

УДК 553.411.071:553.241.1:[552.313+552.333.4]

## ПЕТРОЛОГИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕТАСОМАТИЗМА ДОЛЕРИТОВ ВНУТРИРУДНЫХ ДАЕК МЕЗОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА. Ч. 1. КЕДРОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (СЕВЕРНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Кучеренко Игорь Васильевич,

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

Актуальность исследования определяется необходимостью 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:** 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.

В первой части статьи приведены оригинальные аналитические материалы по Кедровскому месторождению (Северное Забайкалье), во второй – по месторождению Зун-Холба (Восточный Саян). Вторая часть завершается обсуждением результатов и формулировкой выводов.

### Ключевые слова:

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

### Постановка задачи

Повторяющиеся в регионах разновозрастные рудно-магматические комплексы, составляющие основу региональных магматических формаций с ассоциированными мезотермальными месторождениями цветных металлов, урана, золота, включают, как правило, плутоны, массивы, «ядра» очагово-купольных ультраметаморфических сооружений, сложенные гранитоидами, диоритоидами в сопровождении сменяющих их во времени магматических пород малых форм – штоков, даек и гидротермальных месторождений полезных ископаемых.

Одна из нерешенных, но важнейших в теоретическом и прикладном аспектах геолого-генетических проблем магматогенного гидротермального рудообразования заключается в определении его места в последовательности формирования всех производных магматизма в рамках каждого создающего рудно-магматический комплекс петро-рудно-генетического процесса. Решение проблемы в приложении к конкретному виду полезных ископаемых сводится к доказательству реализации рудно-рудопродуцирующей способности силикатных расплавов конкретного состава на конкретном этапе становления рудно-магматических комплексов, как следствие, – к диагностике источников энергии, растворов, рудного вещества (профильных металлов), на этой основе, в свою очередь, – к

разработке прогнозно-поисковых критериев оруденения.

Представляется очевидным, что в исследовании связей гидротермального рудообразования с магматизмом важно сочетание индуктивного и дедуктивного подходов. Приоритетными источниками информации должны служить месторождения полезных ископаемых, а ведущим средством ее извлечения – эмпирические наблюдения, призванные обеспечить реконструкцию последовательности образования, оценку причинно-следственных соотношений магматических пород и руд во всем их многообразии, в итоге – получить ответ на ключевой вопрос: а как это происходит в природе? Вместе с тем материалы такого рода служат питательной средой для разработки рабочих гипотез, подлежащих дальнейшей проверке в теории и эксперименте. Теоретические построения, результаты экспериментов в обязательном согласии с эмпирическими данными могут способствовать углублению и расширению понимания сущности рудообразования.

Казалось бы, выполнение исследований в течение длительного времени – большей части двадцатого столетия – в гидротермальных месторождениях с использованием тонких усложняющихся со временем методических приемов оценки рудогенерирующей способности магматических расплавов должно было обеспечить получение статистически

значимых повторяющихся, то есть отражающих закономерности, результатов. Этого не произошло. До сих пор конкурируют в разных вариантах магматогенные гипотезы гидротермального рудообразования в приложении к одним и тем же месторождениям, что исключает привлечение для объяснения этого явления конвергенции. Например, сосуществуют гранитогенная и базальтогенная гипотезы образования мезотермальных месторождений золота, олова, вольфрама, предполагающие генерацию металлоносных растворов в очагах гранитных или базальтовых расплавов.

Одна из вероятных причин сохраняющегося неудовлетворительного состояния обсуждаемой проблемы заключается в отсутствии в системе доказательств связей гидротермального рудообразования с магматизмом полноценного эмпирического звена. В столетней практике исследований сложилось сохраняющееся до сих пор популярное представление, если не убеждение, в том, что источниками крупных масс, необходимых для образования промышленных месторождений металлоносных растворов, могут быть только крупнообъемные коровые магматические очаги, заполненные сравнительно обводненными силикатными расплавами кислого – среднего состава. На поисках и апробации критериев и признаков генетической связи оруденения с унаследовавшими магматические очаги плутонами, массивами средне-кислых пород акцентируется внимание во множестве публикаций [1–10 и др.]. Напротив, информация о сопровождающих плутоны, массивы гранитоидов дайках магматических пород, за редкими исключениями, отрывочна или приводится в сокращенном виде без необходимых данных, раскрывающих последовательность их образования, пространственно-временные соотношения с рудно-минеральными комплексами, изменение (эволюцию) минерало-химических составов магматитов во времени, возможные эпигенетические преобразования пород в дайках, связь с ними рудообразующих процессов и другие особенности. Однако расчет на результаты теоретических изысканий и экспериментов, выполняемых с неизбежными допускками, но без соотнесения с отсутствующими эмпирическими данными, способными подтвердить или опровергнуть означенные результаты, не оправдался.

В противоположность этому подтвердилась справедливость утверждений и рекомендаций, озвученных еще в середине прошлого столетия известными учеными Ф.И. Вольфсоном и В.Н. Котляром [11, 12]. В частности, Ф.И. Вольфсон обращал внимание коллег на то, что «Без детального 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» [11. С. 68]. Согласно 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» и «... отдельные фазы интрузий и особенно фазы, растянутые во времени, имеют свои жильные отщепления. При таком положении очень важно бывает установить отношение между оруденением и жильными отщеплениями, поймать, как говорят, оруденение или отдельные его этапы в «вилку» жильных пород» [12. С. 68, 69].

В ответ на эти высказывания один из петрологов того времени Х.М. Абдуллаев выразил распространенное в среде специалистов мнение, согласно которому связывать гидротермальное рудообразование с гипербазитовым и базитовым магматизмом, создавшим дайки, нет оснований, «так как трещинные излияния базальтов и их субэффузивные дайки не образуют таких месторождений, которые можно было бы связать с деятельностью очага основных и ультраосновных магм» [13. С. 207].

Судя по содержанию приведенных высказываний, невнимание к поздним дайковым составляющим магматических процессов в системе доказательств связей гидротермального рудообразования с магматизмом, очевидно, по причине отсутствия интереса к поздним расплавам как к потенциальным инициаторам и участникам рудообразования, уже к тому времени, то есть полвека назад, приобрело массовый характер. Нетрудно объяснить сохранение этого представления до сего времени с перспективой продолжения дискуссии бесконечно долго.

Авторский опыт исследования проблемы в мезотермальных месторождениях золота южного горно-складчатого обрамления Сибирского кратона показал очевидную целесообразность, более того – потребность учета, включения в научный оборот всего многообразия магматических пород в объеме доказанных радиологическими определениями возраста ранних и поздних составляющих рудно-магматических комплексов, а также привлечения других данных, подтверждающих автономизацию и повторяемость последних во времени и пространстве. В итоге при близком по меркам геологического времени, в диапазоне до десятков млн л, возрасте магматические породы и руды объединяются в золотопродуцирующие антидромные гранит-диорит-долеритовые флюидно-рудно-магматические комплексы, описанные в [14–17 и др.].

