

УДК 553.411.071:553.241.1:[552.313+552.333.4]

ПЕТРОЛОГИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕТАСОМАТИЗМА ДОЛЕРИТОВ ВНУТРИРУДНЫХ ДАЕК МЕЗОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА. Ч. 2. МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗУН-ХОЛБА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

Кучеренко Игорь Васильевич,

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

Актуальность исследования определяется потребностью разработки геолого-генетической концепции (теории) образования гидротермальных месторождений золота взамен четырех исключаящих одна другую гранитогенной, базальтогенной, метаморфогенной, полигенной гипотез.

Цель работы: обоснование золотопродуцирующей способности базальтового магматизма – геологического процесса, инициирующего и обеспечивающего рудообразование.

Методы исследования: петрологическое изучение производных магматизма и сопровождающего метасоматизма посредством эмпирических наблюдений в золоторудных месторождениях пространственно-временных соотношений магматических, метасоматических пород и рудно-минеральных комплексов, диагностики минералов с использованием электронного микроскопа с рентгеноспектральным сопровождением, балансовых петрохимических расчетов полных химических силикатных анализов горных пород для оценки миграции петрогенных элементов и металлов в метасоматических процессах этапов рудообразования.

Результаты. Установлено, что обнаруженные в месторождении Зун-Холба послегранитные внутрирудные дайки – тепловые флюидопроводники умеренно щелочных долеритов, как и в Кедровском месторождении, залегают среди слабоизмененных гранитоидов Амбартогольского массива и других пород, но преобразованы в метасоматиты, сложенные биотитом (до 60 об. %) в сопровождении магнезиально-железистой обыкновенной роговой обманки, антигорита, хлорита, серицита, кварца, карбонатов, рутила, лейкоксена, пирита в разных количественных соотношениях. Диагностирован биотит ранней генерации, частично замещенный перечисленными минералами, и свежий биотит поздней генерации, чешуйки которого обрамляют полностью замещенные кристаллы бывшего авгита. Образование позднего биотита после отложения сравнительно низкотемпературных хлорита и других метасоматических минералов оценивается как доказательство пульсационного режима поступления металлоносных флюидов, свойственного и процессу отложения рудно-минеральных комплексов в рудных телах. Балансовыми расчетами установлен наследуемый околорудным метасоматизмом калиево-сернисто-углекислотный профиль внутридайкового метасоматизма на путях подъема металлоносных флюидов с привнесом и фиксацией в метасоматитах калия, магния (до 50 мас. %), углекислотного углерода (до 500 мас. %), восстановленной серы (до 160 мас. %), в других месторождениях – титана, фосфора, кальция, марганца, золота, серебра. Поскольку дайки долеритов способны выполнять флюидопроводящую функцию согласно известному физическому эффекту только в горячем состоянии среди холодных пород, металлоносные флюиды поднимались по дайкам вслед за базальтовыми расплавами по тем же разломам через промежутки времени, в течение которых дайки не успевали остыть. Подобные преобразованные в метасоматиты внутрирудные дайки-флюидопроводники умеренно щелочных долеритов известны в других залегающих в кристаллическом субстрате и толщах черных сланцев мезотермальных месторождениях золота – Сухоложском, Чертово Корыто, Кедровском, Уряжском, Бериккульском, Березовском, Кочкарском. В сочетании с массивами ранних гранитоидов и сменяющих их диоритоидов они образуют магматические комплексы, повторяющиеся во времени и пространстве. По совокупности данных доказываемся образование золотого оруденения в кристаллическом субстрате и толщах черных сланцев на завершающем базальтоидном этапе становления антидромных гранит-диорит-долеритовых магматических комплексов, приобретающих в силу этого статус золотопродуцирующих флюидно-рудно-магматических.

Ключевые слова:

Мезотермальные месторождения золота, петрология, гидротермальный метасоматизм, внутрирудные долеритовые дайки, тепловые флюидопроводники, флюидно-рудно-магматические комплексы.

Введение

Одна из ключевых, имеющих теоретическое и прикладное значение задач исследования гидротермального рудообразования заключается в реконструкции инициирующих и обеспечивающих его более масштабных геологических процессов. Решение этой задачи предполагает выяснение источников энергии, растворов, рудного вещества, транспортных путей перемещения металлоносных растворов на верхние этажи земной коры, то есть всего того, что вместе с образованными на этих этапах месторождениями полезных ископаемых составляет понятие «рудообразующие системы». Последние, за редкими исключениями, прекратили свое существование задолго до проявленного к ним

интереса со стороны человеческого сообщества и поэтому не могут изучаться в процессе функционирования. Более того, недоступны для непосредственного наблюдения и изучения все нижние элементы былых рудообразующих систем. Единственным источником информации, обеспечивающим формирование ответа на вопрос «а как это происходит в природе?», служат конечные продукты процессов – породы и ассоциированные с ними руды.

Эта информация составляет основу для диагностики условий залегания, минералого-химического состава и строения горных пород и руд, реконструкции термодинамических и физико-химических параметров их образования, доказательства

последовательности геологических событий, причинно-следственных связей рудообразования в целом и отдельных его этапов (стадий) с конкретными проявлениями петро-рудно-генетических процессов в объеме каждой индивидуальной рудообразующей системы. Успех работы зависит от доступности объектов для исследования, в том числе на глубоких горизонтах, и в не меньшей степени от понимания того, что надлежит изучать все вещество, созданное в петро-рудно-генетическом процессе.

Недооценка многими участниками дискуссии последнего условия привела к негативным последствиям – созданию и сосуществованию в течение многих десятилетий и до сего времени конкурирующих между собой и взаимно исключающих одна другую четырех с вариантами гипотез образования, например, собственно золотых гидротермальных месторождений. При разработке гранитогенной гипотезы их образования, в частности, недооценка выразилась в игнорировании магматических пород малых форм, как правило, даек, обычно сопровождающих, сменяющих во времени крупные тела (плутоны, массивы) гранитоидов, с которыми многие исследователи генетически связывают близкие к ним по возрасту месторождения. Основанием для этого послужило популярное в прошлом и сейчас представление, согласно которому генерация крупных масс металлоносных растворов, необходимых для образования промышленных месторождений, возможна только в крупнообъемных очагах сравнительно обводненных гранитоидных расплавов [1]. По необъясненными причинам считалось и считается, что силикатные расплавы иного, скажем, базитового состава не занимают в верхних оболочках планеты значительные объемы – их послегранитные, но близкие к гранитам и рудам производные сопровождают плутоны всего лишь в форме даек, что однако не может означать отсутствие в глубинах мантии крупнообъемных магматических очагов.

На ошибочность указанного представления и следующего из него подхода в исследовании связей гидротермального рудообразования с магматизмом еще полвека назад обращали внимание коллег известные ученые Ф.И. Вольфсон и В.Н. Котляр, высказывания которых приведены в первой части статьи [2]. Вероятно, отсутствие в течение длительного времени корректных доказательств существования таких связей в рамках двух известных магматогенных – гранитогенной и базальтогенной – гипотез и невозможность перекалифицировать в силу этого одну из них в теорию способствовало появлению альтернативных метаморфогенной и полигенной гипотез, которые по причине их ущербности в силу также невысокой обоснованности не сняли дискуссию, но усугубили ситуацию без надежды на скорое корректное решение проблемы.

В данной второй завершающей части статьи продолжено представление материалов, доказывающих на примере крупного месторождения зо-

лота Зун-Холба функционирование рудообразующей системы на позднем базальтоидном этапе становления одного из повторяющихся во времени и пространстве золотопроизводящих антидромных гранит-диорит-долеритовых флюидно-рудно-магматических комплексов в согласии с концепцией, объединяющей гранитогенную и базальтогенную гипотезы [3–5]. К обсуждению материалов также привлечены данные, характеризующие внутридайкавый метасоматизм в других месторождениях золота. В заключение сформулированы следующие из анализа материалов и их обсуждения выводы.

Минералого-петрохимические черты внутридайкавых аподолеритовых метасоматических ореолов Зун-Холбинского месторождения

В Зун-Холбинском месторождении, в отличие от Кедровского [2], дайки внутрирудных долеритов немногочисленны, пересекают в рудовмещающем разломе крутопадающие залежи прожилково-крапленых руд и березитизированные плагиограниты Амбартогольского массива в обрамлении разлома, чем доказываемся, в частности, их послегранитный дорудный возраст, но пересекаются поздними сульфидно-кварцевыми прожилками, следующими, кроме того, и контактам даек на протяжении до десятков см.

Одна из наименее гидротермально измененных даек (табл. 5, проба 1), относительно которой выполнены балансовые петрохимические расчеты, характеризующие перемещение вещества при метасоматизме, имеет черный цвет, массивное сложение, порфиоровое строение с мелкозернистой долеритовой структурой основной массы.

Порфировые выделения занимают около 20 % объема породы, сложены субизометричными четырехугольными со «срезанными» углами, удлиненными кристаллами, агрегатами зерен иногда зонального авгита (рисунок, а, б, табл. 1) размером до 1,5 мм с участием редких беспорядочно ориентированных таблитчатых кристаллов лабрадора (№ 52...57). Фенокристы авгита имеют четкие контакты с вмещающей массой, плеохроируют от буровато-розового до бледно-голубого цвета. Авгит в некоторых порфировых выделениях частично замещен агрегатами зерен кальцита и/или буровато-бледнозеленого серпентина (антигорита) с участием хризотила, волокна которого, как и в промышленных жилах, ориентированы нормально к прожилкам.

