

УДК 553.3/4.06:552.11–047.58

ПРОБЛЕМЫ РУДНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР. ЧАСТЬ 2. МАГМАТИЗМ И МЕЗОТЕРМАЛЬНОЕ РУДООБРАЗОВАНИЕ

Кучеренко Игорь Васильевич,

kivr@tpu.ru

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Актуальность. Существование взаимно исключаящих одна другую гранитогенной, базальтогенной, метаморфогенной, полигенной гипотез образования одних и тех же гидротермальных месторождений золота, цветных металлов (Sn, W, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Sb) стимулирует исследования, направленные на коррекцию, углубление теории гидротермального рудообразования и совершенствование, разработку прогнозно-поисковых критериев месторождений, необходимых для преимущественно глубинных поисков новых объектов и пополнения минерально-сырьевой базы металлов.

Цель: посредством изучения последовательности, содержания, вещественного выражения геологических процессов образования мезотермальных месторождений золота южного горно-складчатого обрамления Сибирского кратона оценить источники металлоносных рудообразующих растворов.

Методы: изучение последовательности образования, минералого-химических составов, сопровождающих плутоны, массивы гранитоидов, ультраметаморфические очагово-купольные постройки даек магматических пород, пространственно-временных соотношений их между собой и с рудно-минеральными комплексами, полный химический (мокрый) силикатный анализ горных пород, рентгено-спектральный анализ химических составов минералов, анализ изотопных составов серы сульфидов и углерода карбонатов руд и околорудных метасоматитов, петрохимические пересчеты.

Результаты. Приведены доказательства генерации образующих мезотермальные месторождения золота металлоносных растворов в мантийных очагах базитовых расплавов – факты одновременного функционирования последних и рудообразующих растворов в коре после кристаллизации гранитных расплавов, данные о флюидопроводящей в горячем состоянии функции внутрирудных даек долеритов – наряду с разломами путей подъема металлоносных растворов из очагов генерации в образующиеся месторождения, факты наследования околорудными метасоматитами (березитами) петрохимического профиля внутридайка аподолеритового метасоматизма (привнос K, CO₂, S, вынос Na, Si), контрастных аномалий фемофильных элементов (P, Ti, Ca, Mg, Fe, Mn), близкие к мантийным меткам изотопные отношения серы сульфидов и углерода карбонатов. Обсуждается негативное влияние человеческого фактора на решение проблемы, которое заключается в приоритете представлений о генерации металлоносных растворов в коровых очагах гранитных расплавов – предложенной авторитетом, поддержанной массами руководящей идеи при том, что идея не соотносится с наблюдаемыми в месторождениях, в том числе известными с пятидесятих годов прошлого столетия фактами, которые не вписываются в представления и поэтому не привлекаются для оценки жизнеспособности идеи. Между тем, факт одновременного функционирования базитовых очагов в мантии и образующих мезотермальные месторождения цветных металлов растворов в коре после кристаллизации гранитных расплавов доказываем существованием и в этих месторождениях послегранитных дорудных, внутрирудных даек базитов – носителей информации об источниках металлоносных растворов. Этот факт свидетельствует об образовании мезотермальных месторождений цветных металлов и золота по одному сценарию, поэтому рекомендуется решать проблему обусловленности мезотермального рудообразования магматизмом в месторождениях цветных металлов в согласии с рекомендациями Ф.И. Вольфсона и В.Н. Котляра шестидесятилетней давности по программе описанного в статье исследования.

Ключевые слова:

Мезотермальные месторождения золота и цветных металлов, обусловленность рудообразования магматизмом, плутоны гранитоидов, дорудные, внутрирудные, послерудные дайки базитов, дайки-флюидопроводники, петрохимический профиль внутридайка аподолеритового и околорудного метасоматизма, контрастные аномалии фемофильных элементов, изотопные отношения серы сульфидов и углерода карбонатов, человеческий фактор.

Постановка задачи

Потребовалось полтора столетия после обращения к соотечественникам призыва предтечи металлогении русского гения М.В. Ломоносова пойти по своему отечеству и рассматривать расположение мест, «... к производству руды способных и неспособных», прежде чем начались систематические массовые исследования геологических процессов на предмет оценки их способности к рудообразованию. В приложении к мезотермальным по классификации В. Линдгрена [1] месторождениям золота с сопровождающими цветными металлами, полиметаллическим с сопровождающим золотом, оловянным, вольфрамовым, урановым рудам в двадцатом столетии и до сего времени в реконструкции условий генерации металлоносных флю-

идов достигнуты более чем скромные результаты – предложены четыре конкурирующие обсуждаемые в среде специалистов многих стран известные гипотезы их образования – гранитогенная, базальтогенная, метаморфогенная, полигенная.

Магматогенные гипотезы предполагают генерацию металлоносных флюидов в очагах гранитных или базитовых магм и образование оруденения независимо от составов и происхождения вмещающей руды среды в соответствии с размещением месторождений в разломных структурах разных масштабов и их обрамлении, определяющих пути миграции и места концентрирования и консервации флюидов в земной коре. Сфера приложения метаморфогенной и полигенной гипотез – черносланцевые комплексы с повышенными против

кларка содержаниями седиментогенного золота, переотлагаемого, как считается, из пород в руды в процессах функционирования метаморфогенных и/или магматогенных флюидов.

К обоснованию наиболее популярной из двух магматогенных гипотез, судя по числу и содержанию публикаций, гранитогенной гипотезы привлекались и привлекаются следующие факты:

- пространственная и временная близость мезотермальных месторождений к предшествующим им массивам, плутонам гранитоидов [2–12] и, в подтверждение представлений В. Эммонса [13], признаки зонального расположения гидротермальных месторождений относительно интрузий гранитоидов [2, 14–16];
- крупные объемы и высокая обводненность унаследованных массивами, плутонами с ассоциированными мезотермальными месторождениями гранитных расплавов, способных генерировать металлоносные растворы в количествах, достаточных, как считается, для образования промышленных месторождений. Этот факт в середине XX столетия для доказательства генетических связей мезотермального рудообразования с гранитоидным магматизмом считался важнейшим. Вероятно, Х.М. Абдуллаев выражал мнение большинства, считая, что «для выдвигания тезиса, что нижний магматический очаг базальтово-перидотитового состава является источником самостоятельных рудных растворов, пока достаточных оснований нет. К тому же, как известно, трещинные излияния базальтов и их субэффузивные дайки не образуют таких месторождений, которые можно было бы связать с деятельностью очага основных и ультраосновных магм» [17. С. 207];
- образование гранитоидных массивов, плутонов палингенных гранитоидов в некоторых районах в блоках земной коры, обогащенных золотом и, как следствие, обогащение расплавов металлом и приобретение им золотопродуцирующей способности [4, 5, 14, 18], подтвержденной физико-химическим анализом условий функционирования гранитных расплавов [19] и в экспериментах [20];
- накопление золота в конечных обогащенных флюидной фазой дифференциатах гранитоидного магматизма в некоторых районах [8, 21, 22] или снижение против кларка его содержания в других [10, 23];
- сходные составы газовой фазы флюидов (СО, СО₂, СН₄, С₂Н₆ и др.), извлеченной из включений минералов золотоносных кварцевых жил и гранитоидов, как признак генетической связи между ними [24];
- наследование золотоносными кварцевыми жилами минералов гранитоидов (полевых шпатов и др.) [25].

Вопреки упомянутому утверждению Х.М. Абдуллаева, отрицающему известный тезис о том, что дьявол – в мелочах, и разделяемому многими

опирающемуся на перечисленные факты мнению, основания для привлечения «нижнего магматического очага базальтово-перидотитового состава» к обсуждению проблемы были и они опубликованы за несколько лет до выхода его цитированной монографии.

Известный исследователь гидротермальных месторождений Ф.И. Вольфсон обращал внимание на то, что «Без *детального* (курсив наш, – И.К.) изучения в каждом отдельном случае геологического положения даек интрузивных пород и их взаимоотношений с оруденением мы не можем решить вопрос о генетической связи оруденения с определенными массивами гранитоидов» [26. С. 46]. Согласно другому известному ученому В.Н. Котляру, «... при изучении связи оруденения с магматическими породами необходимо установить связь оруденения не только с интрузивными массивами и магматическими комплексами в целом, но также с отдельными последовательными магматическими проявлениями», поскольку «... отдельные фазы интрузий и особенно фазы, растянутые во времени, имеют свои жильные отщепления... При таком положении очень важно бывает установить отношения между оруденением и жильными отщеплениями, поймать, как говорят, оруденение или отдельные его этапы «в вилку жильных пород»» [27. С. 68, 69].

Приведенные рекомендации послужили импульсом к изданию специального посвященного обсуждаемой проблеме выпуска журнала Известия АН СССР. Серия геологическая, 1957, № 1 и получили обоснование в серии статей этого выпуска. В оловянных, вольфрамовых, полиметаллических гидротермальных месторождениях Забайкалья и Приморья диагностированы в разных сочетаниях и описаны послегранитные дорудные, внутрирудные, послерудные дайки диабазов [28–31], «взявшие» руды в возрастные вилки.

Было сделано многое для того, чтобы уточнить для занятого решением проблемы ученого сообщества направление дальнейших исследований, – факты указывают на одновременное функционирование отнюдь не гранитных, но базитовых магматических очагов в мантии и рудообразующих металлоносных растворов над базитовыми очагами в коре *после образования рудовмещающих гранитных массивов, плутонов*. Казалось бы, эти данные должны были инициировать детальное изучение наряду с гранитами базитовых даек «второго этапа» (по В.С. Коптеву-Дворникову) на предмет оценки участия базитовых расплавов в рудообразовании, поскольку они (дайки) не вписываются в гранитогенную гипотезу. Этого не произошло – включился мощный человеческий фактор. По предложению Л.В. Таусона [32] произошло всего лишь смена концепции о металлогенической специализации гранитоидов на сохраняющуюся до сих пор популярным представлении об их потенциальной рудоносности, рудной продуктивности и зависимости последней от условий функциониро-

вания гранитных расплавов в магматических камерах.

Переход большей части ученого сообщества, занятого исследованием проблемы, сохранившего приверженность к гранитоидным расплавам как генераторам металлоносных растворов, ведомого академиком на позиции новой концепции, стимулирован ставшим очевидным к семидесятым годам прошлого столетия отсутствием корреляции между металлоносностью гранитоидов и мезотермальными месторождениями золота, цветных металлов в сочетании с другими упомянутыми фактами, раскрывающими возможные генетические связи между месторождениями и гранитоидами [21–23 и др.].

Предложение Л.В. Таусона о смене концепции воспринято, если судить по не всегда корректному признаку – числу и содержанию русскоязычных, англоязычных публикаций, с энтузиазмом. Вероятно, этому способствовали упомянутые факты: пространственно-возрастная близость месторождений к массивам гранитоидов, крупные объемы заполненных гранитными расплавами магматических камер, высокая обводненность гранитных расплавов, могущих в потенциале обеспечивать генерацию значительных масс металлоносных растворов.

В течение последних десятилетий в плане реализации предложения реконструируются термодинамические, физико-химические режимы функционирования гранитных расплавов – температуры, давления, кислотно-основные, окислительно-восстановительные условия в очагах гранитной магмы, фугитивности, парциальные давления летучих, распределение и эволюция концентраций в расплавах и минералах золота, цветных металлов, элементов, обладающих высоким сродством с металлами (Cl, S и других), оценивается эманационная дифференциация магм и возможности эманационного концентрирования рудных элементов в остаточных расплавах, условия и масштабы дегазации потенциально рудоносных магм как показатели их рудной продуктивности [3, 6–8, 10, 33–57]. В итоге гранитоиды, слагающие крупные тела, по совокупности данных оцениваются на предмет возможных генетических связей с ними месторождений, и в случае положительной оценки при существовании непосредственно сменяющих во времени гранитоиды мезотермальных месторождений последние получают статус «pluton-related», «intrusion-related» – родственных, генетически связанных с гранитами. В подобных случаях противоречащие этой связи факты образования дорудных, внутрирудных, послерудных даек базитов остаются необъясненными, а связи гипотетическими.

О дайках базитов «второго этапа», чередующихся во времени с рудно-минеральными комплексами, поддерживающие гранитогенную гипотезу авторы публикаций, как правило, не вспоминают, очевидно, по причине невозможности объяс-

нить с позиции этой гипотезы необъяснимое. Вместе с тем в последние десятилетия накапливаются в приложении, в частности, к мезотермальным месторождениям золота новые факты, которые в совокупности дополняют и усиливают аргументацию альтернативной базальтогенной гипотезы [58–76 и др.].

В статье обобщены и обсуждаются в основном авторские материалы, составляющие и дополняющие доказательную базу золотопродуцирующей системы [73] в составе ее производных – ранних гранитоидов, поздних базальтоидов и мезотермальных месторождений золота, образованных на позднем базальтоидном этапе ее функционирования. Дополнительные материалы получены в результате изучения в мезотермальных месторождениях золота наряду с другими магматическими породами, образованных в период, переходный от гранитоидного петрохимического профиля магматизма к базальтоидному, в течение которого можно было ожидать как неизбежное смещение остаточных гранитоидных коровых и поступавших из мантии базитовых расплавов в одних магматических камерах и, как следствие, – генерацию золотоносных растворов в смешанных расплавах. В свою очередь, отсутствие признаков смешения тех и других расплавов с учетом повторяющихся во многих месторождениях фактов инъекции ранней порции металлоносных растворов после внедрения ранних порций послегранитных базитовых расплавов будет означать генерацию растворов в уже не существовавших остаточных гранитоидных расплавах, что невозможно, следовательно, – генерацию растворов в продолжавших функционировать очагах базитовых магм.

Поиски индикаторов кристаллизации подобных смешанных расплавов – «гибридных» даек, минглинг-даек, и обобщение, включая дополнительные факты, раскрывающих генерацию золотоносных растворов в автономных очагах базитовых расплавов, составили задачу исследования.

Вместе с тем приведенные материалы согласуются с данными, опубликованными в серии статей упомянутого академического журнала и раскрывающими образование рудно-минеральных комплексов оловянных, вольфрамовых, полиметаллических месторождений в чередовании с дайками базитов *после становления гранитных массивов*. Эти данные подчеркивают образование мезотермальных руд золота и цветных металлов по одному сценарию, которому следует природа. Поэтому усиливается целесообразность актуализировать рекомендации Ф.И. Вольфсона и В.Н. Котляра исследовать в мезотермальных месторождениях цветных металлов (Sn, W, Mo, Cu, Pb-Zn, Ni-Co, Sb) сопровождающие массивы, плутоны гранитоидов дайковые ассоциации, в том числе и прежде всего базитовые, на предмет поиска вещественных признаков флюидопроводящей функции базитовых даек, которые через эту функцию в золотых месторождениях связывают корни даек в очагах

базитовых расплавов в мантии с месторождениями золота в коре [58, 63, 67, 68, 72]. Поиску способствует тот факт, что фильтрующиеся в горячих базитовых дайках металлоносные растворы оставляют вещественные признаки – следы в минеральном, химическом, геохимическом составах образующихся в дайках метасоматитов.

Поскольку условия накопления рудообразующих растворов, создающих одни и те же месторождения, объясняются с противоположных позиций той и другой концепций, сохраняется потребность дальнейшего поиска фактов для корректного решения этой одной из ключевых столетних проблем теории гидротермального рудообразования и металлогении. Потребность корректного решения данной теоретической проблемы сочетается с возрастающей необходимостью для восполнения минерально-сырьевой базы металлов создания теоретической основы комплекса эффективных прогнозно-поисковых критериев месторождений, находящихся на приемлемых глубинах, но не вскрытых эрозией, что в условиях сосуществования взаимно исключающих одно другое представлений невозможно.

Объекты – мезотермальные месторождения золота и методы исследования

В перечисленных ниже мезотермальных месторождениях золота южного горно-складчатого обрамления Сибирского кратона (рис. 1, 2) выполнено комплексное исследование обсуждаемой про-

блемы по программе, включающей изучение сопровождающих плутоны, массивы гранитоидов ассоциаций послегранитных жильных магматических пород основного состава – даек, образованных в процессах рудообразования в чередовании с рудно-минеральными комплексами, околорудных метасоматических ореолов и руд.

Месторождение Чертово Корято (средний палеозой?) на севере Патомского нагорья в составе залежи прожилково-вкрапленных кварцево-сульфидных руд, образованной в толще черных сланцев раннепротерозойской михайловской свиты.