В составе комплексов на раннем этапе образования крупные тела гранитоидов, зрелые очагово-купольные постройки и/или дайки кислых пород, более поздние дайки диоритов и завершающих становление комплексов дорудных, внутрирудных и послерудных умеренно щелочных долеритов не менее пяти генераций в сопровождении золотоносных кварцевых жил и минерализованных зон.

В упомянутых и ряде других работ показано географическое положение магматических комплексов и ассоциированных с ними месторождений, приведены доказательства близкого геологи-

ческого возраста, последовательности образования пород и рудно-минеральных комплексов, обоснование объема рудно-магматических комплексов, петрология и геодинамические режимы генерации изверженных пород.

В статье описаны результаты минералого-петрохимического исследования в мезотермальных месторождениях золота внутрирудных даек-флюидопроводников умеренно щелочных долеритов, как выяснилось, наиболее информативных в реконструкции причинно-следственных связей рудообразования с магматизмом, – условий генерации и диагностики источников создающих месторождения металлоносных флюидов.

Приведены новые аналитические данные, обеспечивающие точную диагностику химических составов большинства минералов аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Кедровского (Северное Забайкалье) и Зун-Холбинского (Восточный Саян) месторождений, результаты петрохимических пересчетов и балансовых расчетов полных химических анализов умеренно щелочных долеритов и аподолеритовых метасоматитов, доказывающие петрохимический калиево-сернисто-углекислотный профиль аподолеритового метасоматизма, образование в аподолеритовых метасоматитах контрастных аномалий ассоциации фемфильных определяющих петрохимическое своеобразие умеренно щелочных базальтовых расплавов элементов P, Ti, Mg, Fe, Ca, Mn, K, Au и наследование профиля и аномалий околорудными метасоматитами.

Обсуждение с привлечением аналогичных данных по ряду других месторождений (Бериккульско-

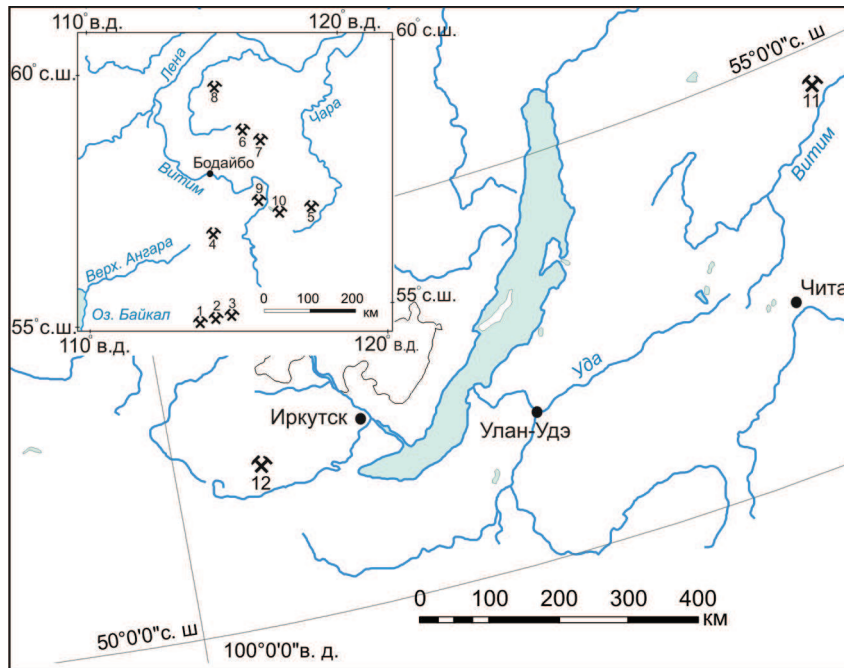
го, Сухоложского, Чертово Корыто) возможностей и способов использования результатов в оценке связей рудообразования с магматизмом во второй части статьи сопровождается выводами.

Перечисленные впервые привлекаемые в научный оборот результаты в сочетании с другими [14–17 и др.] призваны дополнить и усилить доказательств генерации металлоносных флюидов в умеренно щелочных базальтовых расплавах – поздних составляющих золотопроизводящих антидромных гранит-диорит-долеритовых флюидно-рудно-магматических комплексов, то есть начать создавать, как представляется, фактологическую базу для обоснования теории образования гидротермальных месторождений золота.

### Объекты и методика исследования

Золоторудные кварцевые жилы Кедровского месторождения (рис. 1) залегают в обрамляющем на востоке Муйский выступ архейского фундамента Сибирского кратона и Тулдунскую зону глубинных разломов субмеридиональном поясе базитовых даек мощностью не менее 4 км среди углеродистых терригенных сланцев позднерифейской кедровской свиты и гранодиоритов, мигматитов, плагинейсов образованной в сланцах сравнительно локальной зрелой очагово-купольной постройки позднепалеозойского ( $335 \pm 5$  млн л) возраста [15].

Субвертикальные залежи жильно-прожилково-вкрапленных руд Зун-Холбинского месторождения образованы в толще переслаивающихся песчаников, алевролитов, известняков, углеродистых сланцев, покровных вулканитов поздне-



**Рис. 1.** Географическое положение золоторудных месторождений: 1) Западное; 2) Иркиндинское; 3) Кедровское; 4) Богоди- канское; 5) Верхне-Сауканское; 6) Сухоложское; 7) Вернинское; 8) Чертово Корыто; 9) Каралонское; 10) Уряхское; 11) Кедровское; 12) Зун-Холбинское

фейской ильчирской свиты, выполняющих глубокий разлом северо-западного простирания, отделяющий на севере Гарганский выступ архейского фундамента от Амбартопольского гранитного массива среднепалеозойского возраста [16].

Рудные тела месторождений сопровождают метасоматические ореолы, сочетающие березиты в тыловой зоне и пропилиты в периферийных.

Относительный возраст (в том числе внутрирудный статус) даек умеренно щелочных долеритов и руд определен по структурным соотношениям и признакам термического воздействия поздних образований на ранние.

Дорудные дайки сопровождаются, пересекаются кварцевыми жилами, сложенными, в частности, ранними рудно-минеральными комплексами, в экзоконтактах жил подверглись березитизации.

Каждая внутрирудная дайка, как правило, пересекает породы разного состава и происхождения, едва затронутые гидротермальными изменениями и интенсивно измененные, включая березиты и сопровождающие их ранние рудно-минеральные комплексы в кварцевых прожилках (рис. 2), с разгерметизацией вакуолей кварца в экзоконтактах даек и с зонами закалки в их эндоконтактах в местах пересечения березитов, кварцевых жил и прожилков. Вместе с тем внутрирудные дайки пересекаются кварцевыми прожилками, содержащими поздние рудно-минеральные комплексы.

Послерудные дайки пересекают поздние рудно-минеральные комплексы с разгерметизацией вакуолей кварца в их экзоконтактах.

