05	н/д	0,03	0,3
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$			н/д	22,3(29,0)	38,2(54,0)	43,8(62,4)
	$t(s)$			н/д	2,0(26,2)	2,4(44,7)	2,2(68,7)
	$r(sr)$			н/д	0,07(0,21)	0,43(0,23)	0,15(0,15)

2. Западное рудное поле Долериты дорудные дайковые							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	н/д	н/д	0,8(0,9)[17]	1,3(1,4)[12]	1,0(1,0)[8]	2,7(9,8)[8]
	$t(s)$			1,7(0,7)	1,5(0,5)	1,5(0,4)	4,8(17,7)
Ag	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$			21,3(26,4)	23,5(28,7)	57,1(117,0)	22,8(27,0)
	$t(s)$			2,0(18,5)	2,1(17,3)	4,3(158,6)	1,9(17,0)
	$r(sr)$			0,11(0,24)	0,54 (0,20)	0,48 (0,22)	0,26(0,38)
	Au/Ag			0,04	0,05	0,02	0,1
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$			26,5(32,0)	35,3(41,3)	43,4(44,1)	33,2(37,8)
	$t(s)$			1,9(22,7)	2,0(19,0)	1,2(8,7)	1,7(20,8)
	$r(sr)$			0,37(0,21)	0,70 (0,15)	0,55 (0,25)	-0,47(0,32)
3. Кедровское рудное поле Кварцевые диориты очагово-купольной постройки							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	0,7(0,8)[25]	0,7(0,8)[25]	0,8(1,0)[6]	1,4(1,7)[17]	1,5(2,3)[20]	3,6(3,8)[6]
	$t(s)$	1,4(0,4)	1,4(0,4)	2,1(1,1)	1,8(1,1)	2,6(2,4)	1,5(1,4)
Ag	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	19,8(26,0)	19,8(26,0)	27,1(28,7)	34,0(33,6)	24,7(36,8)	46,4(47,2)
	$t(s)$	1,9(27,0)	1,9(27,0)	1,4(11,9)	2,4(75,6)	2,5(36,3)	1,2(9,2)
	$r(sr)$	0,55 (0,16)	0,55 (0,16)	0,93 (0,05)	0,16(0,24)	0,35(0,21)	0,69 (0,21)
	Au/Ag	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	18,0(19,3)	18,0(19,3)	24,2(29,3)	17,3(17,8)	19,6(32,2)	25,7(39,3)
	$t(s)$	1,5(7,9)	1,5(7,9)	2,0(19,5)	1,3(4,6)	2,3(53,2)	2,7(38,4)
	$r(sr)$	-0,15(0,23)	-0,15(0,23)	-0,41(0,34)	-0,04(0,24)	0,13(0,23)	0,94 (0,05)
Углеродистые полевошпат-кварцевые песчано-алевросланцы кедровской свиты							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	1,2(1,6)[37]	0,7(1,5)[15]	1,1(1,7)[23]	1,8(2,6)[123]	3,9(6,9)[209]	5,8(15,3)[27]
	$t(s)$	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	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	26,7(32,1)	23,3(26,0)	56,6(91,7)	61,7(165,1)	135,8(223,4)	165,0(278,5)
	$t(s)$	1,9(20,9)	1,6(13,9)	2,6(116,6)	4,6(340,4)	2,6(359,5)	3,1(257,0)
	$r(sr)$	0,001(0,2)	0,79 (0,11)	0,22(0,21)	0,21(0,12)	0,11(0,09)	0,44 (0,16)
	Au/Ag	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	18,0(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)
	$r(sr)$	0,35 (0,16)	0,50 (0,22)	0,20(0,21)	-0,15(0,12)	-0,11(0,08)	0,58 (0,13)
4. Каралонское рудное поле Углеродистые полевошпат-кварцевые песчано-алевросланцы водораздельной свиты							
Au	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	1,0(1,1)[15]	н/д	1,6(2,0)[11]	2,0(2,8)[34]	2,0(3,5)[7]	24,7(73,5)[6]
	$t(s)$	1,6(0,4)		1,9(1,8)	2,4(2,6)	2,8(5,1)	5,6(100,9)
Ag	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	25,1(35,1)		34,9(64,7)	45,6(65,1)	29,4(44,5)	53,3(60,2)
	$t(s)$	2,2(34,8)		2,9(99,3)	2,4(75,0)	2,9(39,9)	1,8(29,6)
	$r(sr)$	0,56 (0,18)		0,73 (0,14)	0,52 (0,12)	0,80 (0,13)	0,70 (0,21)
	Au/Ag	0,04		0,04	0,04	0,07	0,4
Hg	$\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$	32,4(37,3)		47,0(49,0)	58,0(68,6)	42,2(61,6)	44,6(46,5)
	$t(s)$	1,8(19,2)		1,4(14,8)	1,7(61,4)	2,5(63,5)	1,4(16,3)
	$r(sr)$	0,12(0,25)		-0,007(0,30)	-0,22(0,16)	0,55 (0,26)	-0,30(0,37)