Месторождения Сухой Лог, Вернинское (средний палеозой) в Ленском районе в составе залежей прожилково-вкрапленных кварцево-сульфидных руд, образованных в толщах черных сланцев позднерифейских имняхской, хомолхинской, аунакитской, вачской свит.

Верхне-Сакуканское кварцево-жильное месторождение (285 ± 5 млн л. [77]) в Северном Забайкалье, образованное в гранитоидном массиве раннепротерозойского кодарского комплекса.

Уряхское кварцево-жильное месторождение (поздний палеозой) в Северном Забайкалье, образованное в толщах дифференцированных покровных вулканитов позднерифейской келянской и черных сланцев позднерифейской водораздельной свит.

Каралонское месторождение (275 ± 7 млн л. [77]) в Северном Забайкалье в составе залежей прожилково-вкрапленных кварцево-сульфидных руд



Рис. 1. Расположение золоторудных районов в южном горно-складчатом обрамлении Сибирского кратона: I – Енисейский; II – Кузнецко-Алатауский; III – Окино-Китойский; IV – Северо-Забайкальский (Муиский); V – Ленский

Fig. 1. Arrangement of the gold-ore regions in South mountain-folded frame of the Siberian craton: I – Eniseysky; II – Kuznetsko-Alatau; III – Okino-Kitoysky; IV – Severo-Transbaikalsky (Muisky); V – Lensky

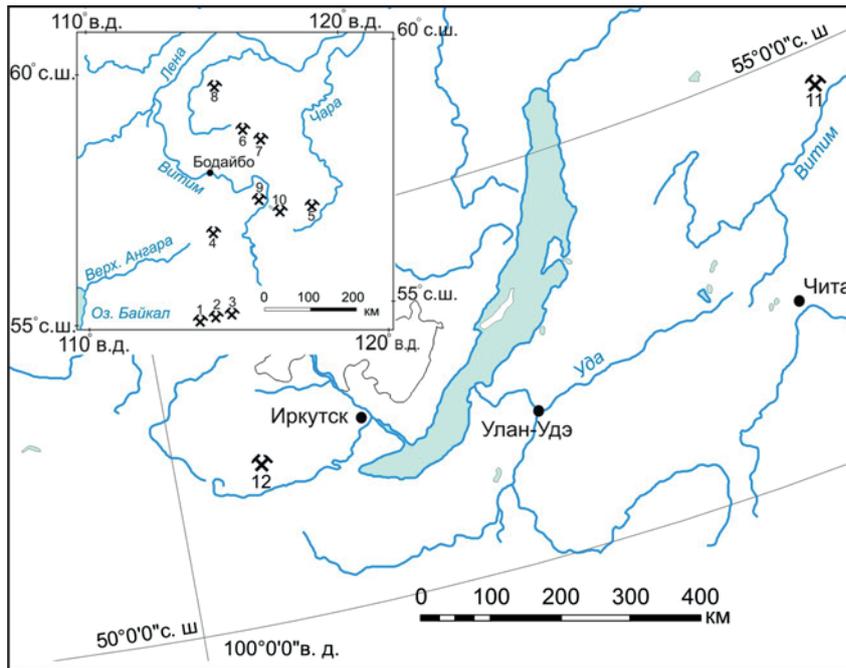


Рис. 2. Географическое положение золоторудных месторождений в Окино-Китойском, Муйском, Ленском районах: 1 – Западное; 2 – Ирокиндинское; 3 – Кедровское; 4 – Богодиканское; 5 – Верхне-Сакуканское; 6 – Сухой Лог; 7 – Вернинское; 8 – Чертово Корыто; 9 – Каралонское; 10 – Уряхское; 11 – Кедровское; 12 – Зун-Холба

Fig. 2. Geographical arrangement of the gold-ore deposits in Okino-Kitoysky, Muysky, Lensky regions: 1 – Zapadnoe; 2 – Irokindinskoe; 3 – Kedrovskoe; 4 – Bogodikanskoe; 5 – Verkhne-Sakukanskoe; 6 – Sukhoy Log; 7 – Verninskoe; 8 – Chortovo Koryto; 9 – Karalonskoe; 10 – Uryakhsкое; 11 – Kedrovskoe; 12 – Zun-Kholba

и золоторудных кварцевых жил, образованных в толщах покровных вулканитов позднерифейской келянской и черных сланцев позднерифейской водораздельной свит, в массивах гранитоидов позднерифейско-вендского падоринского и позднепалеозойского конкудеро-мамаканского комплексов.

Богодиканское кварцево-жильное месторождение (303 ± 5 млн л. [77]) в Северном Забайкалье, образованное в массиве гранитоидов позднепалеозойского конкудеро-мамаканского комплекса.

Кедровское кварцево-жильное месторождение (282 ± 5 млн л. [77]) в Северном Забайкалье, образованное в толще черных сланцев позднерифейской кедровской свиты и в позднепалеозойской зрелой очагово-купольной ультраметаморфической постройке с гранодиоритовым ядром.

Ирокиндинское кварцево-жильное месторождение (277 ± 4 млн л. [77]) в Северном Забайкалье, образованное среди гнейсов, мигматитов, гранитов архейского фундамента.

Западное кварцево-жильное месторождение (275 ± 5 млн л. [77]) в Северном Забайкалье, образованное в массиве габбро и гранитоидов позднерифейского муйского комплекса.

Кварцево-жильное месторождение Зун-Оспа (средний палеозой), образованное на юго-востоке Восточного Саяна в Амбартогольском массиве гранитоидов среднепалеозойского холбинского комплекса.

Месторождение Зун-Холба (средний палеозой) в составе залежей прожилково-вкрапленных кварцево-сульфидных руд, образованных на юго-востоке Восточного Саяна в толще карбонатно-терригенных осадочных пород позднерифейской ильчирской свиты.

Центральное кварцево-жильное месторождение (ранний палеозой) в Кузнецком Алатау, образованное в гранитоидах Центрального массива раннепалеозойского мартайгинского комплекса.

Берикульское кварцево-жильное месторождение (ранний палеозой) в Кузнецком Алатау, образованное в толще дифференцированных вулканитов берикульской свиты (Є₁).

В перечисленных месторождениях изучены условия залегания даек, пространственно-временные соотношения их с гранитоидами, между собой и с рудно-минеральными комплексами, минеральные, химические составы магматических и метасоматических пород, химические составы минералов, минералого-петрохимические профили окорудного и внутридайкового метасоматизма, изотопные составы углерода карбонатов метасоматитов, серы сульфидов руд, абсолютный возраст минералов метасоматитов.

Посредством изучения газовой-жидких включений в минералах реконструированы термодинамические, физико-химические режимы и последовательность образования рудно-минеральных комплексов (Е.А. Вагина-Синкина).

Микроскопическое изучение горных пород выполнено в поляризационном микроскопе ПОЛАМ-Р312.

Химические составы минералов определялись в электронном сканирующем микроскопе JSM-6510LV CAMEBAX-MICRO с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 350+ в Аналитическом центре Института геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) аналитиком М.В. Хлестовым.

Полные химические силикатные анализы горных пород (мокрые) выполнены в Западно-Сибирском Испытательном центре (г. Новокузнецк) под руководством Г.Н. Юминовой и в Центральной лаборатории ПГО «ЗапСибгеология» (г. Новокузнецк) под руководством И.А. Дубровской.

Абсолютный возраст серицита околорудных березитов золоторудных месторождений определен в Центральной лаборатории ПГО «ЗапСибгеология», аналитик В.М. Кисенко.

Изотопные исследования серы сульфидов и углерода карбонатов выполнены в лабораториях Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных металлов и золота (г. Москва) и Всероссийского научно-иссле-

дательского геологоразведочного нефтяного института (г. Москва).

Петрохимические расчеты межзональной миграции петрогенных компонентов в процессах вунтридайкового аподолеритового и околорудного метасоматизма горных пород выполнены по объемно-атомному методу.

Последовательность, содержание и вещественное выражение геологических событий в процессах образования мезотермальных месторождений золота

Корректная реконструкция геологических, в том числе рудообразующих, процессов – необходимое условие создания, совершенствования теории рудообразования в процедуре познания того, как образуются месторождения полезных ископаемых на планете Земля, достигается доказательством содержания, последовательности их функционирования и составами оставленных ими вещественных «следов» – горных пород и руд.

В возрастном диапазоне от позднего протерозоя до раннего мезозоя в процессах образования мезотермальных месторождений золота южного горно-складчатого обрамления Сибирского кратона

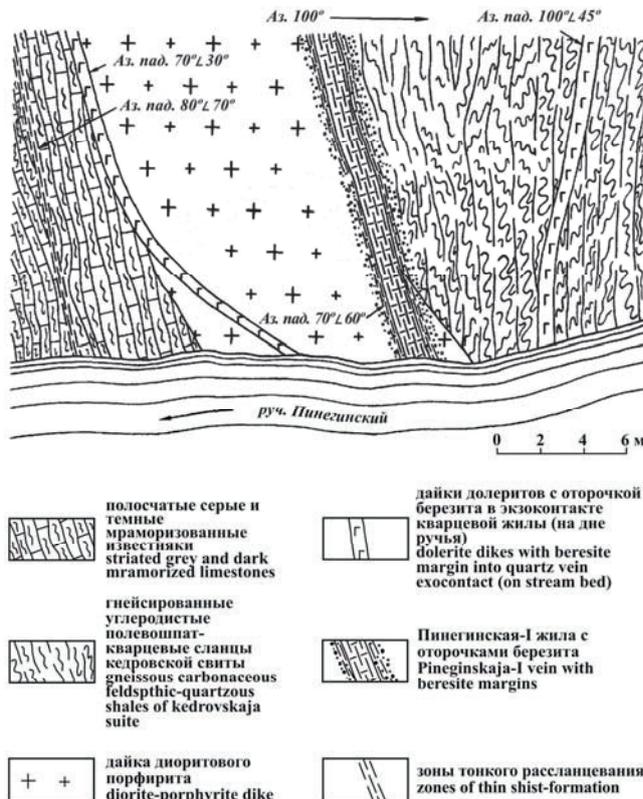


Рис. 3. Ранний (гранитоидный) этап и начало позднего базальтоидного этапа становления антидромного флюидно-рудно-магматического комплекса на примере Кедровской зрелой ультраметаморфической очагово-купольной структуры. Кедровское месторождение. Пересечение дорудной дайкой долерита и сульфидно-кварцевой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

Fig. 3. Early (granitoid) stage and beginning of late basaltoid stage of the antidromic fluid-ore-magmatic complex formation on the example of Kedrovskaya mature ultrametamorphic hearthly-dome structure. Kedrovskoe deposit. Intersection of diorite porphyry dike by dolerite till-ore dike and Pineginskaja sulphide-quartz vein (plan)

выдерживается (повторяется) однообразная последовательность близких по геологическому времени событий, непосредственно предшествовавших рудообразованию, инициировавших, сопровождавших и завершавших его.

В результате реализации этих событий образованы антидромные гранит-диорит-долеритовые магматические комплексы [77], в составе которых объединяются близкие по геологическому возрасту магматические производные земной коры и мантии, а также участвуют мезотермальные месторождения золота, вероятно, цветных металлов и урана.

На раннем гранитоидном этапе становления комплексов геологические события начинаются с внедрения в земную кору по зонам глубинных (сверхглубинных) разломов высокотемпературных флюидов-теплоносителей, которые на путях подъема из глубинных геосфер Земли создают «горячие точки» – плавят субстрат мантии и земной коры, в земной коре, кроме того, формируют ультраметаморфические, в том числе зрелые, очаговокупольные структуры (рис. 3). Помимо палингенеза и ультраметаморфизма, посредством которых природа решает проблему пространства, она также использует механизм магматической дифференциации базитовых расплавов вплоть до образования диоритовых и гранитных выплавок. В итоге образуются плутоны, массивы гранитоидов, диоритоидов, дайки которых в составе микродиоритов, диоритовых порфириров, аплитов, пегматитов, гранит-порфириров, фельзит-порфириров и других магма-

тических пород от среднего до кислого составов в случаях незначительного эрозионного среза маркируют нескрытые крупные гранитные тела.

В начале позднего (второго, по В.С. Коптеву-Дворникову) базальтоидного этапа формирования антидромных магматических комплексов менее подвижные сравнительно с ранними газовыми флюидами-теплоносителями слабо дифференцированные до умеренно щелочных ранние порции базитовых расплавов поднимаются по системам подновленных ранних глубинных разломов в верхние горизонты земной коры, в том числе до уровней будущего рудообразования, преодолевая большую часть объемов образованных на раннем этапе плутонов, массивов гранитоидов, диоритоидов. На своем пути из мантийных очагов базитовые расплавы ранней (дорудной) порции и, возможно, последующих порций могут смешиваться с остаточными гранитными расплавами, по версии гранитогенной концепции, – источниками металлоносных растворов, вероятно, в низах бывших магматических камер. Образовавшиеся в результате кристаллизации смешанных расплавов «гибридные» магматические породы, в частности минглинг-дайки, могли бы служить, как отмечалось, индикаторами сосуществования остаточных гранитных и базитовых расплавов в одних магматических камерах.

Активизация на позднем этапе базитовых очагов мантии сопровождается внедрением в верхние горизонты земной коры в пульсационном режиме базитовых расплавов в чередовании с инъекциями металлоносных растворов (рис. 4), фильтрова-

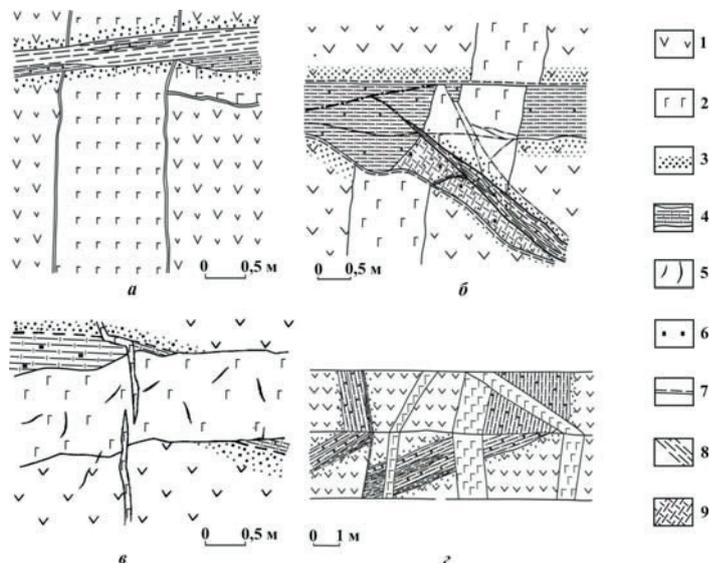


Рис. 4. Поздний (базальтоидный) этап становления антидромного флюидно-рудно-магматического комплекса. Беркульское месторождение. Структурно-временные соотношения золотых руд с дорудными (две генерации, а), внутрирудными (б), послерудными (две генерации, в, г) дайками умеренно щелочных долеритов. Базальтовые порфириды (E1) (1), дайки умеренно щелочных долеритов (2), березиты (3), золотоносные кварцевые жилы, прожилки (4), карбонатно-кварцевые прожилки (5), пирит (6), тектонические швы (7), зоны расщепления и дробления пород (8, 9)

Fig. 4. Late (basaltoid) stage of the antidromic fluid-ore magmatic complex formation. Berikulsкое deposit. Structurally-temporary correlations of gold ores with till-ore (two generations, a), inside-ore (б), after-ore (two generations, в, г) dikes of moderately alkaline dolerites. Basalt porphyry (E1) (1), moderately alkaline dolerites dikes (2), beresites (3), gold-bearing quartz veins, veinlets (4), carbonate-quartz veinlets (5), pyrite (6), fractures (7), schist formation zones (8, 9)

Таблица 1. Химические составы титан-авгита даек умеренно щелочных долеритов

Table 1. Chemical compositions of the Ti-augite of the moderately alkaline dolerite dikes

Рентгено- спектры X-ray-spectra	Содержание, мас. % / Content, wt. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Σ
*	46,47...51,86	2,33...10,55	0,00...0,28	0,00...0,43	18,92...23,34	12,07...15,06	6,39...17,28	0,50...2,96	0,00...1,06	0,01...0,30	
1	47,89	7,13	–	0,43	22,75	13,38	6,32	1,37	0,73	–	100,00
2	46,25	8,59	0,10	0,43	22,17	11,88	8,89	1,46	–	0,17	99,94
3	44,87	10,13	–	0,44	22,36	11,21	8,81	2,18	–	–	100,00
4	48,60	6,70	–	0,40	22,62	13,88	6,21	1,21	0,39	–	100,01
5	46,40	7,17	–	0,47	22,70	10,85	10,94	1,48	–	–	100,01

Примечание. 1) В FeO дано валовое содержание железа; 2) * – интервалы нормативных содержаний петрогенных компонентов [78].

