

УДК 553.2.065

ТЕОРИИ, ГИПОТЕЗЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПОРОДО-РУДООБРАЗОВАНИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ: ФАКТЫ И АРГУМЕНТЫ

Кучеренко Игорь Васильевич,

д-р геол.-минерал. наук, профессор каф. геологии и разведки полезных ископаемых Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: kucherenko.o@sibmail.com

Актуальность исследования определяется необходимостью уточнения теорий, оценки гипотез гидротермального пороодо-, рудообразования, в которые не вписываются некоторые наблюдаемые в природе факты.

Цель работы: доказать на основе известных и новых эмпирических данных положения, исключающие и/или дополняющие следующие из теорий и гипотез выводы.

Методы исследований: изучение гомогенизации газовой-жидких включений в гидротермальных минералах, диагностика минералов и реконструкция последовательности образования минеральных комплексов и минералов в их составе, петролого-геохимические исследования околорудных (рудовмещающих) метасоматических ореолов (колонок) и внутридайки аподолеритовых метасоматитов, образованных в кристаллическом и черносланцевом субстрате в гидротермальных месторождениях золота, изучение пространственно-временных и причинно-следственных соотношений метасоматических горных пород и рудно-минеральных комплексов с производными регионального метаморфизма и магматизма в золотоносных районах, сравнительный анализ метасоматического пороодо- и рудообразования в кристаллическом субстрате и толщах черных сланцев.

Результаты. В совершенствовании теории метасоматических процессов необходимо как реальные природные явления учитывать: 1) пульсационный режим функционирования трещинно-поровых породно-флюидных систем, то есть порционное, с перерывами, поступление гидротермальных, в том числе металлоносных рудообразующих растворов, в области пороодо-рудообразования; 2) застойный режим не только, согласно теории, поровых, но и трещинных флюидов в единых гидравлически связанных трещинно-поровых породно-флюидных системах метасоматического пороодо-рудообразования; 3) встречную, из трещинных растворов в поровые, а не только в обратном направлении, диффузию компонентов, усложняющую обусловленную дифференциальной подвижностью компонентов минеральную зональность околотрещинных метасоматических ореолов (колонок) и, как следствие, полиминеральный, а не мономинеральный, согласно теории, состав их тыловой (осевой) зоны; 4) подвижность (миграционную способность) считающихся в теории инертными при всех условиях P, Ti, Al и накопление контрастных аномалий ассоциации фемофильных элементов K, R, Ti, Mg, Fe, Ca, Mn в тыловых зонах околорудных (рудовмещающих) метасоматических ореолов (колонок) в ближнем (до 1,0...1,5 км) обрамлении рудоконтролирующих и раствороподводящих глубинных разломов.

В метаморфогенно-гидротермальную гипотезу образования месторождений золота в толщах черных сланцев не вписываются следующие факты: 1) принадлежность гидротермально измененных в месторождениях пород не к производным регионального метаморфизма гидратации фации зеленых сланцев, как это следует из гипотезы, а к свойственному и в кристаллическом субстрате сочетанию пропилитовой и березитовой метасоматических формаций; 2) субкларковый уровень дорудных содержаний золота в черных сланцах, вмещающих уникальное (Сухой Лог) и крупные (Вернинское, Чертово Корыто и др.) месторождения; 3) геолого-вещественно-генетическая однородность образованных в толщах черных сланцев месторождений с магматогенными месторождениями, залегающими в кристаллическом субстрате.

Приведены результаты исследований, доказывающие, в отличие от гранитогенной гипотезы, образование месторождений золота в черносланцевом и кристаллическом субстрате в составе антидромных специализированных на золото флюидно-рудно-магматических гранит-диорит-долеритовых комплексов на позднем умеренно щелочном базальтоидном этапе их становления.

Ключевые слова:

Теория эндогенных метасоматических процессов, гранитогенная, базальтогенная, метаморфогенная, полигенная гипотезы образования месторождений золота, факты, аргументы, доказательства.

Постановка задачи

Поиски истины, то есть корректных решений научных, в том числе дискуссионных, проблем сопровождаются открытием, накоплением новых данных, которые подтверждают ранее принятые представления или в них не укладываются и служат основанием для их уточнения или пересмотра. Критерием оценки достоверности научных выводов, как известно, служат эмпирические и/или экспериментальные данные при непременном условии многократной их повторяемости. Повторяемость устраняет фактор случайности в оценке достоверности не только научных положений, но и самих фактов, особенно тех, которые вступают в противоречие с теорией (гипотезой) в тех или иных ее аспектах. Как пра-

вило, между открытием новых фактов, многократным подтверждением их достоверности и включением в доказательную базу научных выводов проходит значительное время. Это объясняет, более того, — оправдывает известный консерватизм в науке.

Современные теории и гипотезы гидротермального пороодо- и рудообразования не составляют исключения из общего правила. Нередко проходят многие десятилетия, прежде чем когда-то открытые в этой области знаний новые факты получают статус достоверных и стимулируют переход количества в качество, то есть убеждают противников уточнения или пересмотра устоявшихся научных положений в необходимости внести в них поправки или отказаться от них и формулировать новые.

Гидротермальные месторождения с их породами, рудами, условиями залегания, последовательностью образования и другими любезно оставленными природой человеку следами служат единственным источником эмпирической информации, без знания которой невозможно понять, как действовала природа, создавая месторождения. Об этом нельзя узнать в кабинетах и лабораториях, даже используя метод дедуктивного мышления. Об этом можно узнать посредством детального изучения устройства месторождений, что есть обязательное условие познания сущности процессов рудообразования. Именно совокупность эмпирических данных формирует питательную среду, в которой вызревают идеи, гипотезы, теоретическая, экспериментальная проверка которых на основе законов химии, физики, смежных наук стимулирует и обеспечивает их трансформацию в теорию или отказ от них как от несостоятельных. Этих очевидных условий прогресса в обсуждаемой области знаний придерживаются не все – дефицит эмпирических, нередко «лежащих на поверхности», но многими не замечаемых фактов – причина банальной неосведомленности (человеческого фактора) плодит многовариантные решения, гипотезы и видна невооруженным глазом во множестве публикаций. Примеры такого рода приведены ниже.

Существуют известные обусловленные и объективными обстоятельствами – спецификой гидротермальных рудообразующих систем – трудности в поисках новых фактов, способных обеспечить формирование и совершенствование теории гидротермального рудообразования в генетическом и металлогеническом ее аспектах. Специфика заключается в невозможности непосредственного наблюдения за ходом функционировавших в прошлые геологические эпохи процессов рудообразования с замерами их параметров, воспроизведения фактора геологического времени в экспериментах, в пространственной разобщенности и ограниченной доступности для изучения составляющих рудообразующих систем – глубинных источников энергии, металлоносных флюидов (растворов и рудного вещества), путей подъема флюидов на верхние горизонты земной коры, а нередко и производных рудообразования – месторождений полезных ископаемых. Вследствие этого недостающие для создания полноценной теории сведения накапливаются чрезвычайно медленно и иногда вынужденно заменяются предположениями, которые впоследствии подтверждаются фактами или отвергаются. Тем не менее, в XX столетии основы теории гидротермального рудообразования в генетическом ее аспекте созданы посредством реконструкции процессов по оставленным последними вещественным следам и при том, что некоторые ее положения, в том числе и прежде всего металлогенического содержания, остаются дискуссионными и требуют более содержательных доказательств.

Приведенные общие замечания представляют справедливыми в приложении к процессам об-

разования гидротермальных месторождений всех видов полезных ископаемых. Однако наряду с общими законами гидротермального рудообразования существуют особенности процессов, определяющие составы, термодинамические, физико-химические режимы, последовательности образования околорудных метасоматических колонок и рудно-минеральных комплексов в них, способные раскрыть обусловленность рудообразования более масштабными геологическими явлениями, скажем, геодинамическими режимами и магматизмом конкретного петрохимического профиля, продуцирующим оруденение одного или нескольких видов. Поэтому и вследствие распространенных явлений конвергенции эндогенного рудообразования в целом и гидротермального в частности обнаруженные в месторождениях одного вида полезного ископаемого новые достоверные (повторяющиеся) факты, требующие корректировки теории или отказа от тех или иных ее положений, следует оценивать на предмет возможности их использования для уточнения теории образования месторождений других видов.

В статье систематизированы и обсуждаются рассредоточенные в публикациях автора последних десятилетий и неопубликованные факты, обнаруженные в мезотермальных месторождениях золота южного горно-складчатого обрамления Сибирской платформы, которые образуют согласованный ансамбль, но не укладываются в системы доказательств некоторых положений современной теории гидротермальной метасоматической зональности Д.С. Коржинского [1], концепции потенциальной рудоносности гранитоидов Л.В. Таусона [2], трех наиболее популярных из четырех известных металлогенических гипотез образования гидротермальных месторождений золота – гранитогенной, метаморфогенной, полигенной. В доказательных базах этих гипотез упомянутые факты не находят объяснения. Напротив, они в совокупности усиливают с уточнениями систему доказательств наименее популярной среди специалистов базальтогенной гипотезы и, как представляется, ускоряют процедуру трансформации ее металлогенической составляющей в теорию, и включение последней в сочетании с генетической составляющей в общую теорию гидротермального рудообразования.

Поскольку начиная с шестидесятых годов прошлого столетия практикуется противопоставление, дифференциация гидротермальных месторождений золота на две совокупности – образованных в кристаллических породах магматогенных и в толщах углеродистых сланцев метаморфогенных [3], детально изучались месторождения той и другой совокупности. Это обеспечило полностью сравнительного анализа информации, в результате которого показана несостоятельность подобного противопоставления.

Ниже обсуждаются следующие проблемные вопросы и темы.

- Режим функционирования гидротермальных рудообразующих систем – эволюционный или пульсационный?
- Субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма гидратации или минералого-петрохимические зоны метасоматических ореолов пропилитовой-березитовой формаций образованы в околорудном пространстве черных сланцев?
- Кремний как индикатор кислотного и щелочного режимов в системе «порода – металлоносный раствор».
- Мономинеральный кварцевый, двухминеральный кварц-серцитовый составы соответственно осевой и тыловой зон или полиминеральный состав обеих зон формируются в околорудных метасоматических ореолах (колонках) в мезотермальных месторождениях золота?
- Инертны при всех или подвижны при определенных условиях Ti, P, Al в гидротермальных рудообразующих системах?
- Породный источник золота, сосредоточенного в рудах месторождений, образованных в толщах черных сланцев, – реальность или миф?
- Гидротермальное рудообразование – следствие потенциальной рудоносности или металлогенической специализации гранитоидов (магматических комплексов)?

Объекты и методики исследования

Для обеспечения заявленного сравнительного анализа исследования выполнены в промышленных месторождениях золота, в каждом из которых золоторудные кварцевые жилы и/или минерализованные зоны (залежи) жильно-прожилково-вкрапленных руд образованы в кристаллических породах или в толщах углеродистых (черных) сланцев, или в том и другом субстрате.

- Крутопадающая рудная залежь позднепалеозойского месторождения Кодадыр локализована в обрамлении Кызыл-Кайнарской надвиговой структуры (глубинного разлома) Южного Казахстана среди позднепалеозойских монцититоидов.
- Минерализованные зоны позднепалеозойского месторождения Восточного в Южном Прибалхашье залегают в среднепалеозойской толще терригенно-карбонатных пород.
- Кварцевые жилы раннепалеозойских Центрального и Бериккульского месторождений контролируются оперяющими структурами Кузнецко-Алатаусской зоны глубинных разломов и залегают соответственно в массиве гранитоидов раннепалеозойского мартайгинского комплекса и в среднекембрийской толще покровных базальтоидов бериккульской свиты.
- Субвертикальные рудные залежи среднепалеозойского месторождения Зун-Холба и кварцевые жилы одновозрастного с ним месторождения Зун-Оспа контролируются Урик-Китойской зоной глубинных разломов (Восточный

Саян) и залегают соответственно среди карбонатно-терригенных пород позднерифейской ильчирской свиты и в Амбартогольском массиве среднепалеозойских гранитоидов холбинского комплекса.

- Кварцевые жилы позднепалеозойских Западного и Ирокиндинского месторождений в Северном Забайкалье контролируются Келянской зоной глубинных разломов и образованы соответственно в габбро-гранитном массиве позднерифейского муйского комплекса и среди архейских ультраметаморфических пород Муйского выступа фундамента.
 - Кварцевые жилы позднепалеозойского Кедровского месторождения в Северном Забайкалье залегают в Тулдуновской зоне глубинных разломов среди углеродистых сланцев позднерифейской кедровской свиты и в позднепалеозойской Кедровской зрелой очагово-купольной структуре ультраметаморфитов и гранодиоритов ядра.
 - Кварцевые жилы и минерализованные зоны позднепалеозойских Каралонского и Уряхского месторождений Северного Забайкалья образованы в Сюльбанской зоне глубинных разломов в позднерифейских толщах покровных вулканитов и углеродистых сланцев соответственно келянской и водораздельной свит, в гранитоидах вендского падоринского и позднепалеозойского конкудеро-мамаканского комплексов.
 - Кварцевые жилы позднепалеозойского Верхне-Сакуканского месторождения залегают в массиве гранитоидов раннепротерозойского кодарского комплекса в Северном Забайкалье на юго-западной окраине архейского Чарского ультраметаморфического выступа фундамента.
 - Рудные залежи позднепалеозойских месторождений Ленского района Сухой Лог, Вернинского, Невского, Медвежьего залегают в обрамлении Кадали-Сухоложского глубинного разлома в позднерифейских толщах углеродистых сланцев хомолхинской, имняхской, аунакитской, вачской свит.
 - Пологая залежь среднепалеозойского месторождения Чертово Корыто в Патомском нагорье образована в висячем боку глубинного разлома среди углеродистых сланцев раннепротерозойской михайловской свиты.
- Перечисленные месторождения вскрыты рельефом, скважинами колонкового бурения, поверхностными, подземными горными выработками в разных сочетаниях и доступны для изучения в диапазоне глубин от поверхности до многих сотен (в пределе до 800) метров. Детальное геологическое картирование по профилям на наиболее информативных обнаженных участках поверхности, документация выработок заключались в изучении стратификации осадочных толщ, складчатых и разрывных структур, ареалов регионального и локального очагово-купольного метаморфизма, ореолов околорудного (рудовмещающего) метасоматиз-

ма, морфологии, условий залегания, составов всех видов магматических пород и руд, последовательности их образования на основе структурных пересечений в сочетании с признаками термического воздействия поздних образований на ранние (разгерметизации вакуолей в кварце в экзоконтактах даек, гидротермальных околорудных изменений пород).

Диагностика минерального, химического состава и видовой принадлежности осадочных, метаморфических, магматических, метасоматических пород осуществлялась на основе полных химических («мокрых») силикатных анализов в сочетании с диагностикой слагающих горные породы и руды минералов в оптическом диапазоне длин волн, в электронных микроскопах с рентгеноспектральным сопровождением в лицензированных лабораториях. Содержания в породах и минералах металлов определялись по методу атомной абсорбции с чувствительностью $1 \cdot 10^{-8}$ % (золото, серебро), $5 \cdot 10^{-7}$ % (ртуть). Оценка термодинамических режимов функционирования, составов металлоносных флюидов выполнялась посредством изучения газожидких включений в кварцах всех рудно-минеральных комплексов. Результаты изотопных исследований использованы в оценке возраста месторождений, источников серы сульфидов, углерода керогена и метасоматических карбонатов в метасоматитах и рудах. Разносторонние исследования углерода керогена, участвующего в составе черных сланцев, обеспечили реконструкцию условий образования и изменений его в процессах рудообразования. Аналитические данные обрабатывались методами математической статистики, посредством петрохимических пересчетов и балансовых расчетов миграции петрогенных и рудогенных элементов при метасоматизме и рудообразовании.

Результаты и обсуждение

Режим функционирования гидротермальных рудообразующих систем – эволюционный или пульсационный?

Предложенные в первой половине двадцатого столетия Д.С. Коржинским эволюционная [4] и С.С. Смирновым пульсационная [5] концепции функционирования магматогенных гидротермальных систем пороодо- и рудообразования мирно сосуществуют и в настоящее время. Попытки их объединить в шестидесятых годах [6] не нашли поддержки.

