

На правах рукописи



ВАНИН Вадим Александрович

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ МУКОДЕК (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

Специальность 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минералогия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск–2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: **Гладкочуб Дмитрий Петрович,**
доктор геолого-минералогических наук,
директор Института земной коры СО РАН,
зав. лаборатории палеогеодинамики
Института земной коры СО РАН

Официальные оппоненты: **Семинский Жан Вячеславович,**
доктор геолого-минералогических наук, зав. кафедрой геологии и
геохимии полезных ископаемых, профессор НИ Иркутского
государственного технического университета

Спиридонов Александр Михайлович,
доктор геолого-минералогических наук, профессор, заместитель
директора по научной работе Института геохимии СО РАН

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Иркутский государственный университет»

Защита диссертации состоится 23 декабря 2014 г. в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д.003.002.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологическом институте СО РАН по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте geo.stbur.ru Геологического института СО РАН.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю совета к.г.-м.н. О.К. Смирновой по адресу: СО РАН по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба или e-mail: meta@gin.bsnet.ru.

Автореферат разослан " " октября 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д. 003.002.01,
кандидат геолого-минералогических наук

 О.К. Смирнова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы заключается в необходимости совершенствования методов прогноза и поиска новых перспективных площадей для обнаружения и последующей отработки рудопроявлений и месторождений рудного золота. Следует отметить, что масштабное экономическое освоение золоторудных месторождений Восточной Сибири началось сравнительно недавно, лишь во второй половине XX века, когда впервые в полной мере проявилась тенденция к истощению запасов россыпного золота на фоне растущей потребности страны в этом драгметалле. Вплоть до настоящего времени фиксируется снижение объемов добычи золота из россыпей практически во всех старейших горно-промышленных районах Восточной Сибири. При этом увеличение добычи рудного золота в регионе пока не способно в достаточной степени компенсировать снижение объемов добычи россыпного золота. Среди многообразия причин подобного состояния дел в золотодобывающей отрасли, таких как отсутствие вековых традиций, в разработке золоторудных месторождений и долговременная окупаемость проектов, может быть отмечен и определенный консерватизм при выборе объектов для добычи рудного золота. Нацеленность на отработку традиционных типов золоторудных месторождений, например, связанных с гранитными интрузиями, с «черными сланцами» и др., приводит к тому, что без должного внимания остаются другие виды перспективных золоторудных объектов, в том числе месторождения и рудопроявления золота, локализованные в зеленосланцевых толщах. Совершенствование методов поиска и прогноза золоторудных объектов подобного типа позволит вовлечь их в хозяйственный оборот, что, в свою очередь, будет способствовать приросту запасов и укреплению минерально-сырьевой базы золотодобывающей промышленности России.

Цели и задачи исследования. Целью проведенного исследования явилось выделение комплекса геологических, структурных и вещественных факторов, способствовавших ремобилизации рудного вещества и его концентрированию в пределах Мукодекского золоторудного поля.

Для достижения указанной выше цели было необходимо решить ряд задач, сформулированных в следующем виде:

1. Обобщение материалов предшественников и результатов собственных наблюдений.
2. Изучение минералогического, петрографического, геохимического составов метаморфических и магматических комплексов района исследований, а также рудных метасоматитов, анализ характера распределения золота в перечисленных выше породах.
4. Выявление геодинамической специфики изученных геологических комплексов.
5. Характеристика основных рудоконтролирующих зон разломов рудного поля.

6. Описание морфологии, внутреннего строения и золотоносности рудных тел и минерализованных зон.

7. Выделение основных этапов формирования рудного поля и реконструкция главных полей напряжений при статистическом анализе массовых замеров ориентировки приразломной сланцеватости и трещиноватости.

8. Выявление критериев, которые могут быть использованы в практике проведения геолого-поисковых работ для обнаружения рудных объектов подобного типа.

Личный вклад соискателя. В основу работы положены собственные материалы, полученные автором в процессе проведения поисковых работ в составе специализированной партии (ООО «Ленгео», ФГУП ВНИИГеофизика ОП «Восточно-Сибирская экспедиция») в период с 2007 по 2013 г. Работы проводились в Мамско-Чуйском районе на участках «Мукодек» и «Правомамский», в Северобайкальском районе на границе Иркутской области и Республики Бурятия на Верхнеянской площади, в Бодайбинском районе на месторождении «Чертого Корыто» и «Западное». Кроме собственных наблюдений, в работе широко используются материалы производственных геологических отчетов (ГДП-50, ГДП-200), геолого-съёмочных экспедиций и ВостСибНИИГГиМСа, касающиеся золотоносности района работ.