Note. 1) Fe gross content is in FeO; 2) * – the intervals of the petrogenous components normative contents.

шихся по разломам и внутрирудным дайкам долеритов, в горячем состоянии – флюидопроводникам, и образовавшихся в разломах руды в составе рудно-минеральных комплексов [73] и сопровождающие их околорудные метасоматиты, во внутрирудных дайках-флюидопроводниках – аподолеритовые метасоматиты. Завершаются геологические события внедрением в блоки рудообразования поздних порций базитовых расплавов, создавших не менее двух генераций даек послерудных долеритов (рис. 4, в).

Дайки базитов всех генераций мощностью до 2,0...2,5 м и протяженностью до сотен...многих сотен метров образованы в массивах ранних гранитоидов антидромных комплексов и во вмещающих их породах и пересекают все дайки сопровождающих массивы кислых...средних магматических пород.

В составе даек базитов диагностированы оливин-содержащие пикродолериты, долериты, умеренно щелочные долериты, лейкодолериты (далее долериты). Породы черного цвета сложены мелко-до среднезернистого полнокристаллическим агрегатом преобладающего лабрадора до андезина на периферии кристаллов и Ti-авгита (табл. 1) с примесью оливина, калиевого полевого шпата (табл. 2), титаномагнетита, титаниста, ильменита, апатита. Текстура массивная, структуры офитовая, долеритовая, порфиристая с размером зерен основной массы в пределах десятых долей мм, порфировых вкрапленников лабрадора и авгита – до 1,0...2,0 мм. Во вкрапленниках авгита участвуют монокристаллы и их сростки.

Таблица 2. Химические составы калиевого полевого шпата даек умеренно щелочных долеритов

Table 2. Chemical compositions of the potassic feldspar of the moderately alkaline dolerite dikes

Рентгено- спектры X-ray-spectra	Содержание, мас. % / Content, wt. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	FeO	Σ
1	63,08	20,26	10,19	3,56	2,09	0,28	0,53	99,99
2	64,78	19,45	12,68	2,39	0,71	–	–	100,01
3	64,35	19,55	12,40	2,37	0,98	–	0,35	100,00
4	64,14	19,53	12,82	2,39	0,72	–	0,41	100,00
5	64,00	19,86	11,57	2,92	1,31	–	0,34	100,00
6	63,51	20,37	11,43	2,96	1,45	–	0,27	99,99

Минералого-петрохимическая зональность околорудных метасоматических ореолов-колонок в послегранитных дорудных дайках долеритов и их минералого-химические составы

Ранние послегранитные, но дорудные дайки долеритов сопровождаются особенно охотно среди ранних гранитоидов комплексов (рис. 4) или пересекаются золоторудными кварцевыми жилами, в экзоконтактах последних подверглись метасоматическим изменениям с образованием околужильных зональных ореолов-колонок (табл. 3). Колонки сочетают в своем составе минеральные ассоци-

Таблица 3. Минеральная зональность околорудных метасоматических ореолов-колонок в послегранитных дорудных дайках долеритов

Table 3. Mineral zoning of the near-ore metasomatic halocolumns into after-granitic till-ore dolerite dikes

Минеральные зоны Mineral zones	Минеральный состав Mineral composition
Фронтальная Frontal	Кварц+серицит+рутил+лейкоксен+магнетит±пирит±кальцит+альбит±хлориты±цоизит±эпидот±актинолит±тремолит Quartz+sericite+rutile+leucoxene+magnetite±pyrite±calcite+albite±chlorites±zoisite±epidote±actinolite±tremolite
Хлоритовая Chloritic	Кварц+серицит+рутил+лейкоксен+магнетит+пирит±кальцит±доломит+альбит±хлориты±цоизит±эпидот Quartz+sericite+rutile+leucoxene+magnetite+pyrite±calcite±dolomite+albite±chlorites±zoisite±epidote
Альбитовая Albitic	Кварц+серицит+рутил+лейкоксен+магнетит+пирит±кальцит±доломит±анкерит±сидерит+альбит±апатит±сульфиды±золото±серебро Quartz+sericite+rutile+leucoxene+magnetite+pyrite±calcite±dolomite±ankerite±siderite+albite±apatite±sulphides±gold±silver
Тыловая Rear	Кварц+серицит+рутил+лейкоксен+магнетит+пирит±кальцит±анкерит±сидерит±брейнерит±апатит±сульфиды±золото±серебро Quartz+sericite+rutile+leucoxene+magnetite+pyrite±calcite±ankerite±siderite±breunerite±apatite±sulphides±gold±silver

Примечание. Подчеркнуты минералы, исчезающие в более тыловых зонах.

Note. The minerals disappearing in more rear zones are underlined.

ации березитовой метасоматической формации в тылу и пропилитовой – на периферии. Мощность тыловых березитовой и альбитовой зон, сложенных осветлёнными метасоматитами, в массивных долеритах, как правило, не превышает 0,2...0,3 м, в трещиноватых породах достигает 1,5 м. В сопровождаемых кварцевыми жилами дайках эпигенетические минеральные ассоциации периферийных зон (хлорит, эпидот, цоизит, актинолит, тремолит) участвуют в составе пород на всю оставшуюся от тыловых зон мощность. Во фронтальной зоне сохраняются реликтовые цветные минералы (авгит, оливин) исходной породы; последняя, как правило, слабо изменена, содержит до 10 об. % эпигенетических минералов.

Сочетание в одном околожильном ореоле метасоматитов двух, березитовой и пропилитовой, метасоматических формаций не исключает принадлежность минералого-петрохимических зон к одной метасоматической колонке, объединяющей одновременно образованные минералого-петрохимические зоны в результате одного (общего) процесса. Это доказывается повторяющимися в месторождениях: 1) исчезновением минералов в более тыловых зонах вследствие растворения их на внутренней границе каждой зоны при сохранении, вопреки теории метасоматической зональности Д.С. Коржинского [76], сопоставимого числа минералов в каждой, включая тыловую, зоне посредством замены растворенных минералов новообразованными; 2) одним порядком минеральной зональности, выраженным в растворении цветных минералов исходных пород на внутренней границе фронтальной зоны, хлорита или эпидота – на вну-

тренних границах хлоритовой, эпидотовой зон, альбита – на внутренней границе альбитовой зоны; 3) одним порядком петрохимической зональности, выраженным в выносе из пород возрастающей в направлении к тыловой зоне массы кремнезема (до 50 мас. %), натрия (до 95 мас. % Na₂O), привносе в породы растворами извне и фиксации калия в сериците, серы в сульфидах, углекислоты в карбонатах (табл. 4), в обрамлении глубинных разломов – феофильных элементов (P, Ti, Mg, Fe, Ca, Mn), образующих в тыловых зонах контрастные аномалии [76].

В условиях метасоматических процессов березитового профиля наиболее подвижная углекислота, достигающая в околожильных метасоматических колонках фронтальной зоны в бескарбонатных исходных породах, наряду с удельной массой перемещенного вещества (Δ) и минеральным составом метасоматитов служит индикатором интенсивности метасоматических преобразований пород.

Приведенные химические составы базитовых даек, опробованных на разных участках месторождений, содержащих во фронтальной зоне незначительную примесь (до 5...10 об. %) эпигенетических минералов этапов околорудного метасоматизма или без таковых, демонстрируют незначительные вариации содержаний петрогенных компонентов – повышение или понижение кремнекислотности, повышение щелочности пород – явления, обусловленные слабо проявленной дифференциацией магматических расплавов без признаков смешения их с расплавами существенно иного состава (табл. 5).

Таблица 4. Баланс (привнос >1, вынос <1) петрогенных элементов в минералого-петрохимических зонах околожильных метасоматических колонок, образованных в долеритах поспегранитных дорудных даек золоторудных месторождений Южной Сибири

Table 4. Balance (addition >1, carry out <1) of petrogenous elements in mineral-petrochemic zones of the near-ore metasomatic columns formed in after-granitic till-ore dolerite dikes of mesothermal gold-ore deposits of South Siberia

Минералого-петрохимические зоны (число проб) Mineral-petrochemical zones	Si	Al	K	Na	S	C	Ca	Mg	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ti	Mn	P	H ⁺ (H ₂ O)	O	Δ
Бериккульское месторождение/Berikulsкое deposit																
Хлоритовая (1)/Chloritic	1,0	1,0	0,8	1,2	1,1	0,9	1,0	1,2	1,1	0,5	1,0	1,1	1,3	0,7	1,0	4,0
Альбитовая (1)/Albitic	0,9	1,0	1,7	0,5	0,4	2,9	1,3	0,8	0,6	1,4	1,0	0,6	1,2	0,6	1,0	10,8
Тыловая (1)/Rear	0,9	1,0	2,1	0,1	8,5	4,1	1,2	1,0	0,6	0,6	1,1	0,7	1,3	0,5	1,0	15,1
Западное месторождение/Zapadnoe deposit																
Хлоритовая (9)/Chloritic	0,9	0,9	2,2	1,0	0,8	10,0	0,9	0,8	0,9	0,5	0,9	0,8	0,6	0,9	1,0	11,0
Альбитовая (2)/Albitic	0,8	0,9	5,4	0,5	1,3	15,0	0,8	0,9	1,1	0,1	0,9	0,8	0,6	1,0	1,1	20,0
Тыловая (5)/Rear	0,8	0,8	6,5	0,1	1,6	16,0	0,9	1,0	1,0	0,4	0,8	0,6	0,5	1,3	1,1	21,0
Богодиканское месторождение/Bogodikansкое deposit																
Хлоритовая (4)/Chloritic	0,9	0,9	1,3	0,8	0,8	29	0,8	1,1	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	1,3	1,0	12,5
Альбитовая (1)/Albitic	0,8	0,7	2,2	0,6	0,6	51	0,8	0,9	1,1	0,3	0,9	1,0	0,8	0,7	1,1	20,7
Тыловая (2)/Rear	0,8	0,9	3,1	0,1	0,9	42	0,9	1,0	1,0	0,3	0,7	0,8	0,6	1,4	1,1	19,3

Примечание. 1) Коэффициенты распределения элементов в метасоматитах относительно умеренно щелочного долерита фронтальной зоны; 2) S – сера сульфидная, C – углерод карбонатный; 3) Δ – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества в процентах относительно массы вещества исходной породы фронтальной зоны в стандартном геометрическом объеме 10000 Å³.

Note. 1) Coefficients of distribution of the elements in metasomatites relatively to the moderately alkaline dolerite frontal zone; 2) S is the sulphide sulphur, C is the carbon oxidized; 3) Δ is the specific weight of the removed (added >1, carried out <1) substance in per cent in relation to the weight of the initial rocks substance of the frontal zone in standard geometric measurement 10000 Å³.

Таблица 5. Химические составы послегранитных дорудных даек оливинсодержащих нормально щелочных пикродолеритов, долеритов, лейкодолеритов, оливинсодержащих умеренно щелочных пикродолеритов, долеритов мезотермальных месторождений золота Южной Сибири

Table 5. Chemical compositions of the after-granitic till-ore olivine-containing normal alkaline picrodolerites, dolerites, leucodolerites, olivine-containing moderately alkaline picrodolerites, dolerites of the gold-ore mesothermal deposits of South Siberia

Содержание, мас. %/Content, wt. %														
SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	S сульфид.	CO ₂	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	ППП	Σ
Берикольское месторождение/Bericulskoe deposit														
44,24	17,89	1,44	3,09	0,25	0,52	9,53	6,75	8,15	3,76	1,50	0,15	0,34	1,28	98,89
45,19	17,89	1,05	3,35	0,08	0,45	10,12	5,08	7,83	3,53	1,51	0,19	0,44	3,40	99,91
46,24	14,24	0,55	2,35	0,15	0,61	10,16	10,31	6,82	2,24	1,05	0,14	0,23	4,08	99,17
46,81	17,78	1,73	3,50	0,15	0,63	9,26	4,04	9,65	1,81	1,33	0,14	0,26	2,18	99,47
47,01	17,41	1,74	3,45	0,11	0,49	7,75	5,57	9,58	2,07	1,43	0,15	0,33	2,12	99,21
47,52	17,63	2,05	3,33	0,07	0,41	8,98	4,67	8,26	2,92	1,43	0,17	0,27	2,24	99,95
47,65	20,44	1,05	3,00	0,06	0,17	9,41	5,77	7,81	2,03	1,02	0,10	0,23	1,69	100,43
47,67	14,52	1,30	3,05	0,06	0,67	9,96	9,75	6,67	2,30	0,78	0,11	0,20	2,41	99,45
47,93	19,01	0,95	4,68	0,12	0,50	9,41	2,98	5,68	3,90	0,79	0,21	0,32	4,00	100,46
48,01	16,14	1,30	3,05	0,12	0,50	9,69	7,76	6,82	1,94	0,92	0,11	0,22	2,74	99,32
48,15	19,01	0,90	4,00	0,05	0,38	9,69	2,98	5,96	3,29	0,81	0,17	0,36	4,01	99,76
49,12	19,34	1,00	3,60	0,04	0,49	7,34	5,26	6,79	2,21	1,19	0,14	0,38	3,18	100,08
50,75	18,05	2,19	3,42	0,12	0,22	8,42	4,04	7,55	1,93	1,01	0,19	0,24	2,05	100,09
50,95	16,14	1,65	3,48	0,21	0,50	9,48	5,97	7,38	0,82	0,99	0,10	0,22	2,26	100,15
51,24	17,39	1,75	3,34	0,14	0,00	8,63	4,60	6,10	2,35	0,99	0,10	0,22	2,27	99,12
51,96	18,11	1,55	3,40	0,16	0,00	8,30	3,98	7,10	2,22	1,02	0,09	0,22	1,81	99,92
53,08	17,75	1,55	3,37	0,04	0,39	9,48	3,78	5,68	2,71	0,91	0,20	0,26	1,60	100,80
53,29	21,45	1,60	3,30	0,09	0,53	7,04	2,23	4,85	1,80	0,79	0,14	0,34	2,08	99,53
Западное месторождение/Zapadnoe deposit														
40,78	13,53	0,07	1,83	0,15	0,18	11,8	4,96	10,9	7,93	2,19	0,48	1,68	3,11	99,59
41,69	14,34	0,16	2,46	0,00	0,18	10,7	5,46	13,4	5,60	2,32	0,48	1,14	2,59	100,52
44,59	15,78	0,83	2,86	0,20	0,23	8,16	6,07	8,37	7,15	1,97	0,29	0,58	2,71	99,79
44,70	15,60	0,73	3,16	0,13	0,27	8,02	6,37	9,18	5,77	1,86	0,22	0,51	2,80	99,32
44,71	14,88	1,75	2,64	0,03	0,40	7,57	5,80	6,54	8,39	1,55	0,20	0,49	4,07	99,02
44,78	15,78	0,19	3,36	0,12	0,32	8,02	6,27	10,1	4,49	1,86	0,22	0,55	3,43	99,49
Богодиканское месторождение/Bogodikanskoe deposit														
46,82	13,27	1,55	2,50	0,22	0,05	7,57	4,84	10,2	6,21	2,43	0,33	0,60	2,47	99,06
46,92	13,09	0,74	2,84	0,18	0,18	7,99	4,23	10,8	6,20	2,53	0,36	0,60	2,51	99,17
46,95	13,45	0,57	2,72	0,18	0,00	8,55	4,23	10,4	6,36	2,43	0,34	0,40	2,50	99,08
46,98	13,45	0,64	2,65	0,15	0,05	8,27	4,64	10,5	6,62	2,70	0,27	0,64	2,29	99,85
47,03	13,63	1,11	2,80	0,23	0,00	6,59	4,74	11,1	5,88	2,53	0,30	0,64	2,61	99,19
47,06	13,27	1,25	2,50	0,18	0,00	8,27	4,44	11,5	5,03	2,43	0,29	0,64	2,41	99,27
47,17	13,09	1,33	2,96	0,23	0,00	7,71	4,64	10,9	5,87	2,30	0,37	0,62	2,42	99,61
47,22	13,45	0,61	2,72	0,24	0,05	8,55	4,64	10,1	7,09	2,53	0,38	0,60	2,36	100,54
47,27	13,27	1,33	2,40	0,23	0,00	7,99	4,54	10,6	6,21	2,53	0,30	0,60	2,29	99,56
47,28	13,63	1,50	2,50	0,22	0,27	8,27	4,44	10,6	6,21	2,43	0,40	0,31	1,85	99,91
47,28	13,09	1,13	2,94	0,23	0,27	7,43	4,84	10,9	5,72	2,60	0,30	0,60	2,08	99,41
47,32	13,27	1,33	2,60	0,24	0,27	7,43	4,84	11,1	5,56	2,70	0,29	0,66	2,73	100,34
47,42	13,62	0,88	2,72	0,22	0,09	7,71	4,64	10,6	6,20	2,43	0,33	0,60	2,24	99,70
47,66	13,99	1,50	2,60	0,23	0,54	8,27	4,84	11,2	4,76	2,46	0,31	0,55	0,83	99,74
Урянское месторождение/Uryakhske deposit														
47,09	18,31	1,57	2,89	0,11	0,70	8,34	5,61	6,11	4,56	2,10	0,17	0,24	1,78	99,58

Примечание. Нормативные содержания петрогенных компонентов [79]: 1) основные вулканические и плутонические породы нормально щелочные: 45 % ≤ SiO₂ ≤ 52 %, 0,5 % ≤ (Na₂O + K₂O) ≤ 5 %; 2) основные вулканические и плутонические породы умеренно щелочные: 45 % ≤ SiO₂ ≤ 52 %, 3 % ≤ (Na₂O + K₂O) ≤ 7,5 %.