Основная масса породы сложена агрегатом мелких, размером до первых десятых долей мм, зерен авгита и удлиненных, с соотношением сторон до 1:10, разноориентированных лейст основного плагиоклаза примерно в равных количественных соотношениях, с примесью микрозерен калиевого полевого шпата (табл. 2), магнетита, апатита. По минимальному для основных магматических пород содержанию кремнезема при соразмерных содержаниях других петрогенных компонентов опи-

Таблица 1. Химические составы авгита внутрирудных даек умеренно щелочных долеритов Зун-Холбинского месторождения
Table 1. Chemical compositions of augites in intra-ore dikes of moderate-alkaline dolerites of Zun-Kholba deposit

Рентгеноспектры X-ray spectra	Содержание, мас. %/Content, wt. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	Σ
1	47,89	7,13	22,75	13,38	6,32	1,37	–	–	0,43	0,73	100,00
2	48,86	7,00	22,39	13,88	5,78	1,10	–	–	0,35	0,64	100,00
3	46,25	8,59	22,17	11,88	8,89	1,46	0,17	0,10	0,43	–	99,94
4	44,73	9,73	22,25	11,67	7,92	2,82	–	–	0,57	0,31	100,00
5	48,27	6,77	22,84	13,53	6,02	1,52	–	–	0,38	0,68	100,01
6	43,97	10,60	22,72	10,92	8,85	2,50	–	–	0,45	–	100,01
7	50,40	4,41	22,54	14,25	7,03	1,04	–	–	0,33	–	100,00
8	44,87	10,13	22,36	11,21	8,81	2,18	–	–	0,44	–	100,00
9	50,86	3,98	22,55	15,37	5,76	0,84	–	–	0,26	0,39	100,01
10	48,60	6,70	22,62	13,88	6,21	1,21	–	–	0,40	0,39	100,01
11	46,40	7,17	22,70	10,85	10,94	1,48	–	–	0,47	–	100,01
12	46,85	7,51	22,55	12,15	9,10	1,50	–	–	0,33	–	99,99
*	46,47...51,86	2,33...10,55	18,92...23,34	12,07...15,06	6,39...17,28	0,50...2,96	0,01...0,30	0,00...0,28	0,00...0,43	0,00...1,06	–

Примечание: 1) Здесь и в табл. 2–4 в FeO дано валовое содержание железа. 2) * – интервалы нормативных содержаний петрогенных компонентов [б. С. 122].

Note: here and in tables 2–4 the total content of iron is given. 2) * – the intervals of standard contents of petrogenic components [б. С. 122].

санный долерит близок (табл. 5) к трахибазальту (умеренно щелочному долериту) [7].

В основной массе неравномерно (пятнообразно) распределены диагностированные термическим и рентгеноспектральными анализами новообразованные минералы: кальцит, хлорит, монтмориллонит, серпентин, серицит, альбит, кварц, рутил, лейкоксен, пирит. Количество их в сумме не превышает 10 об. %. Эпизодически только среди новообразованных минералов фиксируются микрочешуйки бурого биотита.

Таблица 2. Химические составы калиевого полевого шпата внутрирудных даек умеренно щелочных долеритов Зун-Холбинского месторождения

Table 2. Chemical compositions of feldspar in intra-ore dikes of moderate-alkaline dolerites of Zun-Kholba deposit

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

В зонах закалки порода сложена стеклом буровато-зеленого, зеленовато-бурого до черного (пятнами) цвета с микролитами авгита и разноориентированных игловидных лейст плагиоклаза.

Интенсивно гидротермально измененный долерит (табл. 5, пробы 31, 41, 46) фактически представляет собой метасоматит, так как до 100 % его объема сложено перечисленными минеральными образованиями гидротермального этапа. Интенсивно гидротермально изменены, как правило,

сравнительно крупные дайки мощностью 0,4...0,5 м и более. В процессе и после метасоматических преобразований они сохранили черный цвет, «спаянные» («сваренные») контакты с вмещающими породами, массивное сложение, но приобрели порфиробластовую, лепидогранобластовую, гранолепидобластовую средне-, крупнозернистую структуру. Вследствие частичного или полного сохранения свежими порфириновых выделений авгита, в отличие от основной массы породы, и сильно замещенного едва улавливаемого лабрадора в метасоматите просматривается реликтовая порфирировая структура (рисунок, а, б). Примерно половина порфириновых выделений авгита замещена в разной степени, вплоть до скелетных форм и полностью, агрегатами новообразованных минералов в разных сочетаниях и количественных соотношениях (рисунок, в, г). В сростаниях кристаллов пироксена иногда одно–два зерна замещены полностью, соседние зерна в том же агрегате сохранились свежими.

Участвующий в составе эпигенетических минеральных новообразований бурый, красно-бурый плеохроирующий до бледно-желтого цвета биотит (табл. 3) двух – ранней и поздней – генераций не встречается в «останцах» свежего долерита, при этом поздний биотит не несет признаков замещения другими минералами. Его, как правило, удлиненные чешуйки с соотношением сторон до 1:10...1:15 размером до 1,0...1,5 мм беспорядочно ориентированы среди эпигенетических минералов. Наиболее крупные чешуйки имеют более изометричные очертания и представляют порфиробласты. По периметру полно или частично, в том числе псевдоморфно, замещенных кристаллов пироксена (и оливина?) чешуйки биотита образуют «венчики», изменяя ориентировку в соответствии

Таблица 3. Химические составы биотита аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Зун-Холбинского месторождения
Table 3. Chemical compositions of biotite of apodolerite metasomatites in intra-ore dikes of Zun-Kholba deposit

Рентгеноспектры X-ray spectra	Содержание, мас. %/Content, wt. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	MnO	BaO	Σ
1	36,91	16,04	9,23	0,60	0,17	19,35	8,45	3,87	–	0,88	95,50
2	36,21	16,68	9,13	0,79	0,00	16,83	12,02	3,13	–	0,72	95,51
3	36,61	16,26	9,32	0,66	0,16	19,01	9,02	3,87	–	0,58	95,49
4	36,39	16,38	8,97	0,56	–	17,55	11,24	3,76	–	0,64	95,49
5	36,63	16,31	9,11	0,72	–	18,17	10,53	4,03	–	–	95,50
6	36,40	16,49	9,12	0,60	–	18,61	10,29	3,98	–	–	95,49
7	35,08	14,16	9,16	0,21	0,00	8,91	24,34	3,32	0,32	–	95,50
8	34,53	16,57	8,80	0,56	0,19	12,01	17,96	3,93	0,24	0,74	95,53
9	34,97	17,13	8,14	1,40	0,17	5,48	24,50	2,53	1,17	–	95,49
10	32,78	16,77	8,80	0,37	0,30	4,72	27,35	3,33	1,08	–	95,50
11	32,53	15,62	8,79	0,37	0,51	4,02	29,29	3,33	1,04	–	95,50
12	36,89	15,17	8,61	0,80	–	8,20	22,43	2,84	0,56	–	95,50
13	35,17	14,68	9,40	–	0,92	10,07	21,82	3,17	0,28	–	95,51

с изменением ориентировки границ былых кристаллов (рисунок, в, г). По периметру свежих кристаллов пироксена чешуйки биотита всегда отсутствуют (рисунок, а, б). Узкие чешуйки («иголки») биотита также пересекают тонкозернистые кварц-кальцит-серицитовые агрегаты, заместившие кристаллы лабрадора в фенокристаллах и в основной массе. Тончайшие пластинки биотита, толщиной до нескольких тысячных долей мм, пересекают агрегаты новообразованных минералов, заместивших и бывшие кристаллы пироксена, переходя за их пределы в тонкозернистые агрегаты серицита, кальцита, рутила, образованные за счет плагиоклаза.

Бледно-желтый, бледно-зеленовато-желтый слабо плеохроирующий серпентин (антигорит) иногда замещает пироксен (возможно, оливин), свежие зерна которого в породе отсутствуют) псевдоморфно сравнительно крупными чешуйками. В чешуйках антигорита сохраняются трещины отдельности исходного минерала, заполненные магнетитом, иногда хризотилом с нормальной к границам трещин ориентировкой волокон. Замещенные зерна пироксена часто окаймлены «сыпью» зерен магнетита с размером микрокристаллов до первых сотых долей мм, которая, кроме того, в форме неправильных скоплений встречается среди других замещающих минералов. Магнетит заполняет и границы между чешуйками серпентина.

Мельчайшие скопления чешуек зеленого плеохроирующего до бледно-желтого цвета хлори-

та образованы по трещинам или гнездами внутри пластинок антигорита или по их периферии.

Плагиоклаз в фенокристаллах и лейстах основной массы породы замещен преимущественно агрегатами серицита, кварца, кальцита, или серицита и кварца, или серицита при отсутствии минералов ряда цоизит–эпидот, но эпизодически в его кристаллах можно видеть реликтовое полисинтетическое двойникование. Отсутствие минералов эпидотовой группы в продуктах гидротермального замещения основного плагиоклаза необычно. Вместе с тем только в агрегатах новообразованных минералов присутствуют зерна бледно-зеленой магнезиально-железистой обыкновенной роговой обманки с характерной спаянностью (табл. 4).

Рутил, лейкоксен в виде скоплений иголок, дендритовидных кристаллов размером до первых десятых долей мм сравнительно равномерно рассеяны в реликтовых лейстах лабрадора и агрегатах новообразованных минералов, не содержащих титан, но заместивших пироксен. Оба минерала отсутствуют в свежих кристаллах пироксена.