Радиологический возраст оруденения, а следовательно, и внутрирудных даек долеритов близок к среднепалеозойскому возрасту гранитоидов Амбартопольского массива в Зун-Холбинском и к позднепалеозойскому возрасту гранодиоритов и ультраметаморфитов зрелой очагово-купольной постройки в Кедровском месторождениях [15].

Значительная часть даек выполняет трещины отрыва, нередко образуя коленообразные изгибы, так, что выступы одного их контакта расположены напротив выемок таких же размеров и форм в противоположном контакте. Последнее подчеркивает отсутствие скольжения вдоль противоположных боков разломов-трещин во время их образования, заполнения расплавом и после его кристаллизации. С вмещающими породами дайки имеют «спаянные» контакты. Все это объясняет массивное сложение даек, отсутствие признаков дробления и увеличения их проницаемости.

Мощность даек редко превышает 1,5 м, чаще составляет десятки см, протяженность достигает десятков, первых сотен метров. Дайки малой мощности (до 10...15 см) сложены породой с афанитовой или скрытокристаллической структурой, большей мощности – кристаллической массивной породой черного цвета с афанитовыми зонами закалки.

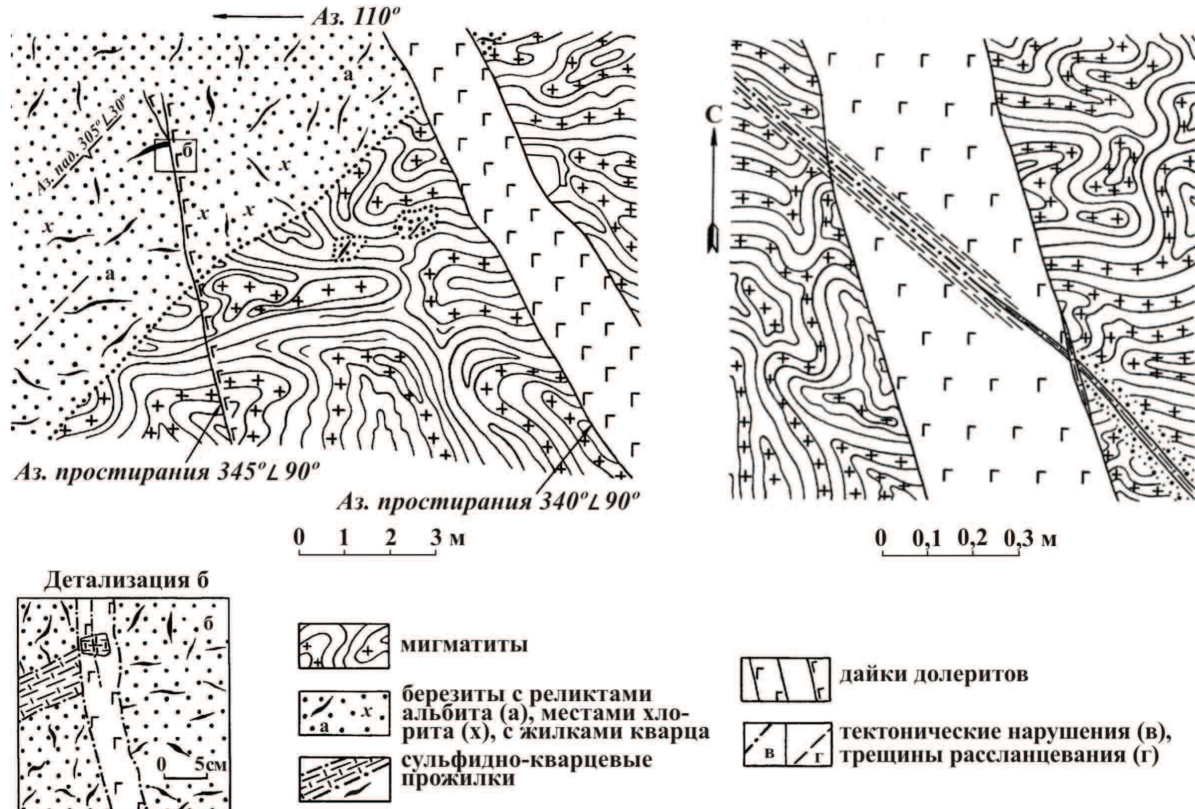
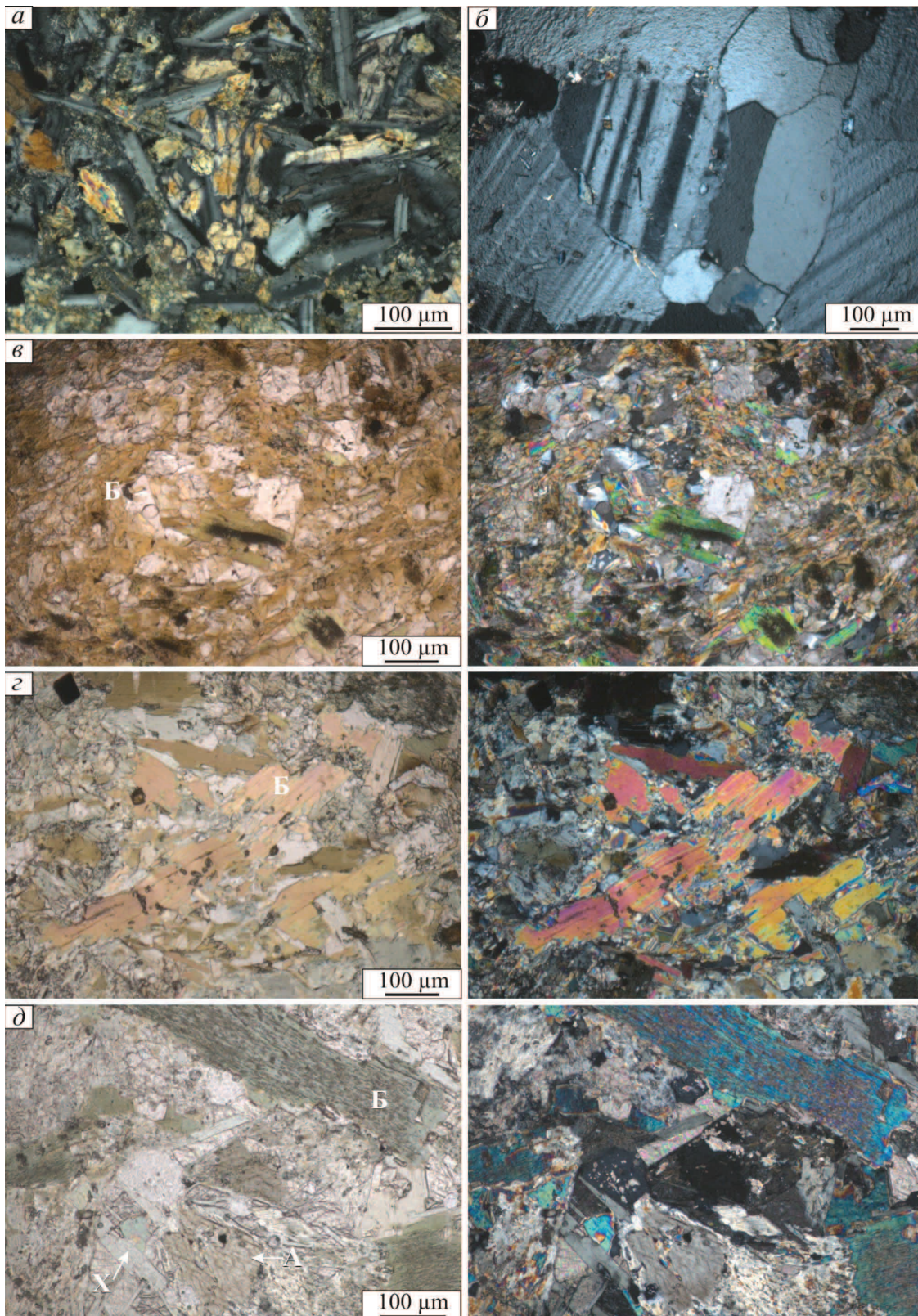