Примечание. 1) $\bar{x}\bar{z}(\bar{x})$ – среднее соответственно геометрическое и арифметическое содержание, мг/т; t – стандартный множитель; s – стандартное отклонение содержания, мг/т; r – коэффициент парной линейной корреляции элементов с золотом, выше уровня значимости обозначен жирным шрифтом; sr – стандартное отклонение коэффициента корреляции; н/д – нет данных. 2) Содержание Au и Ag определялось атомно-абсорбционным методом (чувствительность 0,1 мг/т) в лаборатории ядерно-физических методов анализа вещества ОИГГиМ СО РАН (г. Новосибирск), аналитик В.Г. Цимбалист. Содержание Hg определялось атомно-абсорбционным методом (чувствительность 5 мг/т) в ЦЛ ПГО «Березовгеология» (г. Новосибирск) под руководством Н.А. Чарикова. Оценка качества аналитических работ выполнена в [22]. 3) Расчеты выполнены Н.П. Ореховым

разломов лишь весьма подвижные углекислота и сероводород, фиксируемые там среди бескарбонатных и бессульфидных, например, пород в новообразованных кальците и пирите.

Таким образом, геохимические исследования и следующие из них выводы дополняют полученную ранее [19, 35 и др.] систему доказательств глубокого геолого-генетического единства золоторудных месторождений обеих обсуждаемых совокупностей, их принадлежности к мезотермальным и образования в черносланцевых толщах и кристаллическом субстрате в рамках функционирования антидормных флюидно-магматических гранит-долеритовых комплексов мантийных уровней генерации расплавов и металлоносных флюидов.

Уместно обсудить отмеченное выше различие между месторождениями сланцевого типа и образованными в кристаллическом субстрате, заключающееся в разных, обычно несопоставимых масштабах запасов и содержаниях золота в тех и других объектах.

В сланцевых толщах распределение всей массы поступающих из очагов генерации металлоносных растворов по множеству швов и трещинно-поровому пространству крупных объемов трещиноватых хорошо проницаемых пород обеспечивает участие их в полном объеме в рудообразовании. Все поступающее золото фиксируется в рудах и окорудном пространстве месторождений, однако при очевидных низких содержаниях его соединений в растворах (по расчетам, для образования рудных столбов со средними содержаниями металла 50 г/т достаточно его концентрации в растворах до 100...200 мг/дм³) возможности для концентрирования металла в образующихся рудах в условиях крупных объемов рудовмещающей среды ограничены.

В слабо трещиноватом в общем случае кристаллическом субстрате, напротив, существуют ограни-

ченные возможности аккумуляции всей массы металлоносных растворов, поступающих по глубинным разломам, — они рассредоточиваются лишь по малообъемным опережающим структурам, минерализованным зонам, не способным в силу ограниченных объемов вместить всю массу растворов. Часть их, вероятно, значительная, перемещаясь далее вверх по раствороподводящим глубинным разломам, рассеивается вблизи поверхности или на поверхности, не задерживаясь на физико-химических и термодинамических барьерах, создаваемых метеорными водами. Вместе с растворами рассеивается и золото. Однако многократное тектоническое подновление (дробление) ранних минеральных комплексов в малообъемных жилах и минерализованных зонах и неоднократно повторяющееся поступление в них новых порций растворов с золотом обеспечивает концентрирование металла, особенно в наиболее проницаемых участках жил — рудных столбах.