Описанные преобразования минерального состава пород происходили в условиях калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма (табл. 5). В аподолеритовых метасоматитах вдвое увеличено содержание калия, до 50 % магния, на 500 % – углекислотного углерода, до 160 % – восстановленной серы, зафиксированных соответственно в биотите, карбонатах, пирите, – минералах, не

Таблица 4. Химические составы магнезиально-железистой обыкновенной роговой обманки аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Зун-Холбинского месторождения

Table 4. Chemical compositions of magnesian-ferrous hornblende of apodolerite metasomatites in intra-ore dikes of Zun-Kholba deposit

Рентгеноспектры X-ray spectra	Содержание, мас. %/Content, wt. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Σ
1	39,51	14,09	11,66	13,22	13,64	0,90	0,25	2,14	1,96	0,63	98,00
2	39,27	14,26	11,67	13,21	13,50	0,79	0,21	2,17	2,24	0,67	97,99
**	44,0...50,0	4,5...14,5	9,0...12,5	7,0...18,0	6,0...26,0	до 2,0	до 1,3	0,05...2,7	0,5...3,4	–	–

Примечание: ** – интервалы нормативных содержаний петрогенных компонентов [8. С. 120].

Note: ** – intervals of standard contents of petrogenic components [8. С. 120].

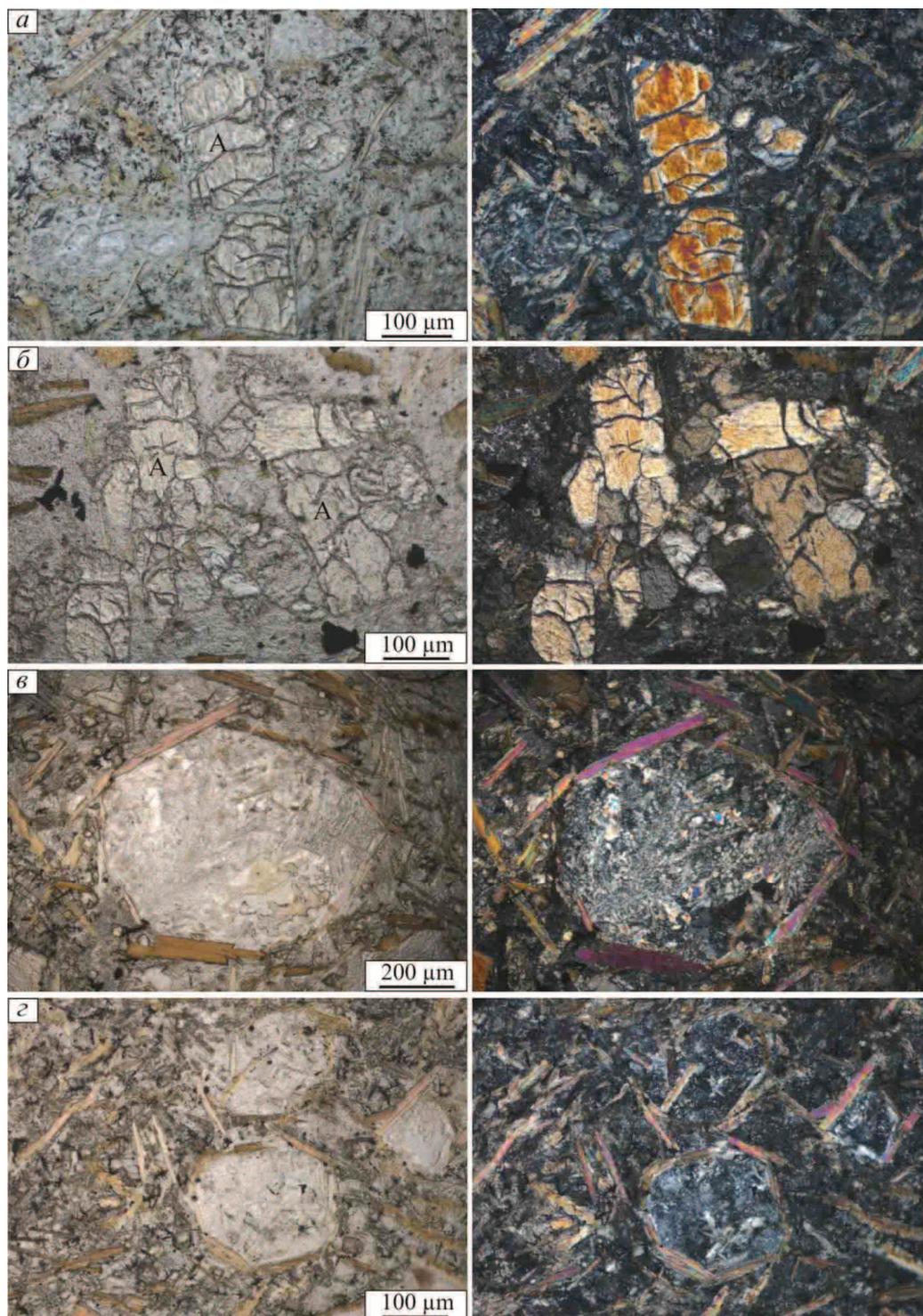


Рисунок. Зун-Холбинское месторождение. Микрофотографии шлифов не измененных в «останцах» внутрирудных умеренно щелочных долеритов (а, б) и аподолеритовых метасоматитов в участках интенсивного изменения (в, г). Кристаллы (фенокристы) свежего авгита (А) не сопровождаются чешуйками биотита (а, б). Былые кристаллы авгита, полностью замещенные тонкозернистыми агрегатами эпигенетических минералов этапа метасоматизма, обрамлены «венчиками» чешуек бурого биотита (в, г). Беспорядочно ориентированные чешуйки бурого биотита в числе других эпигенетических минералов также участвуют в сложении основной массы породы. Слева без анализатора, справа с анализатором

Figure. Zun-Kholba deposit. Microphotographs of thin rock section unchanged in «remnants» of intra-ore moderate alkaline dolerites (a, б) and apodolerites metasomatites in the areas of intense alteration (в, г). Crystals (phenocrysts) of fresh augite (A) are not accompanied by biotite lamina (a, б). Former crystals of augite are fully substituted by fine-grain aggregate of epigenetic minerals at the stage of metasomatism, framed by «halos» of brown biotite lamels (в, г). Randomly oriented lamels of brown biotite participate in groundmass formation among other epigenetic minerals. With analyzer is on the left, without it is on the right

Таблица 5. Химические составы исходного и гидротермально измененных долеритов внутрирудных даек и баланс химических элементов в аподайковых метасоматических ореолах Зун-Холбинского месторождения**Table 5.** Chemical compositions of original and hydrothermally changed dolerites in intra-ore dikes and the balance of chemical elements in apodike metasomatic halos of Zun-Kholba deposit

Номера проб Sample 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) Oxide content in wt. % (first line). Value of gain and setting-out (–) of the elements atoms in standard geometric volume 10000 Å ³ (%) to a number of their atoms in standard geometric measurement of the original 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)	
*	45–50	14–17	1–3	3–4	6–8	6–8	6–8	3–5	2–4	н/д						–	
1	42,57	17,37	1,29	1,98	10,1	6,15	6,80	4,12	1,96	0,57	0,14	0,63	0,10	4,14	–	97,92	
46	42,48 1,2	14,67 –14,3	3,54 178	2,21 13,2	9,28 –6,8	9,28 53,0	5,64 –15,7	3,18 –21,7	1,06 –45,2	0,46 –17,9	0,13 –5,9	3,64 486	0,17 72,5	1,75 –56,8	–0,3	97,49 (9,7)	
41	42,11 –2,1	16,95 –3,5	4,10 214	2,28 13,8	8,73 –14,5	8,67 39,4	5,51 –19,7	3,16 –24,1	1,05 –47,1	0,44 –23,9	0,13 –8,4	3,87 508	0,27 167	2,01 –52,0	–0,7	99,28 (9,9)	
31	43,06 –1,7	15,68 –12,3	3,80 186	2,82 38,3	9,01 –13,3	7,84 23,8	5,64 –19,3	3,04 –28,3	1,10 –45,5	0,44 –24,7	0,12 –16,8	3,80 486	0,21 104	1,68 –60,6	–3,8	98,24 (11,5)	

Примечание: 1) * – нормативный состав трахибазальта (умеренно щелочного долерита) [7]. 2) проба 1 – слабо гидротермально измененный (исходный) умеренно щелочной долерит; пробы 46, 41, 31 – гидротермально измененные умеренно щелочные долериты внутрирудных даек Зун-Холбинского месторождения. 3) S* – сера восстановленная. 4) Δ – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества (суммы атомов петрогенных элементов) в процентах к массе вещества исходной породы в стандартном геометрическом объеме 10000 Å³.

Note: 1) * is the norm content of trachybasalt (moderate alkaline dolerite) [7]. 2) a sample of 1 is a slightly hydrothermally modified (original) moderate alkaline dolerite; the samples 46, 41, 31 are hydrothermally modified moderate alkaline dolerites of intra-ore dikes of Zun-Kholba deposit. 3) S* is reclaimed sulfur. 4) Δ is specific weight of displaced (supplied and set out) substance (sums of atoms of petrogenic elements) in % to the original rock substance weight in standard geometric measurement 10 000 Å³.

свойственных нормативному долериту. До 47,1 % от исходного снижено содержание титана, примерно до 20 % – железа, фосфора, до 60 % воды. Существенного перераспределения других петрогенных элементов не произошло.

Минералого-петрохимические черты внутрирудного аподолеритового метасоматизма в других гидротермальных золотых месторождениях

В Ленском районе известно не менее двух генераций даек основного состава, принадлежащих к позднепалеозойскому (312 ± 59 млн л [9]) кадали-бутуинскому комплексу: одна из них дожилая, другая послезильная [10, 11]. Возраст золотого орудения здесь, образованного в позднерифейских толщах черных сланцев, 315 млн л [12].