Научная новизна работы:

Работа посвящена выявлению закономерностей размещения и формирования золоторудного поля Мукодек, геология которого в опубликованной литературе практически не освещалась. В работе впервые приводится подробный геолого-структурный анализ района работ и петрографо-геохимическая характеристика метаморфических пород ушмуканской свиты. Впервые обоснована связь золотого оруденения с позднебайкальским и раннепалеозойским этапами структурной перестройки и показана приуроченность золоторудных тел к долгоживущим линейным зонам повышенной трещиноватости. Восстановлена последовательность проявления основных тектонотермальных событий в рассматриваемом регионе. Получены аргументы, свидетельствующие о том, что обширная магматическая деятельность позднего палеозоя, отмеченная внедрением гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса, не оказывала существенного влияния на локализацию рудного вещества в пределах изученного рудного поля.

Практическое значение:

Полученные результаты имеют непосредственно практическое значение, так как напрямую касаются вопросов коренной золотоносности зеленосланцевых комплексов как рудовмещающих толщ, перспективных на обнаружение золоторудных месторождений. Проведенные исследования позволили предложить модель формирования и комплекс критериев прогноза и поиска золоторудных объектов, аналогичных рудному полю Мукодек,

которые могут быть использованы как на территории Байкальской складчатой области, так и в областях с близким геологическим строением.

Приведенные в диссертации результаты были использованы для обоснования необходимости включения метасоматитов березит-лиственитовой формации в контуры подсчетных блоков с балансовыми рудами при проведении оценки промышленной золотоносности Мамско-Чуйского района. В целом, следует заметить, что вовлечение в разработку изучаемого рудного поля и подобных ему золоторудных проявлений имеет большое значение для развития экономики региона.

Защищаемые положения:

1. Промышленные запасы золота в пределах Мукодекского золоторудного поля локализованы в метасоматитах березит-лиственитовой формации, которые приурочены к долгоживущим линейным зонам повышенной трещиноватости.

2. Привнос золота в верхние горизонты был обусловлен эндогенными процессами, протекавшими в пределах неопротерозойской Келянской островной дуги, ответственными за формирование вулканитов ушмуканской свиты.

3. Золоторудное поле Мукодек сформировалось в результате ремобилизации золота из вулканитов ушмуканской свиты в зоны повышенной трещиноватости, образовавшиеся при неоднократных тектонических подвижках по Мукодекскому и Мукодекско-Янскому разломам на ранне-, позднебайкальском и раннепалеозойском этапах тектономагматической активизации.

Публикации и апробация работы. Автором по теме диссертации опубликовано 9 статей и тезисов докладов, в том числе 4 статьи в журналах из списка ВАК. Основные положения диссертации апробированы на различных научных конференциях: XXIV и XXV Всероссийские молодежные конференции «Строение литосферы и геодинамика» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2011 г., 2013 г.); III Всероссийская научная конференция «Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии» (ИГиП ДВО РАН, Благовещенск, 2014 г.); Всероссийская научная конференция с международным участием к 120-летию со дня рождения члена-корреспондента, профессора Ф.Н. Шахова «Благородные, редкие и радиоактивные элементы в рудообразующих системах» (ИГМ СО РАН, Новосибирск, 2014 г.); XII Всероссийская конференция «Эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту» (ИЗК СО РАН, Иркутск, 2014 г.).

Кроме этого, результаты исследований, проведенных соискателем, были включены в 2 отчета о результатах геолого-поисковых работ ФГУП ВНИИГеофизика ОП «Восточно-Сибирской экспедиции» 2012 и 2014 гг.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 76 наименований. Объем работы 125 с., рисунков 46, таблиц 3.

Благодарности. Автор выражает свою признательность и благодарность доктору геолого-минералогических наук Д.П. Гладкочубу, под научным руководством которого была выполнена настоящая диссертационная работа. При написании диссертации автор пользовался советами и поддержкой коллег: д.г.-м.н. А.М. Мазукабзова, д.г.-м.н. А.Т. Королькова, к.г.-м.н. Т.В. Донской, д.г.-м.н. К.Ж. Семинского, ведущего инженера Ю.П. Бурзуновой и мнс З.Л. Мотовой, которым выражается отдельная благодарность. Искренняя признательность выражается также коллегам по совместным разноплановым исследованиям золоторудных районов: В.Г. Молочному, А.С.Исакову.