Рис. 2. Кедровское месторождение. Пересечения мигматитов апочерносланцевой зрелой очагово-купольной постройки и залежи апомигматитовых березитов внутрирудными дайками умеренно щелочных долеритов и внутрирудной дайкой долерита слабо золотоносными пирит-кварцевыми прожилками



**Рис. 3.** Кедровское месторождение. Микрофотографии шлифов слабо гидротермально измененного умеренно щелочного долерита (а, зона 0, с анализатором), лейкосомы плагиомигматита позднепалеозойской (335±5 млн л [15]) очагово-купольной постройки в экзоконтакте внутрирудной дайки долерита (б), аподолеритовых метасоматитов с преобладанием мелкочешуйчатого агрегата бурого с примесью грязно-зеленого биотита (в, зона V), крупных чешуек плеохроирующего от розового до грязно-зеленого биотита (г, зона VIII), крупных чешуек грязно-зеленого биотита (Б), чешуек бледно-зеленого хлорита (Х), кристаллов обыкновенной роговой обманки (А) (д, зона I). Слева без анализатора, справа с анализатором

Пробы не затронутых выветриванием долеритов и вмещающих пород массой около 1 кг отображены по простираанию (падению) даек, в их экзоконтактах и на удалении до 10 м от контактов.

Петрографическое описание прозрачных шлифов и диагностика пород выполнены в оптическом диапазоне длин волн на микроскопе ПОЛАМ-Р312. Химические составы и видовая принадлежность минералов определены на микрозонде САМЕВАХ-MICRO – электронном сканирующем микроскопе JSM-6510LV (Jeol Ltd) с энерго-дисперсионным спектрометром INCAEnergy 350+ в лаборатории рентгеноспектральных методов анализа в Аналитическом центре Института геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) аналитиком М.В. Хлестовым. Полные химические силикатные анализы горных пород выполнены в Центральной лаборатории ПГО «Запсибгеология» под руководством И.А. Дубровской и в Западно-Сибирском испытательном центре под руководством Г.Н. Юминовой (г. Новокузнецк).

Результаты силикатных анализов пересчитаны по объемно-атомному методу. Межзональный баланс петрогенных элементов в аподайковых метасоматических ореолах, выраженный в процентах, рассчитан для каждой пробы посредством соотношения числа атомов химических элементов в стандартном геометрическом объеме 10000 Å метасоматитов и исходных долеритов, едва затронутых гидротермальными изменениями. Для количественной оценки интенсивности метасоматических преобразований долеритов использован предложенный автором ранее аддитивный показатель ( $\Delta$ ) – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества (всех петрогенных элементов) в том же стандартном геометрическом объеме в % к суммарной его массе в стандартном объеме исходного долерита.

**Минералого-петрохимическая зональность внутридайковых аподолеритовых метасоматических ореолов Кедровского месторождения**

Большинство внутрирудных даек Кедровского месторождения неравномерно, в пределе до 100 % их объема, преобразовано в метасоматиты с изменением долеритовой, офитовой, порфировой

структуры исходной породы в лепидогранобластовую, гранолепидобластовую, порфиробластовую, но с сохранением черного, зеленовато-черного цвета при отсутствии признаков усиления гидротермальных изменений вмещающих пород, которые нередко слабо изменены или сохраняются свежими даже в экзоконтактах даек, как, например, мигматиты, гнейсы Кедровской очагово-купольной постройки (рис. 3, б) или двуслюдяные углеродистые сланцы кедровской свиты.

В дайках умеренно щелочных долеритов месторождения выделено восемь минералого-петрохимических зон внутридайковых метасоматических ореолов, в разных сочетаниях фиксируемых в пределах одной дайки и в разных дайках. Порядок минералого-петрохимической зональности метасоматитов оценивается по минеральным ассоциациям и возрастанию удельной массы перемещенного вещества. Химические составы и диагностика наиболее распространенных метасоматических минералов приведены в табл. 1–6.

Наименее измененный долерит в нулевой зоне, относительно которого выполнены балансовые петрохимические расчеты (рис. 3, а, проба 2, табл. 7), представляет полнокристаллическую породу с размером зерен в основной массе до 0,3...0,5 мм. Обычна порфировая структура с офитовой структурой основной массы. В составе порфировых вкрапленников размером до 1 мм и основной массы участвуют плагиоклазы (№ 40...52), оливин (мало), моноклинный пироксен (авгит) с примесью апатита, титанита, ильменита, магнетита. Цветные минералы эпизодически слегка замещены хлоритом, серпентином, тальком, кальцитом.

В зоне I полнокристаллический долерит сложен первичными андезином ... лабрадором, авгитом с примесью насыщенного густой сыпью магнетита оливина. Структура исходной породы офитовая. Наложенный лепидогранобластовый агрегат новообразованных минералов объемом до 30 % от объема породы включает редкие зерна кварца, альбита, обыкновенную роговую обманку ( $2V=+75^\circ$ ,  $N_g=1,658$ ,  $N_p=1,631$ ,  $C: N_g=18^\circ$ ;  $2V=-78^\circ$ ,  $N_g<1,702$ ,  $N_p=1,675$ ), грязно-зеленый биотит ( $N_g=1,617$ ,  $N_p=1,566$ ), серицит, тальк, серпентин, хлорит, эпидот, кальцит, рутил, апатит, магнетит, пирит

**Таблица 1.** Химические составы биотита аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Кедровского месторождения