Дожилые дайки рассекаются многочисленными кварцевыми прожилками, обладают реликтовой порфировой структурой и содержат во вкраплениях плагиоклаза, оливина, пироксена агрегаты альбита, хлорита, магнезиально-железистых карбонатов, а в основной массе – те же минералы с примесью кварца и пирита. Магнезиально-железистые карбонаты и пирит аподайковых метасоматитов по морфологии, размерам кристаллов, составу, набору и содержанию элементов-примесей (серебра, свинца, цинка, висмута и др.) аутентичны тем, которые образованы в околорудных метасоматических ореолах сланцев.

Послежилые дайки пересекают кварцевые жилы, не содержат кварцевых прожилков, в контактах с кварцем сопровождаются зонами закалки

и наряду с исходными магматическими минералами – плагиоклазом (15 об. %), авгитом (30 об. %), гранатом, магнетитом, апатитом – содержат комплекс новообразованных минералов в составе зеленовато-бурого, грязно-зеленого биотита (до 40 об. %), амфибола, апатита, цоизита, кальцита, магнетита, хлорита, серицита и др. Биотит замещает амфибол, пироксен, лабрадор.

Эпигенетическое происхождение амфибола, биотита [11] и состав реликтовых минералов (оливин, авгит, лабрадор) указывают на первоначально долеритовый состав породы. Метасоматитам поздних даек свойственно значительное (вдвое-вчетверо) обогащение фосфором, магнием сравнительно с нормативным составом габбро, долеритов. Фемический профиль гидротермальных изменений даек (фосфор, магний, отчасти титан) коррелирует, как и в Кедровском месторождении, с фемической специализацией околорудных апосланцевых метасоматических ореолов и руд – насыщением крупнообъемных околорудных ореолов магнием [13], околожилых березитов, березитоидов сульфидоносных зон и пирита в них титаном [14, 15], фосфором, причем последним в составе апатита обогащены и продуктивные кварцевые жилы [16]. Такими дайками («лампрофирами», по А.В. Синцову) насыщены оперяющие контролирующий месторождение Сухой Лог Кадали-Сухоложский разлом структуры [17].

С усилением степени изменений даек в аподайковых метасоматитах увеличивается содержание золота – от 1,3 мг/т (21 проба) в слабо измененных

разностях до 11 мг/т (22 пробы) в сильно измененных [11]. Поскольку продуктивная сульфидная прожилково-вкрапленная минерализация района связана с кварцево-жильной генетическим единством в рамках одного рудообразующего процесса [18–20], постольку следует рассматривать описанные дайки как дорудные (ранние пропицитизированные) и внутрирудные или поздерудные (амфиболитизированные и биотитизированные).

В золоторудном месторождении Чертово Корыто, расположенном на севере Патомского нагорья [2. Рис. 1] в составе Артемьевского рудного поля, в залежах метасоматитов пропицит-березитового профиля с жильно-прожилково-вкрапленной сульфидно-кварцевой минерализацией среди терригенных углеродистых сланцев раннепротерозойской михайловской свиты встречены дайки пропицитизированных диоритов и диоритовых порфиритов мощностью до 20 м и подобные описанным кедровским, зун-холбинским, ленским дайками долеритов протяженностью до 1 км. Те и другие представляют средние и поздние производные антидромных гранит-диорит-долеритовых флюидно-магматических комплексов [5].

По данным М.М. Баженова с соавторами (устное сообщение В.Г. Мартыненко) диориты и диоритовые порфириты имеют сланцеватую текстуру, реликтовую призматически зернистую структуру. В порфировых разновидностях присутствуют крупные таблитчатые кристаллы деанортитизированного в разной степени до альбита плагиоклаза, замещенного в смеси с альбитом клиноцоизитом и карбонатом. Цветные минералы исходной породы замещены хлоритом, последний – серицитом, кварцем, рутилом, лейкоксеном.

Среди долеритов различаются гидротермально измененные и менее (слабо) измененные. Последние наблюдаются внутри пластовых интрузий и в мелких телах, сложенных мелкозернистыми породами. Мелко-среднезернистые долериты первой совокупности – это массивные породы, сохранившие реликтовую офитовую структуру, фрагменты которой образованы беспорядочно ориентированными лейстовидными и таблитчатыми кристаллами плагиоклаза, замещенными в разной степени альбит-эпидот-серицитовыми агрегатами. Альбит замещен обыкновенной роговой обманкой, актинолитом (в сумме 30...65 об. %), последние – частично хлоритом и серицитом. В составе минеральных новообразований участвуют также клиноцоизит-эпидот, альбит (15...40 об. %), биотит (до 15 об. %). Породы содержат золото до 3 г/т.

Как дорудные и внутрирудные квалифицированы послегранитные дайки долеритов в ряде золоторудных месторождений Кузнецкого Алатау, а в окolorудных геохимических ореолах отмечены аномалии ванадия и титана [21]. В частности, в Беркульском кварцево-жильном месторождении среди покровных базальтов, андезибазальтов беркульской свиты среднего кембрия диагностированы две генерации дорудных, одна (?) генерация

внутрирудных, две генерации послерудных (поздерудных) даек долеритов [22]. Внутрирудные долериты преобразованы в метасоматиты среди менее измененных вмещающих базальтоидов.

В Ангаро-Канском архейском гранито-гнейсовом выступе фундамента известные золотые месторождения – Кузеевское и другие, образованные в процессе позднерифейской тектоно-магматической активизации, контролируются Енисейским глубинным разломом. В месторождениях резко возрастает количество даек габбро-долеритов, в числе которых присутствуют две дорудные и две послерудные генерации [23]. Базитовым дайкам предшествуют кислые изверженные породы – дайки гранит-порфиров.

Биотитизированные, окварцованные, альбитизированные, карбонатизированные дайки основных пород, непосредственно сменявшие во времени рудовмещающие гранитоиды, отмечены в известных уральских месторождениях золота – Березовском, Кочкарском и других [24]. Кочкарские интенсивно биотитизированные дайки, большую часть объема которых занимает новообразованный биотит, получили собственное название «табашки».

В одном из золоторудных месторождений Казахстана в девонском гранодиоритовом массиве сопровождаемые березитами умеренно сульфидные золоторудные кварцевые жилы и зоны прожилково-вкрапленных руд наложены на послегранитные дайки диоритовых порфиритов, лампрофиров, пересечены внутрирудными дайками вариолитов, которые вмещают позднюю продуктивную золото-сульфосольную минерализацию [25].

Пространственно-временные связи золотого оруденения с производными основного магматизма существуют в зеленокаменных трогах архейского фундамента древних платформ [26, 27]. Околорудные метасоматиты локализованных здесь древних (поздний архей – ранний протерозой) золоторудных месторождений принадлежат листовит-березитовой формации и в тыловой зоне состоят, как и в более молодых месторождениях, из серицита, кварца, магнезиально-железистых карбонатов, пирита [28, 29]. В раннепротерозойском (2140...2240 ± 70 млн л) рудном поле Колар, например, рудоконтролирующие зоны вмещают дорудные и внутрирудные дайки долеритов [30, 31], а рудные кварцы обогащены (до сотых долей %) хромом и титаном [32]. Повышенные концентрации хрома и титана обнаружены в рудных залежах другого рудного поля кратона Карнатака – Мангалуру [33].

Обсуждение результатов и выводы

Обнаружение в гидротермальных месторождениях золота послегранитных и последиоритовых дорудных, дорудных и внутрирудных, дорудных, внутрирудных и послерудных в разных сочетаниях даек базитов при условии интереса к ним и целенаправленного их поиска зависит от ряда фак-

торов: различной доступности месторождений для изучения вблизи дневной поверхности и на глубоких горизонтах, разных объемов магматических камер – источников базальтовых расплавов, особенностей подъема расплавов в образующиеся месторождения и/или консервации и кристаллизации их в основном в рудоконтролирующих глубинных разломах на периферии месторождений вследствие меньшей проникающей способности вязких расплавов в оперяющие структуры сравнительно с металлоносными растворами. Причинно-следственные связи поздних даек базитов в перечисленных наборах с плутонами, массивами, ассоциациями даек ранних гранитоидов, зрелыми ультраметаморфическими очагово-купольными постройками подчеркиваются пространственно-временной по меркам геологического времени в первые миллионы ... первые десятки млн л близостью их и образованием кислых магматических пород посредством палингенеза под воздействием ранних безрудных высокотемпературных флюидов-теплоносителей, генерированных в мантии или в более глубинных оболочках планеты. Последнее доказывается $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – изотопной системой гранитоидов [3–5, 24 и др.].

Весь ансамбль ранних и поздних магматических производных, повторяющийся в разные геологические эпохи в Енисейском (поздний рифей), Кузнецко-Алатаусском (ранний палеозой), Окино-Китойском (средний палеозой), Муйском, Ленском (поздний палеозой) и других золоторудных районах объединяется в антидромные гранит-диорит-долеритовые флюидно-магматические комплексы, а участие в их составе гидротермального золотого оруденения сообщает им статус флюидно-рудно-магматических. В свою очередь, становление таких комплексов независимо от времени и пространства обеспечивает их трансформацию в региональные флюидно-рудно-магматические формации и формационный тип.