Note. Normative contents: 1) basic volcanic and plutonic normal alkaline rocks: 45 % ≤ SiO₂ ≤ 52 %, 0,5 % ≤ (Na₂O + K₂O) ≤ 5 %; 2) basic volcanic and plutonic moderately alkaline rocks: 45 % ≤ SiO₂ ≤ 52 %, 3 % ≤ (K₂O + Na₂O) ≤ 7,5 % [79].

Минералого-петрохимические составы аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек мезотермальных месторождений золота Южной Сибири

Внутрирудный возраст даек долеритов доказывается: 1) структурными соотношениями даек с рудами – пересечениями ими ранних рудно-минеральных комплексов и пересечениями их более поздними рудно-минеральными комплексами (рис. 4); 2) признаками теплового воздействия поздних образований на ранние – разгерметизацией вакуолей в кварце в экзоконтактах пересекающих кварц даек с постепенным ослаблением и исчезновением эффекта по мере удаления от них; 3) гидротермальными изменениями даек в экзоконтактах поздних пересекающих их сульфидно-кварцевых прожилков и жил.

В объеме до 100 % внутрирудные дайки долеритов преобразованы в высокотемпературные метасоматиты, в составе которых ранние биотит (до 50...70...100 об. %, табл. 6) и магнезиально-железистая обыкновенная роговая обманка (до 5...10 об.

%, табл. 7) частично замещены более поздними в разных сочетаниях актинолитом, тремолитом, Mg-Fe хлоритами (рипидолитом, прохлоритом, пеннинном, брунсвигитом), цоизитом, клиноцоизитом, эпидотом, антигоритом, монтмориллонитом, тальком, кварцем, альбитом, серицитом, кальцитом, доломитом, доломитом-анкеритом, анкеритом, сидеритом, лейкоксенном, рутилом, апатитом, целистином, баритоцелестином, магнетитом, пиритом. Породы унаследовали от исходных долеритов черный цвет, массивную текстуру, эпизодически – реликты сильно замещенных минералов долеритов – лабрадора-андезина, авгита, ортоклаза. Лепидобластовая, гранолепидобластовая, пойкилобластовая, порфиробластовая структуры метасоматитов по размерам кристаллов сопоставимы со структурами исходных долеритов. Полнопроявленные аподолеритовые метасоматиты былых внутрирудных даек залегают среди в разной степени измененных и не измененных пород – околорудных березитов, гранитоидов, черных сланцев и других.

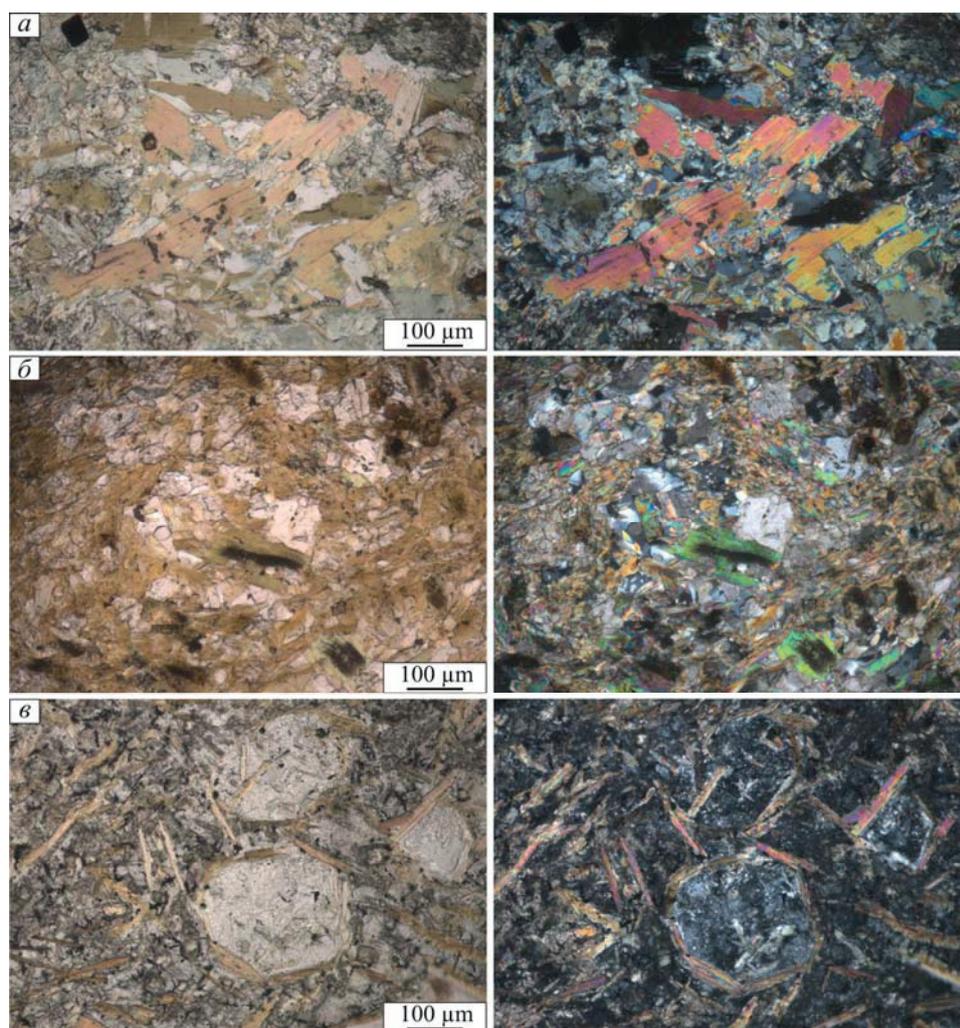


Рис. 5. Биотитовые метасоматиты, образованные во внутрирудных дайках долеритов

Fig. 5. Biotite metasomatites formed in inside-ore dolerite dikes

Таблица 6. Химические составы биотита аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек мезотермальных месторождений золота Южной Сибири

Table 6. Chemical compositions of the biotite of the inside-ore dikes apodolerite metasomatites in golden mesothermal deposits of South Siberia

Содержание, мас. %/Content, wt. %											
SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	MnO	BaO	Cl	Σ
37,68	15,43	9,39	0,24	0,98	14,30	16,64	1,55	0,23	0,16		96,60
38,03	16,02	9,67	–	0,73	14,84	14,20	2,16	–	1,51	0,18	97,34
37,64	15,90	9,43	–	0,56	14,56	14,83	2,21	–	0,84	0,12	96,09

Примечание. В FeO дано валовое содержание железа.
 Note. FeO – is Fe gross content.

Формирование перечисленных структур сопровождается массовым явлением – замещением исходных и ранних минералов этапа метасоматизма (роговой обманки, биотита, актинолита) поздними, что выражается в коррозионных, «размытых» контурах минеральных зерен и агрегатов, постепенных переходах между кристаллами разных минералов, пятнообразных выделениях кристаллов с нечеткими границами.

Таблица 7. Химические составы магнезиально-железистой обыкновенной роговой обманки аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек мезотермальных месторождений золота Южной Сибири

Table 7. Chemical compositions of the amphibole hornblende of the inside-ore dikes apodolerite metasomatites in golden mesothermal deposits of South Siberia

Содержание, мас. %/Content, wt. %									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	Σ
44,54	10,05	9,18	13,91	13,68	2,49	0,37	1,28	2,92	98,42
47,74	8,67	11,53	14,83	12,33	0,66	–	0,27	1,96	97,99
49,47	6,66	8,77	15,28	13,03	1,40	0,53	0,33	2,57	98,04

Примечание. В FeO дано валовое содержание железа.
 Note. FeO – is Fe gross content.

Наблюдаемые факты пересечения относительно высокотемпературным биотитом агрегатов более низкотемпературных хлоритов, альбита, талька и других минералов, в том числе заполняющих бывшие порфиновые выделения авгита долеритов, факт образования «венчиков» пластинок биотита без признаков их замещения вокруг бывших порфиновых выделений (рис. 5) доказывают принадлежность этого биотита к его поздней генерации, образованной, очевидно, вследствие поступления свежей высокотемпературной порции раствора после образования ассоциации низкотемпературных минералов.

Согласно результатам балансовых расчетов миграции в аподолеритовых метасоматитах петрогенных компонентов (табл. 8), интегральный показатель интенсивности метасоматических преобразований долеритов внутрирудных даек – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесен-

ного) вещества – достигает 33 мас. % (проба К-569). Из пород всех опробованных даек устойчиво удаляются Si (до 36,5 мас. %, проба К-569), Na (до 99 мас. %, проба К-569 и другие). При величине $\Delta \geq 16$ мас. % в породы устойчиво поступают CO₂ (до 4107 мас. %, проба К-468) и феофильные элементы Mg (до 126 мас. %, проба К-444), Ti (до 322 мас. %, проба К-364), P (до 400 мас. %, проба К-569). При наивысшей интенсивности изменений пород ($\Delta = 20 \dots 33$ мас. %) единственный носитель в них K биотит полностью растворяется и калий, как и натрий, удаляется с растворами.

Обсуждение и выводы

В упомянутых и многих других мезотермальных месторождениях золота, как это следует из приведенных материалов, среди послегранитных дорудных, в том числе сопровождаемых золоторудными кварцевыми жилами, внутрирудных, послерудных даек долеритов не обнаружены минглинг-дайки, образуемые в результате кристаллизации нерастворимых на ионно-молекулярных уровнях механически смешанных, а потому контрастных, обладающих разной вязкостью гранитных и базитовых расплавов, и известные в некоторых районах вне золоторудных мезотермальных месторождений [80]. Отсутствие в месторождениях, в том числе локализованных в гранитах, с которыми генетически связывают оруденение, признаков засорения поднимающихся базитовых расплавов гранитными или гранитных базитовыми («гибридных» даек) подчеркивается также нормативными минералого-химическими составами ранних послегранитных дорудных и внутрирудных даек долеритов, умеренно щелочных долеритов, лейкодолеритов – производных слабой дифференциации базитовых расплавов. Это означает, что уже ранние порции базитовых расплавов, поднимающихся из мантии в области рудообразования на верхние горизонты земной коры, на своем пути не встречали остаточные гранитные расплавы даже в низах бывших магматических камер, очевидно, по причине отсутствия гранитных расплавов вследствие полной их кристаллизации во всем объеме магматических очагов до активизации базитовых очагов в мантии.

Редкий пример возможного смешения внедряющихся базитовых расплавов с остатками гранитных представляют дайки «гибридных» диоритовых порфиритов Голготайского и Карийского золоторудных месторождений Восточного Забайкалья [64]. Этот пример не исключает генерацию золотоносных (металлоносных) растворов в базитовых расплавах при образовании мезотермальных месторождений золота, цветных металлов, в которых «гибридные» дайки, минглинг-дайки не обнаружены. Вместе с тем этот пример не исключает общую закономерность – внедрение базитовых расплавов в области рудообразования после, в том числе вслед (с минимальным возрастным интервалом) кристаллизации гранитных расплавов, вклю-

Таблица 8. Химические составы умеренно щелочных долеритов, аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек и баланс (привнос, вынос-) петрогенных элементов в аподайковых метасоматитах Кедровского месторождения золота

Table 8. Chemical compositions of the moderately alkaline dolerites, apodolerite metasomatites inside-ore dikes and balance (addition, carry out-) of petrogenous elements into apodolerite metasomatites of Kedrovskoye mesothermal gold deposit