Номера проб и минеральных зон	Содержание, мас. %													
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	FeO	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	BaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl	Σ
К-444, III (1)	38,78	15,01	9,84	–	0,23	16,46	14,01	0,99	0,17	–	–	–	–	95,49
К-501, III (10)	37,68	15,43	9,39	0,24(1)	0,98(3)	14,30	16,64	1,55	0,23(5)	–	–	–	0,16(5)	96,60
	36,11...39,50	14,04...17,46	7,73...9,88		0,20...2,52	13,71...14,68	15,98...17,54	1,26...1,73	0,17...0,34				0,10...0,28	
К-495, IV (23)	38,21	14,33	9,75	0,21(3)	0,44(7)	16,60	14,24	1,91	0,20(2)	0,53(1)	1,32(3)	0,35(2)	0,10(12)	98,19
	35,45...40,31	12,88...16,21	9,03...10,32	0,18...0,22	0,17...1,01	15,32...17,76	12,97...15,60	1,42...4,17	0,18...0,22		0,95...1,57	0,28...0,41	0,08...0,14	
К-468, V (11)	38,03	16,02	9,67	–	0,73(3)	14,84	14,20	2,16	–	–	1,51(2)	–	0,18(6)	97,34
	35,89...39,83	14,57...17,40	9,20...10,02		0,15...1,85	13,69...16,10	13,06...15,16	1,63...2,98	1,38...1,64		0,12...0,25			
К-486, VIII (6)	37,64	15,90	9,43	–	0,56(3)	14,56	14,83	2,21	–	–	0,84(4)	–	0,12(5)	96,09
	35,61...39,97	13,56...17,05	9,04...9,84		0,26...0,87	13,44...15,99	13,47...16,05	1,64...2,51	0,40...1,42		0,09...0,16			

Примечание. Здесь и в табл. 2–6: 1) В FeO дано валовое содержание железа; 2) Над чертой – среднее, под чертой – интервалы содержания; 3) В скобках приведено число рентгеноспектров (замеров).

(рис. 3, д). В отличие от сравнительно чистых с коррозионными очертаниями лишь слегка замещенных альбитом лейст плагиоклаза пироксен и оливин сохранились в виде реликтов среди замещивших их зерен роговой обманки и чешуй биотита, причем биотит корродирует и амфибол, а часто развивается в виде нечетких пятнообразных выделений и агрегатов за счет плагиоклаза и других минералов (рис. 3, в).

Зона II сложена аподолеритовым метасоматитом, в котором в качестве реликтового уверенно диагностируется только плагиоклаз, лейсты которого насыщены серицитом, ксеноморфными зернами кальцита, чешуйками хлорита, иногда с примесью цоизита и эпидота. К продуктам метасоматизма относятся также буровато-зеленый и буро-красный биотит, амфиболы, титанит, баритоцелестин, целестин, кварц, альбит, доломит, доломит-анкерит, апатит, магнетит, пирит, рутил, лейкоксен в разных количественных соотношениях. Хлорит заме-

щает биотит. На фоне мелкозернистой массы породы выделяются ромбоэдры доломита и доломита-анкерита до 1 мм в поперечнике. Самостоятельность зоны определяют биотит, хлорит, карбонаты.

В зоне III метасоматит сложен в основном гранолепидобластовым агрегатом грязно-зеленого и буровато-зеленого биотита, замещающего его бледно-зеленого прохлорита ( $N_m=1,617$ , удл. +), в разной степени замещенных биотитом и хлоритом бесцветных, бледно-зеленых до синевато-зеленого амфиболов ( $N_g=1,652$ ,  $N_p=1,624$ ), эпидота, кальцита, иногда доломита, серицита с примесью «лапчатых» зерен кварца, альбита, титанита, рутила, сфена, апатита, магнетита, пирита. В породе обычно присутствуют реликты наиболее крупных (до 1 мм) лейст исходного плагиоклаза и в этих случаях обычно заметна реликтовая порфирировая структура породы. Самостоятельность зоны определяет сочетание биотита, в основном, тремолит-актинолита, хлорита, кальцита, эпидота.

**Таблица 2.** Химические составы амфиболов аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Кедровского месторождения

Номера проб и минеральных зон	Содержание, мас. %										Минерал
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Σ	
К-444, III (2)	44,54	10,05	9,18	13,91	13,68	2,49	0,37	1,28	2,92(1)	98,42	Магнезиально-железистая обыкновенная роговая обманка
	44,16..44,92	9,99..10,11	8,50..9,85	13,63..14,18	12,55..14,81	2,06..2,9	0,30..0,44	0,74..1,82			
К-444, III (3)	56,67	1,13	12,87	20,02	6,81	-	0,24	0,15(2)	0,29(2)	98,18	Тремолит
	56,56..56,78	0,78..1,35	12,79..12,91	19,8..20,32	6,54..7,01		0,17..0,32	0,10..0,21	0,27..0,31		
К-501, III (1)	47,74	8,67	11,53	14,83	12,33	0,66	-	0,27	1,96	97,99	Магнезиально-железистая обыкновенная роговая обманка
К-501, III (11)	55,39	1,84	12,08	18,45	9,34	0,66(4)	0,36(6)	0,54(3)	0,43(8)	99,09	Актинолит
	53,38..56,95	0,67..3,72	7,49..13,26	16,81..21,25	5,74..11,44	0,40..1,26	0,22..0,87	0,19..0,93	0,26..1,96		
К-495, IV (9)	49,47	6,66	8,77	15,28	13,03	1,40	0,53	0,33	2,57	98,04	Магнезиально-железистая обыкновенная роговая обманка
	46,76..51,71	5,03..8,59	7,06..11,63	12,90..17,46	9,68..15,31	0,26..2,17	0,21..0,92	0,16..0,50	1,47..3,37		
К-495, IV (9)	57,76	0,40	12,50	20,75	6,17	-	0,25(7)	0,12(2)	0,27(7)	98,22	Тремолит
	57,46..58,08	0,31..0,51	12,16..12,89	20,52..21,51	5,23..6,49		0,20..0,31	0,12..0,12	0,19..0,37		
К-495, IV (9)	56,24	1,74	11,99	19,96	7,03	0,20(4)	0,26(6)	0,15(6)	0,68	98,25	Тремолит, актинолит
	54,96..57,01	0,98..2,77	11,62..12,32	19,13..20,91	6,10..7,95	0,17..0,22	0,19..0,34	0,09..0,32	0,32..1,09		
*	44,00..50,00	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	-	Магнезиально-железистая обыкновенная роговая обманка
**	53,97..58,94	0,14..2,87	9,01..13,79	19,65..24,86	0,08..7,04	0,0..0,28	0,01..0,6(2,40)	0,02..0,68	0,04..3,14	-	Тремолит
***	49,79..57,98	0,20..4,56	5,97..12,57	9,69..21,49	4,90..18,79	н.о..0,77	0,02..0,60	0,03..0,64	0,10..2,88	-	Актинолит

Примечание. Здесь и в табл. 3: интервалы нормативных содержаний петрогенных компонентов в минералах – \* [18. С. 120], \*\* [18. С. 77], \*\*\* [18. С. 89, 90], \*\*\*\* [19. С. 191].