В детально изученных в рамках обсуждаемой проблемы Центральном, Берикульском, Зун-Холбинском, Западном, Кедровском, Ирокиндинском, Богодиканском, Каралонском, Уряхском, Верхне-Сакуканском месторождениях южного горно-складчатого обрамления Сибирского кратона поздние дайки умеренно щелочных долеритов, в том числе и прежде всего послегранитные дорудные, обладают стабильным минералого-химическим составом, отвечающим нормативному для данного типа пород [3, 5, 7, 34]. Об этом свидетельствует состав долеритов в «останцах» слабого изменения, сохранившихся в наиболее мощных дайках при околорудных метасоматических преобразованиях пород. В перечисленных месторождениях кроме долеритов присутствуют только дорудные дайки предшествующих долеритам ранних диоритоидов и гранитоидов – аплитовидных и пегматоидных гранитов, гранит-порфиров, фельзитовых микрогранит-порфиров, микродиоритов, диоритовых порфиров в разных сочетаниях.

Поскольку пути подъема ранних мантийных, обуславливающих образование палингенных гранитоидов, флюидов-теплоносителей и базальтовых расплавов совпадают – одни и те же глубинные разломы, следует ожидать смешение в разных пропорциях палингенных кислых и поступавших из мантии основных расплавов и, как следствие, «пестрый» состав даек, многообразие видов и разновидностей дайковых пород. Смешение не происходило даже в тех случаях, когда месторождения с их базитовыми дайками образованы в массивах ранних палингенных гранитоидов, очевидно, по причине полной кристаллизации к моменту внедрения ранних порций базальтовых расплавов кислых магм. Отсюда следует, что металлоносные растворы, в том числе их ранние порции, поступавшие после ранних порций базальтовых расплавов, не могли быть генерированы в кислых магмах, которых уже не существовало. Генетическая связь оруденения с гранитами маловероятна и в тех месторождениях, в которых зафиксировано видовое разнообразие дайковых пород как следствие смешения расплавов контрастных составов, поскольку металлоносные растворы формируются и без участия гранитоидных очагов.

Образование в составе поздней дайковой ассоциации магматических комплексов внутрирудных даек умеренно щелочных долеритов, наряду с дорудными и послерудными, в режиме чередующегося внедрения расплавов и металлоносных растворов доказывает функционирование рудообразующих систем в условиях и в периоды высокой магматической активности мантии, сопровождаемой дифференциацией базальтовых расплавов в направлении повышения их щелочности. В свою очередь, преобразование долеритов в объемах внутрирудных даек в метасоматиты среди сохраняющихся свежими или ранее в разной степени гидротермально измененными вмещающих пород есть признак флюидопроводящей функции даек, которая им свойственна согласно известному физическому эффекту [35, 36] только в горячем состоянии при залегании среди относительно холодных пород.

Квалификация внутрирудных даек как тепловых флюидопроводников опирается на следующие факты. Большинство даек выполняет трещины отрыва с характерными коленообразными изгибами их стенок. Выступам в одних контактах даек по размерам и конфигурации соответствуют выемки в противоположных контактах. Это свидетельствует об отсутствии скольжения боков вмещающих дайки трещин, в том числе после застывания расплавов. Не только аподолеритовые метасоматиты, но и слабо измененные долериты в останцах наиболее мощных даек сохранили массивное сложение и «сваренные» контакты с вмещающими породами. Все это означает, что после образования даек не происходило дробление пород и, как следствие, возрастание их проницаемости, а метасоматические преобразования долеритов осуществлялись в

условиях фильтрации растворов по поровому пространству пород.

Гидротермально-метасоматическое происхождение большинства эпигенетических минералов, слагающих аподолеритовые метасоматиты, определяется их видовой принадлежностью – они не кристаллизуются в расплавах, но представляют минеральные производные метаморфических и метасоматических процессов. Исключения составляют биотит и обыкновенная роговая обманка. Однако содержание биотита в основных магматических породах как минерала позднемагматического этапа не превышает 5 об. % [7] вследствие дефицита в базальтовых расплавах калия, при том что содержание его в обсуждаемых метасоматитах достигает многих десятков процентов. Эпигенетическое образование обоих минералов доказывается также тем, что они ассоциируют с другими метасоматическими минералами и отсутствуют там, где долериты слабо изменены.

Оба минерала относятся к числу наиболее высокотемпературных и в аподолеритовых метасоматитах присутствуют не всегда. Очевидно, они не образуются в тех случаях, когда температуры еще горячих даек и фильтрующихся по дайкам растворов снизились до уровней, недостаточных для кристаллизации этих минералов. Вместе с тем образование высокотемпературного биотита после относительно низкотемпературных минералов пропилитовой ассоциации обусловлено сохранением высокой температуры наиболее поздней порции растворов после отделения от расплавов при подъеме по горячим дайкам.

Между ранними аподолеритовыми в дайках и более поздними околорудными метасоматитами – соответственно пропилитами и березитами – существует преемственность – унаследованность, которая выражается в следующем.

Те и другие метасоматиты образуются в условиях калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма с поступлением и фиксацией калия в биотите аподолеритовых метасоматитов и в более низкотемпературном сериците околорудных березитов, серы – в пирите и углекислоты – в карбонатах (табл. 5) [4, 5].

Повышенные, за редким исключением из закономерности, вплоть до аномальных содержания профильных Au, Ag, цветных металлов и ассоциации фемофильных элементов Ti, P, Mg, Fe в аподолеритовых метасоматитах сопровождаются высококонтрастными аномалиями Au, Ag, а в ближнем обрамлении глубинных разломов и перечисленных фемофильных элементов [37] – в околорудных березитах и рудах. Последнее свидетельствует о металлоносности поднимавшихся по дайкам растворов. В свою очередь, ассоциация фемофильных элементов, определяющих петрохимическое своеобразие базитовых магм, есть прямое указание на генерацию металлоносных растворов в очагах базальтовых расплавов, которым свойствен щелочной режим. Вещественным выражением

реального взаимодействия с долеритами щелочных специализированных по калию, магнию, железу, кальцию и другим упомянутым элементам растворов, очевидно, в раннюю щелочную стадию (по Д.С. Коржинскому) в верхнем интрузивном–надинтрузивном пространстве служит в аподолеритовых метасоматитах биотит в ассоциации с незначительной примесью новообразованной обыкновенной роговой обманки.

Учитывая приведенные факты, подтверждающие ранее сделанные выводы [3–5], следует считать, что образующие мезотермальные месторождения золота металлоносные растворы генерируются в очагах умеренно щелочных базальтовых расплавов, поднимаются в верхние горизонты земной коры до уровней залегания создающих физико-химические барьеры грунтовых вод струями по разломам и горячим дайкам вслед за базальтовыми расплавами через промежутки времени, в течение которых дайки долеритов не успевают остыть и утрачивают флюидопроводящую функцию.

Согласно полученным результатам, мезотермальные месторождения золота принадлежат [3–5] к золотопроизводящим антидромным гранит-диорит-долеритовым флюидно-рудно-магматическим комплексам и образуются в кристаллическом и черносланцевом субстрате по одному написанному природой сценарию на позднем базальтоидном этапе их эволюции.

Замена популярного до семидесятых годов прошлого века представления о металлогенической специализации гранитоидных магматических комплексов на представление об их потенциальной рудоносности [38] осуществлялась вследствие накопления множества противоречивых геохимических данных о содержаниях (нижекларковых, сверхкларковых) ряда металлов, в том числе золота, в разных массивах гранитоидов, включая поздние дифференциаты гранитной магмы [39–41]. Анализ и обобщение этих данных сопровождались выводом о невозможности использования их для доказательства рудогенерирующей способности гранитных расплавов. Этот вывод послужил импульсом к углублению и расширению исследовательского термодинамического и физико-химического режимов функционирования в магматических камерах гранитных расплавов на предмет оценки их рудопроизводящей способности [42–47].

Между тем приведенные выше факты доказывают всего лишь парагенетическую связь рудообразования с гранитным магматизмом, то есть опосредованное отношение месторождений золота к ранним гранитоидам в составе антидромных гранит-диорит-долеритовых флюидно-рудно-магматических комплексов.

Поскольку последние повторяются во времени и пространстве, и не только в золоторудных районах южного горно-складчатого обрамления Сибирской платформы разного возраста и геологического строения, но, по ряду признаков, и в других золоторудных районах планеты, следует вернуться к

представлению о существовании явления металлогенической специализации магматических комплексов (формационных типов), возможно, не только в приложении к золоту. Ранее обращалось внимание на аутентичную ситуацию, раскрывающую связи с подобными комплексами мезотермальных месторождений олова, вольфрама, полиметаллических руд в ассоциации со скарнами, грейзенами, в том числе с пропилит-березитовым сопровождением [48].

Вероятно, правы были С.С. Смирнов и Ю.А. Библин, считавшие магматические серии (комплексы) специализированными на совокупности видов

полезных ископаемых [49, 50]. Очень может быть, что гидротермальные месторождения металлических полезных ископаемых не составляют исключения из сообщества эндогенных месторождений, магматические представители которого – месторождения железа-титана-ванадия, нефелин-апатитовых, редкоземельно-редкометаллических, хром-платиноидных, медно-никелевых руд, алмазов, обязаны своим образованием специализированным на них магматическим комплексам.