Согласно эволюционной концепции, непрерывное истечение надкритических флюидов из очагов их генерации – гранитных расплавов – сопровождается дифференциацией растворенных в них кислотных и щелочных компонентов, обусловленной большей скоростью миграции первых в процессе фильтрации флюидов в апикальных частях гранитных массивов и в надинтрузивном пространстве. Вследствие опережающего ухода кислотных компонентов вверх – явления, названного Д.С. Коржинским опережающей волной кислотных

компонентов, отстающие флюиды приобретают щелочную реакцию и, взаимодействуя с гранитами и/или породами рамы, формируют щелочные (основные) метасоматиты, содержащие щелочные полевые шпаты (альбит, ортоклаз, микроклин), биотит (флогопит), амфиболы в разных сочетаниях и количественных соотношениях. Взаимодействие с породами кислотных флюидов, активность кислотных компонентов в которых при дефиците щелочей (оснований) вследствие фиксации их в минералах и по мере охлаждения флюидов возрастает на фронте движущегося потока, сопровождается растворением оснований и образованием кислотных метасоматитов – грейзенов, березитов, аргиллизитов – в зависимости от температурных режимов флюидов. Насыщение последних в процессе «кислотного выщелачивания» пород компонентами оснований, в свою очередь, сопровождается инверсией кислотного режима продолжающих фильтроваться вверх флюидов в щелочной с последующей фиксацией оснований в образующейся твердой фазе. В итоге завершающие процесс «отработанные» флюиды приобретают реакцию, близкую к нейтральной. По классификации Д.С. Коржинского периоды функционирования растворов с соответствующим режимом представляют раннюю щелочную, кислотного выщелачивания, позднюю щелочную, нейтральных растворов стадии эволюционного гидротермального процесса пороодо- и рудообразования.

Таким образом, согласно теории, в результате пороодно-флюидных взаимодействий над генерирующим флюиды магматическим очагом формируется зональная колонна метасоматических пород, по номенклатуре Петрографического кодекса [7] – метасоматический комплекс в составе пространственно разобщенных сменяющих один другой снизу вверх подкомплексов (колонок) ранних щелочных, кислотных, поздних щелочных метасоматитов.

Однако в гидротермальных месторождениях металлов, в частности золота, залегающих, например, в массивах гранитоидов, как правило, если не всегда, производные всех перечисленных стадий частично или полностью пространственно совмещены. Грейзены, березиты, аргиллизиты нередко образованы среди пород, подвергшихся метасоматизму ранней щелочной стадии – альбитизации, калишпатизации, биотитизации, амфиболитизации. В свою очередь, перечисленные метасоматиты либо вмещают жильно-прожилково-вкрапленную рудную минерализацию, либо обрамляют рудоносные кварцевые жилы, содержащие разнообразные и многочисленные минералы-основания – производные поздней щелочной стадии.

С позиции эволюционной концепции и представления об опережающей волне кислотных компонентов эти факты можно было бы объяснить, предположив, что генерирующий металлоносные флюиды очаг остаточных насыщенных летучими расплавов «мигрирует» в нижние части магматиче-

ской камеры по мере опережающей кристаллизации расплавов в ее верхних частях, исходя, в свою очередь, из предположения о снижении скорости охлаждения расплавов – неперемного условия их кристаллизации – с возрастанием глубины. В таком случае инверсия раннего щелочного режима в кислотный поднимающихся флюидов, проходящих больший путь по твердым уже породам верхних частей магматической камеры, оставляющих щелочи в образующихся минералах на больших глубинах в массивах гранитоидов, может происходить также на больших глубинах, вследствие чего «кислотное выщелачивание» сменит щелочной режим уже в породах, ранее подвергшихся щелочному метасоматизму при «высоком стоянии» генерирующего флюида очага остаточных расплавов. Но наблюдаемое в месторождениях совместное залегание оснований, в том числе рудных минералов, карбонатов, – производных поздней щелочной стадии среди кислотных метасоматитов, возможно при условии прекращения фильтрации флюидов, то есть в застойном гидродинамическом режиме. Последнее, однако, теорией не предусмотрено.

Менее гипотетичны объяснения наблюдаемых в гидротермальных месторождениях пространственно-временных соотношений щелочных (основных) и кислотных метасоматитов с использованием давно известных фактов, в совокупности доказывающих пульсационный (порционный) механизм поступления из очагов генерации в образующиеся месторождения металлоносных флюидов. Модель такого механизма демонстрирует природа в областях современной вулканической деятельности – извержения силикатных расплавов чередуются с выделением в атмосферу вулканических газов – водных надкритических металлоносных флюидов, несущих соединения металлов [8], аналогичные слагающим руды гидротермальных месторождений, образованных в прошлые геологические эпохи. Периодическое прекращение вулканической (магматической и флюидной) активности на длительное время сменяется ее возобновлением. Трудно ожидать адекватное эволюционной концепции и представлению об опережающей волне кислотных компонентов следующее из них выдержанное зональное строение метасоматической колонны (комплекса) при многократном внедрении металлоносных флюидов в условиях высокой сопровождающей гидротермальные процессы тектонической активности земной коры и мантии, обеспечивающей обновление и изменение путей миграции флюидов. Напротив, пространственное совмещение кислотных и основных метасоматитов с позиции пульсационной концепции представляется вполне естественным.

Как было отмечено А.Г. Бетехтиным в середине прошлого столетия [9], в каждом из последовательно образованных рудно-минеральных комплексов месторождений повторяется очередность отложения минеральных ассоциаций – в раннем кварце образованы сульфиды и поздние карбона-

ты, как правило, в стандартных и индивидуальных для каждого вида полезных ископаемых наборах минералов и их разновидностей с участием промышленных минералов – носителей профильных металлов. От раннего к позднему минеральному комплексу уменьшается масса кварца, масса сульфидов достигает максимума в промежуточных по времени образования комплексах, но снижается к заключительному, а масса карбонатов возрастает в заключительном комплексе. Исключения, как им и положено, редки и всего лишь усложняют генерализованную схему. Таким образом, последовательность отложения минералов трех классов – оксидов, сульфидов, карбонатов – с упорядоченным изменением их массы повторяется в объемах каждого рудно-минерального комплекса и в суммарном объеме всех комплексов – в раннем кварца много, сульфидов, карбонатов мало; в промежуточных комплексах кварца, карбонатов умеренно, сульфидов много; в позднем комплексе кварца, сульфидов мало, карбонатов много.

Приведенная схема последовательности минералообразования, по мнению И.Н. Кигая [6], характеризует гидротермальный процесс как «непрерывно-прерывистый».

Прерывистая составляющая процесса обусловлена повторяемостью эволюции кислотно-основных свойств флюида в возрастном диапазоне образования каждого рудно-минерального комплекса как отражением порционного поступления его в область рудообразования. Реконструкция кислотно-основных режимов флюида при участии в составе каждого рудно-минерального комплекса чуткого их индикатора – кремнезема – обеспечивается «поведением» последнего. Эволюция происходит по сценарию, напоминающему описанный выше. Поступивший в разломы трещины флюид образует единую гидравлически связанную систему с поровым раствором вмещающих пород, взаимодействуя с последними, растворяет кварц, щелочной режим сменяется кислотным, в связи с чем растворенный кремнезем, диффундирующий в трещинный раствор, переходит в твердую фазу – кварц, образующий прожилки и жилы. В процессе и в результате «кислотного выщелачивания» флюид насыщается основаниями, снова приобретает щелочную реакцию, которая обеспечивает отложение в кварце сульфидов и карбонатов.

Признаками условной «непрерывности» гидротермального процесса, в свою очередь, служат причинно-следственные связи всех рудно-минеральных комплексов между собой, выраженные (овеществленные) в упорядоченной смене сходных на уровне классов минеральных ассоциаций и их массы в составе не только каждого комплекса, но и в совокупном составе всех комплексов, обусловленной повторяемостью эволюции кислотно-основных режимов в породно-флюидной системе формирования каждого комплекса и в рамках всего петро-рудно-генетического пульсационного процесса поро-рудообразования.

В результате изучения методами термобаргеохимии вакуолей минералов руд ряда золоторудных месторождений региона, образованных в возрастном диапазоне от раннего палеозоя до позднего мезозоя в разнообразном, в том числе черносланцевом субстрате, реконструированы однообразные сходные термодинамические, физико-химические режимы отложения рудно-минеральных комплексов, эволюция фазового состояния флюидов, составы и концентрации твердых и растворенных в них химических соединений (катионов, анионов) и газов, их изменения от начала до завершения в каждом месторождении процесса рудообразования. Здесь обратим внимание на температурные режимы процессов, однообразно повторяющиеся во всех объектах независимо от времени и среды их образования (рис. 1) [10, 11].

В диапазоне от 500 до 50 °С температуры кристаллизации минералов снижаются от ранних зарождений кварца и, как правило, минимальных при образовании поздних карбонатов в объеме каждого рудно-минерального комплекса, очевидно, по причине естественного постепенного охлаждения флюидов. Последнее способствует возрастанию активности кислотных компонентов в них и инверсии щелочного режима растворов в кислот-

ный, что, в свою очередь, сопровождается массовым отложением кварца в начале образования каждого комплекса. Вместе с тем температура кристаллизации ранних зарождений кварцев каждого рудно-минерального комплекса превышает до ста, иногда более, градусов температуру образования поздних зарождений кварцев или карбонатов предшествующего комплекса. Эта повторяющаяся в каждом месторождении, включая образованные в черносланцевом субстрате, закономерность иногда не выдерживается при отложении минеральных ассоциаций только завершающего комплекса.

Фактором, определяющим более высокую температуру флюида в начале образования каждого рудно-минерального комплекса, может быть только периодическое поступление в область рудообразования его новой порции из очага генерации. Инъекции новой порции флюида всякий раз предшествует дробление ранее образованных минеральных агрегатов и образование новых разломов – трещин; последнее обуславливает нередко наблюдаемую пространственную разобщенность смежных комплексов. Состав растворенных в каждой новой порции флюида химических соединений существенно меняется, и это отражается на минеральном составе сменяющих один другой рудно-

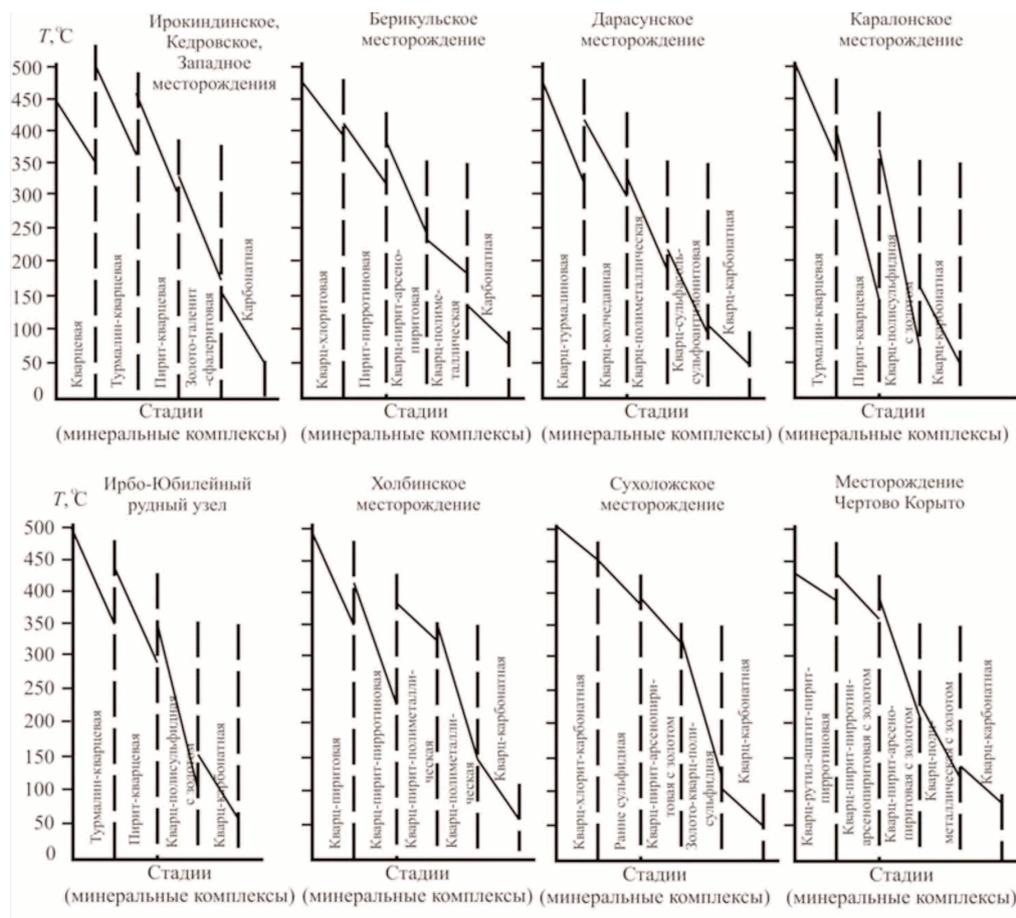


Рис. 1. Температурные режимы минералообразования в золоторудных месторождениях [10, 11]

Fig. 1. Temperature conditions of mineral-formation in gold ore deposits [10, 11]

минеральных комплексов, среди которых выделяются продуктивные, определяющие промышленную ценность руд.

Смена низкотемпературного флюида, охлажденного после отложения высокотемпературной ассоциации «обыкновенная роговая обманка – биотит ранней генерации», новой порцией высокотемпературного флюида в процессе образования аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек-флюидопроводников при фильтрации по ним металлоносных флюидов на путях подъема из очагов генерации также происходит и вещественно выражается в кристаллизации высокотемпературного биотита поздней генерации после образования всех ассоциаций относительно низкотемпературных минералов – серицита, хлорита, альбита, карбонатов и других [12].

Доказательством пульсационного режима функционирования гидротермального рудообразующего процесса, то есть порционного поступления в образующиеся месторождения металлоносных флюидов, также служат факты, раскрывающие пространственно-временные соотношения рудно-минеральных комплексов с магматическими породами. Примеры таких соотношений приведены на рис. 3, 4.

Рудообразующие процессы, как это следует из фактов, приведенных на рисунках, функционируют в условиях чередующегося внедрения умеренно щелочных базальтовых расплавов и металлоносных флюидов. Непроверяемый, тем не менее очевидный, вывод заключается в том, что разломы, заполненные базальтовыми расплавами во время их внедрения под давлением, непроницаемы или слабо проницаемы для металлоносных флюидов, но становятся проницаемыми после застывания расплавов и дробления пород в результате всегда сопровождающих магматизм механических деформаций.

Субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма гидратации или минералогенетрехимические зоны метасоматических ореолов пропилитовой-березитовой формаций образованы в околорудном пространстве черных сланцев?

Проблема существует с семидесятых годов прошлого столетия – времени оформления метаморфогенной гипотезы образования месторождений золота в толщах углеродистых сланцев [3], и одновременного выделения в числе других магматогенной пропилитовой метасоматической формации [13], сопровождающей в сочетании с березитовой гидротермальные месторождения золота в разнобразном кристаллическом субстрате. Производным метаморфогенного и магматогенного гидротермальных процессов приписывают одни и те же минеральные ассоциации в составе минералов хлоритовой, эпидотовой групп, карбонатов, кварца, серицита, антигорита, альбита, рутила (лейкоксена), сульфидов и других в разных сочетаниях и количественных соотношениях.

В магматогенных гидротермальных месторождениях ассоциации пропилитов образуют наложенную минерализацию в рудоносных скарнах, периферийные зоны в метасоматических колонках рудоносных грейзенов, золото-уран-полиметаллических березитов, аргиллизитов в золото-серебряных, сурьмяно-ртутных, молибден-урановых месторождениях. В каждом из упомянутых случаев такого рода пространственно-временные соотношения метасоматических формаций рассматриваются как следствие их последовательного или одновременного образования в рамках единого магматогенного гидротермального рудообразующего процесса [13].

В месторождениях золота «черносланцевого типа» вмещающие руды гидротермально измененные черные сланцы, среди которых никто, за редчайшими исключениями [14], не видит березитов, относятся к производным регрессивного метаморфизма фации зеленых сланцев в составе биотит-хлоритовой, хлорит-серицитовой, альбит-серицитовой, кварц-карбонатной и других субфаций с наложенными на них более поздними, этапа метаморфогенного и/или магматогенного гидротермального рудообразования, карбонатизацией, окварцеванием, пиритизацией и пр. [15–17].