Номера проб Samples number	Содержание окислов в мас. % (первая строка). Величина привноса, выноса (-) атомов элементов в стандартном геометрическом объеме 10000 Å ³ в % к числу их атомов в стандартном геометрическом объеме исходной породы (вторая строка) Content of the components, wt. % (first line). Size of the elements atoms addition or subtraction (-) in standard geometric volume 10000 Å ³ in % to the number of their atoms in standard geometric volume of the initial rock (second line)															
	SiO ₂ Si	Al ₂ O ₃ Al	K ₂ O K	Na ₂ O Na	CaO Ca	MgO Mg	FeO Fe ²⁺	Fe ₂ O ₃ Fe ³⁺	TiO ₂ Ti	P ₂ O ₅ P	MnO Mn	CO ₂ C	S S	H ₂ O H	O O	Σ (Δ)
*	49,72	14,94	0,90	3,05	8,47	7,43	8,03	2,86	1,41	0,35	0,19	0,35	0,13	1,81	-	99,64
K-9	43,91 -8,3	13,81 -4,0	1,38 59	3,30 12	7,74 -5,2	9,61 35	8,18 8,7	4,92 78	2,25 66	0,64 90	0,25 37	0,68 102	0,17 36	2,29 31	1,6	99,13 (8)
K-297	44,09 -6,4	13,99 -1,1	1,00 17	2,28 -21	7,82 -2,3	10,4 48	8,36 10	3,99 47	1,78 33	0,34 2,5	0,21 17	0,51 54	0,13 5,7	3,91 128	5,4	98,81 (9)
Ш-68	43,68 -12,4	13,70 -8,6	0,59 -34	3,28 7,2	7,43 -13	5,54 -26	8,43 4,5	3,33 16	2,30 63	0,59 68	0,24 26	7,84 1291	0,11 -16	1,77 161	3,5	98,83 (10)
Ш-70	43,68 -12,7	13,70 -8,9	0,52 -43	2,72 -12	7,01 -18	6,05 -19	8,24 2,3	3,24 13	2,12 49	0,41 16	0,25 31	5,35 1420	0,18 37	4,90 170	3,6	98,37 (10)
Ш-83	44,03 -9,2	14,75 1,1	1,22 39	1,80 -40	9,11 9,9	7,46 3,1	6,47 -18	3,91 40	1,10 -20	0,11 -68	0,14 -25	3,41 900	0,32 152	4,86 175	5,7	98,69 (10)
Ш-67	44,03 -13	13,95 -8,3	0,90 -1,9	2,72 -12	6,31 -27	6,75 -10	7,78 -4,5	4,46 55	2,22 40	0,50 -6,9	0,18 -6,9	4,60 1192	0,15 13	5,14 178	3,4	99,69 (11)
Ш-69	47,38 -4,7	12,65 -15,3	1,00 11	2,64 -14	7,85 -7,6	4,94 -33	6,19 -23	3,92 37	1,83 30	0,41 17	0,24 26	6,01 1620	0,18 38	4,07 124	5,9	99,31 (12)
Ш-78	43,38 -13	13,55 -9,6	0,85 -5,7	2,54 -17	7,43 -13	5,54 -26	7,78 -3,4	3,96 38	2,29 62	0,59 68	0,31 62	5,35 1424	0,18 38	5,17 185	4,4	98,92 (12)
K-487	41,90 -19	13,99 -10	0,16 -83	3,72 17	8,48 -4,1	7,03 -9	7,05 -16	2,95 -1,2	1,85 26	0,24 -34	0,20 0,7	6,59 1704	0,00 -100	5,68 201	2,5	99,84 (12)
K-611	39,80 -18	14,50 -0,5	1,27 45	2,18 -27	8,41 1,7	8,27 14	7,05 -10	3,67 32	2,00 45	0,26 -24	0,26 40	7,28 2033	0,14 10	3,34 90	5,4	98,43 (12)
K-423	40,35 -16,6	11,83 -18,8	2,76 214	2,08 -30	9,50 15	13,0 80	7,65 -2,3	3,80 36	1,95 42	1,26 269	0,23 25	1,99 483	0,11 -13	4,04 130	3,0	100,55 (16)
K-481	40,30 -15,3	11,65 -18,4	3,42 298	1,00 -66	9,92 23	12,6 78	8,10 5,6	3,38 19	1,83 36	1,66 395	0,27 49	2,40 620	0,03 -76	2,8162	2,9	99,37 (18)
K-588	40,40 -14,2	11,50 -18,7	2,90 241	1,09 -62	11,5 44	12,2 74	6,90 -9,0	4,33 60	2,44 83	1,04 213	0,23 28	2,67 708	0,26 111	1,69 -1,4	2,3	99,15 (19)
K-496	38,26 -19,8	13,54 -5,5	5,30 513	0,77 -74	9,50 17	12,8 80	7,19 -6,8	3,51 28	2,18 61	1,44 329	0,25 37	3,44 926	0,12 -3,8	1,70 -2,1	1,7	100,00 (19)
K-501	38,78 -17,9	11,47 -19,2	3,30 286	0,55 -81	10,1 26	12,9 83	9,25 21	2,50 -7,9	2,58 93	1,53 360	0,23 28	2,05 516	0,16 30	3,52 106	2,9	98,92 (20)
K-489	39,22 -22	12,73 -15,7	0,09 -90	0,64 -79	11,2 31	9,04 20	9,52 18	1,40 -52	3,35 135	1,60 352	0,41 110	6,38 1704	0,05 -62	5,17 182	5,0	100,80 (20)
K-444	39,21 -17,6	10,40 -27,2	2,70 214	0,49 -83	10,9 34	16,0 126	7,70 0,6	3,42 25	1,80 34	1,44 331	0,37 104	2,19 557	0,08 -36	3,29 90	3,5	99,99 (21)
K-493	40,07 -17,3	9,23 -36,6	2,54 191	0,25 -92	11,2 36	16,0 121	8,15 4,5	3,10 11	2,20 60	0,90 165	0,23 24	2,85 734	0,07 -45	3,41 93	2,3	100,20 (21)
K-497	38,76 -16,8	10,75 -23,2	4,26 405	0,34 -88	10,1 27	13,3 91	8,79 17	2,69 0,4	2,75 108	1,36 315	0,21 18	1,83 457	0,16 31	3,40 100	3,3	98,70 (21)
K-363	37,25 -23,5	10,44 -28,6	1,27 44,8	1,36 -54	8,83 6,4	8,90 23	12,3 56,4	4,05 44,6	4,65 236	0,60 74,9	0,24 28,9	6,34 1752	0,00 -100	3,56 102	2,6	99,79 (21)
K-429	41,00 -13,8	8,79 -38,4	1,70 99	0,22 -92	10,5 30	15,4 117	8,75 14	3,22 18	2,10 55	0,88 163	0,27 49	2,87 760	0,09 -27	4,50 161	6,2	100,29 (22)
K-498	39,48 -14,7	10,76 -22,6	3,40 306	0,23 -92	10,1 28	14,1 104	9,07 21	2,38 -11	2,48 89	1,29 296	0,23 30	1,60 391	0,22 82	3,80 126	5,2	99,14 (22)
K-491	36,44 -24,7	11,12 -23,6	5,18 490	1,09 -63	11,7 42	12,8 77	6,96 -11	3,47 24	2,05 50	1,65 384	0,21 14	6,24 1730	0,18 42	1,07 -39	0,3	100,16 (23)
K-495	37,83 -22	9,14 -37,2	5,06 475	0,27 -91	11,6 41	14,0 94	7,79 -0,6	3,98 43	2,55 86	1,37 303	0,29 57	4,88 1332	0,14 11	1,30 -26	-0,6	100,20 (24)
K-562	38,0 -17,1	10,80 -21,6	3,16 281	0,39 -86	11,2 43,6	15,3 123	7,49 1,1	3,88 47,2	2,10 61,7	1,08 234	0,29 65,6	2,89 797	0,27 125	2,54 52	5,5	99,39 (24)
K-468	35,30 -30,6	9,86 -35,5	0,96 4,7	0,03 -99	12,0 38	12,9 70	8,16 -0,6	1,31 -55	1,97 37	1,19 232	0,40 106	11,9 3225	0,16 21	4,00 116	4,2	100,14 (25)

Окончание табл. 8

Table 8

Номера проб Samples number	Содержание окислов в мас. % (первая строка). Величина привноса, выноса (-) атомов элементов в стандартном геометрическом объеме 10000 Å ³ в % к числу их атомов в стандартном геометрическом объеме исходной породы (вторая строка)																
	Content of the components, wt. % (first line). Size of the elements atoms addition or subtraction (-) in standard geometric volume 10000 Å ³ in % to the number of their atoms in standard geometric volume of the initial rock (second line)																
	SiO ₂ Si	Al ₂ O ₃ Al	K ₂ O K	Na ₂ O Na	CaO Ca	MgO Mg	FeO Fe ²⁺	Fe ₂ O ₃ Fe ³⁺	TiO ₂ Ti	P ₂ O ₅ P	MnO Mn	CO ₂ C	S	H ₂ O H	O	Σ (Δ)	
K-364	35,51 -26,1	10,50 -27,2	0,06 -93	0,75 -75	8,08 -1,2	8,95 25	12,3 58,7	2,27 -18	4,38 322	1,04 306	0,23 25,3	11,0 3158	0,18 43,4	4,44 154	9,3	99,69 (26)	
K-7	37,09 -22,6	8,96 -37,7	0,04 -95	0,93 -68	12,2 49	15,7 120	9,93 29	1,53 -44	1,61 19	1,28 280	0,29 59	3,66 989	0,03 -76	5,90 239	5,7	99,15 (26)	
K-469	36,82 -25,6	10,94 -26,5	0,04 -96	0,30 -90	6,90 -18	9,26 25	17,0 113	0,66 -77	3,62 158	0,55 58	0,26 38	9,32 2579	0,02 -85	4,56 154	4,8	100,25 (28)	
K-486	33,80 -30,6	8,16 -44	2,72 209	0,02 -99	12,0 45	12,9 78	6,87 -12	2,27 -19	1,95 41	1,17 241	0,33 77	14,4 4107	0,13 2,2	1,98 12	5,9	98,70 (29)	
K-569	30,48 -36,5	9,86 -31,6	0,06 -93	0,03 -99	10,6 29,7	11,8 64,5	14,1 81,8	0,96 -65,3	1,46 7,1	1,69 400	0,28 52,4	13,0 3738	0,00 -100	3,87 120	6,6	98,19 (33)	

Примечание. 1) * – среднее содержание петрогенных компонентов в дайках не измененных умеренно щелочных долеритов; 2) S – сера сульфидная; 3) Δ – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества в процентах к массе вещества исходной породы фронтальной зоны в стандартном геометрическом объеме 10000 Å³.

Note. 1) * is average content of petrogenous components in dikes of non-altered moderately alkaline dolerites; 2) S is the sulphide sulphur; 3) Δ is the specific weight of the removed (added and carry out) substance in per cents in relation to the weight of the initial rocks substance in standard geometric measurement 10000 Å³.

чая остаточные, – ранних производных рудопродуцирующих на позднем базальтоидном этапе становления антидромных гранит-диорит-долеритовых магматических комплексов, и, следовательно, образование поздних базитовых пород – даек долеритов в их составе [72, 73].

В свою очередь, факты ранней инъекции золотосносных (металлоносных) растворов в области рудообразования после кристаллизации ранней порции послегранитных базитовых расплавов, образования остывавших до потери флюидопроводящей способности дорудных даек долеритов и сопровождающего инъекцию образования в них околорудных метасоматических колонок пропилит-березитового минералого-петрохимического профиля составляют начальную доказательную базу представления о генерации рудообразующих растворов не в гранитных, а в базитовых расплавах – растворы не могли быть генерированы в уже не существовавших остаточных гранитных расплавах.

После смены петрохимического профиля магматизма с гранитного на базитовый в процессе становления антидромных магматических комплексов функционирование магматогенно-флюидных рудообразующих систем осуществляется в условиях высокой активности базитовых магматических очагов мантии – многоактное внедрение в образующиеся месторождения умеренно щелочных базитовых расплавов [72] чередуется с инъекциями золотосносных (металлоносных) растворов подобно тому, как это происходит в областях современной вулканической деятельности, – извержения расплавов чередуются с выделением вулканических газов – надкритических металлоносных растворов [81, 82].

Преобразование в мезотермальных месторождениях золота внутрирудных даек долеритов в высокотемпературные роговообманково-биотитовые метасоматиты (рис. 5) среди слабо измененных пород (гранитоидов, углеродистых черных сланцев и других) есть следствие их флюидопроводящей в горячем состоянии способности – аккумуляции в дайках наряду с разломами поднимающихся горячих металлоносных растворов и взаимодействия последних с долеритами. Минеральный состав аподолеритовых метасоматитов свидетельствует о минимальном перерыве между внедрением расплавов и инъекцией растворов – еще горячие дайки повышают температуру растворов в начале фильтрации последних в дайках, но постепенное снижение температуры – охлаждение метасоматитов и растворов в них – сопровождается частичным замещением ранних метасоматических роговой обманки и биотита сравнительно низкотемпературными хлоритами, альбитом, карбонатами. Однако образование венчиков чешуек биотита вокруг тонкозернистых агрегатов упомянутых низкотемпературных минералов, заполняющих бывшие кристаллы магматического пироксена в порфириновых выделениях, представляет следствие нового возрастания температуры в системах порода-раствор, обусловленного, очевидно, подтоком свежих более высокотемпературных его порций.

Результатами балансовых расчетов миграции петрогенных компонентов при образовании аподолеритовых и околорудных (околожилных) в разных породах метасоматических колонок в мезотермальных месторождениях золота доказываются однородный химический состав фильтрующихся вверх в дайках и соседних разломах растворов –

те и другие метасоматиты образованы в процессе калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма, в тех и других метасоматитах образованы контрастные аномалии фемофильных (P, Ti и др.) металлов в ближнем обрамлении рудоконтролирующих и раствороподводящих глубинных разломов. Фиксация в аподолеритовых метасоматитах поступающего с растворами извне калия в высокотемпературном биотите, в отличие от фиксации его в околорудных метасоматитах в относительно низкотемпературном сериците, обусловлена приобретением фильтрующимися в дайках растворами высокой температуры даек на начальных этапах их остывания.

Результаты изучения магматических и метасоматических пород в мезотермальных месторождениях золота обеспечили возможность проследить пути подъема обогащенных соединениями фемофильных элементов горячих металлоносных растворов от базитовых очагов их генерации в мантии по оставленным в горячих внутрирудных дайках базитов минералого-петрохимическим следам в образуемые этими растворами месторождения, околорудные метасоматиты в которых унаследовали петрохимические черты (K, S, CO₂) фильтровавшихся в дайках растворов и контрастные аномалии транспортируемых (доставленных) ими фемофильных элементов (Mg, Ca, Fe, Ti, P, Mn). Эти результаты в сочетании с данными об изотопных составах серы сульфидов и углерода карбонатов руд, отвечающих мантийным меткам [58, 73], составляют основу представления о парагенетической связи мезотермальных месторождений металла с плутонами, массивами гранитоидов – ранними производными антидромных гранит-диорит-долеритовых магматических комплексов [72, 73], и генетической связи с малыми телами – дайками базитов – поздними производными комплексов, приобретающих вследствие этого статус флюидно-рудно-магматических. Очевидно, не требуется доказывать, вопреки цитированному выше утверждению Х.М. Абдуллаева, то, что малые размеры трещинных тел – даек базитов, не коррелируют и не могут коррелировать с объемами очагов, генерирующих металлоносные растворы базитовых расплавов в мантии, которым природа не запрещает быть сопоставимыми с объемами гранитных расплавов в коре и также способными генерировать металлоносные растворы в количествах, необходимых для образования промышленных месторождений.

Способность металлов накапливаться в заполненных базитовыми расплавами магматических камерах в процессах и посредством кристаллизационной дифференциации или ликвации доказывает образованием промышленных, в том числе уникальных, магматических месторождений хрома-платиноидов, железа-титана-фосфора-ванадия, меди-никеля-кобальта-золота-платиноидов. Способность перечисленных и других металлов покидать магматические камеры и двигаться вверх в

области мезотермального рудообразования доказывается выделением из маловодных базитовых расплавов достигающих атмосферы в вулканах с мантийным питанием вулканических газов – надкритических металлоносных растворов, выносящих в течение геологического времени металлы, в том числе золото, в количествах, сопоставимых с запасами их в промышленных мезотермальных месторождениях [81, 82].

Приведенные материалы, извлеченные из мезотермальных месторождений золота, образуют согласованный ансамбль фактов и дополняют характеризующие пространственно-временные соотношения мезотермальных руд олова, вольфрама, других цветных металлов с дайками базитов данные, опубликованные более полувека назад, и подчеркивают справедливость цитированных выше выводов Ф.И. Вольфсона и В.Н. Котляра о необходимости изучения сопровождающих массивы гранитоидов дайковых пород и целесообразность поиска других описанных выше доказательств генетической связи с базитовыми составляющими антидромных магматических комплексов мезотермальных месторождений перечисленных металлов.

Заключение

При объективно обусловленном индуктивном способе познания процессов рудообразования прогресс в их реконструкции зависит от выбора и возможностей накопления достоверных данных.

Поучительна, а потому представляет психологический и методологический интерес для решения обсуждаемой проблемы рудной геологии история формирования и поддержания до сих пор остающегося высоким уровня популярности в ученом сообществе представления о генерации металлоносных образующих мезотермальные месторождения золота, цветных металлов растворов в коровых очагах гранитных расплавов. История началась в середине прошлого столетия после того, как стала очевидной несостоятельность считавшегося ранее корректным и важнейшим геохимического критерия обусловленности рудообразования гранитным магматизмом.

После смены парадигмы гранитогенного сценария популярность и противостояние его с базальтогенным сценарием рудообразования продолжались, при том, что были известны упомянутые опубликованные в пятидесятых годах прошлого столетия факты, которые не вписываются в доказательную базу гранитогенного сценария. В связи с этим возникают психологические вопросы.

Почему не воспринято массами после опубликования в Известиях АН СССР цитированных выше материалов *прямое указание природы* на образование мезотермальных месторождений цветных металлов после кристаллизации гранитных расплавов, включая создавших сопровождающие плутоны, массивы гранитоидов поздние дайки кислых пород, и на функционирование магматоген-

но-гидротермальных рудообразующих систем одновременно с активностью базитовых очагов мантии? Почему в течение последующих десятилетий и до сего времени, несмотря на подтверждение привлекаемыми из месторождений новыми данными упомянутых материалов и вопреки опиравшимся на факты рекомендациям несомненных знатоков устройства месторождений Ф.И. Вольфсона и В.Н. Котляра, следующая всего лишь из предположений руководящая идея Л.В. Таусона о потенциальной рудоносности и рудной продуктивности гранитных расплавов и, как следствие, о перспективности и необходимости реконструкции условий функционирования в магматических камерах гранитных расплавов с целью оценки их способности генерировать металлоносные растворы в количествах, достаточных для образования промышленных месторождений, приобрела и сохраняет популярность в сознании масс еще и при том, что получаемые результаты – выводы – остаются проблематичными? Ответ очевиден.

Психологические вопросы отражают негативное влияние человеческого фактора на выбор в середине прошлого столетия методологии – направления и содержания дальнейших исследований, вероятно, усиленного авторитетом автора руководящей идеи Л.В. Таусона. Была предпринята поддержанная большей частью ученого сообщества попытка заменить рациональный в этих условиях, более того, неизбежный индуктивный подход к исследованию проблемы дедуктивным. Человеческий фактор в данном случае, как и в случае его негативного влияния на разработку Д.С. Коржинским теории метасоматической зональности [76], заключается в приоритете гипотетических представлений человека над фактами, наблюдаемыми в природе, при том, что эти факты, как отмечалось, совершенно очевидно не вписываются в представления. О послегранитных дайках базитов второго этапа разделяющие гранитогенную гипотезу представители ученого сообщества или не знают, или вслед за Х.М. Абдуллаевым их не замечают по причине малых размеров. Вероятно то и другое. В итоге неизбежны имеющие место быть бесконечные дискуссии.