Предлагаемая методика формирования геохимических выборок способна обеспечить создание, пополнение региональных, а в перспективе — глобального банков корректных геохимических данных. Корректность достигается аккумуляцией в банках только проб с реконструированной геологической историей горных пород и химических элементов в них. Пробы пород с диагностикой на уровне «углеродистые сланцы», «измененные углеродистые (углистые) сланцы», «сульфидизированные сланцы» и пр., обычной во множестве публикаций, в этом случае неуместны. Напротив, аналитические данные для проб с реконструированной геологической историей формирования их современного итогового минералого-химического и геохимического содержания пригодны для генетического анализа и генетических обобщений, необходимых для развития теории и достижения прикладных целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В. К методике формирования выборок для расчета статистических параметров распределения и баланса химических элементов в окорудном пространстве гидротермальных месторождений золота // Известия Томского политехнического университета. — 2005. — Т. 308. — № 2. — С. 23–30.
2. Жатнуев Н.С., Миронов А.Г., Дампилов Д.А. и др. Экспериментальное исследование поведения золота в магматическом и гидротермальном процессах (к проблеме источников вещества золоторудных месторождений) // Золото Сибири: геология, геохимия, технология, экономика: Тез. докл. I сибирского симпозиума с международным участием, г. Красноярск, 1–3 декабря 1999 г. — Красноярск: КГАЦМиЗ, 1999. — С. 101–103.
3. Парада С.Г. Условия формирования и золотоносность черносланцевых комплексов Амуро-Охотской складчатой области: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. — Ростов-на-Дону: Ростовский гос. ун-т, 2004. — 48 с.
4. Остапенко Н.С. Основные факторы и механизмы эндогенной концентрации золота (на примере месторождений Приамурья): Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. — Благовещенск, 2007. — 46 с.
5. Степанов В.А. Геология золота, серебра и ртути. Ч. 2. Золото и ртуть Приамурской провинции. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — 161 с.
6. Панфилов Р.В., Гетманский И.И. Разноранговые аномальные геохимические поля как отражение эволюции рудогенерирующей системы // Известия вузов. Геология и разведка. — 2004. — № 6. — С. 79–83.
7. Марданова Ж.П. Минералого-геохимические критерии прогноза и поисков золото-сульфидных руд на примере Гошинского месторождения, Азербайджан // Руды и металлы. — 2004. — № 6. — С. 27–34.
8. Ляхович Т.Т. Зональность первичных ореолов золоторудных месторождений // Известия вузов. Геология и разведка. — 2004. — № 6. — С. 35–39.
9. Кучеренко И.В. Теория и практика формационного метода в рудной геологии. Ч. 1. // Известия Томского политехнического университета. — 2004. — Т. 307. — № 4. — С. 30–37.
10. Немеров В.К., Митрофанов Г.Л., Семейкина Л.К. Флюидодинамическая (рудно-углеводородная) модель формирования большеобъемных платино-золоторудных месторождений сухоложского типа // Платина России. Новые нетрадиционные ти-