Чтобы понять, какие геологические процессы обуславливают в толщах черных сланцев минерало- и рудообразование, целесообразно использовать рациональный на данный момент методический прием – выполнить анализ состава, распределения во времени и пространстве минеральных комплексов вмещающих пород и руд в сравнительном аспекте в черносланцевой и несланцевой среде. Такой анализ в обсуждаемых золоторудных месторождениях и районах выполнен, результаты его заключаются в следующем.

На обширных пространствах периферии региональных поясов зрелых ультраметаморфических очагово-купольных сооружений, обрамляющих Бодайбинский и Марокано-Илигирский прогибы в Ленском районе, Центральный антиклинорий в Енисейском районе, Кедровский купол на восточной окраине Муйского выступа фундамента в Северном Забайкалье, толщи черных сланцев позднерифейского возраста подверглись региональному метаморфизму нагревания наиболее низкотемпературной фации с образованием равномерно рассеянного мусковит-биотитового парагенезиса. Ширина этой периферийной зоны ареалов зонального ультраметаморфизма достигает километров–десятков километров, а метаморфический мусковит в сланцах в сравнении с мусковитом околорудно измененных пород отличается чистотой пластинок.

Сменившая мусковит-биотитовый комплекс минерализация в составе хлоритов, минералов эпидотовой группы, кварца, альбита, карбонатов, мусковита-серицита с реликтами лейкоксена, сульфидов, с участием золотосодержащих рудных ассоциаций образована не менее чем на сотни млн л поз-

же [18], контролируется глубинными и опережающими их разломами – Кадали-Сухоложским, Ишим-бинским, Татарским, Тулдуновским – и занимает сравнительно локальные объемы земной коры, следуя в черносланцевых толщах и других породах разномасштабным зонам дробления-рассланцевания и образуя в них залежи и минерализованные зоны жильно-прожилково-вкрапленных сульфидно-карбонатно-кварцевых руд.

В залежах, зонах и их обрамлении ореолы гидротермально измененных черных сланцев, как и околорудно измененных пород в разнообразном кристаллическом субстрате месторождений золота, зональны и включают четыре минералого-петрохимических зоны с повторяющимся во всех средах порядком минералого-петрохимической зональности. Общая мощность ореолов в наиболее проницаемых сланцевых толщах редко превышает 2,0 км, в массивных породах (гранитах, ультраметаморфитах и др.) – десятки метров, хотя «шлейфы» слабых изменений (серицитизации и др.) иногда продолжают на большие расстояния. Участие в объемах измененных пород рудных тел с геологическими (кварцевые жилы) или определяемыми по данным непрерывного опробования границами, ослабление изменений вплоть до их исчезновения по мере удаления от рудной минерализации доказывает их синрудное (околорудное) происхождение.

Типовая схема (модель) минералого-петрохимической зональности включает фронтальную (мощностью, как правило, до многих сотен м), хлоритовую (эпидотовую) (до десятков м), альбитовую (до первых м), тыловую (березитовую) (до 1,0...1,5 м) зоны (табл. 1). На внутренней границе фронтальной зоны полностью растворяются цветные минералы исходных пород (амфиболы, пироксены, биотит), хлоритовой (эпидотовой) зоны – хлорит (эпидот), альбитовой зоны – альбит. В объемах ореолов в целом общая масса минеральных новообразований (табл. 1) нарастает от фронтальной зоны к тыловой, достигая в последней максимума без уменьшения числа минеральных фаз. В объемах промежуточных зон массы метасоматических минералов, исчезающих на их внутренних границах, – хлорита (эпидота), альбита – лавинообразно нарастают вблизи последних, причем возрастает магнезиальность-железистость хлоритов, цоизит замещается эпидотом. От фронтальной к тыловой зоне изменяются составы карбонатов – обычный кальцит замещается доломитом, анкеритом, сидеритом, появляются сульфиды.

В структурах рассланцевания в толщах черных сланцев с множеством субпараллельных швов метасоматические колонки приобретают структуру «слоеного пирога» – минеральные зоны в них часто чередуются в разрезе в разных сочетаниях с усилением изменений в обрамлении швов и ослаблением их до уровня хлоритовой (эпидотовой) и даже фронтальной зоны по мере удаления от швов.

Таблица 1. Порядок минеральной зональности метасоматических ореолов мезотермальных месторождений золота Южной Сибири

Table 1. Order of mineral zonality of metasomatic haloes in mesothermal gold deposits of South Siberia

Минеральные зоны Mineral zones	Минералы/Minerals
Фронтальная Frontal	Кварц + серицит + лейкоксен + рутил + магнетит ± пирит ± кальцит + альбит ± кероген ± хлориты ± цоизит ± <u>актинолит</u> ± <u>тремолит</u> Quartz + sericite + leucoxene + rutile + magnetic iron oxide ± pyrite ± calcite ± albite ± kerogen ± chlorite ± zoisite ± <u>actinolite</u> ± <u>tremolite</u>
Хлоритовая (эпидотовая, эпидот-хлоритовая) Chloritic (epidotic, epidote-chloritic)	Кварц + серицит + лейкоксен + рутил + магнетит + пирит ± кальцит ± доломит + альбит ± кероген ± <u>хлориты</u> ± <u>цоизит</u> ± <u>клиноцоизит</u> ± <u>эпидот</u> Quartz + sericite + leucoxene + rutile + magnetic iron oxide ± pyrite ± calcite ± dolomite + albite ± kerogen ± <u>chlorites</u> ± <u>zoisite</u> ± <u>clinozoisite</u> ± <u>epidote</u>
Альбитовая Albitic	Кварц + серицит + лейкоксен + рутил + магнетит + пирит ± кальцит ± доломит-анкерит ± сидерит ± апатит ± кероген + <u>альбит</u> Quartz + sericite + leucoxene + rutile + magnetic iron oxide ± pyrite ± calcite ± dolomite-ankerite ± siderite ± apatite ± kerogen + <u>albite</u>
Тыловая Interior	Кварц + серицит + лейкоксен + рутил + магнетит + пирит ± кальцит ± анкерит ± сидерит ± брейнерит ± апатит ± кероген Quartz + sericite + leucoxene + rutile + magnetic iron oxide ± pyrite ± calcite ± ankerite ± siderite ± breunnerite ± apatite ± kerogen

Преобразования минерального состава около-трещинных пород происходят посредством трещинно-поровых породно-флюидных взаимодействий в условиях встречной концентрационной диффузии компонентов в единой гидравлически связанной системе «трещинный раствор – поровый раствор» [19]. Согласно балансовым расчетам (табл. 2), в формирующиеся метасоматические колонки поступают и фиксируются в них дополнительные к имеющимся в породах массы калия, восстановленной серы, углекислоты в количествах, не превышающих необходимые для того, чтобы связать в твердую фазу свободные и осваиваемые при растворении минералов катионы и анионы [19]. Компоненты диффундируют до хлоритовой (калий) и даже фронтальной (углекислота, сера) зон включительно, причем массы их постепенно снижаются по мере удаления от «возмущающего» объекта – трещинного флюида. Напротив, преимущественно из внутренних зон удаляются почти полностью натрий и до 50 мас. % кремния; последний после инверсии щелочного режима флюида в кислотный образует среди метасоматитов кварцевые жилы и прожилки. По мине-

Таблица 2. Баланс (вынос-, привнос, %) петрогенных элементов в зональных околорудных метасоматических ореолах мезотермальных месторождений золота Южной Сибири

Table 2. Balance (decrease-, augmentation, %) of petrogenous elements in zone near-ore metasomatic haloes in mesothermal gold deposits of South Siberia

Минеральная зона, подзона Mineral zone, subzone	Химические элементы/Chemical elements													Δ
	Si	Al	K	Na	S [*]	C _o	Ca	Mg	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ti	P	Mn	
1. Месторождение Ирокинда/Irokinda deposit														
1.1. Гранит мигматитовой выплавки, AR ₂ (3)/Granite of migmatitic melting, AR ₂ (3)														
Ву (5)	0	0	-10	-10	+	20	20	0	0	10	10	50	-60	1,2
Ви (6)	0	0	-10	0	+	220	70	30	30	70	20	110	0	3,1
Х (9)	-10	10	-40	40	0	500	70	60	0	60	-10	210	-50	6,9
А (8)	0	0	-20	-10	+	870	10	60	20	50	70	250	10	4,5
Вн (7)	-10	10	20	-90	+	2400	200	220	100	230	250	650	30	18,8
1.2. Фельзитовый микрогранит-порфир, PZ ₃ (2)/Felsitic microgranite-porphry, PZ ₃ (2)														
Х (4)	-10	10	10	0	-60	140	120	180	170	60	280	190	210	12,6
А (6)	-30	10	70	-50	20	300	240	330	330	80	500	310	330	27,0
Вн (6)	-30	20	160	-90	1900	390	350	390	210	450	520	230	360	36,8
2. Кедровское месторождение/Kedrovskoe deposit														
2.1. Альмандин-двуслюдной плаггиогнейс, PZ ₃ (1)/Almandine-two-mica plagiogneiss, PZ ₃ (1)														
Ву (1)	-2	2,8	66	-55	-49	-48	-14	10	44	37	-12	143	-27	7,0
Х (1)	-4	8,4	14	-21	160	-27	36	-48	22	35	10	68	-35	6,0
Вн (1)	-48	-46	27	-96	2140	1330	716	439	65	61	98	653	42	45,0
2.2. Кварцевый диорит, гранодиорит, PZ ₃ (6)/Quartz diorite, granodiorite, PZ ₃ (6)														
Х (16)	0	0	0	0	1010	940	0	0	0	-10	0	0	10	4,0
А (6)	-10	-10	20	-10	3170	2070	30	50	60	-30	90	50	40	12,0
Вн (1)	-50	-20	40	-80	4270	4700	220	240	170	320	170	160	240	41,0
Углеродистые полевошпат-кварцевые сланцы кедровской свиты, R ₃ Carbonaceous feldspathic-quartz slates of kedrovskaya suite, R ₃														
2.3. Метааллевропесчаник (1)/Metaaleurosandstone (1)														
А (1)	-17	4,9	248	-34	+	1905	33	1053	282	340	82	300	374	18,0
Вн (1)	-39	8,8	445	-93	+	6913	880	1781	447	125	73	672	347	43,0
3. Месторождение Чертово Корыто/Chertovo Koryto deposit														
Углеродистые полевошпат-кварцевые сланцы михайловской свиты, PR ₁ /Carbonaceous feldspathic-quartz slates of mikhaylovskaya suite, PR ₁														
3.1. Крупнозернистый метааллевролит (5)/Coarse grained metaaleurolite (5)														
У (2)	0	0	0	-10	-30	-10	50	20	0	30	10	0	0	2,9
Х (8)	-20	-30	-30	-70	120	1400	1180	100	70	10	540	840	560	29,7
Вн (1)	-40	-30	-10	-90	0	2800	1920	170	30	-90	570	900	2110	43,4
3.2. Мелкозернистый метапесчаник (5)/Small grained metasandstone (5)														
У (1)	0	0	-30	80	180	40	30	10	0	-20	30	-30	100	3,5
У (3)	0	10	-20	10	130	100	80	120	30	70	20	0	150	6,5
Х (6)	-40	0	-20	-70	430	1910	1400	330	160	30	820	890	1750	34,9
Вн (1)	-30	-10	-10	-90	10	1980	1260	260	110	180	790	870	3620	32,5
3.3. Разнозернистый метапесчаник (1)/Different grained metasandstone (1)														
У (1)	0	0	70	-70	1130	10	-40	110	60	90	30	-50	0	7,94
Х (4)	-30	-10	0	-85	1640	1370	510	420	240	80	840	450	600	31,4
Вн (1)	-50	-30	-10	-90	6570	3180	1300	690	250	490	490	640	4600	55,6

Примечание. 1) Минеральные зоны и подзоны околорудных метасоматических ореолов: Ву, Ви – подзоны умеренного и интенсивного изменения фронтальной зоны, У, Х, А, Вн – соответственно углеродистая, хлоритовая, альбитовая, тыловая зоны. 2) S^{*} – сера сульфидная, C_o – углерод окисленный (карбонатный), «+» – привнос S при содержании ее в исходной породе ниже предела чувствительности анализа. 3) В скобках – число проб, участвующих в расчете средних. 4) Δ – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества в процентах к массе вещества исходных пород в стандартном геометрическом объеме 10000 Å³. 5) Полные химические силикатные анализы горных пород выполнены в Центральной лаборатории ПГО «Запсибгеология» и в Западно-Сибирском испытательном центре (г. Новокузнецк) под руководством И.А. Дубровской и Г.Н. Юминой.

Note. 1) Mineral zones and subzones of near-ore metasomatic haloes: Ву, Ви are the subzones of moderate and intensive alteration of frontal zone, У, Х, А, Вн are the carbonaceous, chloritic, albitic, interior zones, correspondingly. 2) S^{*} is the sulfide sulfur, C_o is the oxidized (carbonate) carbon, «+» is the S input at its content in the original rock lower than the analysis detection limit. 3) A number of samples, taken for calculating the average, are in brackets. 4) Δ is the specific weight of the removed (supplied and remoted) substance in percent to the weight of the original rocks in standard geometric measurement 10000 Å³. 5) Completed chemical silicate rock analysis were carried out in Central laboratory of «Zapsibgeologiya» and in Western Siberian test centre (Novokuznetsk) under the direction of I.A. Dubrovskaya and G.N. Yuminova.

ралоге-петрохимическим чертам [20] все метасоматические колонки представляют сочетание березитовой во внутренних зонах и пропилитовой в периферийных метасоматических формаций, обычное, как отмечалось, в мезотермальных месторождениях золота [21].

Таким образом, приведенные факты, демонстрирующие причинно-следственные связи всех составляющих апочерносланцевой метасоматической колонки как единого ансамбля минералогическо-петрохимических зон, образованных в каждом месторождении в рамках одного пороодо-рудобразующего процесса, доказывают принадлежность так называемых «субфаций регрессивного регионального метаморфизма (гидратации)» к упомянутому сочетанию метасоматических формаций. Реальный аллохимический профиль апосланцевых метасоматических колонок не вписывается в современное представление о метаморфизме как явлении изохимическом в объеме метаморфизируемых пород [7]. Это снимает противоречие, которое используется для противопоставления месторождений золота в черных сланцах месторождениям, образованном в несланцевом субстрате [3, 15].

При метасоматических преобразованиях черных сланцев, в том числе в зальбандах золоторудных кварцевых жил и многочисленных прожилков, как правило, сохраняется их черный цвет вследствие восстановленного режима флюидов в условиях обилия в породах восстановителя – керогена. Вместе с тем в рудовмещающих толщах черных сланцев фиксируются полосы в разной степени (до серого, светло-серого цвета) осветленных частично окисленных метасоматитов, образованных, очевидно, на путях фильтрации струй окисленных флюидов, а также мощные (до 10...12 м) залежи метасоматитов в составе трех минералогическо-петрохимических зон – березитовой, альбитовой, хлоритовой с присущими им цветами и оттенками – от светло-серого до бледно-зеленого. Кероген в этих породах полностью окислен. Флюиды в этих случаях обладали высоким окислительным потенциалом. Метасоматические колонки в обрамлении соседних золоторудных кварцевых жил или в минерализованных зонах среди алюмосиликатных пород (гранитоидов, ультраметаморфитов), прорывающих толщи черных сланцев, например, в Кедровском, Каралонском месторождениях, в тыловой зоне всегда сложены светло-серым (до белого) березитом.

Кремний как индикатор кислотного и щелочного режимов в системе «порода – металлоносный раствор».

Кремний, растворимый в щелочной и нерастворимый в кислотной средах [22], пригоден для реконструкции соответствующего режима в процессе функционирования последовательных порций создающих рудно-минеральные комплексы металлоносных флюидов. Тот факт, что образование каждого рудно-минерального комплекса в рудных

телах начинается с отложения кварца, свидетельствует о начальном щелочном режиме каждой новой порции заполнявшего рудовмещающую структуру и доставлявшего в нее извне кремний флюида, инверсия которого в кислотный сопровождалась переходом кремния в твердую фазу – кварц.