Глава 1. ОБЗОР ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ РАЙОНА, ПЕРСПЕКТИВЫ КОРЕННОЙ И РОССЫШНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ

Геологические исследования района проводились с конца XIX века, когда в результате работ В.А. Обручева, П.И. Преображенского, В.К. Котульского, А.К. Майстера и др. были получены самые общие представления о геологическом строении Байкальского нагорья и сделаны предположения о потенциальной перспективности Мамского района на золото. Начатые в 20-е годы прошлого столетия геолого-поисковые работы на золото в Мамском районе завершились составлением кондиционных геологических карт масштабов 1:200 000 (Артемьев, 1967) и 1:50 000 (Тумольский, 1966). При выполнении геолого-поисковых работ в междуречье Прав. и Лев. Мама была выявлена магнитная аномалия, при заверке которой в 1963 году было открыто рудопоявление Мукодек (Губарь и др., 1968), а на сопредельной территории было обнаружено Правомамское проявление рудного золота (Артемьев, 1965). В начале 90-х годов прошлого века Мамско-Чуйской геологоразведочной экспедицией (Рожок, 1995) в пределах Правомамской перспективной площади были вскрыты и прослежены по простиранию первичные ореолы золота и маломощные рудные тела. В 2006–2008 гг. работы ФГУ НПП «Иркутскгеофизика» (Шеметов, 2008) позволили обосновать промышленную золотоносность кварц-анкеритовых метасоматитов в бассейне р. Прав. Мама. В 2006–2009 гг. Иркутским геологоразведочным предприятием, силами ООО «Ленгео» были проведены поисково-оценочные работы на золоторудном проявлении Мукодек (Исаков, 2009), позволившие установить основные параметры рудопоявления, подсчитать запасы золота по категории C_2 и P_1 . В 2009–2013 гг. ФГУП ВНИИГеофизика ОП «Восточно-Сибирская экспедиция» провела поисково-оценочные работы на территории Правомамской площади, в ходе которых была выявлена золотоносность протяженных минерализованных зон, выделено 21 золотоносное рудное тело, подготовлены ресурсы рудного золота по категориям P_2 и P_1 , даны рекомендации по проведению дальнейших ГРП. Соискатель принимал участие в геолого-поисковых работах на золоторудном проявлении Мукодек и Правомамской площади в период с 2007 по 2011 г.

Глава 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУДНОГО ПОЛЯ МУКОДЕК И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

В районе исследования распространены геологические образования, которые претерпели неоднократные метаморфические, гидротермально-метасоматические и дислокационные преобразования. В соответствии с современными представлениями (Шеметов, 2008; Молочный, 2012), на рассматриваемой территории выделяются итыкитская, ондокская, и авгольская свиты верхнего рифея (760 – 740 млн лет) (Неймарк, 1991), а также ушмуканская свита (Рожок, 1995) позднего рифея, являющаяся аналогом широко распространенной в Байкало-Муйском поясе келянской свиты, возраст которой составляет 824 ± 2 млн лет (Рыцк, 2001), и горбылякская свита верхнего рифея (Ревякин, 1966) (рис. 1). Отложения венда с угловым и стратиграфическим несогласием перекрывают позднерифейские образования и представлены породами холоднинской свиты (630 млн лет) (Станевич, 2011). Отложения четвертичной системы широко развиты в долинах крупных рек: Мама, Прав. Мама, Лев. Мама, Бол. Чуя. Магматические породы представлены образованиями (от древних к молодым): муйского и таллаинского комплексов рифея, а также конкудеро-мамаканского комплекса карбона.