Автор выражает благодарность Е.А. Вагиной, выполнившей фотографирование шлифов горных пород, и Т.А. Сыресинной, подготовившей статью к печати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев Х.М. Дайки и оруденение. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 232 с.
2. 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.
3. 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.
4. Кучеренко И.В. Концепция мезотермального рудообразования в золоторудных районах складчатых сооружений Южной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2001. – Т. 304. – № 1. – С. 182–197.
5. Кучеренко И.В. Металлогения золота: приложение к мезотермальным месторождениям, образованным в несланцевом и черносланцевом субстрате горно-складчатых сооружений Южной Сибири // Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: Матер. Междунар. конф., посвящ. 80-летию основания в Томском политехническом университете первой в азиатской части России кафедры «Разведочное дело». – Томск, 5–8 октября 2010 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – С. 241–256.
6. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы / под ред. В.П. Петрова. – М.: Мир, 1965. – 406 с.
7. Петрографический кодекс. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / под ред. О.А. Богатинова, О.В. Петрова, Л.Н. Шарпенка. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 200 с.
8. Минералы. Справочник / под ред. Ф.В. Чухрова, Э.М. Бонштедт-Куплетской. – Т. III. – Вып. 3. – М.: Наука, 1981. – 398 с.
9. Этапы формирования Бодайбинского золоторудного района / И.К. Рундквист, В.А. Бобров, Т.Н. Смирнова и др. // Геология рудных месторождений. – 1992. – Т. 34. – № 6. – С. 3–15.
10. Шер С.Д. Жильные изверженные породы основного состава в бассейне р. Бодайбо и их соотношения с кварцевыми жилами // Труды Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института. – 1959. – Вып. 4. – С. 104–114.
11. Кондратенко А.К., Шер С.Д. Метасоматические изменения жильных пород в Ленской золотоносной области и их возможное значение с точки зрения золотоносности // Вопросы геологии месторождений золота и золотоносных районов. – М.: ЦНИГРИ, 1968. – С. 312–314.
12. Новые данные об условиях рудоотложения и составе рудообразующих флюидов золото-платинового месторождения Сухой Лог / Н.П. Лаверов, В.Ю. Прокофьев, В.В. Дистлер др. // Доклады РАН. – 2000. – Т. 371. – № 1. – С. 88–92.
13. Буряк В.А., Львова Н.А. О генезисе магнезиально-железистых карбонатов Ленского золотоносного района // Эндогенное оруденение Прибайкалья. – М.: Наука, 1969. – С. 46–62.
14. Ленский золотоносный район (стратиграфия, тектоника, магматизм и проявления коренной золотоносности) / Ю.П. Казакевич, С.Д. Шер, Т.П. Жаднова и др. // Труды Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института. – 1971. – Вып. 85. – 164 с.
15. Шаров В.Н., Шмотов А.Н., Коновалов И.В. Метасоматическая зональность и связь с ней оруденения. – Новосибирск: Наука, 1978. – 103 с.
16. Намолов Е.А., Чиркова В.М. Топоморфные ассоциации и региональная минеральная зональность золотокварцевых жил Бодайбинского рудного поля // Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири: Тезисы докладов региональной науч. конф. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 1986. – С. 62–63.
17. Синцов А.В. Роль Кадали-Сухоложского разлома в размещении золотого оруденения (Ленский золотоносный район) // Доклады АН СССР. – 1974. – Т. 218. – № 4. – С. 916–918.
18. Поликарпочкин В.В., Гапон А.Е., Шергин Б.В. Проблема источников рудного вещества в Ленском золотоносном районе // Проблемы геохимии эндогенных процессов. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 153–162.
19. Распределение летучих компонентов в золоте, сульфиде и кварце рудных зон Ленской провинции / В.В. Левицкий, Б.Г. Демин, Е.А. Намолов и др. // Доклады АН СССР. – 1979. – Т. 249. – № 6. – С. 1447–1449.
20. Металлогеническое районирование, критерии прогноза и модель формирования золотого оруденения одного из рудных районов Восточной Сибири / В.В. Коткин, А.Л. Александров, Н.В. Сизых и др. // Геология и полезные ископаемые юга Восточной Сибири: Тезисы докладов Всесоюзной конф. – Иркутск, 1984. – С. 63–66.
21. Гундобин Г.М., Зубков В.С. Геохимические черты золоторудных флюидно-магматических систем юго-восточной части Кузнецкого Алатау // Геология и геофизика. – 1988. – № 3. – С. 70–78.
22. Кучеренко И.В., Грибанов А.П. Взаимоотношения дайковых образований с золоторудными кварцевыми жилами в Бериккульском рудном поле // Известия Томского политехнического института. – 1968. – Т. 134. – С. 153–158.
23. Ли Л.В. О связи эндогенного оруденения с процессами тектономагматической активизации в Ангаро-Канской глыбе // Доклады АН СССР. – 1982. – Т. 263. – № 3. – С. 676–679.
24. Золотоносные габбро-тоналит-гранодиорит-гранитные массивы Урала: возраст, геохимия, особенности магматической и рудной эволюции / Г.Б. Ферштатер, В.В. Холоднов, А.А. Кременецкий, А.А. Краснобаев, Н.С. Бородина, Е.А. Зинькова, С.В. Прибавкин // Геология рудных месторождений. – 2010. – Т. 32. – № 1. – С. 65–84.

25. Поречин А.А., Данилов В.И., Тайлаков А.М. Условия размещения и возрастные соотношения оруденения и магматизма в одном из золоторудных районов Казахстана // Геологическое строение и полезные ископаемые Южного Казахстана. – Алмата: КазИМС, 1986. – С. 127–134.
26. Lamprophyres as potential gold exploration targets: some preliminary observations and speculations / N.M.S. Rock, P. Duller, R.S. Hasmeldine et al. // Recent Advances in understanding Precambrian gold deposits. – Adelaide: University West Australia, 1987. – P. 271–286.
27. Wyman D., Kerrich R. Alkaline magmatism, major structures and gold deposits: Implications for greenstone belt gold metallogeny // Economic Geology. – 1988. – V. 83. – № 2. – P. 454–461.
28. Bertram G.D., McCall G.J.H. Wall-rock alteration associated with auriferous lodes in the Golden Mile, Kalgoorlie // Geological Society of Australia. Spec. Publ. – 1971. – № 3. – P. 191–200.
29. Goldind S.D., Welson A.F. Geochemical and stable isotope studies of the No. 4 Lode, Kalgoorlie, Western Australia // Economic Geology. – 1983. – V. 78. – № 3. – P. 438–458.
30. Сафонов Ю.Г., Рао Кришна Б., Васудев В.Н. Геологическая позиция и геолого-структурные особенности золоторудных и медных месторождений кратона Карнатака, Индия // Геология и полезные ископаемые древних платформ. – М.: Наука, 1984. – С. 64–81.
31. Источники рудного вещества отдельных групп эндогенных месторождений. Золоторудные месторождения / В.А. Коваленко, Ю.Г. Сафонов, И.В. Чернышов и др. // Эндогенные источники рудного вещества. – М.: Наука, 1987. – С. 187–199.
32. Новые данные по минералогии и геохимии золоторудного поля Колар, Индия / А.Д. Генкин, Ю.Г. Сафонов, В.А. Боронихин и др. // Геология и полезные ископаемые древних платформ. – М.: Наука, 1984. – С. 83–89.
33. Ugarkar A.G., Tenginkai S.G. Gold-quartz sulphide reefs of Mangaluru, Gulbarga district, Karnataka // Current Science. – 1988. – V. 57. – № 3. – P. 143–145.
34. Кучеренко И.В. Петрологические и металлогенические следствия изучения малых интрузий в мезотермальных золоторудных полях // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 1. – С. 49–57.
35. Поспелов Г.Л. Геологические предпосылки к физике рудоконтролирующих флюидопроводников // Геология и геофизика. – 1963. – № 3. – С. 18–19.
36. Рундквист Д.В. О влиянии распределения температур горных пород на процессы метасоматического гидротермального минералообразования // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1966. – Ч. 95. – Вып. 5. – С. 509–525.
37. Kucherenko I.V., Gavrilov 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.
38. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. – М.: Наука, 1977. – 267 с.
39. 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.
40. 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.
41. Амузинский В.А. Геохимические особенности распределения золота в магматических породах Верхоянской антиклинальной зоны // Минералогия и геохимия производных гранитоидного магматизма. – Якутск: Институт геологии Якутского филиала СО АН СССР, 1981. – С. 89–98.
42. Гусев А.И. Петрология золотогенерирующего магматизма. – М.: Изд-во РАН, 2012. – 160 с.
43. Hart C.J.R. Reduced Intrusion-Related Gold Systems // Economic Geology. – 2006. – V. 101. – № 7. – P. 1415–1427.
44. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding // Mineral Deposita. – 2001. – V. 36. – P. 477–489.
45. Plutonic-Related Gold Deposits of Interior Alaska / D. MacCoy, R.J. Newberry, P.D. Layer, J.J. Marchi, A. Bakke, J.S. Mastermann, D.L. Minehane // Economic Geology. – 1997. – V. 9. – P. 191–241.
46. Mustard R. Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales // Mineral Deposita. – 2001. – V. 36. – P. 542–562.
47. Yang X.M., Lentz D.R., Sylvester P.J. Gold contents of sulfide minerals in granitoids from southwestern New Branswick, Canada // Mineral Deposita. – 2006. – V. 41. – P. 369–386.
48. Кучеренко И.В. Реконструкция золотопродуцирующей способности силикатных расплавов как основа петрологического и петрохимического прогнозно-поисковых критериев оценки территорий на золото // Золото и технологии. – 2013. – № 2 (20). – С. 70–80.
49. Смирнов С.С. О современном состоянии теории образования магматогенных рудных месторождений // Записки Всесоюзного минералогического общества. Вторая серия. – 1947. – Ч. 76. – Вып. 1. – С. 23–36.
50. Билибин Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. – М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 87 с.

Поступила 02.09.2013 г.

UDC 553.411.071:553.241.1:[552.313+552.333.4]

PETROLOGY OF HYDROTHERMAL METASOMATISM INTO INTRA-ORE DOLERITE DIKES OF MESOTHERMAL GOLD DEPOSITS. P. 2. ZUN-KHOLBA DEPOSIT (EAST SAYAN)

Igor V. Kucherenko,

Dr. Sc., Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia.