Начальный щелочной режим каждой новой порции флюида обеспечил растворение кварца, например, в бескарбонатных полевошпат-кварцевых, существенно кварцевых углеродистых сланцах кедровской, водораздельной, михайловской свит и вынос кремния в сумме до 50 мас. % от массы его в исходных породах в разломы-трещины (табл. 2) с последующим, после инверсии режима в кислотный, отложением кварца. Такую операцию мог осуществлять флюид, стерильный в отношении кремния, из чего следует вывод о местном породном его источнике. Согласно балансовым расчетам, масса извлекаемого из тыловых зон метасоматической колонки кремнезема сопоставима с массой кварца, слагающего в колонке осевую зону – кварцевую жилу [23]. Вместе с тем это решает проблему пространства для метасоматических карбонатов, содержание которых в метасоматитах апосланцевых тыловых зон рудовмещающих метасоматических колонок достигает многих десятков об. %. Необходимый для растворения и миграции из пород кремния щелочной режим поровых растворов обеспечивается высокой активностью щелочей – встречной диффузией калия из трещинных растворов в поровые с фиксацией в сериците и натрия – в обратном направлении с альбитизацией пород в надрудном пространстве или рассеиванием.

Однако существуют рудоносные метасоматические колонки пропилит-березитового профиля, образованные в высококремнистых, в том числе существенно кварцевых породах, из тыловых зон которых на околорудных уровнях кремнезем не удален даже частично. К числу таких пород относятся, например, гранитоиды в массивах муйского, конкудеро-мамаканского, кодарского, падоринского, холбинского и других комплексов, вмещающие золоторудные кварцевые жилы в месторождениях Западном, Богодиканском, Верхне-Сакуканском, Зун-Оспа [24], крупные дайки гранит-порфириров, кварцевых порфириров, гранит-пегматитов. Многочисленные зерна кварца в апогранитных березитах сохранились в их присущих исходным породам формах и размерах, например в форме крупных овальных («оплавленных») порфирировых выделений, обычных в кварцевых порфирах.

Очевидно, растворению кварца препятствовал не кислотный режим флюидов, в противном случае необходимый для образования реально существующих кварцевых жил нерастворимый в кислотных средах кремнезем не поступил бы с растворами в область рудообразования. Причиной явилось насыщение (пересыщение) поступающих щелочных флюидов солями кремневой кислоты, экстрагированной из пород на более глубоких горизонтах земной коры на путях фильтрации флю-

идов. Представление о породных, а не магматических, источниках кремнезема в данных случаях также предпочтительно, так как участвующие в образовании многих месторождений флюиды поднимаются до околорудных уровней стерильными в отношении кремния и только при этом условии обеспечивают его перемещение из боковых пород в рудные тела – кварцевые жилы и минерализованные зоны.

Доказываемые приведенными фактами сценарии функционирования трещинно-поровых породно-флюидных систем исключают участие в них остаточных гранитных расплавов и солевой расплавной фазы [25]. Ничто не напоминает также существование последних в веществе вакуолей в кварцах и других минералах руд. Гидротермальное породо-рудообразование осуществляется посредством взаимодействия с породами гидротермальных металлоносных слабо-умеренно соленых растворов [10, 11], происхождение которых обсуждается ниже.

Мономинеральный кварцевый, двухминеральный кварц-серицитовый составы соответственно осевой и тыловой зон или полиминеральный состав обеих зон формируются в околорудных метасоматических ореолах (колонках) в мезотермальных месторождениях золота?

Околорудные (рудовмещающие) гидротермальные метасоматические ореолы, в отличие, как отмечалось, от обширных ареалов регионального зонального метаморфизма нагревания, контролируются зонами высокой проницаемости, относительно локальны и обладают минералого-петрохимической зональностью, в структуре которой рудные тела занимают вполне закономерное положение. Разработанная Д.С. Коржинским на основе законов термодинамики теория метасоматической зональности [4] опирается на явление дифференциальной подвижности химических компонентов, влияющей, в частности, на их способность находиться в растворенном состоянии и мигрировать в зависимости от сочетания термодинамических и физико-химических режимов в трещинно-поровых породно-флюидных системах. Среди участвующих в породо-рудообразовании компонентов предложено различать наиболее подвижные (вода, углекислота), весьма подвижные при всех условиях (сера, хлор, натрий, калий) и подвижные при определенных условиях (кислород, кремний, магний, кальций, железо), инертные при всех условиях (алюминий, фосфор, титан) [4, 26].

Иницирующий и обеспечивающий метасоматический процесс поступающий, в отличие от эволюционной гипотезы, порциями в разлом (трещину) металлоносный флюид образует каждый раз с поровым раствором боковых пород единую гидравлическую систему. Застойный режим в ней доказывается многократно повторяющимися во многих месторождениях золота фактами прямой зависимости высокой золотоносности (металлоносно-

сти) метасоматитов тыловых зон метасоматических колонок в участках, смежных с рудными столбами в трещинных рудных телах – кварцевых жилах, минерализованных зонах, и низкой золотоносности метасоматитов в обрамлении слабооруденелых участков рудных тел [10]. Эти факты исключают предписываемую теорией фильтрацию флюидов по трещинам в сочетании с застойным режимом поровых растворов.

Согласно теории метасоматической зональности, подвижность компонентов возрастает в направлении к возмущающему объекту – трещинному раствору – синхронно с возрастанием температуры в системе, усиливающей их активность. Это должно сопровождаться переходом в подвижное состояние последовательно одного компонента за другим, удалением их из системы, ступенчатым уменьшением числа минеральных фаз в формирующейся метасоматической колонке вплоть до образования мономинеральной тыловой (осевой) зоны. Тенденция к этому действительно видна в порядке минералого-петрохимической зональности околорудных (рудовмещающих) метасоматических колонок, в которых промежуточные зоны названы по названию минералов, исчезающих в более тыловых зонах (табл. 1).

На этом соответствие реальных природных колонок теоретической модели кончается. Уменьшение числа минеральных фаз вплоть до мономинеральной зоны в тридцати метасоматических колонках, образованных в разнообразных по составу и происхождению породах шестнадцати разновозрастных поименованных выше месторождений, включая толщи черных сланцев, не достигается – березит тыловой зоны сложен тремя главными по массе минералами (кварцем, серицитом, карбонатами) с примесью других новообразованных минералов (табл. 1). Смежная с тыловой зоной осевая кварцевая жила (минерализованная зона) сложена теми же минералами с большей массой рудных минералов.

Недавнее разделяемое многими популяризаторами метаморфогенной гипотезы рудообразования в черных сланцах утверждение о том, что березитовая колонка должна включать тыловую кварц-серицитовую породу и осевую зону окварцевания, в противном случае процесс нельзя назвать березитизацией [15], – это всего лишь дань теории, но не отражение реальной ситуации. Последняя была подчеркнута в обобщающей работе еще полстолетия назад [20] – березит – порода полиминеральная, продукт калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма. Авторов публикации нельзя назвать дилетантами, это были профессионалы высшей пробы.

Причины несоответствия теоретической модели природным метасоматическим колонкам очевидны – в теории метасоматической зональности не учтены встречная диффузия компонентов и пульсационный режим функционирования породно-флюидных систем.

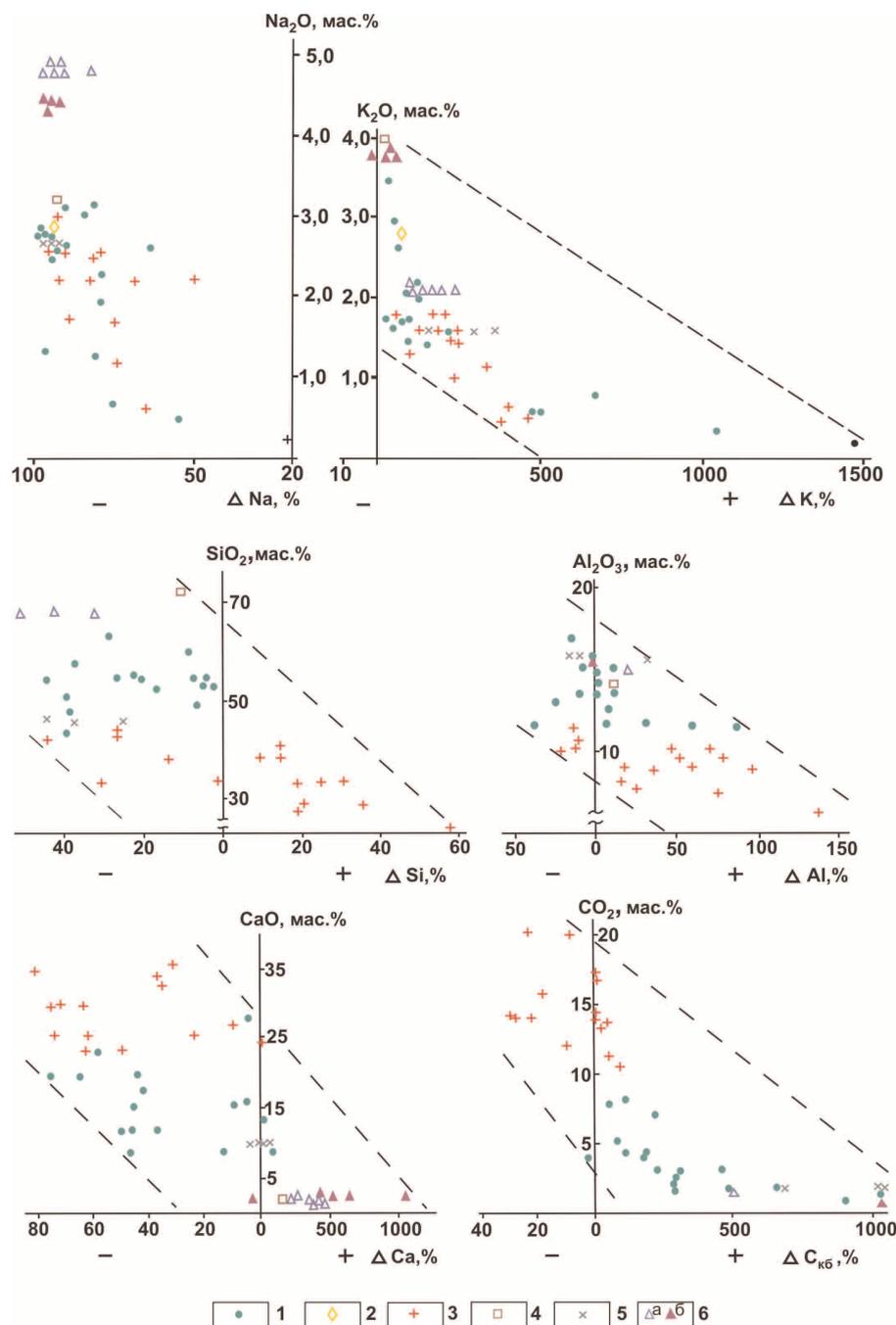


Рис. 2. Распределение петрогенных элементов во фронтальной (нулевой) и тыловой зонах околожилных метасоматических ореолов Ирокиндинского месторождения. По оси ординат – содержание компонентов в исходных породах нулевой зоны и подзоны слабого изменения фронтальной зоны ореолов, по оси абсцисс – атомные количества привноса (+), выноса (–) элементов в березите и листвените тыловой зоны в процентах к атомным количествам их в исходных породах в стандартном геометрическом объеме 10 000 Å³. Одна фигуративная точка представляет индивидуальную метасоматическую колонку во фронтальной и тыловой зонах, ее координаты рассчитаны на основе объемно-атомного метода петрохимических пересчетов как среднее из 2–5 проб в каждой зоне. Исходные породы: альмандин-диопсид-двуполевошпатовый гнейс (1), альмандин-двуслюдяной гнейс (2), кальцифир (3), гранит мигматитовой выплавки (4), амфиболит (5), фельзитовый микрогранит-порфир (6), – дайка, сопровождаемая двумя золотоносными жилами

Fig. 2. Distribution of petrogenous elements in frontal (zero) and interior zones of near-vein metasomatic haloes of Irokindinskoe deposit. The content of the components in the original rocks of the zero zone and subzone of slight alteration of halo frontal zone is along Y-axis, the atomic amounts of augmentation (+), decrease (–) of the elements in beresite and listvenite of the interior zone in percent to their atomic amounts in the original rocks in standard geometrical volume 10 000 Å³ are along X-axis. One imaging point represents the individual metasomatic column in frontal and interior zones, its coordinates are calculated as an average of 2–5 samples in each zone based on volume-atomic method of petrochemical reestimations. The original rocks: almandine-diopside-bi-feldspathic gneiss (1), almandine-two-mica gneiss (2), calciphyre (3), granite of migmatitic melting (4), amphibolite (5), felsitic micro-granite-porphiry (6), – dyke, attended with two gold-bearing veins

Концентрационно-диффузионный механизм массопереноса при околотрещинном гидротермальном метасоматизме, в частности, пропилит-березитового профиля, доказывается результатами балансовых расчетов миграции компонентов в направлениях выравнивания их содержаний в метасоматитах, образованных в гетерогенной – дифференцированной по химическому составу – среде (рис. 2) [19]. Наряду с выносом из порового раствора в трещинный натрия и части кремния навстречу из трещинного раствора в поровый диффундируют калий, сера, углекислота, элементы фемофильной ассоциации (табл. 2), металлы (табл. 3), которые фиксируются в карбонатах, сульфидах и других минералах. Глубина проникновения в боковое пространство определяется скоростью диффузии их ионов, молекул, некоторые (углекислота, сера) достигают фронтальной зоны метасоматических колонок. Границы их распространения не совпадают с границами обусловленных дифференциальной подвижностью компонентов минералого-петрохимических зон, и это усложняет картину минералого-петрохимической зональности. Пульсационный режим поступления в область породорудообразования металлоносных флюидов с иным составом растворенных соединений в каждой последующей порции и, как следствие, пространственное совмещение последовательных минеральных ассоциаций (комплексов), особенно крупнообъемное в тыловых зонах наиболее интенсивных преобразований пород в метасоматических колонках, наряду со встречной диффузией компонентов, исключает мономинеральный состав и тыловой зоны метасоматитов, и рудного тела в осевой зоне.

Учесть все перечисленные сложности в эксперименте, тем более воспроизвести их в условиях эксперимента, вероятно, невозможно, поэтому в оценке теории метасоматической зональности следует ориентироваться на то, что создала природа.

В формировании чрезвычайно сложного распределения минеральных новообразований в околорудном пространстве гидротермальных месторождений золота природой задействовано, таким образом, как минимум, три механизма миграции компонентов: их дифференциальная подвижность и концентрационная диффузия, действующие одновременно, и пульсационный режим функционирования породно-флюидных систем. Создать более или менее упорядоченную картину распределения вещества из них способен, как представляется, механизм дифференциальной подвижности компонентов. Именно он использован для реконструкции структуры околорудных (рудовмещающих) метасоматических колонок. Приведенная выше (табл. 1) схема метасоматической минералого-петрохимической зональности представляет собой каркас, несущий все другие минеральные, например карбонатные, ассоциации, образование которых обязано и другим упомянутым механизмам массопереноса.

Инертны при всех или подвижны при определенных условиях Ti, P, Al в гидротермальных рудообразующих системах?

Вопреки задолженному в теории метасоматической зональности представлению об инертности титана, фосфора, алюминия при всех условиях природа демонстрирует подвижность при определенных условиях, способность к миграции и накопление их в ассоциации с рядом других фемофильных элементов (K, Mg, Fe, Ca, Mn) во внутренних зонах пропилит-березитовых, в том числе апочерносланцевых, колонок с образованием контрастных аномалий (табл. 2). Привнос в малоглиноземистые породы алюминия достигает сотен процентов (рис. 2). Поступающие преимущественно во внутренние зоны дополнительные к исходным породам количества перечисленных элементов фиксируются в сериците (калий, алюминий), магнезиально-железистых карбонатах (Ca, Mg, Fe, Mn), хлорите или эпидоте (Mg, Fe), рутиле, лейкоксене (Ti), апатите (P). Масса поступающего фосфора обеспечивает образование апатита даже в золотоносных кварцевых жилах, например в Сухоложском месторождении [27].