**Таблица 3.** Химические составы магнезиально-железистых хлоритов аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Кедровского месторождения

Номера проб и минеральных зон	Содержание, мас. %										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	FeO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Σ
К-444, III (8)	28,89	19,66	0,15(2)	0,26(4)	25,00	13,96	-	0,33(7)	-	0,32(1)	88,57
	28,03..29,69	18,36..20,95	0,11..0,18	0,20..0,35	23,63..26,55	11,86..15,49		0,28..0,48			
К-501, III (15)	28,59	19,00	1,05(1)	0,40(8)	21,33	18,46	0,42(2)	0,31(13)	0,27(1)	-	89,83
	26,08..33,16	16,16..21,61		0,16..0,91	19,22..23,72	17,16..19,82	0,31..0,52	0,17..0,42			
К-495, IV (4)	30,33	17,56	0,50	0,46	24,53	14,26	-	0,27(3)	0,30(2)	-	88,21
	29,79..30,99	17,29..17,79	0,12..0,92	0,11..0,74	23,23..25,39	13,81..14,74		0,20..0,41	0,17..0,43		
К-468, V (2)	28,55	20,34	-	0,32	23,09	15,70	-	-	-	-	88,0
	28,04..29,06	19,75..20,93		0,31..0,33	22,88..23,29	15,58..15,82					
К-486, VIII (10)	27,96	19,78	-	0,19(3)	21,93	18,01	0,26(1)	0,21(4)	0,34(5)	-	88,68
	27,46..28,43	19,31..20,41		0,17..0,21	21,27..22,51	17,13..18,42		0,19..0,25	0,22..0,51		
****	23,0..33,0	16,0..26,0	0,0..0,3	0,0..0,7	7,0..26,0	7,0..35,0	0,0..0,5	0,1..2,0	0,0..0,5	0,0..0,5	-

**Таблица 4.** Химические составы эпидота аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Кедровского месторождения

Номера проб и минеральных зон	Содержание, мас. %													
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	FeO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	SrO	Ce <sub>2</sub> O	La <sub>2</sub> O	Pr <sub>2</sub> O	Nd <sub>2</sub> O	Σ
К-444, III (2)	35,00	19,74	20,29	12,97	0,43	1,2(1)	-	-	-	5,24	5,11(1)	-	2,59(1)	102,57
	33,94...36,05	18,52...20,96	14,31...26,26	12,39...13,55	0,22...0,63					1,03...9,45				
К-501, III (9)	36,64	21,79	18,33	13,04	1,03(2)	0,27(1)	-	-	6,10(7)	8,31(2)	4,19(2)	1,05(1)	1,76(2)	112,51
	32,91...37,79	17,76...22,82	12,70...20,44	11,86...13,75	0,90...1,16				4,50...7,72	4,94...11,68	3,08...5,29		0,98...2,53	
К-495, IV (3)	32,99	17,56	11,92	12,01	1,48	0,50(1)	0,26(1)	0,15(1)	-	11,94	7,05	0,88(2)	2,26	98,71
	31,88...35,01	16,34...19,59	10,66...14,38	11,38...12,53	0,88...1,86					8,22...13,86	4,46...8,78	0,59...1,17	2,04...2,59	
К-468, V (1)	32,41	14,89	10,10	13,92	1,55	0,67	-	-	-	13,31	7,48	0,87	2,90	98,10
К-486, VIII (2)	32,09	16,96	11,39	12,88	1,60	0,62	-	-	-	12,17	6,71	1,06	2,64	98,12
	31,76...32,42	16,63...17,29	11,08...11,70	12,69...13,06	1,45...1,74	0,48...0,76				11,98...13,31	6,66...7,48	0,87...1,19	2,57...2,90	

**Таблица 5.** Химические составы альбита аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек Кедровского месторождения

Номер пробы и минеральной зоны	Содержание, мас. %					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	FeO	Σ
К-501, III (4)	66,97	20,32	11,33	0,89	0,49	100,00
	68,36	19,49	11,68	-	0,48	100,01
	68,02	19,58	11,42	0,54	0,43	99,99
	68,24	19,57	11,70	0,22	0,27	100,00

Для зоны IV характерно резкое преобладание грязно-зеленого биотита (до 60 об. %) в сочетании с амфиболами, образующими зерна и сноповидные агрегаты, и ксеноморфными зернами кальцита, иногда с примесью мелких ромбоэдров доломита. В породе, кроме того, присутствует немного кварца, эпидота, магнетита, пирита, реликтов исходного плагиоклаза, титанина, целестина, баритоцелестина. Многочисленны мелкие зерна и игольчатые кристаллы рутила, призм апатита. Хлорита мало.

В метасоматитах зоны V преобладающие минералы представлены грязно-зеленым, зеленовато-бурым с многочисленными включениями магнетита биотитом, замещающим его бледно-зеленым хлоритом, обильной вкрапленностью зерен кальцита, ромбоэдров доломита и анкерита. Как и в других зонах, биотит образует пятнообразные агрегаты нечетко оформленных «расплывающихся» чешуек. Лейстовидные реликтовые зерна плагиоклаза сохранились эпизодически, большей частью последний замещен агрегатом карбонатов, биотита, хлорита, серицита, эпидота. Мельчайшие (до сотых долей мм) призм апатита, зерна и игольчатые кристаллы рутила равномерно рассеяны во всех минералах, исключая «лапчатые» зерна квар-

ца. В виде примеси присутствуют титанит, альбит, пирит.

Метасоматиты зоны VI содержат бледно-зеленый хлорит в тесном сростании с ксеноморфными зернами кварца, кальцита, ромбоэдрами доломита-анкерита, иногда имеющими «оплавленные» очертания. Отмечается густая вкрапленность мельчайших зерен рутила и призм апатита, пятнообразных выделений лейкоксена. Эпизодически отмечаются альбит, серицит, магнетит, пирит. Зону определяют хлорит, карбонаты.

В зоне VII метасоматиты сложены агрегатом расщепляющихся замещаемых бледно-зеленым хлоритом, эпидотом зерен тремолита, ксеноморфных выделений кальцита при обильной вкрапленности призм апатита и зерен рутила, иногда лейкоксенизированного. Обычна примесь кварца, альбита, магнетита, пирита.

Зона VIII представлена существенно биотит-кальцит-доломитовой породой с примесью кварца, лейкоксенизированного рутила, призм апатита, зерен титанина, магнетита и пирита. В отличие от большинства других зон чешуйки буровато-зеленого или зеленовато-бурого биотита имеют четкие очертания (рис. 3, 2).