В пределах рассматриваемой территории доказано проявление как минимум трех этапов метаморфической переработки пород: 780 млн лет, 590 млн лет и 470 млн лет (Рыцк, 1999, 2009, 2011), различавшихся своими пиковыми значениями. Термальные изменения пород сопровождались их интенсивными дислокационными складчатыми и разломными преобразованиями. Площадь золоторудного поля Мукодек расположена в пределах субфации хлорита фации зеленых сланцев. Характерно то, что на фоне региональных метаморфических преобразований пород широко распространены локальные полистадийные приразломные гидротермально-метасоматические изменения, в том числе золотоносные, березит-лиственитового и пропилитового типа. Осадочно-вулканогенные образования ушмуканской свиты, в процессе регионального метаморфизма частично перекристаллизованы и превращены в мелко- и тонкозернистые породы, нередко сохраняющие реликты миндалекаменных текстур и порфировых структур. Почти повсеместно породы ушмуканской свиты подвергнуты интенсивному динамометаморфизму, выразившемуся в тонком рассланцевании вплоть до милонитизации с последующим образованием ортосланцев и филлонитов. Динамометаморфизм сопровождался гидротермально-метасоматической проработкой пород, в результате которой образовались березиты, пропилиты, вторичные кварциты и кварц-карбонатные метасоматиты. Габброиды муйского комплекса мигматизированы, а гранитоиды этого комплекса перекристаллизованы с образованием бластических структур и гнейсовидных текстур. Габброиды таллаинского комплекса превращены в габбро-амфиболиты и амфиболиты. Гранитоиды конкудеро-мамаканского комплекса наименее изменены в процессе регионального

метаморфизма. Они полностью сохраняют свои первоначальные текстуры и структуры. Вторичные преобразования гранит-порфиров и риолит-порфиров проявились в мусковитизации и карбонатизации (анкеритизации) основной массы пород.

Глава 3. ГЛАВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ МУКОДЕК

Основными структурно-тектоническими единицами рудного поля Мукодек являются одноименный Мукодекский разлом и оперяющий его Мукодекско-Янский разлом, а также Правомамская синклиналь. Мукодекский разлом имеет четко выраженную линейную субширотную морфологию, восток-северо-восточное простирание и крутое падение ($60-70^\circ$) на север-северо-запад. В отдельных участках разлома наблюдается выполаживание до $45-30^\circ$. Этот разлом отчетливо трассируется вторичными ореолами рассеяния золота. Ширина зоны динамического воздействия, или зоны максимальной гидротермально-метасоматической проработки, варьируется от 500 до 1000 м. Мукодекско-Янский разлом является оперяющим по отношению к Мукодекскому разлому. Зона сочленения этих разломов располагается в пределах золоторудного участка Мукодек. Этот разлом также имеет хорошо выраженную линейную морфологию, восток-юго-восточное простирание и крутое падение ($70-85^\circ$) на юг.

Мукодекский и Мукодекско-Янский разломы выполняют раствороподводящую, рудоконтролирующую и рудолокализирующую функции. Кинематика блоковых перемещений по этим разломам изменялась в соответствии с геодинамическим развитием территории. Детально представления о кинематике перемещений вдоль этих разломов рассмотрены в главе 5. В продуктивной части, в области динамического воздействия Мукодекского разлома на Правомамском участке установлено три рудные зоны – Северная, Центральная и Южная. На уч. Мукодек к Мукодекско-Янскому разлому приурочена рудная зона № 1. В пределах зон вскрыты тела метасоматитов с промышленными концентрациями золота. Еще одной рудоконтролирующей структурой рассматриваемого района является Правомамская синклиналь, выполненная вулканогенно-осадочными отложениями ушмуканской свиты. Проведенный структурный анализ позволил выделить на территории золоторудного поля Мукодек дорудные, рудные и пострудные разломно-трещинные элементы структуры. Дорудные разломно-трещинные структуры проявились, вероятно, в раннебайкальский тектономагматический цикл. К таким структурам относится сланцеватость в безрудных породах, обусловленная влиянием Мукодекского разлома. Для сланцеватости безрудных пород, распространенных в зоне влияния этого разлома, характерно крутое падение ($55-70^\circ$) и азимут падения $330-350^\circ$. Для сланцеватости безрудных пород распространенных в зоне влияния Мукодекско-Янского разлома, характерно крутое падение ($70-80^\circ$) с азимутом падения $170-180^\circ$.