Максимальные концентрации фемофильных элементов фиксируются в метасоматических колонках в ближнем обрамлении глубинных разломов, в частности Келянского, Тулдунского, Кадали-Сухоложского, контролирующего размещение в земной коре Ирокиндинского, Кедровского, Сухоложского и других месторождений золота.

Особенно информативно поведение Ti и P, концентрации которых в березитах снижаются до кларковых по мере удаления от разломов на расстояниях 1,0...1,5 км [28]. Синхронно снижается содержание Ti в метасоматическом пирите березитов, средние содержания и запасы золота в рудных телах. Эти факты доказывают раствороподводящую функцию глубинных разломов и инверсию щелочного, наиболее благоприятного для переноса обоих элементов, режима поступающих по разломам металлоносных флюидов в кислотный. Оба элемента в эндогенных процессах – геохимические спутники, генетически, металлогенетически тесно связанные с базит-гипербазитовыми и производными из них щелочными мантийными расплавами. Отвечающие им плутонические породы обладают наивысшими из всех пород кларками этих элементов, оба элемента образуют высокие, вплоть до промышленных, концентрации – апатитовые со значительной (до 30 %) примесью сфена руды в щелочных массивах типа Хабинского, титано-магнетитовые с примесью апатита руды в Волковском габбро-пироксенитовом массиве на Урале, в карбонатитах Ковдорского комплекса ультраосновных-щелочных пород на Кольском полуострове и в других месторождениях.

Участие контрастных аномалий этих и других фемофильных элементов в составе золотоносных березитов в обрамлении глубинных разломов не может оцениваться иначе, как признак генерации

создающих месторождения золота металлоносных флюидов в глубинах аномальной мантии

Породный источник золота, сосредоточенного в рудах месторождений, образованных в толщах черных сланцев, – реальность или миф?

Условия образования гидротермальных месторождений золота по четырем известным сценариям – гранитогенному, базальтогенному, метаморфогенному, полигенному – обсуждались ранее [29].

Прошедшая несколько трансформаций за шестидесятилетнюю историю метаморфогенная гидротермальная гипотеза, предполагающая породный источник золота, в последние полтора-два десятилетия утратила главный аргумент, с которого начиналась и согласно которому повышенная или высокая (до граммов в тонне породы) дорудная золотоносность черных сланцев есть предпосылка, обязательное условие рудообразования. В оценке содержания золота в черных сланцах достигнут такой хаос [30], что авторы современных публикаций, как правило, не приводя собственных аналитических данных, вероятно, чтобы не усиливать его, предпочитают ссылаться на повышенную их золотоносность как на доказанный факт, что не соответствует реальности [29, 30]. Вероятно, как жест отчаяния следует также воспринимать попытку некоторых авторов доказать достаточность кларковых содержаний золота в черных сланцах для образования его промышленных месторождений [31].

Причина хаоса, то есть многовариантных оценок разными авторами публикаций дорудных содержаний золота от кларковых до промышленных в одних и тех же толщах черных сланцев в золотоносных районах и месторождениях, заключается в неадекватном, упрощенном понимании большинством участников целей геохимии и содержания геохимических исследований, призванных, по определению отцов-основателей В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана, реконструировать геологическую историю химических элементов в оболочках планеты.

Определяются итоговые содержания золота и других металлов в околорудном пространстве черносланцевых толщ и за пределами месторождений, после чего интерпретация полученных данных сопровождается попытками оценить их происхождение. Нередко оценки сопровождаются сравнением полученных результатов с содержаниями металлов в современных осадках морей и океанов с акцентом на те, которые включают горизонты, обогащенные гидротермально-осадочной, вулканогенно-осадочной золотоносной минерализацией в рифтовых структурах дна [32]. Как правило, в работах разделяющих идеи метаморфогенной гипотезы специалистов выводы без необходимого в каждом конкретном случае обоснования сводятся к признанию дорудного, на этапе седиментации, накопления золота (металлов) с после-

дующим заключением о местном (породном) их источнике при рудообразовании. Рудообразующая роль приоритетного в согласии с гипотезой регионального регрессивного метаморфизма заключается в перераспределении золота (металлов) из обогащенных им (ими) горизонтов или в концентрировании рассеянных в сланцах сверхкларковых количеств металлов в рудные тела.

Однако не акцентируется внимание на отсутствии сингенетичных осадкам горизонтов золотоносной минерализации среди монотонных черных сланцев, вмещающих крупнейшие контролируемые секущими толщами разломными структурами рудные залежи, например, в уникальном месторождении Сухой Лог, соседних с ним крупных месторождениях Вернинском, Невском, в крупном месторождении Чертово Корято в Патомском нагорье и других. Природа, создавая эти месторождения, как-то обходилась без обогащенных золотом горизонтов. Вопрос о том, повышенные (высокие) содержания золота в околорудном пространстве черных сланцев – следствие или предпосылка рудообразования, до сих пор остается открытым вследствие, как отмечалось, многовариантных оценок дорудной золотоносности сланцев. Популярная идея о многоэтапном накоплении золота в рудных телах [33–39] не подкрепляется необходимыми для этого фактами, мерой и числом, доказывающими обогащение пород золотом на каждом этапе. По этой причине идея напоминает декларацию о намерениях.

Золото и сопровождающие его металлы на современном уровне знаний не способны самостоятельно рассказать о своей геологической истории. Реконструировать ее возможно посредством петрологического исследования горных пород – через диагностику минеральных ассоциаций (комплексов) – индикаторов (вещественных следов), которые природа оставила в горных породах на этапе седиментации и на каждом последующем этапе их преобразований. В результате петрологического исследования горных пород создается многоуровневая система геохимических выборок для расчетов статистических параметров распределения в горных породах каждого вида (разновидности) металлов и оценки условий, масштабов возможного рассеивания или концентрирования последних на каждом этапе.

Система включает представляющие этап образования осадочных пород выборки нижнего уровня по литологическим видам (разновидностям). Однако приходится констатировать, что даже в относительно молодых палеозойских толщах черных сланцев случаи секущего стратификацию положения периферийной наиболее низкотемпературной изограды, отделяющей ареал зонального регионального метаморфизма нагревания от не затронутых последним осадочных толщ, вероятно, – большая редкость. Допалеозойские толщи черных сланцев, в которых залегает большинство месторождений «сланцевого типа», не затронутые ре-

Таблица 3. Оценка параметров распределения рудогенных элементов и корреляционных связей золота с рудогенными элементами в минеральных зонах околорудных метасоматических ореолов мезотермальных золоторудных месторождений Северного Забайкалья

Table 3. The appraisal of oreogenous elements distribution parameters and correlative relationships of gold with oreogenous elements in mineral zones of near-ore metasomatic haloes of North Transbaikalia mesothermal gold-ore deposits

Элементы Elements	Параметры распределения Distribution parameters	Минеральные зоны [число проб]/Mineral zones [amount of samples]					
		Фронтальная/Frontal			Хлоритовая Chloritic	Альбитовая Albitic	Тыловая Interior
		Подзоны изменения/Subzones of changes					
		Слабого Slight	Умеренного Moderate	Интенсивного Intensive			
Месторождение Ирокинда/Irokinda deposit Альмандин-диопсид-двуполевошпатовые гнейсы (AR ₂) Almandine-diopside-bi-feldspathic gneiss (AR ₂)							
Au	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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)
Кедровское месторождение/Kedrovskoye deposit Углеродистые полевошпат-кварцевые песчано-алевросланцы кедровской свиты (R ₃) Carbonaceous feldspathic-quartz sandyaleuroslates of kedrovskaya suite (R ₃)							
Au	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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)
Каралонское месторождение/Karalonskoye deposit Углеродистые полевошпат-кварцевые песчано-алевро-сланцы водораздельной свиты (R ₃) Carbonaceous feldspathic-quartz sandyaleuroslates of vodorazdelnaya suite (R ₃)							
Au	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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	$\bar{x}_r (\bar{x})$	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) $\bar{x}_r (\bar{x})$ – среднее соответственно геометрическое и арифметическое содержание, мг/т; t – стандартный множитель; s – стандартное отклонение содержаний, 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 приведена в [10]. 3) Расчеты выполнены Н.П. Ореховым.

Note. 1) $\bar{x}_r (\bar{x})$ are the average geometric and arithmetic contents, correspondingly, mg/t; t is the standard factor; s is the standard content deviation, mg/t; r is the coefficient of pair linear correlation of the elements with gold, high than significance level, is in bold type; sr is the standard deviation of correlation ratio; н/д is n/a. 2) Au and Ag contents were determined by atomic-absorption method (sensitivity is 0,1 mg/t) in the laboratory of nuclear-physical substance analysis methods of the SB RAS (Novosibirsk), the analyst is V.G. Tsimbalist. Hg content was determined by atomic-absorption method (sensitivity is 5 mg/t) in «Berezovgeologiya» (Novosibirsk) under the direction of N.A. Charikov. The appraisal of the quality of analyses is introduced in [10]. 3) The calculations were carried out by N.P. Orekhov.

гиональным метаморфизмом нагревания в обсуждаемых золоторудных районах, не сохранились.

Поскольку большинство месторождений золота образовано в периферийной относительно низкотемпературной мусковит-биотитовой зоне ареалов регионального метаморфизма нагревания, выборки более высокого уровня представлены не затронутыми последующими гидротермальными околорудными изменениями породами этой зоны, метаморфизованными настолько слабо, что сохранили первичную обломочную структуру. Учитывая геохимический режим метаморфизма, не будет ошибкой считать содержания золота в породах этой зоны отвечающими кларковым для соответствующих видов пород (песчаников, алевролитов, аргиллитов), что подтверждается результатами атомно-абсорбционного анализа, – реальные содержания в пробах метаморфизованных пород (табл. 3) соотносятся со справочными кларковыми (0,5...3,0 мг/т) содержаниями золота в породах, не затронутых изменениями.

Выборки верхнего уровня включают пробы тех же метаморфизованных пород по видам (разновидностям), но подвергшихся околорудным гидротермальным изменениям на уровнях минералого-петрохимических зон околорудных (рудовмещающих) метасоматических пропилит-березитовых колонок. На этом этапе околорудного метасоматизма происходит накопление металлов – геохимических образующих сплав спутников – Au, Ag, Hg, дифференцированное по минералого-петрохимическим зонам (табл. 3).

На дальнейшей периферии метасоматических колонок содержания металлов отвечают кларковым, но в направлении к их тыловой зоне, по мере усиления метасоматических преобразований пород, содержания, дисперсия распределения металлов, золото-серебряное отношение возрастают, достигая максимума в тыловой зоне. Такое распределение параметров, в частности снижение контрастности геохимических аномалий по мере удаления от заполнявших трещины металлоносных флюидов, согласуется с концентрационно-диффузионным механизмом массопереноса [19] – металлы диффундируют из трещинных металлоносных порудивших извне флюидов по поровым растворам боковых пород, но фронтальной зоны, как правило, не достигают. Поэтому геохимические ореолы занимают меньшие объемы всех изученных метасоматических колонок, вписываются в последние. Максимальный уровень накопления металлов в тыловой зоне метасоматических колонок, прежде всего золота, коррелирует, как отмечалось, с их (его) содержанием в смежных участках кварцевых жил и минерализованных зон: в обрамлении рудных столбов содержания золота, например, достигают 1 г/т, иногда более, в обрамлении участков рудных тел с низкими содержаниями, например, в апочерносланцевых минерализованных зонах, как правило, не превышают десятков мг/т. Этот факт служит доказательством застойного, вопреки тео-

рии [1, 4, 26], гидродинамического режима и трещинных растворов в трещинно-поровых породно-флюидных системах, функционирующих в кристаллическом и черносланцевом субстрате.

Приведенные данные, единообразно повторяющиеся в обсуждаемых месторождениях, образованных в кристаллическом и черносланцевом субстрате, доказывают образование метасоматического, геохимического ореолов и рудно-минеральных комплексов в каждом месторождении в рамках одного гидротермального породо-рудобразующего процесса.

Вмещающие месторождения золота кристаллические породы, даже такие древние, как архейские ультраметаморфиты фундамента (Ирокинда) или раннепротерозойские гранитоиды кодарского комплекса (Верхне-Сакуканское месторождение), подверглись после образования только воздействию гидротермальных растворов на этапе рудообразования в позднем палеозое [10, 29]. Выделение околорудных метасоматических и геохимических ореолов в этих и подобных породах, оценка дорудной золотоносности пород на уровне кларков за пределами, как правило, локальных ореолов не вызывают вопросов. Выше показано что традиционное (десятилетиями) выделение многими в рудовмещающих толщах черных сланцев в числе других биотит-хлоритовой субфации регионального метаморфизма [3, 15–17 и др.] означает смешивание производных периферийной мусковит-биотитовой зоны предшествующего регионального метаморфизма нагревания с отделенными от него сотнями млн л «зеленосланцевыми» ассоциациями этапа рудообразования (пропилитами) – метасоматическими по существу, метаморфическими (гидратации), по большому желанию. Во всех обсуждаемых месторождениях отказ от желания сопровождается оценкой чрезвычайно живучего представления о повышенной (высокой) дорудной золотоносности черных сланцев как мифического.

Гидротермальное рудообразование – следствие потенциальной рудоносности или металлогенической специализации гранитоидов (магматических комплексов)?

В течение двадцатого столетия и до сего времени среди большинства специалистов, изучавших и изучающих связи гидротермального рудообразования с магматизмом, считалась и считается заслуживающей внимания идея о генерации золотоносных флюидов в очагах гранитной магмы. Идея опирается на повторяющуюся в золотоносных районах разного возраста и геологического развития пространственно-временную близость гидротермальных месторождений золота с гранитными плутонами, массивами, и на представление, скорее, убеждение, о возможности генерации необходимых для образования промышленных месторождений масс золотоносных флюидов только в крупнообъемных гранитоидных унаследованных плутонами, масси-

вами очагах. Это убеждение не поколебали высказанные еще в середине прошлого века рекомендации известных ученых Ф.И. Вольфсона и В.Н. Котляра о необходимости изучения также и сопровождающих крупные тела гранитоидов малых интрузий – даек «второго этапа», и опубликованные вслед за тем данные о пространственно-временной близости последних с оловянными, вольфрамовыми, полиметаллическими рудами ряда гидротермальных (включая эскарновые) месторождений Забайкалья и Приморья [30].

В многолетних поисках критериев генетических связей гидротермальных месторождений золота с гранитоидами приоритетное внимание уделялось изучению золотоносности последних с целью дифференциации плутонов, массивов на совокупности способных и неспособных генерировать металлоносные флюиды в достаточных объемах при отсутствии, однако, понимания того, что означает «достаточных». В итоге к началу семидесятих годов стало очевидно, что данный геохимический критерий не обеспечивает корректный результат, – между месторождениями золота (их присутствием, отсутствием, масштабами запасов) и нижекларковыми, нормативными, сверхкларковыми уровнями содержания золота в гранитоидах, в том числе поздних фаз внедрения, прямая, обратная корреляция отсутствует [29, 30]. Отсутствие корреляции выражается в том, что промышленные месторождения золота ассоциируют с гранитоидами, содержащими золото в нижекларковых количествах в одних районах, в сверхкларковых количествах – в других, либо в том и другом случаях месторождения неизвестны. Привлекаемые некоторыми авторами минералогические, петрохимические признаки связи оруденения с гранитоидами не получают корректной (одновариантной) интерпретации. Например, так называемое унаследование золотоносными кварцевыми жилами полевых шпатов гранитоидов может быть объяснено не генерацией золотоносных флюидов в гранитоидных расплавах, а диффузией, как отмечалось, Si, Na, Ca, подвижного, вопреки теории, алюминия из поровых флюидов в трещинные и фиксации их в новообразованных полевых шпатах при заполнении трещин кварцем. Присутствие в вакуолях кварца рудных жил и гранитоидов распространенных в расплавах разных составов CO, CO₂, CH₄, H₂, N₂ и других не исключает возможности и вероятности генерации металлоносных флюидов не только в гранитных расплавах.