E-mail: Kucherenko.o@sibmail.com

The relevance of the research is caused by the necessity of working up the geology-genetic theory of hydrothermal gold deposits formation instead of the four hypotheses granitogene, basaltogene, metamorphogene, polygene excepting one another.

The main aim of the study is to substantiate the gold-isolating faculty of basaltic magmatism – the geologic process causing and ensuring ore-formation.

The methods used in the study: petrologic investigation of magmatism and accompanying metasomatism fractions by means of empiric observations in gold-ore deposits of the spatially-temporary correlations of magmatic, metasomatic rocks and ore-mineral complexes, minerals diagnostics applying electronic microscope with roentgen-spectrum analysis, balance petro-chemical calculations of total chemical silicate analysis of rocks for estimation of petrogenic elements and metals migration in metasomatic processes of ore-forming stages.

The results. It was established that after-granitic intra-ore dikes, discovered in Zun-Kholba deposit, – the thermal fluid-conductors of the moderate alkaline dolerites, as in Kedrovskoye deposit, bed in the middle of weakly alternated granitoids of Ambartogol massif and other rocks but they were transformed into metasomatites formed by biotite (to 60 vol. per cent) accompanied by Mg-Fe-common hornblende, antigorite, chlorite, sericite, quartz, carbonates, rutile, leucocoxene, pyrite in various ratio. The author distinguished biotite of early generation partially substituted for enumerated minerals and fresh biotite of the late generation, its scales edge completely the substituted crystals of former augite. Formation of late biotite after deposit of comparatively low-temperature chlorite and other metasomatic minerals is evaluated as the argument of pulsation regime of metal-bearing fluids entrance peculiar to ore-mineral complexes deposition in ore bodies. By means of balance calculations the potassium-sulphureously-carbon dioxide type of the within-dike metasomatism succeeded by the near-ore metasomatism was determined on the ways of the metal-bearing fluids hoisting with introducing and fixation in metasomatites of potassium, magnesium (to 50 wt. per cent), oxygenated carbon (to 500 wt. per cent), reduced sulfur (to 160 wt. per cent), in other deposits – titanium, phosphorus, calcium, manganese, gold, silver. So long as dolerite dikes can realize the fluid-conducting function according to the well-known physical effect only in hot condition among cold rocks, the metal-bearing fluids ascended within dikes following basaltic melts on those deep faults in the period when dikes remained hot. Similar intra-ore dikes-fluid-conductors of the moderate alkaline dolerites, transformed in metasomatites, are known in other mesothermal gold deposits located in crystalline substratum and black-shales series – Sukhoi Log, Chertovo Koryto, Kedrovskoe, Uryahskoe, Berikulskoe, Beriozovskoe, Kochkarskoe. In combination with granitoid solids and more late dioritoids they form the magmatic complexes, repeating in time and space. On the strength of all the evidences the author proved mesothermal gold mineralization formation in crystalline substratum and black-shale series at the final basaltoid stage of formation of antidromic granite-diorite-doleritic magmatic complexes, acquiring the status gold-isolating fluid-ore-magmatic complexes.

Key words:

Mesothermal gold deposits, petrology, hydrothermal metasomatism, intraore dolerite dikes, hot fluid-conductors, fluid-ore-magmatic complexes.

The author gives thanks to E.A. Vagina for rock sections photos and to T.A. Syresina for editing the paper.

REFERENCES

1. Abdullaev H.M. *Dayki i orudnenie* [Dikes and mineralization]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1957. 232 p.
2. Kucherenko I.V. Petrologiya gidrotermalnogo metasomatizma doleritov vnutrirudnykh daek mezotermalnykh mestorozhdeniy zolota. Ch. 1. Kedrovskoe mestorozhdenie (Severnoe Zabaykalye) [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*, 2014, vol. 325, no. 1, pp. 155–165.
3. Kucherenko I.V. Prostranstvenno-vremennye i petrokhimicheskie kriterii svyazi obrazovaniya zolotogo orudneniya s glubinyim magmatizmom [Spatially-temporal and petrochemical criteria of connection of gold mineralization formation with abyssal magmatism]. *Bulletin of the AS USSR. Series geological*, 1990, no. 10, pp. 78–91.
4. Kucherenko I.V. Kontseptsiya mezotermalnogo rudooobrazovaniya v zolotorudnykh rayonakh skladchatykh sooruzheniy Yuzhnoy Sibiri [Conception of mesothermal ore-formation in the gold-ore regions of the folded structures of South Siberia]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2001, vol. 304, no. 1, pp. 182–197.
5. Kucherenko I.V. Metallogeniya zolota: prilozhenie k mezotermalnym mestorozhdeniyam, obrazovannym v neslantsevom i chernoslantsevom substrate gorno-skladchatykh sooruzheniy yuzhnoy Sibiri [Gold Metallogeny: application to mesothermal deposits formed in non-shales and black-shales substratum of the mountain-folded structures of South Siberia]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii «Sovremennyye problemy geologii i razvedki poleznykh iskopaemykh»* [Proc. Int. conf. Contemporary problems of industrial minerals geology and exploration]. Tomsk, TPU Publ., 2010. pp. 241–256.
6. Dir U.A., Haul R.A., Zusman Dzh. *Porodoobrazuyushchie mineraly* [Rock-forming minerals]. Ed. V.P. Petrov. Moscow, Mir Publ., 1965. 406 p.
7. *Petrografichesky kodeks. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya* [Petrographic code. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations]. Ed. by O.A. Bogatkov, O.V. Petrov, L.N. Sharpenok. St-Petersburg, VGI Publ., 2008. 200 p.
8. *Mineraly. Spravochnik* [Minerals. Reference book]. Ed. by F.V. Chukhrov. Moscow, Nauka Publ., 1981. Vol. III, no. 3, 398 p.