Эпигенетическое происхождение большинства перечисленных новообразованных минералов доказывается их составами (видовой принадлежностью), не свойственными магматическим породам, структурными соотношениями между собой и с реликтовыми магматическими минералами долеритов, сменой минеральных зон в пределах (по простиранию) одной дайки. Биотит и обыкновенная роговая обманка могут иметь позднемагматическое происхождение, но содержание биотита в этом слу-

**Таблица 6.** Химические составы титанина умеренно щелочных долеритов внутрирудных даек Кедровского месторождения

Номера проб и минеральных зон	Содержание, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	FeO	MgO	K <sub>2</sub> O	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ
К-444, III (2)	30,83	0,81	27,58	38,70	1,19	0,17 (1)	0,28 (1)	0,67	100,23
	30,65...31,00	0,69...0,93	27,44...27,72	38,17...39,23	1,06...1,31			0,38...0,95	
К-501, III (4)	30,63	0,79	27,60	40,11	0,89	-	-	-	100,02
	29,99...30,86	0,70...0,94	26,95...28,07	39,32...41,45	0,80...1,03				
К-495, IV (10)	31,09	0,62	27,77	39,47	0,86	0,19	0,24(7)	-	100,24
	30,31...31,95	0,43...0,94	27,01...29,52	38,84...40,21	0,66...1,11		0,12...0,42		
К-468, V (1)	31,32	0,82	27,74	39,60	0,53	-	-	-	100,01
К-486, VIII (1)	31,08	1,00	27,87	39,29	0,77	-	-	-	100,01



**Таблица 7.** Химические составы умеренно щелочного долерита, аподолеритовых метасоматитов внутрирудных даек и баланс химических элементов в минеральных зонах аподайковых метасоматических ореолов Кедровского месторождения

Номера проб и минеральных зон	Содержание окислов в мас. % (первая строка). Величина привноса, выноса (-) атомов элементов в стандартном геометрическом объеме 10000 Å <sup>3</sup> в % к числу их атомов в стандартном геометрическом объеме исходной породы (вторая строка)																
	SiO <sub>2</sub> Si	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al	K <sub>2</sub> O K	Na <sub>2</sub> O Na	CaO Ca	MgO Mg	FeO Fe <sup>2+</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sup>3+</sup>	TiO <sub>2</sub> Ti	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> P	MnO Mn	CO <sub>2</sub> C	S*	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> H	O	Σ (Δ)	
*	45-50	14-17	1-3	3-4	6-8	6-8	6-8	3-5	2-4	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	-	
2 0	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	
К-297 I	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)	
К-9 I	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)	
Ш-67 II	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 53	2,22 55	0,50 40	0,18 -6,9	4,60 1192	0,15 13	5,14 178	3,4	99,69 (11)	
Ш-68 II	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-69 II	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-70 II	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-78 II	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)	
Ш-83 II	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)	
К-487 II	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)	
К-611 II	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)	
К-423 III	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)	
К-429 III	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)	
К-444 III	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)	
К-481 III	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	2,81 62	2,9	99,37 (18)	
К-493 III	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)	
К-497 III	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)	
К-498 III	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)	
К-501 III	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)	
К-588 III	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)	
К-491 IV	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)	
К-495 IV	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)	
К-496 IV	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)	
К-363 V	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)	
К-468 V	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)	
К-562 V	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)	
К-364 VI	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)	
К-469 VI	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)	
К-489 VI	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)	
К-569 VI	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)	
К-7 VII	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)	
К-486 VIII	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)	

Примечание. 1) \* – нормативный состав трахибазальта (умеренно щелочного долерита) [20]; 2) S\* – сера восстановленная; 3) Δ – удельная масса перемещенного (привнесенного и вынесенного) вещества (суммы атомов петрогенных элементов) в процентах к массе вещества исходной породы в стандартном геометрическом объеме 10000 Å<sup>3</sup>.

чае по причине дефицита калия в базитовых расплавах не превышает 5 об. % [20], при том что в описанных минеральных зонах оно достигает многих десятков об. %, а роговая обманка присутствует только в интенсивно измененных долеритах.

По существу преобразований химического состава пород (табл. 7) сравнительно со слабо измененным долеритом нулевой зоны в зоне I ( $\Delta=9:8$ ) увеличивается содержание калия, окисленного углерода, магния, железа, титана, фосфора и воды. По мере возрастания  $\Delta$  в минеральных зонах усиливается вынос кремния и алюминия, существенно или почти полностью удаляется натрий, а в лишенных биотита зонах (VI, VII) – и калий. В других зонах содержание калия снижается эпи-

зодически и большей частью незначительно, а привнос его достигает 513 %. Последнее коррелирует с высоким содержанием биотита. Как правило, не отмечается существенного изменения общей массы железа, но в отдельных случаях она увеличивается на 50...100 мас. %. Во всех зонах за редким исключением некоторых проб дифференцированно возрастает до сотен % масса элементов фемофильной ассоциации (Ca, Mg, Ti, P, Mn). Всегда существенно, до тысяч %, увеличивается масса углекислотного углерода при разнонаправленном поведении (привносе–выносе) серы.

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

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабин Л.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау. – Новосибирск: Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1999. – 237 с.
2. Условия зарождения и эволюции гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозондах 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.
3. Гусев А.И. Петрология золотогенерирующего магматизма. – М.: Изд-во РАН, 2012. – 160 с.
4. Hart C.J.R. Reduced Intrusion-Related Gold System // *Economic Geology*. – 2006. – V. 101. – № 7. – P. 1415–1427.
5. Plutonic-related Gold Deposit of Alaska / D. McCoy, R.J. Newberry, P.D. Layer, J.J. Marchi, A. Bakke, J.S. Mastermann, D.L. Minehane // *Economic Geology Monograph*. – 1997. – V. 9. – P. 191–241.
6. Mustard R. Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales // *Mineral Deposita*. – 2001. – V. 36. – № 4. – P. 542–562.
7. Gold and metal enrichment in natural granitic melts during fractional crystallization / R. Mustard, Th. Ulrich, V.S. Kamenetsky, T. Mernagh // *Geology*. – 2006. – V. 34. – № 2. – P. 85–88.
8. Thompson J.F.H., Newberry R.J. Gold deposits related to reduced granitic intrusions // *Society of Economic Geologists*. – 2000. – Reviews 13. – P. 377–400.
9. Yang H.M., Lentz D.R. Chemical composition of rock-forming minerals in gold-related granitoid intrusion southwestern New Brunswick, Canada: implications for crystallization conditions, volatile exsolution and fluorine-chlorine activity // *Contribution Mineral Petroleum*. – 2005. – V. 150. – P. 287–305.
10. Рафаилович М.С. Крупные золоторудные штокверки Центральной Азии, ассоциирующие с гранитными плутонами // *Руды и металлы*. – 2009. – № 3. – С. 43–50.
11. Вольфсон Ф.И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 304 с.
12. Котляр В.Н. О магматических комплексах и оруденении // *Советская геология*. – 1955. – № 43. – С. 61–70.
13. Абдуллаев Х.М. Дайки и оруденение. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 232 с.
14. 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.
15. Кучеренко И.В. Петро-рудногенетическая модель формирования мезотермальных золотых месторождений // *Петрография на рубеже XXI века. Итоги и перспективы: Материалы Второго Всероссийского петрографического совещания*. – Сыктывкар, 27–30 июня 2000. – Т. III. – С. 199–203.
16. Кучеренко И.В. Петрологические и металлогенетические следствия изучения малых интрузий в мезотермальных золоторудных полях // *Известия Томского политехнического университета*. – 2004. – Т. 307. – № 1. – С. 49–57.
17. Кучеренко И.В. Прогнозно-поисковый комплекс для мезотермальных месторождений золота. Ч. 2. Петрологический критерий // *Известия Томского политехнического университета*. – 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 114–122.
18. Минералы. Справочник / под ред. Ф.В. Чухрова, Э.М. Бонштедт-Куплетской. Т. III. Вып. 3. – М.: Наука, 1981. – 398 с.
19. Минералы. Справочник / под ред. Ф.В. Чухрова, Н.Н. Смольяниновой. Т. IV. Вып. 2. – М.: Наука, 1992. – 662 с.
20. Петрографический кодекс. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / под ред. О.А. Богатикова, О.В. Петрова, Л.Н. Шарпенка. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 200 с.