Очевидно, перечисленные обстоятельства, то есть несовершенство доказательной базы гранитоидной гипотезы, послужили причиной не только создания в середине прошлого столетия новых гипотез (метаморфогенной, полигенной), но и пересмотра парадигмы исследования проблемы. Последнее выразилось в замене по предложению Л.В. Таусона [2] представления о металлогенической специализации магматических комплексов представлением об их потенциальной рудоносно-

сти. Идея заключалась в том, что рудогенерирующая способность силикатных расплавов не изначально свойственна каждому создающему магматический комплекс определенного состава петрогенетическому процессу, а формируется в магматической камере при определенном благоприятном сочетании в ней термодинамических и физико-химических режимов функционирования расплавов. Для реализации новой методологии исследований разработаны тонкие методы реконструкции, диагностики режимов, обеспечивающих накопление золота во флюидах и истечение их из магматической камеры в верхнеинтрузивное, надинтрузивное, околоинтрузивное пространство. Сохранившее приверженность гранитоидной гипотезе сообщество в СССР, России и за рубежом дружно перешло на позиции новой методологии [14, 40–48 и др.].

В числе достигнутых результатов главное достижение – «привязка» дифференцированных по запасам металла гидротермальных месторождений золота к конкретным плутонам, массивам, – месторождений, квалифицируемых в англоязычной литературе как «intrusion-related», «pluton-related» [40, 44 и др.]. В унаследованных этими плутонами, массивами магматических камерах посредством многопланового изучения минералов гранитоидов реконструируются условия, благоприятствовавшие генерации золотоносных флюидов, дальнейшую судьбу которых с учетом имеющихся фактов можно только предполагать.

Поскольку месторождения нередко образованы в апикальных частях массивов гранитоидов, следует констатировать, что золотоносные флюиды могли быть генерированы только в глубинах былых магматических камер, не вскрытых эрозией. Из этого следует, что породы, наиболее информативные для реконструкции условий функционирования расплавов на глубинах предположительной генерации флюидов доступны для отбора проб только в случаях возможных инъекций их в апикальные части плутонов, то есть ограничены в объемах. При этом известно, что расплавы – чрезвычайно динамичная субстанция и во время своего существования в интервалах до десятков млн л испытывают множество трансформаций, обусловленных дифференциацией, термо-бародиффузией, дегазацией, подтоком газов, расплавов в камеры извне и другими явлениями, вызывающими многократные многообразные изменения термодинамических, физико-химических режимов, в том числе в локальных объемах магматических камер, исчезающе малых в сравнении с объемами последних. Невозможно оценить объемы расплавов, в которых реконструируются признаки генерации металлоносных флюидов. Все это и, вероятно, многое другое может быть оценено на вероятностном уровне. Поэтому множество разнообразных диаграмм, «раскрывающих» генетические связи месторождений золота с крупными телами гранитоидов в большей степени отражают гипотетические предста-

вления их авторов, чем реальную способность расплавы генерировать металлоносные флюиды, способные создавать промышленные месторождения в достаточных для этого объемах.

Между тем в мезотермальных месторождениях золота обнаружены факты, неизменно игнорируемые разработчиками представлений о генерации металлоносных флюидов в очагах гранитной магмы или неизвестные им, которые, мягко выражаясь, трудно объяснимы с позиций гранитогенной гипотезы. Совокупность этих взаимно дополняющих фактов составляет основу альтернативной гранитогенной гипотезы концепции, содержание которой заключается в следующем.

Мезотермальные месторождения золота образуются в составе антидромных гранит-диорит-долеритовых флюидно-рудно-магматических комплексов, генерирующих золотоносные флюиды на позднем этапе их становления в условиях высокой активности очагов умеренно щелочных базальтовых расплавы [12, 29, 30]. Последовательность геологических событий от начала процессов становления комплексов до их завершения устанавливается на основе пересечений поздними образованиями ранних и признаков термического воздействия первых на вторые. Один из примеров приведен ниже (рис. 3, 4).

Аналог массивов палингенных гранитоидов Кедровская зрелая ультраметаморфическая очагово-купольная постройка с гранодиоритовым ядром (335±5 млн л) открывает процесс становления комплекса. Пересекающая ее на периферии мощная дайка диоритового порфирита, в свою очередь, пересекается дайкой умеренно-щелочного долерита, гидротермально измененного в экзоконтакте пересекающей ее золотоносной кварцевой жилы, в составе которой участвует ранняя генерация высокотемпературного кварца. Поступившая в область рудообразования ранняя (дорудная) порция умеренно щелочного базальтового расплава и сменившая его ранняя порция металлоносного флюида знаменуют начало дальнейшего чередующегося внедрения тех и других. Завершаются процессы внедрения поздних (послерудных) порций умеренно щелочных базальтовых расплавы с несколько повышенной лейкократовостью.

Такого рода возрастные соотношения свойственны мезотермальным месторождениям золота, в том числе залегающим в гранитных массивах и толщах черных сланцев [29, 30, 49].

Между тем минералого-химические составы послегранитных даек умеренно-щелочных долеритов ранней (дорудной) и последующих генераций отличаются постоянством и отвечают нормативному составу данного вида пород [7]. Это означает, что к моменту появления в области будущего рудообразования ранней порции металлоносных флюидов гранитных расплавы уже не существовало по причине полного завершения их кристаллизации. В противном случае внедрение базальтовых расплавы по унаследованным ими путям инъекции

обуславливающих палингенез земной коры ранних высокотемпературных флюидов-теплоносителей – глубинным разломам – сопровождалось бы смешением их с остаточными гранитными расплавами и, как следствие, образованием даек пестрого состава. Последние во всех обсуждаемых перечисленных выше месторождениях не обнаружены.

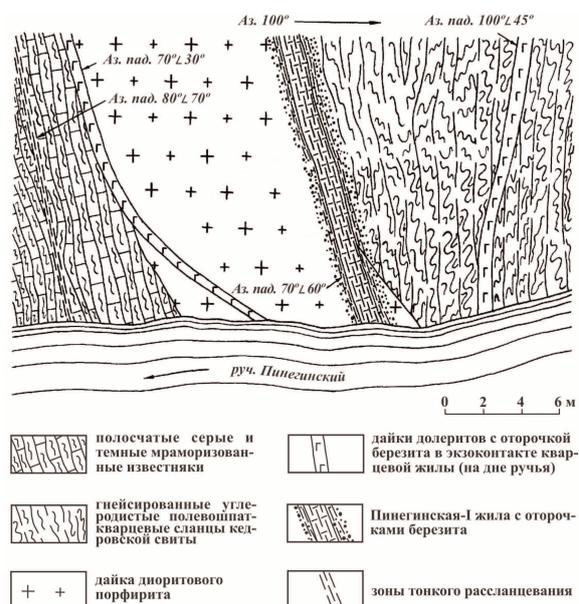


Рис. 3. Ранний гранитоидный этап и начало позднего базальтоидного этапа становления антидромного флюидно-рудно-магматического комплекса на примере Кедровской зрелой ультраметаморфической (с гранодиоритовым массивом в ядре) очагово-купольной структуры. Кедровское месторождение. Пересечение сульфидно-кварцевой Пинегинской-I жилы и дорудной дайкой долерита дорудной дайкой диоритового порфирита на периферии очагово-купольной структуры (план)

Fig. 3. Early granitoid stage and the beginning of late basalt stage of antidromic fluid-ore-magmatic complex establishing by the example of Kedrovskaya mature ultrametamorphic (with granodioritic massif in the kernel) hearth-dome structure. Kedrovskoye deposit. Intersection of a pre-ore dyke of diorite-porphyrity by sulphide-quartz Pineginskaya-I vein and pre-ore dolerite dyke at the periphery of the hearth-dome structure (plan)

Не менее дорудных информативны внутрирудные дайки умеренно щелочных долеритов, изученные в Бериккульском (рис. 4), Зун-Холбинском, Кедровском, Уряхском, Сухоложском, Чертово Корято месторождениях [12, 29, 30, 49]. Сохраняя черный цвет, они имеют «сваренные» с вмещающими породами контакты и после образования не подвергались дроблению, о чем свидетельствует отсутствие признаков перемещения противоположных стенок вмещающих дайки трещин отрыва в местах их коленообразных изгибов. Обладая на всю мощность (до 1,5 м) массивным сложением, дайки на 70...100 % объема преобразованы в метасоматиты среди в разной степени гидротермально измененных на этапе рудообразования или не из-

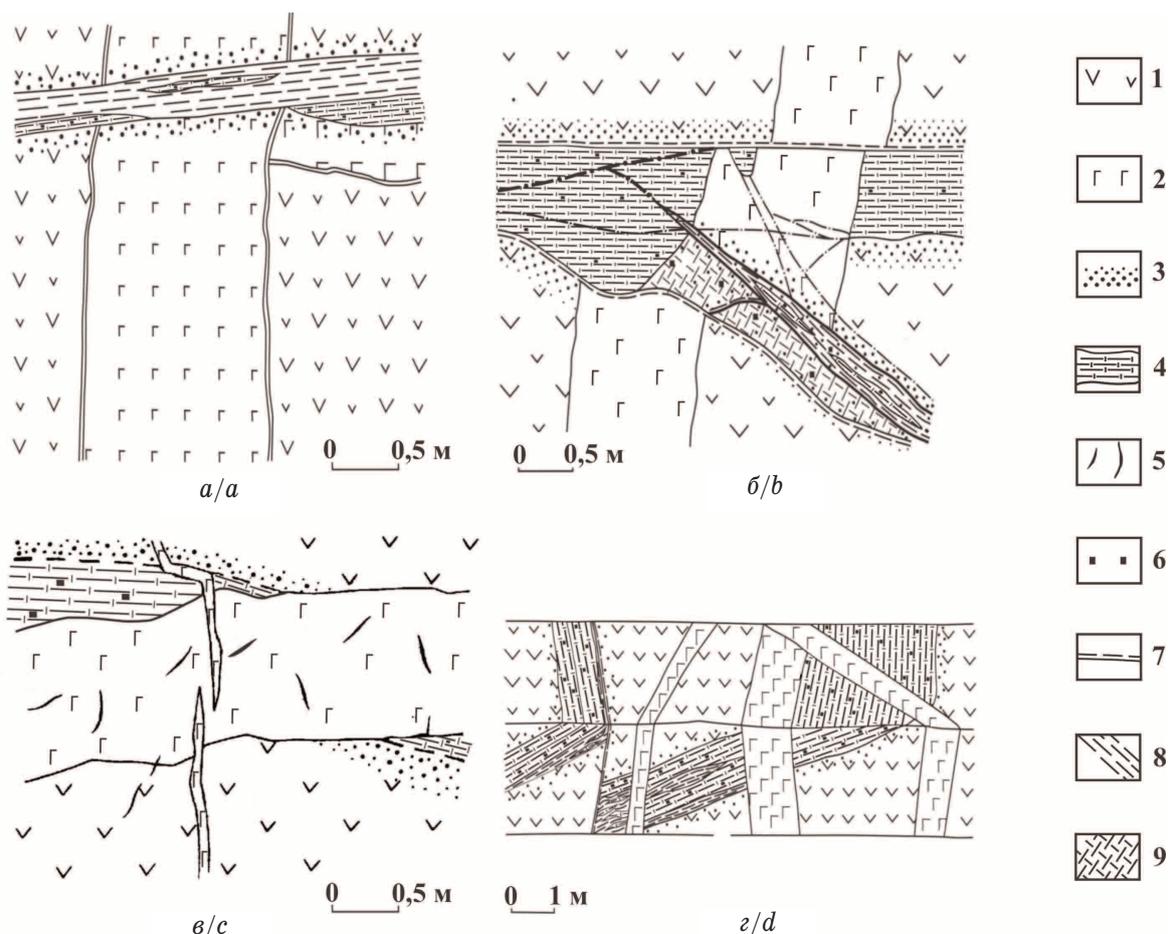


Рис. 4. Поздний (базальтоидный) этап становления антидромного флюидно-рудно-магматического комплекса. Бериккульское месторождение. Структурно-временные соотношения золотых руд с дорудными (две генерации, а), внутрирудными (б, в), послерудными (две генерации, г) дайками умеренно щелочных долеритов. Покровные базальтовые порфириды бериккульской свиты (Є₁) (1), дайки умеренно щелочных долеритов (2), березиты (3), золотоносные кварцевые жилы, прожилки, линзы (4), карбонатно-кварцевые прожилки (5), пирит (6), тектонические швы (7), зоны расщепления и дробления пород (8, 9)

Fig. 4. Late (basalt) stage of establishing antidromic fluid-ore-magmatic complex. Berikul'skoye deposit. Structural-temporal relations of gold ores with pre-ore (two generations, a), inter-ore (b, c), post-ore (two generations, d) dykes of moderate alkaline dolerites. Blanket basaltic porphyrites of berikul'skaya suite (Є₁) (1), dykes of moderate alkaline dolerites (2), beresites (3), gold quartz veins, fibers, lenses (4), carbonate-quartz fibers (5), pyrite (6), tectonic sutures (7), zones of rock schistosity and fragmentation (8, 9)

мененных пород. По перечисленным признакам дайки квалифицированы как тепловые флюидо-проводники, аккумулировавшие в горячем состоянии, согласно известному физическому явлению, потоки поднимающихся горячих растворов, вместе с разломами разделяя последние на струи. В эпизодически сохранившихся в дайках незначительных по объему «останцах» сравнительно слабого изменения фиксируется нормативный отвечающий умеренно щелочному базальту минералого-химический состав слагающих дайки пород.

В числе метасоматических минералов выделяются высокотемпературные грязно-зеленый, зеленовато-розовый, красно-бурый биотит, зеленая обыкновенная роговая обманка и более низкотемпературные актинолит, тремолит, монтмориллонит, серпентин, хлорит, эпидот, серицит, кварц,

карбонаты (кальцит, доломит, доломит-анкерит, анкерит, сидерит), альбит, лейкоксен, рутил, сфен, апатит, целестин, магнетит, пирит в разных количественных соотношениях в одной дайке и в разных дайках. Выделяются две генерации биотита. Ранняя, как и роговая обманка, замещается хлоритом в сочетании с эпидотом и другими минералами, чешуйки поздней обрамляют «венчиками» полностью замещенные тонкозернистыми агрегатами серицита, карбонатов, эпидота и других минералов кристаллы былого авгита.

Согласно петрохимическим пересчетам и балансовым расчетам внутридайковые метасоматиты образованы в результате фильтрации по горячим дайкам гидротермальных металлоносных растворов в условиях калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма, оставивших в аподайковых

метасоматитах разной контрастности, в том числе высококонтрастные, аномалии фемофильных элементов, – титана, фосфора, магния, железа, кальция, марганца и золота. Как отмечено выше, петрохимический профиль аподолеритового метасоматизма и упомянутые аномалии унаследованы околорудными березитами, в которых поступивший с растворами калий зафиксирован в более низкотемпературном, чем биотит, сериците, и отсутствует обыкновенная роговая обманка. Вместе с тем пульсационный режим функционирования гидротермальных рудообразующих систем подчеркивается возрастанием температур поздних порций флюидов – кристаллизацией биотита поздней генерации после образования всех более низкотемпературных минералов аподайковых метасоматитов.

Итак, приведенные факты доказывают генерацию металлоносных флюидов в очагах умеренно щелочных базальтовых расплавов после завершения кристаллизации ранних гранитоидных и/или зрелых ультраметаморфических очагово-купольного типа магматических производных антидромных гранит-диорит-долеритовых флюидно-рудно-магматических комплексов, которые повторяются во времени и пространстве, в силу этого отвечают формационному типу и специализированы на золото.

Заключение

Мезотермальные месторождения золота Южной Сибири, образованные в кристаллическом и черносланцевом субстрате, служат, как это видно из приведенных материалов, источниками воспроизводимых эмпирических данных, которые не вписываются в существующие обоснования гипотетических и некоторых теоретических представлений о сущности гидротермального метасоматизма и рудообразования. Включение приведенных данных в научный оборот усиливает доказательную базу следующих положений, которые в равной степени распространяются на месторождения обеих противопоставляемых в течение пятидесяти лет и ныне совокупностей.