- пы платиносодержащих месторождений. Результаты и направления работ по программе «Платина России». Т. VI. – М.: ООО «Геоинформмарк», 2005. – С. 61–68.
11. Марченко Л.Г., Ярцева Л.А., Xueqiu Wang. Черносланцевые толщи как источник золота и платины // Геология и охрана недр. – 2005. – № 2. – С. 40–44.
 12. Иванов А.И. Стадийность формирования золоторудных месторождений и опыт прогнозирования новых объектов в Бодайбинском рудном районе // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых: Тр. Всеросс. научн. конф., г. Томск, 11–15 октября 2005 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 258–263.
 13. Рафаилович М.С., Голованов И.М., Федоренко О.А. и др. Геолого-геохимические особенности гигантских месторождений золота в черных сланцах Центральной Азии // Поисковая геохимия: теоретические основы, технологии, результаты. – Алматы: НИИ природных ресурсов ЮГГЕО, 2004. – С. 67–83.
 14. Стогний Г.А., Стогний В.В. Гранито-гнейсовые купола – рудоуправляющие структуры Верхояно-Колымской орогенной области // Известия вузов. Геология и разведка. – 2004. – № 4. – С. 8–12.
 15. Синцов А.В., Лобанов М.П., Сизых В.И. Рудоносные углистые сланцы Ленского золотоносного района // Литология и полезные ископаемые. – 2003. – № 1. – С. 27–37.
 16. Буряк В.А., Гончаров В.И., Горячев Н.А. Эволюционный ряд крупнообъемных золото-платиноидных месторождений в углеродистых толщах // Доклады РАН. – 2002. – Т. 387. – № 4. – С. 512–515.
 17. Альтшулер М.И. Тектоногенно-электрохимическая дифференциация вещества земной коры как механизм рудогенеза // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 1. – С. 30–38.
 18. Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений / Под ред. В.И. Смирнова и Н.Л. Добрецова. – Новосибирск: Наука, 1985. – 176 с.
 19. Кучеренко И.В. Концепция мезотермального рудообразования в золоторудных районах складчатых сооружений южной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2001. – Т. 304. – № 1. – С. 182–197.
 20. Кучеренко И.В. Петрогеохимические особенности рудообразования в сланцевых толщах // Разведка и охрана недр. – 1986. – № 12. – С. 24–28.
 21. Кучеренко И.В. Минералого-петрохимические и геохимические черты оклорудного метасоматизма в Западном золоторудном месторождении (Северное Забайкалье) // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 5. – С. 32–40.
 22. Кучеренко И.В., Орехов Н.П. Золото, серебро, ртуть в золотоносных апогнейсовых и апосланцевых оклорудных метасоматических ореолах березитовой формации // Известия Томского политехнического университета. – 2000. – Т. 303. – № 1. – С. 161–169.
 23. Кучеренко И.В. Геохимические аномалии благородных металлов как сингенетическая составная часть оклорудных метасоматических ореолов в мезотермальных месторождениях золота // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 4. – С. 25–32.
 24. Замаев С.М., Грабкин О.В., Мазукабзов А.М. и др. Геология и сейсмичность зоны БАМ (от Байкала до Тынды). Структурно-вещественные комплексы и тектоника. – Новосибирск: Наука, 1983. – 190 с.
 25. Ляхов Ю.В., Попивняк И.В. О физико-химических условиях развития золотого оруденения Северной Бурятии // Известия АН СССР. Серия геологич. – 1977. – № 6. – С. 5–18.
 26. Кучеренко И.В. Позднепалеозойская эпоха золотого оруденения в докембрийском обрамлении Сибирской платформы // Известия АН СССР. Серия геологич. – 1989. – № 6. – С. 90–102.
 27. Кучеренко И.В., Ларская Е.С., Панкина Р.Г. и др. Распределение и источники углерода в оклорудных метасоматических ореолах терригенно-сланцевых толщ Байкало-Витимской геосинклинально-складчатой системы // Геохимия. – 1990. – № 6. – С. 797–806.
 28. Кучеренко И.В. О фосфор-магний-титановой специализации золотоносных березитов // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 293. – № 2. – С. 443–447.
 29. Жариков В.А. Некоторые закономерности метасоматических процессов // Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. – М.: Недра, 1966. – С. 47–63.
 30. Плюшев Е.В. Гидротермально-метасоматическое минералообразование как региональное геологическое явление и его металлогеническое значение // Геохимические методы при поисках скрытого оруденения. – М.: Наука, 1984. – С. 11–20.
 31. Кучеренко И.В. Оклорудный метасоматизм как критерий генетической однородности мезотермальных золотых месторождений, образованных в черносланцевом и несланцевом субстрате // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 1. – С. 9–15.
 32. Аношин Г.Н. Золото в магматических горных породах. – Новосибирск: Наука, 1977. – 207 с.
 33. Ярошевский А.А. Распространенность химических элементов в земной коре // Геохимия. – 2006. – № 1. – С. 54–62.
 34. Гольдберг И.С. Рудообразование в геоэлектрохимических системах // Геология и охрана недр. – 2005. – № 2. – С. 28–40.
 35. Кучеренко И.В. Пространственно-временные и петрохимические критерии связи образования золотого оруденения с глубинным магматизмом // Известия АН СССР. Серия геологич. – 1990. – № 10. – С. 78–91.

Поступила 12.02.2007 г.