В частности, вопреки очевидной необходимости детально исследовать сопровождающие плутоны, массивы гранитоидов дайковые ассоциации на предмет выяснения возможных причинно-следственных связей с ними оруденения, был выбран не лучший вариант в пользу гранитогенной гипотезы. В результате этого выбора дайковые ассоциации фактически исключены из процесса рудообразования, тем самым, – из процесса познания.

Между тем, последовательностью и содержанием создающих месторождения, то есть реальных, геологических процессов (п. 3) доказывается обратное – ассоциации слабо дифференцированных сопровождающих массивы гранитоидов, зрелые очагово-купольные ультраметаморфические постройки базитовых даек служат носителями информации, обеспечивающей реконструкцию источников металлоносных растворов, путей их движения от источников в месторождения, петро-химические и геохимические доказательства генерации металлоносных растворов в очагах базитовой магмы.

В свою очередь, проблематичность результатов реализации исследований в соответствии с руководящей идеей Л.В. Таусона в течение последних десятилетий, которая могла быть прогнозируемой в начале пути, обусловлена отсутствием по вполне объективным причинам содержательных ответов на следующие ключевые методические вопросы.

С какой степенью достоверности анализируемые в процессе реконструкции условий функционирования гранитных расплавов в магматических камерах образцы гранитоидов представляют остаточные очаги гранитной магмы, сохраняющиеся, вероятно, в низах магматических камер в условиях более быстрого охлаждения расплавов в их верхах, при малой вероятности достижения эрозией глубоких (до многих километров от поверхности) уровней остаточных очагов – накопителей металлоносных растворов, сравнительно равномерном распределении золота и цветных металлов в плутонах, массивах гранитоидов [83], послужившем, как отмечалось, причиной отказа от представления о металлогенической специализации гранитоидов? С какой степенью достоверности могут быть оценены и оцениваются в каждом конкретном плутоне массы будто-то бы генерированных в гранитных расплавах металлоносных растворов и металлов в них, квалифицируемые как достаточные для образования промышленных месторождений при обычной пространственно-временной близости месторождений к плутонам, массивам гранитоидов, которая может быть и бывает следствием всего лишь парагенетической связи между ними?

Позитивные выводы, подтверждающие руководящую идею Л.В. Таусона, остаются мало обоснованными или недоказанными, в том числе по причине отсутствия, в отличие от базальтогенного сценария, связующих звеньев между остаточными гранитными расплавами и месторождениями, подобных внутрирудным дайкам-флюидопроводникам долеритов, аподолеритовым метасоматитам с их минералого-петрохимическим и геохимическим содержанием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линдгрэн В. Минеральные месторождения. Вып. 1. – М.: ОНТИ НКТП СССР, 1934. – 186 с.
2. Алабин Л.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау. – Новосибирск: Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1999. – 237 с.
3. Thompson J.F.H., Newberry R.J. Gold deposits related to reduced granitic intrusions // Society of Economic Geologists, Reviews. – 2000. – V. 13. – P. 377–400.
4. 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.
5. Сидоров А.А., Волков А.В. О золоторудных месторождениях в гранитоидах // Доклады РАН. – 2000. – Т. 375. – № 6. – С. 806–811.
6. Petrochemical characteristics of gold-related granitoids in Southwestern New Brunswick, Canada / X.M. Yang, D.R. Lentz, G. Chi, K.G. Thome // Explorer Mining Geology. – 2004. – V. 31. – P. 34–47.
7. Yang X.M., Lentz D.R. Chemical composition of rock-forming minerals in gold-related granitoid intrusions, Southwestern New Brunswick, Canada: implications for crystallization conditions, volatile exsolution and fluorine-chlorine activity // Contribution Mineral Petroleum. – 2005. – V. 150. – P. 287–305.
8. Хомичев В.Л. Модель золотоносной габбро-диорит-гранодиоритовой формации // Петрология и рудообразование. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2005. – С. 58–70.
9. Ножкин А.Д., Борисенко А.С., Неволько П.А. Позднепротерозойский рифтогенный и внутриплитный магматизм, золотое и золото-урановое оруденение Енисейского кряжа // Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: Материалы Международной научной конференции. – Томск, 5–8 октября 2010. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – С. 266–274.
10. Золотоносные габбро-тоналит-гранодиорит-гранитные массивы Урала: возраст, геохимия, особенности магматической и рудной эволюции / Г.Б. Ферштатер, В.В. Холоднов, А.А. Кремнецкий, А.А. Краснова, Н.С. Бородин, Е.А. Зинькова, С.В. Прибавкин // Геология рудных месторождений. – 2010. – Т. 32. – № 1. – С. 65–84.
11. Гусев А.И., Гусев А.А. Шошонитовые гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный режим, рудоносность. – М.: Изд-во РАЕ, 2011. – 125 с.
12. Рафаилович М.С., Мизерная М.А., Дьячков Б.А. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства. – Алматы: КазИМС, 2011. – 272 с.
13. Эммонс У.Х. Введение в учение о рудных месторождениях. – М.: Л., 1925. – 206 с.
14. Степанов В.А. Зональность золото-кварцевого оруденения Центральной Колымы. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 70 с.
15. Горжевский Д.И., Козеренко В.Н. Связь эндогенного рудообразования с магматизмом и метаморфизмом. – М.: Недра, 1965. – 300 с.
16. Сердюк С.С. Золотоносные провинции Центральной Сибири: геология, минералогия, перспективы освоения. – Красноярск: КНИИГГиМС, 2004. – 478 с.
17. Абдуллаев Х.М. Дайки и оруденение. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 232 с.
18. Миронов А.Г., Жмодик С.М. Золоторудные месторождения Урик-Китойской металлогенической зоны (Восточный Саян, Россия) // Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41. – № 1. – С. 54–69.
19. Физико-химический анализ поведения золота в процессе дегазации магм / И.Д. Рябчиков, А.Е. Ефимов, В.М. Кулагин, Н.Л. Шилин // Проблемы геохимии эндогенных процессов. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 14–18.
20. 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. докл. I Сибирского симпозиума с междунар. участием. – Красноярск, 1–3 декабря 1999. – Красноярск: КГАЦМиЗ, 1999. – С. 101–103.
21. Коваленко В.И., Кузьмин М.И., Коваль В.В. Геохимические типы мезозойских гранитоидов Монголии и их металлогения // Закономерности размещения полезных ископаемых. – М.: Наука, 1975. – Т. XI. – С. 329–334.
22. Шилин Н.Л., Кумеев С.С., Колосков А.В. Золото в калиевых полевых шпатах из интрузивных и метасоматических образований // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1988. – № 10. – С. 93–101.
23. Амузинский В.А. Геохимические особенности распределения золота в магматических породах Верхоянской антиклинальной зоны // Минералогия и геохимия производных гранитоидного магматизма. – Якутск: Институт геологии Якут. филиала СО АН СССР, 1981. – С. 89–98.
24. Дунин-Барковская Э.А., Смирнова С.К., Козлов В.В. Флюидный режим формирования важнейших продуктивных минеральных ассоциаций и парагенезисов золоторудных, редкометалльных и флюоритовых месторождений Узбекистана // Минералообразующие флюиды и рудогенез. – Ташкент, 1998. – С. 69–72.
25. Гамянин Г.Н. Минералого-геохимические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. – М.: ГЕОС, 2001. – 222 с.
26. Вольфсон Ф.И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 304 с.
27. Котляр В.Н. О магматических комплексах и оруденении // Советская геология. – 1955. – № 43. – С. 61–70.
28. Дубровский В.Н. О соотношении даек и оруденения на Хрустальном оловянном месторождении // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1957. – № 1. – С. 32–38.
29. Кигай И.Н. Об одной внутриминерализационной дайке Лифудзинского оловянного месторождения // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1957. – № 1. – С. 44–51.
30. Хетчиков Л.Н. О соотношении даек порфиритов со скарново-полиметаллическими рудами на месторождении Первый Советский рудник (Южное Приморье) // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1957. – № 1. – С. 39–43.
31. Мозгова Н.Н. О взаимоотношении дайки диабазового порфирита с оруденелым скарном месторождением Верхнего рудника (Тетюхе, Приморский край) // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1957. – № 1. – С. 25–31.
32. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. – М.: Наука, 1977. – 267 с.
33. Гусев А.И. Петрология золотогенерирующего магматизма. – М.: Изд-во РАЕ, 2012. – 160 с.
34. Ague I.I., Brimhall G.H. Regional variations in bulk chemistry, mineralogy and the compositions of mafic and accessory minerals in the batholiths of California // Bulletin Geologic Science America. – 1988. – V. 100. – № 6. – P. 891–911.
35. Hart C.J.R. Reduced Intrusion-Related Gold Systems // Economic Geology. – 2006. – V. 101. – № 7. – P. 1415–1427.
36. Leveille R.S.A., Newberry R.J., Bull K.F. An oxidation state-alkalinity diagram for discrimination some gold-favourable plutons: an empirical and phenomenological approach // Geological Society of America. – 1988. – V. 20. – P. 142–153.

37. Ugarkar A.G., Tenginkai S.G. Gold-quartz sulphide reefs of Mangaluru, Gulbarga district, Karnataka // *Current Science*. – 1988. – V. 57. – № 3. – P. 143–145.
38. Plutonic-related Gold Deposits of Interior Alaska / D. McCoy, R.J. Newberry, P.D. Layer, J.J. Marchi, A. Bakke, J.S. Masterman, D.L. Minehane // *Economic Geology Monograph*. – 1997. – V. 9. – P. 191–241.
39. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces / J.F.H. Thompson, R.H. Sillitoe, T. Baker, J.R. Lang, J.K. Mortensen // *Mineral Deposita*. – 1999. – V. 34. – P. 197–217.
40. An exploration model for intrusion-related gold systems / J.R. Lang, T. Baker, C.J.R. Hart, J.K. Mortensen // *Society of Economic Geologists Newsletter*. – 2000. – № 40. – P. 6–14.
41. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding // *Mineral Deposita*. – 2001. – V. 36. – P. 477–489.
42. Mustard R. Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales // *Mineral Deposita*. – 2001. – V. 36. – P. 542–562.
43. Nature, age and tectonic setting of granitoid-hosted, orogenic gold deposits of the Jiaodong Peninsula, eastern North China craton, China / Y.M. Qiu, D.I. Groves, N.J. McNaughton, L.G. Wang, T.H. Shou // *Mineral Deposita*. – 2002. – V. 37. – P. 283–305.
44. Baker T. Emplacement depth and CO₂-rich fluid inclusions in intrusion-related gold deposits // *Economic Geology*. – 2002. – V. 97. – № 5. – P. 1111–1117.
45. Geology, exploration and discovery in the Tintina gold province, Alaska and Yukon / C.J.R. Hart, D.T. McCoy, M. Smith, P. Roberts, R. Hulstein, A.A. Bakke, T.K. Bundtzen // *Society of Economic Geology Spec. Publ.* – 2002. – № 9. – P. 241–274.
46. Geology and geochemistry of the Clear Creek intrusion-related gold occurrences, Tintina Gold Province, Yukon, Canada / E.E. Marsh, R.J. Goldfarb, C.J.R. Hart, C.A. Johnson // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 2003. – V. 40. – № 5. – P. 681–699.
47. Nie F.J., Fiang S.H., Liu Y. Intrusion-related gold deposits of North China Craton, People's Republic of China // *Resources Geology*. – 2004. – V. 54. – P. 299–324.
48. Gold and metals enrichment in natural granitic melts during fractional crystallization / R. Mustard, Thomas U., V.S. Kamenetsky, T. Mernagh // *Geology*. – 2006. – V. 34. – № 2. – P. 82–88.
49. Granite-related Paleoproterozoic, Serrinha gold deposit, Southern Amazonia, Brazil: hydrothermal alteration, fluid inclusions and stable isotope constraints on genesis and evolution / M.A. Moura, N.F. Botelho, G.R. Olivo, T.K. Kyser // *Economic Geology*. – 2006. – V. 101. – № 5. – P. 585–605.
50. Yang H.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.
51. Petrochemical Characteristics of Gold-related Granitoids in Southwestern New Brunswick, Canada / H.M. Yang, D.R. Lentz, G. Chi, K.G. Thorne // *Lithos*. – 2008. – V. 104. – P. 355–377.
52. An intrusion-related gold deposit (IRGD) in the NW of Spain, the Linares deposit: igneous rocks, veins and related alterations, ore features and fluids involved / A. Cepedal, M. Fuertes-Fuente, A. Martin-Isard, J. Garsia-Nieto, M.C. Boiron // *Journal Geochemical Exploration*. – 2013. – V. 124. – P. 101–126.
53. The age, geological setting, and types of gold deposits in the Yunnan and adjacent areas, NE China / Yun-Sheng Ren, Cong Chen, Xin-Tong Zou, Hua-Lei Zhao, Yu-Jie Hao, He Nan Hou, Shao-Chu Hu, Guo-Hao Jiang // *Ore geology Reviews*. – 2015. – V. 73. – P. 2. – P. 284–297.
54. The Vilalba gold district, a new discovery in the Veriscan terranes of the NW Spain: A geologic, fluid inclusions and stable isotope study / Martinez-Abad, A. Sepedal, D. Arias, A. Martin-Isard // *Ore Geology Reviews*. – 2015. – V. 66. – P. 344–365.
55. Electron microprobe analyses of ore minerals and H-O, S isotope geochemistry of the Yuerya gold deposit, eastern Hebei, China: Implications for ore genesis and mineralization / De-Xin Kong, Ji-Feng Xu, Jing-Wu Yin, Jian Lin Chen, Jiao Li, Yuan Guo, Hai-Tao Yang, Xing Kun Shao // *Ore Geology Reviews*. – 2015. – V. 69. – P. 199–216.
56. Ta Nang gold deposit in the black shales of Central Vietnam / Anh Tran Tuan, Gaskov I.V., Hoa Tran Trong, Borisenko A.S., Izokh A.E., Dung Pham Thi, Li Yu Hoang, Mai Nguyen Thi // *Russian Geology and Geophysics*. – 2015. – V. 56. – № 10. – P. 1414–1427.
57. Yao Y., Robb I.J. Gold mineralization in Paleoproterozoic granitoids at Obuasi, Ashanti region, Ghana: Ore geology, geochemistry and fluid characteristics // *South Africa Journal Geology*. – 2000. – V. 103. – № 3–4. – P. 255–278.
58. Кучеренко И.В. Пространственно-временные и петрохимические критерии связи образования золотого оруденения с глубинным магматизмом // *Известия АН СССР. Серия геологическая*. – 1990. – № 10. – С. 78–91.
59. Комаров П.В., Томсон И.Н. О плюмах и их влиянии на формирование благороднометалльного оруденения в углеродсодержащих породах // *Доклады РАН*. – 2007. – Т. 415. – № 6. – С. 779–781.
60. The relationship of mantle-derived fluids to gold metallogenesis in the Jiaodong Peninsula: evidence from D-O-C-S isotope systematics / J. Mao, Y. Wang, H. Li, F. Pirajno, C. Zhang, R. Wang // *Ore geology Reviews*. – 2008. – V. 33. – P. 361–381.
61. Kucherenco I.V., Gavrilo R.Yu. Femophilic elements in wall-rock metasomatites and in ores of mesothermal gold deposits – newsletter of mantle deep // *International Journal of applied and fundamental research*. – 2011. – № 1. – P. 37–43.
62. Carbon isotope studies of auriferous quartz carbonate veins from two orogenic gold deposits from the Neoproterozoic Chitradurga schist belt, Dharwar craton, India: Evidence for mantle magmatic source of auriferous fluid / S. Sarangi, A. Sarkar, R. Srinivasan, S.C. Patel // *Journal Asian Earth Sci.* – 2012. – V. 52. – P. 1–11.
63. Kucherenco I.V., Zhang Yuxuan. Metallogenic problems of hydrothermal gold deposit formation: facts and arguments // *IOP. Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 2015. – V. 24. – 012024. URL: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012024> (дата обращения 25.05.2018).
64. Абрамов Б.Н. О дайковых комплексах мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья // *Современные проблемы магматизма и метаморфизма: Материалы Всероссийской конференции, посвященной 150-летию академико Ф.Ю. Левинсон-Лессинга и 100-летию профессора Г.М. Саранчиной*. – СПб., 1–5 октября 2012. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2012. – Т. 1. – С. 12–14.
65. Маракушев А.А., Русинов В.И. Природа золотоносности угле родистых толщ // *Доклады РАН*. – 2005. – Т. 401. – № 4. – С. 515–520.
66. Уникальная ассоциация природной амальгамы золота, киновари, самородных металлов и карбидов Фадеевского рудно-рассыпного узла, Приморье / В.П. Молчанов, А.И. Ханчук, Е.И. Медведев, А.П. Плюснина // *Доклады РАН*. – 2008. – Т. 422. – № 4. – С. 536–538.
67. Кучеренко И.В. Петрология гидротермального метасоматизма долеритов внутрирудных даек мезотермальных месторождений золота. Ч. 1. Кедровское месторождение (Северное Забайкалье) // *Известия Томского политехнического университета*. – 2014. – Т. 325. – № 1. – С. 155–165.
68. 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.