9. Rundkvist I.K., Bobrov V.A., Smirnova T.N. Etapy formirovaniya Bodaybinskogo zolotorudnogo rayona [Stages of the Bodaibinskii gold-ore region formation]. *Geology of the ore deposits*, 1992, vol. 34, no. 6, pp. 3–15.
10. Sher S.D. *Zhilnye izverzhennyye porody osnovnogo sostava v bassejnye r. Bodaybo i ikh sootnosheniya s kvartsevymi zhilami* [Vein igneous rocks of basic composition in the ornamental water Bodaibo river and their correlations with quartz veins]. Moscow, CRGPI Publ., 1959. No. 4, pp. 104–114.
11. Kondratenko A.K., Sher S.D. Metasomaticheskie izmeneniya zhilnykh porod v Lenskoy zolotonosnoy oblasti i ikh vozmozhnoe znachenie s tochki zreniya zolotonosnosti [Metasomatic alterations of the vein rocks in Lenskii gold-bearing region and their possible importance with point of view of gold content]. *Voprosy geologii mestorozhdeniy zolota i zolotonosnykh rayonov* [Issues of geology of gold deposits and gold-bearing regions]. Moscow, CRGPI Publ., 1968, pp. 312–314.
12. Laverov N.P., Prokofev V.Yu., Distler V.V. Novye dannye ob usloviyakh rudootlozheniya i sostave rudoobrazuyushchikh flyuidov zoloto-platinovogo mestorozhdeniya Sukhoy Log [New data on ore-formation condition and composition of ore-forming fluids of gold-platinum Sukhoy Log deposit]. *Doklady RAN*, 2000, vol. 371, no. 1, pp. 88–92.
13. Buryak V.A., Lvova N.A. O genezise magnezialno-zhelezistykh karbonatov Lenskogo zolotonosnogo rayona [On genesis of magnesium-iron carbonates in Lenskii gold-bearing region]. *Endogennoe orudnenie Pribaykalya* [Endogenic mineralization in Baikal region]. Moscow, Nauka Publ., 1969. pp. 46–62.
14. Kazakevich Yu.P., Sher S.D., Zhadnova T.P. *Lenskiy zolotonosnyy rayon (stratigrafiya, tektonika, magmatizm i proyavleniya korennoy zolotonosnosti)* [Lenskii gold-bearing region (stratigraphy, tectonics, magmatism and original presence of gold showing)]. Moscow, CRGPI Publ., 1971. Vol. 85, 164 p.
15. Sharov V.N., Shmotov A.N., Kononov I.V. *Metasomaticheskaya zonalnost i svyaz s ney orudneniya* [Metasomatic zoning and causal relationship with mineralization]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978. 103 p.
16. Namolov E.A., Chirkova V.M. Topomorfnye assotsiatsii i regionalnaya mineralnaya zonalnost zolotokvartsevnykh zhil Bodaybinskogo rudnogo polya [Tipomorphic associations and regional mineral zoning of the gold-quartz lodes of Bodaibinsk ore deposit]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Vostochnoy Sibiri: Tezisy dokladov regionalnoy nauchnoy konferentsii* [Proc. Regional conf. Geology and industrial minerals of East Siberia]. Irkutsk, ISI Publ., 1986. pp. 62–63.
17. Sintsov A.V. Rol Kadali-Sukholozhskogo razloma v razmeshchenii zolotogo orudneniya (Lenskiy zolotonosnyy rayon) [Role of the Kadali-Sukholozhsky fault in gold mineralization localization (Lenskii gold-bearing region)]. *Doklady AN SSSR*, 1974, vol. 218, no. 4, pp. 916–918.
18. Polikarpochkin V.V., Gapon A.E., Shergin B.V. Problema istochnikov rudnogo veshchestva v Lenskom zolotonosnom rayone [Problem of ore material sources in Lenskii gold-bearing region]. *Problemy geokhimii endogennykh protsessov* [Problems of geochemistry of endogenetic processes]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977, pp. 153–162.
19. Levitskiy V.V., Demin B.G., Namolov E.A. Raspredelenie letuchikh komponentov v zolote, sulfidakh i kvartse rudnykh zon Lenskoy provintsii [Distribution of flying components in gold, sulphides and quartz of the ore zones of the Lenskaya province]. *Doklady AN SSSR*, 1979, vol. 249, no. 6, pp. 1447–1449.
20. Kotkin V.V., Aleksandrov A.L., Sizykh N.V. Metallogenicheskoe rayonirovanie, kriterii prognoza i model formirovaniya zolotogo orudneniya odnogo iz rudnykh rayonov Vostochnoy Sibiri [Metallogenic division into districts, forecast criterions and model of gold mineralization formation in one of ore region of East Siberia]. *Geologiya i poleznye iskopaemye yuga Vostochnoy Sibiri: tezisy dokladov Vsesoyuznoy konferentsii* [Proc. All Union conf. Geology and industrial minerals of South East Siberia]. Irkutsk, 1984. pp. 63–66.
21. Gundobin G.M., Zubkov V.S. Geokhimicheskie cherty zolotorudnykh flyuidno-magmaticheskikh sistem yugo-vostochnoy chasti Kuznetskogo Alatau [Geochemic traits of the gold fluid-magmatic systems of South-East part of Kuznetskii Alatau]. *Geology and geophysics*, 1988, no. 3, pp. 70–78.
22. Kucherenko I.V., Gribanov A.P. Vzaimootnosheniya daykovykh obrazovaniy s zolotorudnymi kvartsevymi zhilami v Berikul'skom rudnom pole [Interaction of dikes formations with gold-ore quartz veins in Bericul deposit]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic Institute*, 1968, no. 134, pp. 153–158.
23. Li L.V. O svyazi endogennoy orudneniya s protsessami tektono-magmaticheskoy aktivizatsii v Angaro-Kanskoj glybe [On endogenous mineralization relation with tectonic-magmatic activation in Angaro-Kansk block]. *Doklady AN SSSR*, 1982, vol. 263, no. 3, pp. 676–679.
24. Fershtater G.B., Holodnov V.V., Kremenetskiy A.A., Krasnobayev A.A., Borodina N.S., Zinkova E.A., Pribavkin S.V. Zolotonosnye gabbro-tonalit-granodiorit-granitnye massivy Urals: vozrast, geokhimiya, osobennosti magmaticheskoy i rudnoy evolyutsii [Gold-bearing gabbro-tonalite-granodiorite-granitic massifs of Ural: age, geochemistry, features of magmatic and ore evolution]. *Geology of ore deposits*, 2010, vol. 32, no. 1, pp. 65–84.
25. Porechin A.A., Danilov V.I., Taylakov A.M. Usloviya razmeshcheniya i vozniknoveniya sootnosheniya orudneniya i magmatizma v odnom iz zolotorudnykh rayonov Kazakhstana [The conditions of placing and age correlation of mineralization and magmatism in one of gold-ore regions of Kazakhstan]. *Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Yuzhnogo Kazakhstana* [Geological structure and minerals of South Kazakhstan]. Alma-Ata, KazIMS Publ., 1986. pp. 127–134.
26. Rock N.M.S., Duller P., Hasmeldine R.S. Lamprophyres as potential gold exploration targets: some preliminary observations and speculations. *Resent Advances in understanding Precambrian gold deposits*. Adelaide, University West Australia, 1987. pp. 271–286.
27. Wyman D., Kerrich R. Alkaline magmatism, major structures and gold deposits: Implications for greenstone belt gold metallogeny. *Economic Geology*, 1988, vol. 83, no. 2, pp. 454–461.
28. Bertram G.D., McCall G.J.H. Wall-rock alteration associated with auriferous lodes in the Golden Mile, Kalgoorlie. *Geological Society of Australia. Spec. Publ.*, 1971, no. 3, pp. 191–200.
29. Goldind S.D., Welson A.F. Geochemical and stable isotope studies of the No. 4 Lode, Kalgoorlie, Western Australia. *Economic Geology*, 1983, vol. 78, no. 3, pp. 438–458.
30. Safonov Yu.G., Rao Krishna B., Vasudev V.N. Geologicheskaya pozitsiya i geologo-strukturnyye osobennosti zolotorudnykh i mednykh mestorozhdeniy kratona Karnataka, Indiya [Geological position and geologic-structural features of gold-ore and copper deposits of craton Karnataka, India]. *Geologiya i poleznye iskopaemye drevnykh platform* [Geology and minerals of ancient platforms]. Moscow, Nauka Publ., 1984. pp. 64–81.
31. Kovalenker V.A., Safonov Yu.G., Chernyshov I.V. Istochniki rudnogo veshchestva otdelnykh grupp endogennykh mestorozhdeniy. Zolotorudnye mestorozhdeniya [Sources of ore material of separate groups of endogenous deposits. Gold-ore deposits]. *Endogennye istochniki rudnogo veshchestva* [Endogenetic sources of ore substance]. Moscow, Nauka Publ., 1987. pp. 187–199.
32. Genkin A.D., Safonov Yu.G., Boronikhin V.A. Novye dannye po mineralogii i geokhimii zolotorudnogo polya Kolar, Indiya [New data on mineralogy and geochemistry of the gold-ore deposit Kolar, India]. *Geologiya i poleznye iskopaemye drevnykh platform* [Geology and minerals of ancient platforms]. Moscow, Nauka, 1984. pp. 83–89.
33. 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.

34. Kucherenko I.V. Petrologicheskie i metallogenicheskie sledstviya izucheniya mal'kikh intruziy v mezotermalnykh zolotorudnykh pol'yakh [Petrologic and metallogenetic corollary of small intrusions investigation in the mesothermal gold-ore deposits]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2004, vol. 307, no. 1, pp. 49–57.
35. Pospelov G.L. Geologicheskie predposylki k fizike rudokontroli-ruyushchikh flyuidoprovodnikov [Geological prerequisites to physics of ore-controlling fluid-conductors]. *Geology and geophysics*, 1963, no. 3, pp. 18–19.
36. Rundkvist D.V. O vliyaniy raspredeleniya temperatur gornykh porod na protsessy metasomaticheskogo gidrotermalnogo mineralobrazovaniya [On the influence of temperature rocks distribution on metasomatic hydrothermal mineral formation]. *Zapiski Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva*, 1966, P. 95, no. 5, pp. 509–525.
37. Kucherenko I.V., Gavrilov 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.
38. Tauson L.V. *Geokhimicheskie tipy i potentsialnaya rudonosnost granitoidov* [Geochemic types and potential ore-bearing of granitoids]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 267 p.
39. 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 minerals distribution]. Moscow, Nauka Publ., 1975. No. XI, pp. 329–334.
40. Shilin N.L., Kumeev S.S., Koloskov A.V. Zoloto v kalievyykh polevykh shpatakh iz intruzivnykh i metasomaticheskikh obrazovaniy [Gold in common potash feldspars from intrusive and metasomatic formations]. *Bulletin of the AS USSR. Series geological*, 1988, no. 10, pp. 93–101.
41. Amuzinsky V.A. Geokhimicheskie osobennosti raspredeleniya zolota v magmaticheskikh porodakh Verkhoyanskoy antiklinal'noy zony [Geochemical features of gold distribution in magmatic rocks of the Verkhoyansk anticlinal zone]. *Mineralogiya i geokhimiya proizvodnykh granitoidnogo magmatizma* [Mineralogy and geochemistry of granitoid magmatism derivatives]. Yakutsk, Institut geologii Yakutskogo filiala SO AN SSSR, 1981. pp. 89–98.
42. Gusev A.I. *Petrologiya zolotogeneriruyushchego magmatizma* [Petrology of goldgenerating magmatism]. Moscow, RAS Publ., 2012. 160 p.
43. Hart C.J.R. Reduced Intrusion-Related Gold Systems. *Economic Geology*, 2006, vol. 101, no. 7, pp. 1415–1427.
44. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding. *Mineral Deposita*, 2001, vol. 36, pp. 477–489.
45. MacCoy D., Newberry R.J., Layer P.D., Marchi J.J., Bakke A., Mastermann J.S., Minehane D.L. Plutonic-Related Gold Deposits of Interior Alaska. *Economic Geology*, 1997, vol. 9, pp. 191–241.
46. Mustard R. Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales. *Mineral Deposita*, 2001, vol. 36, no. 4, pp. 542–562.
47. Yang X.M., Lentz D.R., Sylvester P.J. Gold contents of sulfide minerals in granitoids from southwestern New Branswick, Canada. *Mineral Deposita*, 2006, vol. 41, pp. 369–386.
48. Kucherenko I.V. Rekonstruktsiya zolotoproduktiruyushchey sposobnosti silikatnykh rasplavov kak osnova petrologicheskogo i petrokhimicheskogo prognozno-poiskovykh kriteriev otsenki territoriy na zoloto [Reconstruction of the goldgenerating ability for silicate melts as the base of petrological and petrochemical prediction-search criteria of territories appraisal on gold]. *Zoloto i tekhnologii*, 2013, no. 2 (20), pp. 70–80.
49. Smirnov S.S. O sovremennom sostoyanii teorii obrazovaniya magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniy [On contemporary state of the theory of magmatogenous ore deposits origin]. *Zapiski Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva*. Vtoraya seriya, 1947, P. 76, Iss. 1, pp. 23–36.
50. Bilibin Yu.A. *Metallogenicheskie provintscii i metallogenicheskie epokhi* [Metallogenic provinces and metallogenic epochs]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1955. 87 p.

Received: 02 September 2013.