1. Магматогенные гидротермальные рудообразующие системы функционируют в пульсационном (порционном) режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коржинский Д.С. Теория метасоматической зональности. – М.: Наука, 1982. – 104 с.
2. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. – М.: Наука, 1977. – 267 с.
3. Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. – М.: Недра, 1982. – 256 с.
4. Коржинский Д.С. Очерк метасоматических процессов // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – С. 335–456.
5. Смирнов С.С. О современном состоянии теории образования магматогенных рудных месторождений // Записки Всесоюзно-

2. Металлоносные флюиды формируют в околорудном, рудовмещающем пространстве мезотермальных месторождений золота «черносланцевого» типа зональные метасоматические колонки пропилит-березитового профиля, аутентичные таковым в кристаллическом субстрате, с полиминеральными тыловой березитовой и осевой (рудоносной кварцевой жилой) зонами.
3. Титан, фосфор в сочетании с другими фемофильными элементами (Mg, Fe, Mn, Ca), определяющими петрохимическое своеобразие базитовых магм, в ближнем обрамлении рудоконтролирующих глубинных разломов подвижны и образуют в осевой и тыловой зонах околорудных, рудовмещающих метасоматических колонок контрастные аномалии, подчеркивающие (доказывающие) раствороподводящую функцию глубинных разломов и генерацию металлоносных флюидов в мантийных очагах умеренно щелочных базальтовых расплавов.
4. Пространственная ассоциация и чередование во времени рудно-минеральных комплексов, до-, внутри-, послерудных даек умеренно щелочных долеритов доказывают в сочетании с другими фактами функционирование флюидно-рудно-магматических систем в условиях высокой активности мантийных магматических резервуаров.
5. В приложении к мезотермальным месторождениям золота, в отличие от теории, существует металлогеническая специализация магматизма, что доказывается образованием месторождений в составе повторяющихся во времени и пространстве антидромных гранит-диорит-долеритовых флюидно-рудно-магматических комплексов (формационных типов) на позднем базальтоидном этапе их эволюции.
6. Гранитогенная, метаморфогенная, полигенная гипотезы, предложенные в прошлом в условиях дефицита эмпирических данных, представляют тупиковые направления в познании геологических процессов, инициирующих и обеспечивающих образование мезотермальных месторождений золота.

Автор выражает благодарность м-м Т.А. Сыресиной, подготовившей статью к печати.

го минералогического общества. Вторая серия. – 1947. – Ч. 76. – Вып. 1. – С. 23–36.

6. Кигаи И.Н. Генезис гидротермальных месторождений цветных и редких металлов, связанных с гранитами: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – М., 1990. – 46 с.
7. Петрографический кодекс. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / под ред. О.А. Богатикова, О.В. Петрова, Л.Н. Шарпенка. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 200 с.
8. Изучение процессов рудо- и минералообразования из высокотемпературных фумарольных газов на вулкане Кудрявый, о. Итуруп, Курильская дуга / С.И. Ткаченко, Р.П. Портер,

- М.А. Коржинский и др. // *Геохимия*. – 1999. – № 4. – С. 410–422.
9. Бетехтин А.Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования // *Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях*. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – С. 286–334.
 10. Кучеренко И.В. Магматогенное золотое оруденение в структурах допалеозойской складчатости (на примере южного обрамления Сибирской платформы). Т. I. Руды, околорудные метасоматические и геохимические ореолы: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Томск, 1991. – 431 с.
 11. Вагина Е.А. Минеральные комплексы руд и генезис месторождения Чертово Корято (Патомское нагорье): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2012. – 141 с.
 12. Кучеренко И.В. Петрология гидротермального метасоматизма долеритов внутрирудных даек мезотермальных месторождений золота. Ч. 2. Месторождение Зун-Холба (Восточный Саян) // *Известия Томского политехнического университета*. – 2015. – Т. 326. – № 1. – С. 73–86.
 13. Жариков В.А., Омельяненко Б.И. Классификация метасоматитов // *Метасоматизм и рудообразование*. – М.: Наука, 1978. – С. 9–28.
 14. Рафаилович М.С. Нетрадиционные месторождения золота Казахстана // *Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: матер. Междунар. конф.* – Томск, 5–8 октября 2010. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – С. 368–373.
 15. Околорудный метасоматизм терригенных углеродистых пород в Ленском золоторудном районе / В.Л. Русинов, О.В. Русинова, С.Г. Кражев, Ю.В. Щегольков, Э.И. Альшева, С.Е. Борисовский // *Геология рудных месторождений*. – 2008. – Т. 50. – № 1. – С. 3–46.
 16. Золоторудные месторождения России / под ред. М.М. Константинова. – М.: Акварель, 2010. – 349 с.
 17. Соотношение процессов метаморфизма и рудообразования на золотом черномсланцевом месторождении Сухой Лог по данным U-Th-Pb-изотопного SHRIMP-датирования акцессорных минералов / М.А. Юдовская, В.В. Дистлер, Н.В. Родионов, А.В. Мохов, А.В. Антонов, С.А. Сергеев // *Геология рудных месторождений*. – 2011. – Т. 53. – № 1. – С. 32–64.
 18. Вилор Н.В., Лепин В.С., Станевич А.М. Радиологическое и палеофитоологическое датирование осадконакопления и преобразования пород Байкало-Патомского нагорья // *Доклады АН СССР*. – 1991. – Т. 318. – № 2. – С. 396–400.
 19. Кучеренко И.В. Гидродинамика трещинно-поровых флюидно-породных взаимодействий и механизм массопереноса в процессах околотрещинного гидротермального метасоматизма // *Разведка и охрана недр*. – 2010. – № 11. – С. 37–43.
 20. Бородаевский Н.И., Шер С.Д. Об околорудных изменениях в месторождениях золота // *Труды ЦНИГРИ*. – 1967. – Вып. 76. – С. 113–126.
 21. Жариков В.А. Некоторые закономерности метасоматических процессов // *Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании*. – М.: Недра, 1966. – С. 47–63.
 22. Сахарова М.С., Ряховская С.К., Турчкова А.Г. Посткристаллизационные преобразования золото-кварцевых агрегатов в гидротермальных условиях (экспериментальные данные) // *Геохимия*. – 1999. – № 5. – С. 486–493.
 23. Кучеренко И.В. Об источниках кремнезема в образовании мезотермальных кварцево-жильных золотых месторождений // *Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых: матер. Междунар. науч.-техн. конф.* – Томск 10–15 сентября 2001. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – С. 249–255.
 24. Кучеренко И.В., Прокофьев В.Ю. Минералого-петрохимическая зональность околорудного метасоматического ореола месторождения Зун-Осла (Восточный Саян) // *Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых Сибири: матер. науч. конф.* / под ред. А.Ф. Коробейникова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2000. – С. 158–165.
 25. Маракушев А.А., Шаповалов Ю.Б. Экспериментальное исследование процесса рудной концентрации в гранитных системах // *Доклады РАН*. – 1993. – Т. 330. – № 4. – С. 526–530.
 26. Коржинский Д.С. Кислотно-основное взаимодействие в минералообразующих системах // *Теория процессов минералообразования: избранные труды*. – М.: Наука, 1994. – С. 6–19.
 27. Намолов Е.А., Чиркова В.М. Типоморфные ассоциации и региональная минеральная зональность золото-кварцевых жил Бодайбинского рудного района // *Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири: Тез. докл. региональной науч. конф.* – Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 1986. – С. 62–63.
 28. Кучеренко И.В. О фосфор-магний-титановой специализации золотоносных березитов // *Доклады АН СССР*. – 1987. – Т. 293. – № 2. – С. 443–447.
 29. Кучеренко И.В. Магматогенное золотое оруденение в структурах допалеозойской складчатости (на примере южного обрамления Сибирской платформы). Т. II. Геологические факторы и геолого-генетическая концепция рудообразования: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Томск, 1991. – 243 с.
 30. Кучеренко И.В. Реконструкция золотопроизводящей способности силикатных расплавов как основа петрологического и петрохимического прогнозно-поисковых критериев оценки территорий на золото // *Золото и технологии*. – 2013. – № 2 (20). – С. 70–80.
 31. Экспериментальное исследование поведения золота в магматическом и гидротермальном процессах (к проблеме источников вещества золоторудных месторождений / Н.С. Жатнуев, А.Г. Миронов, Д.А. Дампилов, Н.Г. Бугаева // *Золото Сибири: геология, геохимия, технология, экономика: тез. докладов I Сибирского симпозиума с междунар. участием*. – Красноярск, 1–3 декабря 1999 г. – Красноярск: КГАЦМиЗ, 1999. – С. 101–103.
 32. Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С. Золотоцентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкало-Муйского пояса). – Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2008. – 304 с.
 33. Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неопротерозойского прогиба / М.И. Кузьмин, В.В. Ярмолюк, А.И. Спиридонов, В.К. Немеров, А.И. Иванов, Г.Л. Митрофанов // *Доклады РАН*. – 2006. – Т. 407. – № 6. – С. 793–797.
 34. Goldberg I.S. The formation of ores as self-organizational process of redistribution of metals // *The 31st International Geological Congress*. – Rio de Janeiro, Aug. 6–17, 2000 г. – Rio de Janeiro: Geol. Surv. Brazil, 2000. – P. 3771.
 35. Гончаров В.И., Воронин С.В., Тюкова Е.Э. Геохимия стабильных изотопов руд и вмещающих пород Наталкинского месторождения // *Геологические этюды*. – Магадан: СВ научный центр ДВО РАН, 2003. – С. 139–162.
 36. Metallogeny of gold deposits of China / Shao Jun, Hui Defeng, Kong Xiang-min, Shou Naiwu // *Geology and Resources*. – 2004. – V. 13. – № 4. – P. 246–250.
 37. Немеров В.К., Митрофанов Г.Л., Семейкина Л.К. Флюидодинамическая (рудно-углеводородная) модель формирования большеобъемных платино-золоторудных месторождений сухложского типа // *Платина России. Новые нетрадиционные типы платиносодержащих месторождений. Результаты и направления работ по программе «Платина России»*. Т. VI. – М.: ООО «Геоинформмарк», 2005. – С. 61–68.
 38. Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoi Log deposit, Lena gold province, Russia / R. Large Ross, V.V. Maslennikov, R. Francois, L.V. Danyushevsky, Chang Zhaoshan // *Economic Geology*. – 2007. – V. 102. – № 7. – P. 1233–1267.
 39. Галямов А.Л. Золотоносные осадочные комплексы складчатого обрамления Сибирской платформы // *Руды и металлы*. – 2010. – № 1. – С. 28–37.

40. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding // *Mineral Deposita*. – 2001. – V. 36. – P. 477–489.
41. Условия зарождения и эволюции гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозоидах Северо-Востока Азии / Г.Н. Гамянин, Н.А. Горячев, А.Г. Бахарев, П.П. Колесниченко, А.И. Зайцев, Е.Н. Диман, Н.В. Бердников. – Магадан: СВ КНИИ ДВО РАН, 2003. – 196 с.
42. Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. – 291 с.
43. Yang X.M., Lentz D.R., Sylvester P.J. Gold contents of sulfide minerals in granitoids from Southwestern New Brunswick, Canada // *Mineral Deposita*. – 2006. – V. 41. – P. 369–386.
44. Hart C.J.R. Reduced Intrusion-Related Gold Systems // *Economic Geology*. – 2006. – V. 101. – № 7. – P. 1415–1427.
45. Золотоносные габбро-тоналит-гранодиорит-гранитные массивы Урала: возраст, геохимия, особенности магматической и рудной эволюции / Г.Б. Ферштатер, В.В. Холоднов, А.А. Кременецкий, А.А. Краснобаев, Н.С. Бородина, Е.А. Зинькова, С.В. Прибавкин // *Геология рудных месторождений*. – 2010. – Т. 32. – № 1. – С. 65–84.
46. Гусев А.И., Гусев А.А. Шошонитовые гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный режим, рудоносность. – М.: Изд-во РАЕ, 2011. – 125 с.
47. Гусев А.И. Петрология золотогенерирующего магматизма. – М.: Изд-во РАЕ, 2012. – 160 с.
48. Коробейников А.Ф., Гусев А.И., Красова А.С. Восстановленные интрузивно-гидротермально-метасоматические золоторудные системы // *Известия Томского политехнического университета*. – 2012. – Т. 321. – № 1. – С. 16–22.
49. Kucherenko I.V., Zhang Yuxuan. Metallogenic problems of hydrothermal gold deposit formation: facts and arguments // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 2015. – V. 24. – P. 1–8 (012024). URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012024> (дата обращения 03.07.2015).

Поступила 06.07.2015 г.

UDC 553.2.065

THEORIES, HYPOTHESES OF HYDROTHERMAL ROCK-ORE-FORMATION AND REALITY: FACTS AND ARGUMENTS

Igor V. Kucherenko,

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

E-mail: kucherenko.o@sibmail.com

The relevance of the research is caused by the necessity to introduce the clarity into hydrothermal rock-, ore-formation theories and hypotheses in which some natural facts are not joined.

The main aim of the study is to prove scientifically the theses excepting and/or supplementing deductions following from the theories and hypotheses, based on the well-known and new empiric data.

The methods used in the study: investigation of the gas-fluid inclusions in hydrothermal minerals homogenization, diagnostics and reconstruction of the succession of mineral complexes formation and minerals in its composition, petrologic-geochemical scientific research of the near-ore (ore-containing) metasomatic haloes and intradake apodolerite metasomatites formed in crystalline and black-shale substratum in hydrothermal gold deposits, investigation of the spatially-temporal and causally-investigatory correlations of the metasomatic rocks and ore-mineral complexes with regional metamorphism and magmatism derivatives in gold-ore regions, comparative analysis of metasomatic rocks and ore-formation in crystalline substratum and black-shale series.

The results. In perfection of the metasomatic processes theory it is necessary to take into account as real natural phenomena: 1) pulse regime of fissure-pore rock-fluid systems functioning, differently portional off and on entrance of hydrothermal, including metal-bearing, ore-forming solutions, in the region of rock-ore-formation; 2) the stagnant regime not only, in accordance with the theory, of pore but also of fissure fluids in common hydraulic constrained fissure-pore rocks-fluid systems of metasomatic rock-ore formation; 3) contrary components diffusion, from fissure solutions into pore, and not only in reverse direction, which complicates mineral zoning of the near-fissure metasomatic haloes, stipulated by differential mobility of the components and, consequently, polymineral, but not monomineral, in accordance with theory, composition of their rear and adjacent zones; 4) mobility (migratory ability) of P, Ti, Al, considered in theory inert attached under any conditions, and accumulation of femophylic elements K, P, Ti, Mg, Fe, Ca, Mn association contrasting anomalies in near-ore (ore-containing) metasomatic haloes in the rear zones in ore-controlling and ore-bringing deep faults neighboring frame (down to 1.0..1.5 km).

Following facts: 1) accessory of near-ore altered rocks to peculiar in crystalline substratum combination of propilite and berisite metasomatic formations but not to derivatives of regional metamorphism of green slate facies; 2) subclark level of to-ore gold contents in black shales containing the unique (Sukhoi Log) and large (Verninskoe, Chertovo Koryto and other) deposits, – it is established by the author in many deposits by means of realization of petrologic-geochemic investigation technology; 3) geologic-material-genetic uniformity of the deposits formed in black shales terranes with magmatogenous deposits located in crystalline substratum, are not joined in metamorphogenetic hydrothermal hypothesis of gold deposit formation in black-shale series.

The paper introduces the investigation results, which prove, in contrast to other – granitogenous, metamorphogenous, polygenous, – the formation of mesothermal gold deposits in black shale and crystalline substratum in composition of antidromic specialized on gold fluid-ore-magmatic granite-diorite-dolerite complexes on the late basaltoid stage of their functioning.

Key words:

The theory endogenous metasomatic processes, granitogenous, basaltogenous, metamorphogenous, polygenous hypotheses of gold deposit formation, facts, arguments, proofs.

The author expresses gratitude to mum T.A. Syresina for preparing the paper for publication.