69. Kucherenko I., Zhang Yuxuan, Abramova R. Mineral-petrochemical alteration of rocks in Bericul gold-ore deposit (Kuznetsk Alatau) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – V. 27. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/27/1/012006> (дата обращения 25.05.2018).
70. Kucherenko I., Cherkasova T., Abramova R. Rear polymineral zone of near-veined metasomatic aureole in mesothermal Zun-Holba gold deposit (Eastern Sayan) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – V. 27. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/27/1/012003> (дата обращения 25.05.2018).
71. Кучеренко И.В. Теории, гипотезы гидротермального породообразования и реальность: факты и аргументы // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 10. – С. 99–122.
72. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю. Методологические и методические аспекты исследования связей образования гидротермальных месторождений золота с магматизмом // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Томск, 29 ноября – 2 декабря 2016. – Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2016. – Вып. 8. – С. 219–226.
73. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Синкина Е.А. Золоторудное месторождение Чертово Корято: геология, рудно-минеральные комплексы, генезис. – Saarbrücken: Palmarium academic publishing, 2016. – 365 с.
74. Кучеренко И.В. Петролого-геохимические черты рудомещающего субстрата в гидротермальных месторождениях золота. Ч. 1. Петрология околорудного метасоматизма // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 4. – С. 55–68.
75. Кучеренко И.В. Петролого-геохимические черты рудомещающего субстрата в гидротермальных месторождениях золота. Ч. 2. Петролого-геохимическая концепция околорудного метасоматизма // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 5. – С. 6–19.
76. Кучеренко И.В. Проблемы рудной геологии и человеческий фактор. Часть 1. Минералого-петрохимическая зональность околорудных метасоматических ореолов в мезотермальных месторождениях золота: теория, эксперимент, природа // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 7. – С. 105–118.
77. Кучеренко И.В. Позднепалеозойская эпоха золотого оруденения в докембрийском обрамлении Сибирской платформы // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1989. – № 6. – С. 90–102.
78. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы / под ред. В.П. Петрова. – М.: Мир. 1965. – 406 с.
79. Петрографический кодекс России (магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования) / под ред. О.А. Богатикова, О.В. Петрова. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 198 с.
80. Владимиров В.Г. Происхождение и механизмы формирования структур магматического минглинга в комбинированных габбро-гранитных дайках // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Томск, 29 ноября – 2 декабря 2017. – Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2017. – Вып. 9. – С. 67–69.
81. Главатских С.Ф., Горшков А.И. Природный аналог α -титана в продуктах эксгаляций Большого трещинного Толбачикского извержения (Камчатка) // Доклады РАН. – 1992. – Т. 327. – № 1. – С. 126–130.
82. Формы нахождения золота в продуктах кристаллизации современных высокотемпературных газовых флюидов вулкана Кудрявый, Курильские острова / М.А. Юдовская, В.В. Дистлер, И.В. Чаплыгин и др. // Доклады РАН. – 2003. – Т. 391. – № 4. – С. 535–539.
83. Антипин В.С. Геохимическая эволюция и происхождение известково-щелочных и субщелочных магматических пород (на основе коэффициентов распределения элементов): дис. ... д-ра геол.-минер. наук. – Иркутск, 1986. – 527 с.

Поступила 04.06.2018 г.

Информация об авторах

Кучеренко И.В., доктор геолого-минералогических наук, профессор отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

UDC 553.3/4.06:552.11–047.58

ORE GEOLOGY PROBLEMS AND THE HUMAN FACTOR. PART 2. MAGMATISM AND MESOTHERMAL ORE-FORMATION

Igor V. Kucherenko,

kivr@tpu.ru

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

The relevance of the research. The coexistence of the granitic, basaltic, metamorphic, polygenetic hypotheses of one and the same hydrothermal deposits of gold, coloured metals (Sn, W, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co) formation stimulates investigations directed on correction, deepening hydrothermal ore-formation theory and improving, development of the forecast-search criteria of the deposits, necessary for the search of new subjects and replenishment of the metals mineral products base.

The main aim of the research is to assess metalliferous ore-forming solutions sources studying the consistency, content, material expression of mesothermal gold deposits formation geologic processes of the south mountain-folded frame of Siberian craton.

The methods: study of the formation consistency, mineral-chemical compositions of accompanying granitoid plutons, massifs, ultra-metamorphic hearth-dome structures dikes of the magmatic rocks, their spatial-time correlations and their relation to ore-mineral complexes, complete chemical (wet) silicate analysis of rocks, roentgen-spectral analysis of chemical compositions of minerals, analysis of the isotope compositions of the sulphide sulphur and carbonaceous carbon of ores and near-ore metasomatites, petro-chemical calculations.

The results of the research. The paper introduces the proofs of generation of the forming mesothermal gold deposits metal-bearing solutions into mantle chambers of the basic melts – the facts of the simultaneous functioning the latters and ore-forming fluids into crust after crystallization of the granitic melts, data about fluid-conducting in hot condition function of the inside-ore dolerite dikes – along with fractures in the routes of metal-bearing solutions rising from the chambers of the generation into forming deposits, the facts of inheritance by the near-ore metasomatites (beresites) of petro-chemical type inside-dike metasomatism (supply K, S, CO₂, subtraction Na, Si), contrasting anomalies into inside-dike and near-ore metasomatites of femic elements (P, Ti, Ca, Mg, Fe, Mn), isotope relations of the sulphide sulphur and carbonaceous carbon relative to mantle marks. The paper discusses negative influence of the human factor on problem solution which consists in priority of the theoretic ideas about generation of metalliferous solutions into crustal chambers of granitic magma – suggested by authority instruction idea though it does not correlate with those observed in deposits facts, which are not congruent with theoretic ideas and therefore they are not attracted for estimating the idea viability. Meanwhile the fact of simultaneous functioning of basic melts in mantle and forming mesothermal deposits of coloured metals solutions in crust after crystallization of granitic melts is proved by existence of aftergranitic till-ore, inside-ore basic dikes – transmitters of information about metalliferous solutions sources. This fact testifies about formation of mesothermal deposits of colour metals and gold on one script, therefore it is recommended to decide the problem of dependence of mesothermal ore-formation by magmatism in coloured metals deposits according to the programme of the research described in this article.

Key words:

Mesothermal deposits of gold and coloured metals, relation of magmatism and ore-formation, granitoid plutons, before-ore, inside-ore, after-ore basic dikes, dikes-fluid-transmitters, mineral-petrochemic types of the inside-dikes and near-ore metasomatism, contrasting anomalies of femic elements, isotope relations of sulphide sulphur and carbonaceous carbon, human factor.

REFERENCES

- Lindgren V. *Mineralnye mestorozhdeniya* [Mineral deposits]. Moscow, ONTI NKTP SSSR Publ., 1934. Iss. 1, 186 p.
- Alabin L.V., Kalinin Yu.A. *Metallogeniya zolota Kuznetskogo Alatau* [Metallogeny of gold of Kuznetsk Alatau]. Novosibirsk, SO RAN NIC OIGGM Publ., 1999. 237 p.
- Thompson J.F.H., Newberry R.J. Gold deposits related to reduced granitic intrusions. *Society of Economic Geologists, Reviews*, 2000, vol. 13, pp. 377–400.
- Gamyarin G.N., Goryachev N.A., Bakharev A.G., Kolesnichenko P.P., Zaytsev A.I., Diman E.N., Berdnikov N.V. *Usloviya zarozhdeniya i evolyutsii granitoidnykh zolotorudno-magmaticeskikh sistem v mezozoydakh Severo-Vostoka Azii* [Conditions of occurrence and evolution of granitoid gold-ore-magmatic systems in Mesozooids of North-east of Asia]. Magadan, SV KNII DVO RAN Publ., 2003. 196 p.
- Sidorov A.A., Volkov A.V. O zolotorudnykh mestorozhdeniyakh v granitoidakh [Gold-ore deposits in granitoids]. *Doklady RAN*, 2000, vol. 375, no. 6, pp. 806–811.
- Yang X.M., Lentz D.R., Chi G., Thome K.G. Petrochemical characteristics of gold-related granitoids in Southwestern New Brunswick, Canada. *Explor Mining Geology*, 2004, vol. 31, pp. 34–47.
- Yang X.M., Lentz D.R. Chemical composition of rock-forming minerals in gold-related granitoid intrusions, Southwestern New Brunswick, Canada: implications for crystallization conditions, volatile exsolution and fluorine-chlorine activity. *Contribution Mineral Petroleum*, 2005, vol. 150, pp. 287–305.
- Khomichev V.L. Model zolotonosnoy gabbro-diorit-granodioritovoy formatsii [Model of gold-bearing gabbro-diorite-granodiorite formation]. *Petrologiya i rudoobrazovanie* [Petrology and ore formation]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2005. pp. 58–70.
- Nozhkin A.D., Borisenko A.S., Nevolko P.A. Pozdneproterozoy-sky riftogeny i vnutriplitny magmatizm, zolotoe i zoloto-uranovoe orudnenie Eniseyskogo kryazha [Late Proterozoic rift related and inter-layer magmatism, gold and gold-uranium mineralization of Yenisei Ridge]. *Sovremennye problemy geologii i razvedki poleznykh iskopaemykh. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii* [Current problems of geology and exploration. Proc. of International scientific conference]. Tomsk, 5–8 October 2010. Tomsk, TPU Publ. house, 2010. pp. 266–274.
- Fershtater G.B., Kholodnov V.V., Kremenetsky A.A., Krasnobaev A.A., Borodina N.S., Zinkova E.A., Pribavkin S.V. Gold-bearing gabbro-tonalite-granodiorite-granite arrays of the Urals: age, geochemistry, features of magmatic and ore evolution. *Geologiya rudnykh mestorozhdeny*, 2010, vol. 32, no. 1, pp. 65–84.

11. Gusev A.I., Gusev A.A. *Shoshonitovye granitoidy: petrologiya, geokhimiya, flyuidnyy rezhim, rudonosnost* [Shoshonit granitoids: petrology, geochemistry, fluid mode, ore content]. Moscow, RAE Publ., 2011. 125 s.
12. Rafailovich M.S., Mizernaya M.A., Dyachkov B.A. *Krupnye mestorozhdeniya zolota v chernoslantsevyykh tolshchakh: usloviya formirovaniya, priznaki skhodstva* [Large gold deposits in black-shale strata: conditions of formation, similarity characteristics]. Almaty, KazIMS Publ., 2011. – 272 s.
13. Emmons U.Kh. *Vvedenie v uchenie o rudnykh mestorozhdeniyakh* [Introduction into the study of ore deposits]. Moscow; Leningrad, 1925. 206 p.
14. Stepanov V.A. *Zonalnost zoloto-kvartsevoogo orudneniya Tsentralnoy Kolymy* [Zoning of gold-quartz mineralization of Central Kolyma]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2001. 70 s.
15. Gorzhevsky D.I., Kozerenko V.N. *Svyaz endogennogo rudoobrazovaniya s magmatizmom i metamorfizmom* [Relation of endogenic ore formation to magmatism and metamorphism]. Moscow, Nedra Publ., 1965. 300 p.
16. Serdyuk S.S. *Zolotonosnye provintsii Tsentralnoy Sibiri: geologiya, minerageniya, perspektivy osvoeniya* [Gold-bearing provinces in Central Siberia: geology, minarageny, prospects of exploration]. Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2004. 478 p.
17. Abdullaev Kh.M. *Dayki i orudnenie* [Dikes and mineralization]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1957. 232 p.
18. Mironov A.G., Zhmodik S.M. *Zolotorudnye mestorozhdeniya Urik-Kitoyaskoy metallogenicheskoy zony (Vostochny Sayan, Rossiya)* [Gold-ore deposits of Urik-Ketoysk metallogenic area (Eastern Sayan, Russia)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1999, vol. 41, no. 1, pp. 54–69.
19. Ryabchikov I.D., Efimov A.E., Kulagin V.M., Shilin N.L. *Fiziko-khimicheskiy analiz povedeniya zolota v protsesse degazatsii magm* [Physical and chemical analysis of gold behavior in magma gas drainage]. *Problemy geokhimii endogennykh protsessov* [Problems of geochemistry of endogenic processes]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977. pp. 14–18.
20. Zhatnuev N.S., Mironov A.G., Dampilov D.A., Bugaeva N.G. *Ekspperimentalnoe issledovanie povedeniya zolota v magmaticheskoy i gidrotermalnoy protsessakh (k probleme istochnikov veshchestva zolotorudnykh mestorozhdeniy)* [Experimental study of gold behavior in magmatic and hydrothermal processes (problem of the sources substance of gold-ore deposits)]. *Zoloto Sibiri: geologiya, geokhimiya, tekhnologiya, ekonomika. Tezisy dokladov i Sibirskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem* [Gold of Siberia: geology, geochemistry, technology, economics. Proc. of Siberian symposium with International participation]. Krasnoyarsk, 1–3 December, 1999. Krasnoyarsk, KGACMiZ Publ., 1999. pp. 101–103.
21. Kovalenko V.I., Kuzmin M.I., Koval V.V. *Geokhimicheskie tipy mezozoyskikh granitoidov Mongolii i ikh metallogeniya* [Geochemical types of Mesozoic granitoids of Mongolia and their metallogeny]. *Zakonomernosti razmeshcheniya poleznykh iskopaemykh* [Laws of distribution of mineral deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1975. Vol. XI, pp. 329–334.
22. Shilin N.L., Kumeev S.S., Koloskov A.V. *Zoloto v kalievyykh polevykh shpatakh iz intruzivnykh i metasomaticheskikh obrazovaniy* [Gold in potassium feldspar from intrusive and metasomatic formations]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1988, no. 10, pp. 93–101.
23. Amuzinsky V.A. *Geokhimicheskie osobennosti raspredeleniya zolota v magmaticheskikh porodakh Verkhoyanskoy antiklinalnoy zony* [Geochemical features of gold distribution in magmatic rocks of Verkhoyansk anticline zone]. *Mineralogiya i geokhimiya proizvodnykh granitoidnogo magmatizma* [Mineralogy and geochemistry of granitoid magmatism derivatives]. Yakutsk, Institut geologii Jakut. filiala SO AN SSSR, 1981. – S. 89–98.
24. Dunin-Barkovskaya E.A., Smirnova S.K., Kozlov V.V. *Flyuidnyy rezhim formirovaniya vazhneyshikh produktivnykh mineralnykh assotsiatsiy i paragenizov zolotorudnykh, redkometalnykh i flyuoritovykh mestorozhdeniy Uzbekistana* [Fluid mode of formation of the most important productive mineral associations and paragenesis of gold-ore, rare-metal and fluorite deposits in Uzbekistan]. *Mineraloobrazuyushchie flyuidy i rudogenez* [Mineral-forming fluids and ore genesis]. Tashkent, 1998. pp. 69–72.
25. Gamyarin G.N. *Mineralogo-geokhimicheskie aspekty zolotogo orudneniya Verkhoyano-Kolymskikh mezozoid* [Mineralogic and geochemical aspects of gold mineralization of Verkhoyan-Kolyma mezozoid]. Moscow, GEOS Publ., 2001. 222 p.
26. Volfson F.I. *Problemy izucheniya gidrotermalnykh mestorozhdeniy* [Problems of studying hydrothermal deposits]. Moscow, AN SSSR Publ., 1953. 304 p.
27. Kotlyar V.N. *O magmaticheskikh kompleksakh i orudnenii* [On magmatic complexes and mineralization]. *Sovetskaya geologiya*, 1955, no. 43, pp. 61–70.
28. Dubrovsky V.N. *O sootnoshenii daek i orudneniya na Khrustalnom olovyannom mestorozhdenii* [On the ratio of dikes and mineralization in Khrustalnoe tin deposit]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1957, no. 1, pp. 32–38.
29. Kigay I.N. *Ob odnoy vnutrimineralizatsionnoy dayke Lifudzinskogo olovorudnogo mestorozhdeniya* [About one intermineralization dike of Lifudzinsk tin-ore deposit]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1957, no. 1, pp. 44–51.
30. Khetchikov L.N. *O sootnoshenii daek porfiritov so skarnovo-poli-metallicheskim rudami na mestorozhdenii Pervy Sovetskiy rudnik (Yuzhnoe Primorye)* [On the ratio of dikes of porphyrites with skarn-polymetallic ores in Pervy Sovetskiy mine deposit (South Primorye)]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1957, no. 1, pp. 39–43.
31. Mozgova N.N. *O vzaimootnoshenii dayki diabazovogo porfiritita s orudneniyem skarnom mestorozhdeniya Verkhnego rudnika (Tetyukhe, Primorskiy kray)* [On the relation of diabase porphyrite dyke with the mineralized skarn of Verkhny mine deposit (Tetyukhe, Primorye Territory)]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1957, no. 1, pp. 25–31.
32. Tauson L.V. *Geokhimicheskie tipy i potentsialnaya rudonosnost granitoidov* [Geochemical types and potential ore content of granitoids]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 267 p.
33. Gusev A.I. *Petrologiya zolotogeneriruyushchego magmatizma* [Petrology of gold-generating magmatism]. Moscow, RAE Publ., 2012. 160 p.
34. Ague I.L., Brimhall G.H. *Regional variations in bulk chemistry, mineralogy and the compositions of mafic and accessory minerals in the batholiths of California*. *Bulletin Geologic Science America*, 1988, vol. 100, no. 6, pp. 891–911.
35. Hart C.J.R. *Reduced Intrusion-Related Gold Systems*. *Economic Geology*, 2006, vol. 101, no. 7, pp. 1415–1427.
36. Leveille R.S.A., Newberry R.J., Bull K.F. *An oxidation state-alkalinity diagram for discrimination some gold-favourable plutons: An empirical and phenomenological approach*. *Geological Society of America*, 1988, vol. 20, pp. 142–153.
37. Ugarkar A.G., Tenginkai S.G. *Gold-quartz sulphide reefs of Mangaluru, Gulbarga district, Karnataka*. *Current Science*, 1988, vol. 57, no. 3, pp. 143–145.
38. McCoy D., Newberry R.J., Layer P.D., Marchi J.J., Bakke A., Masterman J.S., Minehane D.L. *Plutonic-related Gold Deposits of Interior Alaska*. *Economic Geology Monograph*, 1997, vol. 9, pp. 191–241.
39. Thompson J.F.H., Sillitoe R.H., Baker T., Lang J.R., Mortensen J.K. *Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces*. *Mineral Deposita*, 1999, vol. 34, pp. 197–217.
40. Lang J.R., Baker T., Hart C.J.R. and Mortensen J.K. *An exploration model for intrusion-related gold systems*. *Society of Economic Geologists Newsletter*, 2000, no. 40, pp. 6–14.

41. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. *Mineral Deposita*, 2001, vol. 36, pp. 477–489.
42. Mustard R. Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales. *Mineral Deposita*, 2001, vol. 36, pp. 542–562.
43. Qiu Y.M., Groves D.I., McNaughton N.J., Wang L.G., Shou T.H. Nature, age and tectonic setting of granitoid-hosted, orogenic gold deposits of the Jiaodong Peninsula, eastern North China craton, China. *Mineral Deposita*, 2002, vol. 37, pp. 283–305.
44. Baker T. Emplacement depth and CO₂-rich fluid inclusions in intrusion-related gold deposits. *Economic Geology*, 2002, vol. 97, no. 5, pp. 1111–1117.
45. Hart C.J.R., McCoy D.T., Smith M., Roberts P., Hulstein R., Bakke A.A., Bundtzen T.K. Geology, exploration and discovery in the Tintina gold province, Alaska and Yukon. *Society of Economic Geology Spec. Publ.*, 2002, no. 9, pp. 241–274.
46. Marsh E.E., Goldfarb R.J., Hart C.J.R., Johnson C.A. Geology and geochemistry of the Claar Creek intrusion-related gold occurrences, Tintina Gold Province, Yukon, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 2003, vol. 40, no. 5, pp. 681–699.
47. Nie F.J., Fiang S.H., Liu Y. Intrusion-related gold deposits of North China Craton, People's Republic of China. *Resources Geology*, 2004, vol. 54, pp. 299–324.
48. Mustard R., Ulrich Th., Kamenetsky V.S., Mernagh T. Gold and metals enrichment in natural granitic melts during fractional crystallization. *Geology*, 2006, vol. 34, no. 2, pp. 82–88.
49. Moura M.A., Botelho N.F., Olivo G.R., Kyser T.K. Granite-related Paleoproterozoic, Serrinha gold deposit, Southern Amazonia, Brazil: hydrothermal alteration, fluid inclusions and stable isotope constraints on genesis and evolution. *Economic Geology*, 2006, vol. 101, no. 5, pp. 585–605.
50. Yang H.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.
51. Yang H.M., Lentz D.R., Chi G., Thorne K.G. Petrochemical Characteristics of Gold-related Granitoids in Southwestern New Brunswick, Canada. *Lithos*, 2008, vol. 104, pp. 355–377.
52. Cepedal A., Fuertes-Fuente M., Martin-Izard A., Garsia-Nieto J., Boiron M.C. An intrusion-related gold deposit (IRGD) in the NW of Spain, the Linares deposit: igneous rocks, veins and related alterations, ore features and fluids involved. *Journal Geochemical Exploration*, 2013, vol. 124, pp. 101–126.
53. Yun-Sheng Ren, Cong Chen, Xin-Tong Zou, Hua-Lei Zhao, Yu-Jie Hao, He Nan Hou, Shao-Chu Hu, Guo-Hao Jiang. The age, geological setting, and types of gold deposits in the Yanbian and adjacent areas, NE China. *Ore geology Reviews*, 2015, vol. 73, P. 2, pp. 284–297.
54. Martinez-Abad, Sepedal A., Arias D., Martin-Isard A. The Vilalba gold district, a new discovery in the Variscan terranes of the NW Spain: A geologic, fluid inclusions and stable isotope study. *Ore Geology Reviews*, 2015, vol. 66, pp. 344–365.
55. De-Xin Kong, Ji-Feng Xu, Jing-Wu Yin, Jian Lin Chen, Jiao Li, Yuan Guo, Hai-Tao Yang, Xing Kun Shao. Electron microprobe analyses of ore minerals and H-O, S isotope geochemistry of the Yuerya gold deposit, eastern Hebei, China: Implications for ore genesis and mineralization. *Ore Geology Reviews*, 2015, vol. 69, pp. 199–216.
56. Anh Tran Tuan, Gaskov I.V., Hoa Tran Trong, Borisenko A.S., Izokh A.E., Dung Pham Thi, Li Yu Hoang, Mai Nguyen Thi. Ta Nang gold deposit in the black shales of Central Vietnam. *Russian Geology and Geophysics*, 2015, vol. 56, no. 10, pp. 1414–1427.
57. Yao Y., Robb I.J. Gold mineralization in Paleoproterozoic granitoids at Obuasi, Ashanti region, Ghana: Ore geology, geochemistry and fluid characteristics. *South Africa Journal Geology*, 2000, vol. 103, no. 3–4, pp. 255–278.
58. Kucherenko I.V. Prostranstvenno-vremennye i petrokhimicheskie kriterii svyazi obrazovaniya zolotogo orudneniya s glubinyim magmatizmom [Space-time and petrochemical criteria of relation of gold mineralization formation to deep magmatism]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1990, no. 10, pp. 78–91.
59. Komarov P.V., Tomson I.N. Plumes and their effect on formation of noble metal mineralization in carbon-containing rocks. *Doklady RAN*, 2007, vol. 415, no. 6, pp. 779–781.
60. Mao J., Wang Y., Li H., Pirajno F., Zhang C., Wang R. The relationship of mantle-derived fluids to gold metallogenesis in the Jiaodong Peninsula: evidence from D-O-C-S isotope systematics. *Ore geology Reviews*, 2008, vol. 33, pp. 361–381.
61. Kucherenko I.V., Gavrillov R.Yu. Femophilic elements in wall-rock metasomatites and in ores of mesothermal gold deposits – newsletter of mantle deep. *International Journal of applied and fundamental research*, 2011, no. 1, pp. 37–43.
62. Sarangi S., Sarkar A., Srinivasan R., Patel S.C. Carbon isotope studies of auriferous quartz carbonate veins from two orogenic gold deposits from the Neoproterozoic Chitradurga schist belt, Dharwar craton, India: Evidence for mantle magmatic source of auriferous fluid. *Journal Asian Earth Sci.*, 2012, vol. 52, pp. 1–11.
63. 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, 012024. Available at: <http://iopscience.iop.org/1755-1315/24/1/012024> (accessed 25 May 2018).
64. Abramov B.N. O daykovykh kompleksakh mezozoyskikh zolotrudnykh mestorozhdeniy Vostochnogo Zabaykalya [Dike complexes of Mesozoic gold-ore deposits in Eastern Trans-Baikal]. *Sovremennye problemy magmatizma i metamorfizma. Materialy Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchenoy 150-letiyu akademika F.Yu. Levinson-Lessinga i 100-letiyu professora G.M. Saranchinoy* [Current problems of magmatism and metamorphism. Proc. of All-Russian conference devoted to the 150th anniversary of academician F.Yu. Levinson-Lessing and 100th anniversary of professor G.M. Saranchina]. St-Petersburg, 1–5 October 2012. St-Petersburg, SPbGU Publ., 2012. Vol. 1, pp. 12–14.
65. Marakushev A.A., Rusinov V.L. Priroda zolotonosnosti uglerodistykh tolshch [Origin of gold content of carbon formations]. *Doklady RAN*, 2005, vol. 401, no. 4, pp. 515–520. In Rus.
66. Molchanov V.P., Khanchuk A.I., Medvedev E.I., Plyusnina A.P. unique association of natural gold amalgam, cinnabar, native metals and carbides of Fadeevsky ore-placer deposit, Primorye. *Doklady RAN*, 2008, vol. 422, no. 4, pp. 536–538. In Rus.
67. Kucherenko I.V. Petrology of hydrothermal metasomatism of intra-ore dolerite dikes of mesothermal gold deposits. P. 1. Kedrovskoe deposit (North Trans-Baikal). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. The Planet Resources*, 2014, vol. 325, no. 1, pp. 155–165. In Rus.
68. Kucherenko I.V. Petrology of hydrothermal metasomatism into intra-ore dolerite dikes of mesothermal gold deposits. P. 2. Zun-Kholba deposit (East Sayan). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. The Planet Resources*, 2015, vol. 326, no. 1, pp. 73–86. In Rus.
69. Kucherenko I., Zhang Yuxuan, Abramova R. Mineral-petrochemical alteration of rocks in Bericul gold-ore deposit (Kuznetsk Alatau). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2015, vol. 27. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/27/1/012006> (accessed 25 May 2018).
70. Kucherenko I., Cherkasova T., Abramova R. Rear polymineral zone of near-veined metasomatic aureole in mesothermal Zun-Holba gold deposit (Eastern Sayan). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2015, vol. 27 Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/27/1/012003> (accessed 25 May 2018).

71. Kucherenko I.V. Theories, hypotheses of hydrothermal rock-ore formation and reality: facts and arguments. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2015, vol. 326, no. 10, pp. 99–122. In Rus.
72. Kucherenko I.V., Gavrilov R.Yu. Metodologicheskie i metodicheskie aspekty issledovaniya svyazey obrazovaniya gidrotermalnykh mestorozhdeniy zolota s magmatizmom [Methodological aspects of studying the relation of gold hydrothermal deposit formation to magmatism]. *Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Petrology of magmatic and metamorphic complexes. Proc. of All-Russian conference with international participation]. Tomsk, 29 November – 2 December 2016. Tomsk, Tomsk TsNTI Publ., 2016. Iss. 8, pp. 219–226.
73. Kucherenko I.V., Gavrilov R.Yu., Sinkina E.A. *Zolotorudnoe mestorozhdenie Chertovo Koryto: geologiya, rudno-mineralnye komplekсы, genesis* [Gold-ore deposit Chertovo Koryto: geology, ore-mineral complexes, genesis]. Saarbrücken, Palmarium academic publishing, 2016. 365 p.
74. Kucherenko I.V. Petrologic and geochemic features of the ore-containing substratum in hydrothermal gold deposits. P. 1. Petrology of the near-ore metasomatism. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2016, vol. 327, no. 4, pp. 55–68. In Rus.
75. Kucherenko I.V. Petrologic and geochemic features of ore-containing substratum in hydrothermal gold deposits. P. 2. Petrologic and geochemical concept of near-ore metasomatism. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2016, vol. 327, no. 5, pp. 6–19. In Rus.
76. Kucherenko I.V. Ore geology problems and the human factor. P. 1. Mineral-petrochemic zoning of the near-veins metasomatic aureoles in the mesothermal gold deposits: theory, experiment, nature. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2017, vol. 328, no. 7, pp. 105–118. In Rus.
77. Kucherenko I.V. Pozdnepaleozoyskaya epokha zolotogo orudneniya v dokembrijskom obramlenii Sibirskoy platform [Late-Paleozoic age of goldmineralisation in pre-Cambrian framing of Siberian platform]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1989, no. 6, pp. 90–102.
78. Dir U.A., Hai R.A., Zusman Dzh. *Porodoobrazuyushchie mineral* [Rock-forming minerals]. Ed. by V.P. Petrov. Moscow, Mir Publ., 1965. 406 p.
79. *Petrografichesky kodeks Rossii (magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya)* [Petrographic code of Russia (magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations)]. Ed. by O.A. Bogatkov, O.V. Petrov. St-Petersburg, VSEGEI Publ., 2008. 198 p.
80. Vladimirov V.G. Proiskhozhdenie i mekhanizmy formirovaniya struktur magmaticheskogo minglinga v kombinirovannykh gabbro-granitnykh daykakh [Origin and mechanisms of formation of structures of magmatic mingling in complex gabbro-granite dikes]. *Petrologiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov. Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Petrology of magmatic and metamorphic complexes. Proc. of All-Russian conference with international participation]. Tomsk, 29 November – 2 December 2017. Tomsk, Tomsk TsNTI Publ., 2017. Iss. 9, pp. 67–69.
81. Glavatskikh S.F., Gorshkov A.I. Prirodny analog α -titana v produktakh ekskalyatsiy Bolshogo treshchinogo Tolbachikskogo izverzheniya (Kamchatka) [Natural analogue of α -titanium in exhalation products of Bolshoe fissure Tolbachikskoe eruption (Kamchatka)]. *Doklady RAN*, 1992, vol. 327, no. 1, pp. 126–130.
82. Yudovskaya M.A., Distler V.V., Chaplygin I.V. Formy nakhozhdeniya zolota v produktakh kristallizatsii sovremennykh vysokotemperaturnykh gazovykh flyuidov vulkana Kudryavy, Kurilskie ostrova [Forms of gold occurrence in crystallization products of modern high-temperature gaseous fluids of volcano Kudryavy, Kuril Islands]. *Doklady RAN*, 2003, vol. 391, no. 4, pp. 535–539.
83. Antipin V.S. *Geokhimicheskaya evolyutsiya i proishozhdenie izvestkovo-shchelochnykh i subshchelochnykh magmaticheskikh porod (na osnove koeffitsientov raspredeleniya elementov)*. Dis. Dokt. Nauk [Geochemical evolution and origin of calc-alkalic and subalkalic magmatic rocks (based on element distribution coefficients)]. Irkutsk, 1986. 527 p.

Received: 4 June 2018.

Information about the authors

Igor V. Kucherenko, Dr. Sc., professor, National Research Tomsk Polytechnic University.