*Поступила 05.09.2013 г.*

UDC 553.411.071:553.241.1:[552.313+552.333.4]

## PETROLOGY OF HYDROTHERMAL METASOMATISM OF INTRA-ORE DOLERITE DIKES OF MESOTHERMAL GOLD DEPOSITS. P. 1. KEDROVSKOE DEPOSIT (NORTH TRANS-BAIKAL)

Igor V. Kucherenko,

Dr. Sc., Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: Kucherenko.o@sibmail.com

*There is a necessity of working up the geology-genetic theory of hydrothermal gold deposit formation instead of the four hypotheses excepting one another: granitogene, basaltogene, metamorphogene, polygene.*

**The principal aim of the study:** substantiation of gold-isolating faculty of basaltic magmatism – causing and ensuring ore-forming geologic processes.

**The methods used in the study:** petrologic investigation of the 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 using electronic microscope in accompaniment of roentgen-spectrum analysis; results of total chemical silicate analysis of rocks and balance petro-chemical calculation for estimation of petrogenic elements and metals migration in metasomatic processes of the stages ore-forming.

**The results:** the paper proves the formation of gold mineralization in crystalline substratum and black-shale series in final basaltic formation stage of antidromic granite-diorite-doleritic magmatic complexes, acquiring on account of that status of gold-isolating fluid-ore-magmatic complexes.

The first part of the paper introduces the original analytic data on Kedrovskoe deposit (North Trans-Baikal), the second part introduces the data on deposit Zun-Kholba (East Sajon). The second part includes the discussion of the results and conclusions.

### Key words:

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

### REFERENCES

- Alabin L.V., Kalinin Yu.A. *Metallogeniya zolota Kuznetskogo Alatau* [Gold metallogeny of Kuznetsk Alatau]. Novosibirsk, SO RAS NIC UIGGM Publ., 1999. 237 p.
- Gamyranin 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 mezozoidakh Severo-Vostoka Azii* [The conditions of conception and evolution of granitoid gold-ore-magmatic systems in mesozooid of North-East Asia]. Magadan, NE CSII FED RANS, 2003. 196 p.
- Gusev A.I. *Petrologiya zolotogeneriruyushchego magmatizma* [Petrology of gold-generating magmatism]. Moscow, RANS, 2012. 160 p.
- Hart C. J.R. Reduced Intrusion-Related Gold System. *Economic Geology*, 2006, vol. 101, no. 7, pp. 1415–1427.
- McCoy D., Newberry R.J., Layer P.D., Marchi J.J., Bakke A., Mastermann J.S., Minehane D.L. Plutonic-related Gold Deposit of Alaska. *Economic Geology Monograph*, 1997, vol. 9, pp. 191–241.
- Mustard R. Granite-hosted gold mineralization at Timbarra, northern New South Wales. *Mineral Deposita*, 2001, vol. 36, no. 4, pp. 542–562.
- Mustard R., Ulrich Th., Kamenetsky V.S., Mernagh T. Gold and metal enrichment in natural granitic melts during fractional crystallization. *Geology*, 2006, vol. 34, no. 2, pp. 85–88.
- Thompson J.F.H., Newberry R.J. Gold deposits related to reduced granitic intrusions. *Society of Economic Geologists*, 2000, Reviews 13, pp. 377–400.
- Yang H.M., Lentz D.R. Chemical composition of rock-forming minerals in gold-related granitoid intrusion southwestern New Brunswick, Canada: implications for crystallization conditions, volatile exsolution and fluorine-chlorine activity. *Contribution Mineral Petroleum*, 2005, vol. 150, pp. 287–305.
- Rafailovich M.S. Krupnye zolotorudnye shtokverki Tsentralnoy Azii, assotsiruyushchie s granitnymi plutonami [Large gold-ore stockworks of Center Asia, associating with granite plutons]. *Ores and metals*, 2009, no. 3, pp. 43–50.
- Volfson F.I. *Problemy izucheniya gidrotermalnykh mestorozhdeniy* [Problems of hydrothermal deposits study]. Moscow, AS SSSR Publ., 1953. 304 p.
- Kotlyar V.N. O magmaticeskikh kompleksakh i orudnenii [On magmatic complexes and mineralization]. *Sovetskaya geologiya – Soviet Geology*, 1955, no. 43, pp. 61–70.
- Abdullaev H.M. *Dayki i orudnenie* [Dikes and mineralization]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1957. 232 p.
- 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]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya – Bulletin of AS SSSR. Series geological*, 1990, no. 10, pp. 78–91.
- Kucherenko I.V. Petro-rudnogeneticheskaya model formirovaniya mezotermalnykh zolotykh mestorozhdeniy [Petro-oregenetic model of mesothermal gold deposits formation]. *Petrografiya na rubezhe XXI veka. Itogi i perspektivy. Materialy II Vserossiyskogo petrograficheskogo soveshchaniya* [Petrography on the boundary of XXI century. Sums and perspectives. Proc. II All-Russian Petrographic Conference]. Syktyvkar, 27–30 June 2000. Vol. III, pp. 199–203.
- Kucherenko I.V. Petrologicheskie i metallogenicheskie sledstviya izucheniya malykh intruziy v mezotermalnykh zolotorudnykh polyah [Petrologic and metallogenic consequences of minor intrusions investigation in mesothermal deposits]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2004, vol. 307, no. 1, pp. 49–57.
- Kucherenko I.V. Prognozno-poiskovy kompleks dlya mezotermalnykh mestorozhdeniy zolota. Ch. 2. Petrologicheskiy kriteriy [Prognosis-search complex for mesothermal gold deposits. P. 2. Petrologic criterion]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 323, no. 1, pp. 114–122.
- Mineraly. Spravochnik* [Minerals. Reference book]. Eds. F.V. Chukhrov, E.M. Bonshtedt-Kupletskaya. Moscow, Nauka Publ., 1981. Vol. III, no. 3, 398 p.
- Mineraly. Spravochnik* [Minerals. Reference book]. Eds. F.V. Chuhrov, N.N. Smolyaninova. Moscow, Nauka Publ., 1992. Vol. IV, no. 2, 662 p.
- Petrograficheskii kodeks. Magmaticheskie, metamorficheskije, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya* [Petrographic code. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations]. Eds. O.A. Bogatkov, O.V. Petrov, L.N. Sharpenok. St.-Petersburg, VGI Publ., 2008. 200 p.