REFERENCES

- Korzhinsky D.S. *Teoriya metasomaticheskoy zonalnosti* [The theory of metasomatic zoning]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 104 p.
- Tauson L.V. *Geokhimicheskie tipy i potentsialnaya rudosnost granitoidov* [Geochemic types and potential ore content of granitoids]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 267 p.
- Buryak V.A. *Metamorfizm i rudoobrazovanie* [Metamorphism and ore formation]. Moscow, Nedra Publ., 1982. 256 p.
- Korzhinsky D.S. Oчерк metasomaticheskikh protsessov [Essay of metasomatic processes]. *Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyakh* [Fundamental problems in studies about magmatogenous ore deposits]. Moscow, AC Publ., 1953. pp. 335–456.
- Smirnov S.S. O sovremennom sostoyanii teorii obrazovaniya magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniy [On modern state of magmatogenous ore deposits formation theory]. *Zapiski Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva*. Vtoraya seriya, 1947, P. 76, Iss. 1, pp. 23–36.
- Kigay I.N. *Genesis gidrotermalnykh mestorozhdeniy tsvetnykh i redkikh metallov, svyazannykh s granitami. Avtoreferat Dis. Dokt. nauk* [Genesis of hydrothermal deposits of colour and rare metals, constrained with granites. Dr. Diss. abstract]. Moscow, 1990, 46 p.
- Petrografichesky kodeks. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impektivnye obrazovaniya* [Petrographic code. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations]. Ed. by O.A. Bogatikov, O.V. Petrov, L.N. Sharpenok. St. Petersburg, VGI Publ., 2008. 200 p.
- Tkachenko S.I., Porter R.P., Korzhinsky M.A. Izucheniye protsessov rudo- i mineraloobrazovaniya iz vysokotemperaturnykh fumarolnykh gazov na vulkane Kudryavy, o. Iturup, Kuril'skaya duga [Investigation of ore- and mineral-formation from high-temperature fumaroles gases on the Kudriavy volcano, island Iturup, Kuril'skaya Bulge]. *Geochemistry*, 1999, no. 4, pp. 410–422.
- Betekhtin A.G. Gidrotermalnye rastvory, ikh priroda i protsessy rudoobrazovaniya [Hydrothermal solutions, their nature and ore-formation]. *Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyakh*. [Fundamental problems in studies on magmatogenous ore deposits]. Moscow, AS Publ., 1953, pp. 286–334.
- Kucherenko I.V. *Magmatogennoye zolotoe orudnenie v strukturakh dopaleozoyskoy skladchatosti (na primere yuzhnogo obramleniya Sibirskoy platformy)*. T. I. Rudy, okolorudnyye metasomaticheskie i geokhimicheskie oreoly. *Dis. Dokt. nauk* [Magmatogenous gold mineralization in structures of the precambrian folding (on example of Siberian craton south frame). Dr. Diss.]. Tomsk, 1991. 431 p.
- Vagina E.A. *Mineralnye komplekсы rud i genesis mestorozhdeniya Chertovo Koryto (Patomskoe nagore)*. *Dis. Kand. nauk* [Mineral ore complexes and origin of the Chertovo Koryto deposit (Patom highland). Cand. Diss.]. Tomsk, 2012. 141 p.
- Kucherenko I.V. Petrologiya gidrotermalnogo metasomatizma doleritov vnutrirudnykh daek mezotermalnykh mestorozhdeniy zolota. Ch. 2. Mestorozhdenie Zun-Holba (Vostochny Sayan) [Petrology of the dolerite hydrothermal metasomatism of the mesothermal gold deposits intraore dikes. P. 2. Zun-Kholba deposit (East Saján)]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2015, vol. 326, no. 1, pp. 73–86.
- Zharikov V.A., Omelyanenko B.I. Klassifikatsiya metasomatitov [Classification of the metasomatites]. *Metasomatizm i rudoobrazovanie* [Metasomatism and ore formation]. Moscow, Nauka Publ., 1978. pp. 9–28.
- Rafailovich M.S. Netraditsionnye mestorozhdeniya zolota Kazakhstana [Nontraditional Kazakhstan gold deposits]. *Sovremennyye problemy geologii i razvedki poleznykh iskopaemykh: materialy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Proc. Int. conf. Modern problems of geology and prospecting of industrial minerals]. Tomsk, 5–8 October 2010. Tomsk, TPU Publ., 2010. pp. 368–373.
- Rusinov V.L., Rusinova O.V., Kryazhev S.G.. Okolorudnyy metasomatizm terrigenykh uglerodistykh porod v Lenskom zolotorudnom rayone [Near-ore metasomatism of the terrigenous carbonaceous rocks in Lensk gold-ore region]. *Geology of ore deposits*, 2008, vol. 50, no. 1, pp. 3–46.
- Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii* [Gold ore deposits of Russia]. Ed. by M.M. Konstantinov. Moscow, Akvarel Publ., 2010. 349 p.
- Yudovskaya M.A., Distler V.V., Rodionov N.V. Sootnosheniye protsessov metamorfizma i rudoobrazovaniya na zolotom chernoslantsevom mestorozhdenii Sukhoi Log po dannym U-Th-Pb-izotopnogo SHRIMP-datirovaniya aktsessornykh mineralov [Correlation of metamorphism and ore-formation in Sukhoi log gold black-shaly deposit according to U-Th-Pb-isotope SHRIMP-dating of accessory minerals]. *Geology of ore deposits*, 2011, vol. 53, no. 1, pp. 32–64.
- Vilor N.V., Lepin V.S., Stanevich A.M. Radiologicheskoe i paleofitologicheskoe datirovaniye osadkonakopleniya i preobrazovaniya porod Baykalo-Patomskogo nagorya [Radiological and paleophytological dating of the sedimentation and rock alteration of Baikal-Patom highland]. *Doklady AN SSSR*, 1991, vol. 318, no. 2, pp. 396–400.
- Kucherenko I.V. Gidro dinamika treshchinno-porovykh flyuidno-porodnykh vzaimodeystviy i mekhanizm massopere nosa v protsessakh okolotreshchinno gidrotermalnogo metasomatizma [Hydrodynamics of fracture-pore fluid-rock interactions and mechanism of mass transfer in near-fracture hydrothermal metasomatism processes]. *Razvedka i ohrana nedr*, 2010, no. 11, pp. 37–43.
- Borodaevsky N.I., Sher S.D. Ob okolorudnykh izmeneniyakh v mestorozhdeniyakh zolota [On near-ore alterations in gold deposits]. *Trudy CNIGRI*, 1967, Iss. 76, pp. 113–126.
- Zharikov V.A. Nekotorye zakonomernosti metasomaticheskikh protsessov [Some regularities of metasomatic processes]. *Metasomaticheskie izmeneniya bokovykh porod i ikh rol v rudoobrazovanii* [Metasomatic alteration of wall-rock and their role in ore-formation]. Moscow, Nedra Publ., 1966. pp. 47–63.
- Sakharova M.S., Ryakhovskaya S.K., Turchkova A.G. Postkristallizatsionnye preobrazovaniya zoloto-kvartsevykh agregatov v gidrotermalnykh usloviyakh (eksperimentalnye dannye) [Postcrystallizational alterations of gold-quartz aggregates in hydrothermal conditions (experimental data)]. *Geochemistry*, 1999, no. 5, pp. 486–493.
- Kucherenko I.V. Ob istochnikakh kremnezema v obrazovanii mezotermalnykh kvartsevo-zhilnykh zolytykh mestorozhdeniy [On silica sources in mesothermal quartz-vein gold deposits formation]. *Regionalnaya geologiya. Geologiya mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Proc. Int. conf. Regional geology. Geology of the industrial minerals deposits]. Tomsk 10–15 September 2001. Tomsk, TPU Publ., 2001. pp. 249–255.
- Kucherenko I.V., Prokofev V.Yu. Mineralogo-petrokhimicheskaya zonalnost okolorudnogo metasomaticheskogo oreola mestorozhdeniya Zun-Ospa (Vostochny Sayan) [Mineral-petrochemical zoning of near-ore metasomatic halo of Zun-Ospa deposit (East Saján)]. *Poiski i razvedka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh Sibiri: Materialy nauchnoy konferentsii* [Proc. Sci. conf. Prospecting and exploration of the industrial minerals deposits of Siberia]. Tomsk, TPU Publ., 2000. pp. 158–165.
- Marakushev A.A., Shapovalov Yu.B. Eksperimentalnoye issledovaniye protsessov rudnoy kontsentratsii v granitnykh sistemakh [Experimental investigation of ore concentration in granite systems]. *Doklady RAN*, 1993, vol. 330, no. 4, pp. 526–530.
- Korzhinsky D.S. Kislotno-osnovnoye vzaimodeystvie v mineraloobrazuyushchikh sistemakh [Acid-basic interaction in mineral-forming systems]. *Teoriya protsessov mineraloobrazovaniya: Izbrannyye trudy* [The theory of mineral-forming processes: selected works]. Moscow, Nauka Publ., 1994. pp. 6–19.

27. Namolov E.A., Chirkova V.M. Tipomorfnye assotsiatsii i regionalnaya mineralnaya zonalnost zoloto-kvartsevyykh zhil Bodaybinskogo rudnogo rayona [Typomorphic association and regional mineral zoning of gold-quartz veins of Bodaibo ore region]. *Geologiya i poznyye iskopaemye Vostochnoy Sibiri: Tezisy dokladov regionalnoy nauchnoy konferentsii* [Proc. reg. sci. conf. Geology and industrial minerals of East Siberia]. Irkutsk, ISI Publ., 1986. pp. 62–63.
28. Kucherenko I.V. O fosfor-magny-titanovoy spetsializatsii zolotonosnykh berezitiv [On phosphorus-magnesium-titanium specialization of auriferous beresites]. *Doklady AN SSSR*, 1987, vol. 293, no. 2, pp. 443–447.
29. Kucherenko I.V. *Magmatogennoe zolotoe orudnenie v strukturno-dopaleozoyskoy skladchatosti (na primere yuzhnogo obramleniya Sibirskoy platformy). T. II. Geologicheskie faktory i geologo-geneticheskaya kontseptsiya rudoobrazovaniya. Dis. Dokt. nauk* [Magmatogenous gold mineralization in structures of the precambrian folding on example of Siberian craton frame. Vol. 2. Geologic factors and ore-formation geologic-genetic conception. Dr. Diss]. Tomsk, 1991. 243 p.
30. Kucherenko I.V. Rekonstruktsiya zolotoproduktivnykh spetsializatsiy silikatnykh rasplavov kak osnova petrologicheskogo i petrokhimicheskogo prognozno-poiskovykh kriteriev otsenki territoriy na zoloto [Reconstruction of gold-producing facies of silicate melts as base of petrological and petrochemical forecasting and prospecting criteria of territories appraisal for gold]. *Zoloto i tekhnologii*, 2013, no. 2 (20), pp. 70–80.
31. Zhatnuev N.S., Mironov A.G., Dampilov D.A. Eksperimentalnoe issledovanie povedeniya zolota v magmaticheskoy i gidrotermalnoy protsessakh (k probleme istochnikov veshchestva zolotorudnykh mestorozhdeniy [Experimental investigation of gold behavior in magmatic and hydrothermal processes (for problem of matter gold-ore deposits sources)]. *Zoloto Sibiri: geologiya, geokhimiya, tekhnologiya, ekonomika: Tezisy dokladov I Sibirskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem* [Proc. I Siberian symposium. Gold of Siberia: geology, geochemistry, technology, economics]. Krasnojarsk, 1–3 december 1999. Krasnojarsk, KGA-CMiZ, 1999. pp. 101–103.
32. Zhmodik S.M., Mironov A.G., Zhmodik A.S. *Zolotokontsentriruyushchie sistemy ofiolitovykh poyasov (na primere Sayano-Baykalo-Muyskogo poyasa)* [Gold concentration systems of the ophiolitic belts (on example of Sayan-Baikal-Muisk belt)]. Novosibirsk, GEO Publ., 2008. 304 p.
33. Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Spiridonov A.I. Geodinamicheskie usloviya formirovaniya zolotorudnykh mestorozhdeniy Bodaybinskogo neoproterozoyskogo progiba [Geodynamical conditions of gold deposits formation of Bodaibo Neoproterozoic depression]. *Doklady RAN*, 2006, vol. 407, no. 6, pp. 793–797.
34. Goldberg I.S. The formation of ores as self-organizational process of redistribution of metals. *The 31-st International Geological Congress*. Rio de Janeiro, Aug. 6–17, 2000. Rio de Janeiro: Geol. Surv. Brazil, 2000. pp. 3771.
35. Goncharov V.I., Voronin S.V., Tyukova E.E. Geokhimiya stabilnykh izotopov rud i vmeshchayushchikh porod Natalkinskogo mestorozhdeniya [Geochemistry of the stable isotopes of Natalkinskoe deposit ores and containing rocks]. *Geologicheskie etyudy*. Magadan, SV nauchny centr DVO RAN, 2003. pp. 139–162.
36. Shao Jun, Hui Defeng, Kong Xiang-min, Shou Naiwu. Metallogeny of gold deposits of China. *Geology and Resources*, 2004, vol. 13, no. 4, pp. 246–250.
37. Nemerov V.K., Mitrofanov G.L., Semeykina L.K. Flyuidinamicheskaya (rudno-uglevodorodnaya) model formirovaniya bolsheobemnykh platino-zolotorudnykh mestorozhdeniy sukholozhskogo tipa [Fluidodynamical (ore-hydrocarbonaceous) model of greater-volume platinum-gold ore deposits Sukhoi Log type formation]. *Platina Rossii. Novye netraditsionnye tipy platinosoderzhashchikh mestorozhdeniy. Rezultaty i napravleniya rabot po programme «Platina Rossii»* [Platinum of Russia. New non-traditional types of the platinum-containing deposits. Results and works directions on Program «Platinum of Russia»]. Moscow, Geoinformmark Publ., 2005. T. VI, pp. 61–68.
38. Large Ross R., Maslennikov V.V., Francois R., Danyushevsky L.V., Chang Zhaoshan. Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoi Log deposit, Lena gold province, Russia. *Economic Geology*, 2007, vol. 102, no. 7, pp. 1233–1267.
39. Galyamov A.L. Zolotonosnye osadochnye komplekсы skladchatogo obramleniya Sibirskoy platformy [Auriferous sedimentary complexes of the Siberian craton folded framework]. *Rudy i metallurgy*, 2010, no. 1, pp. 28–37.
40. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. *Mineral Deposita*, 2001, vol. 36, pp. 477–489.
41. Gamyaniy G.N., Goryachev N.A., Bakharev A.G. *Usloviya zarozhdeniya i evolyutsii granitoidnykh zolotorudno-magmaticheskikh sistem v mezozoidakh Severo-Vostoka Azii* [Conditions of the conception and evolution of granitoid gold-ore-magmatic systems in mesozooids of North-East Asia]. Magadan, SV KNII DVO RAN, 2003. 196 p.
42. Spiridonov A.M., Zorina L.D., Kitaev N.A. *Zolotonosnye rudno-magmaticheskie sistemy Zabaykalya* [Auriferous ore-magmatic systems of Trans-Baikal]. Novosibirsk, Geo Publ., 2006. 291 p.
43. Yang X.M., Lentz D.R., Sylvester P.J. Gold contents of sulfide minerals in granitoids from Southwestern New Brunswick, Canada. *Mineral Deposita*, 2006, vol. 41, pp. 369–386.
44. Hart C.J.R. Reduced Intrusion-Related Gold Systems. *Economic Geology*, 2006, vol. 101, no. 7, pp. 1415–1427.
45. Fershtater G.B., Kholodnov V.V., Kremenetsky A.A. Zolotonosnye gabro-tonalit-granodiorit-granitnye massivy Urala: vozrast, geokhimiya, osobennosti magmaticheskoy i rudnoy evolyutsii [Auriferous gabbro-tonalite-granodiorite-granite massifs of Ural: age, geochemistry, features of magmatic and ore evolution]. *Geology of ore deposits*, 2010, vol. 32, no. 1, pp. 65–84.
46. Gusev A.I., Gusev A.A. *Shoshonitovye granitoidy: petrologiya, geokhimiya, flyuidnyy rezhim, rudonosnost* [Shoshonitic granitoids: petrology, geochemistry, fluid regime, ore-content]. Moscow, RAE Publ., 2011. 125 p.
47. Gusev A.I. *Petrologiya zolotogeneriruyushchego magmatizma* [Petrology of the gold-generating magmatism]. Moscow, RAE Publ., 2012. 160 p.
48. Korobeynikov A.F., Gusev A.I., Krasova A.S. Vosstanovlennyye intruzivno-gidrotermalno-metasomaticheskie zolotorudnye sistemy [Reduced intrusive-hydrothermal-metasomatic gold-ore systems]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2012, vol. 321, no. 1, pp. 16–22.
49. Kucherenko I.V., Zhang Yuxuan. Metallogenic problems of hydrothermal gold deposit formation: facts and arguments. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2015. Vol. 24, pp. 1–8 (012024). Available at: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012024> (accessed 03 July 2015).

Received: 06 July 2015.