Рудный этап проявлен образованием разрывов и трещин следующих направлений: $340-350^\circ \angle 60-70^\circ$, иногда наблюдается выполаживание до $30-45^\circ$ и $180^\circ \angle 80^\circ$ и $90^\circ \angle 40^\circ$. Этот этап проявился, вероятно, в позднебайкальский тектономагматический цикл. Основной системой трещин является широтная система, проявленная интенсивным рассланцеванием и окварцеванием в метасоматитах. Окварцевание на начальном этапе развивалось по уже сформированной сланцеватости пород. Кварц этого этапа желтовато-серый, буровато-серый мелкозернистый, иногда массивный, часто переходит в сплошное прокварцевание. Характерно включение железистых карбонатов в ассоциации с мелкокристаллическим пиритом, агрегаты которого также ориентированы вдоль сланцеватости.

Азимут падения рудной сланцеватости в метасоматитах практически всегда отличается от азимута падения безрудной сланцеватости (вне зоны метасоматитов) на 10° . На этом же этапе происходило приоткрывание системы трещин и развитие прожилкового окварцевания, вплоть до формирования штокверкоподобных зон. Кварц белый, часто с включениями альбита и железисто-магнезиальных карбонатов. Сульфидная минерализация богатая, представлена крупнокристаллическим пиритом, пирротинном, халькопиритом, реже галенитом. В ходе геологических наблюдений сделан вывод о правосторонних движениях по главному Мукодекскому разлому. На это указывают зафиксированные в минерализованных зонах метасоматитов правосторонние складки волочения с азимутами падения осевых поверхностей $350-360^\circ \angle 30-50^\circ$, шарниры складок погружаются практически в этом же направлении и под теми же углами, что подтверждается реконструкцией полей напряжений, проведенной по методике М.В. Гзовского (Гзовский, 1963). К числу образованных на пострудном этапе следует относить разрывные нарушения сколового типа 2-го порядка, зафиксированные при массовых замерах «немой» трещиноватости на уч. Правомамский:

$20^\circ \angle 90^\circ$ левый сдвиг; $140^\circ \angle 90^\circ$ правый сдвиг и $160^\circ \angle 70^\circ$ сброс.

Для анализа разломно-трещинных систем на предмет принадлежности к зоне действия скальвающих напряжений был применен структурно-парагенетический метод анализа приразломной трещиноватости (Семинский, 2005) (рис. 2). Фактическим материалом для парагенетического анализа послужили статистические массовые замеры трещиноватости на трех участках, расположенных в пределах зоны Мукодекского разлома. В целом, подводя итог по этим трем участкам, можно отметить, что в результате парагенетического анализа трещиноватости вблизи Мукодекского разлома выделено несколько типов полей напряжений, которые могли иметь место в истории развития разломной зоны: древнее поле сжатия и поле левого сдвига (раннебайкальский этап), поле растяжения и поле правого сдвига (позднебайкальский этап). В раннепалеозойский этап, согласно описанным диаграммам

трещиноватости, в рудном поле сохранялись правосторонние движения сбросо-сдвигового характера.

Характеристика рудных зон

Основным морфологическим типом золотого оруденения в пределах рудного поля Мукодек являются рудные зоны, которые представляют собой совокупность золотоносной анкерит-кварцевой, кварцевой жильно-прожилковой минерализации, прожилково-вкрапленной и вкрапленной сульфидной (главным образом пиритовой) минерализации. Рудные зоны, в свою очередь, парагенетически и пространственно связаны с зонами линейных дислокаций (ЗЛД), приуроченных к Мукодекскому и Мукодекско-Янскому разломам. В ЗЛД наиболее интенсивно проявлены процессы гидротермально-метасоматического изменения пород, катаклаза, бластеза, и именно в их контурах локализованы все тела золотоносных метасоматитов.

Внутренняя структура ЗЛД характеризуется интенсивным развитием элементов линейных дислокаций: сланцеватости и рассланцевания пород и сопряженной с ними мелкой складчатости, метаморфической (метасоматической) полосчатости, секущих и согласных со сланцеватостью кварцевых и кварц-анкеритовых прожилков, зон брекчирования и будинажа, других продуктов дислокационного метаморфизма. Прожилки часто отмечаются в шарнирах мелких складок и возникающих при их формировании трещинах отрыва. Редкие кварцевые жилы имеют мощность от нескольких десятков сантиметров до, в редких случаях, 1–3 метров, непротяженны по простиранию и падению и обычно убого минерализованы либо безрудны.

В строении рудных зон наблюдаются признаки латеральной и вертикальной зональности. Особенностью периферических частей является катаклаз, перекристаллизация, формирование бластокатаклазитовой структуры и частичное замещение исходной породы агрегатом вторичных минералов – мелко-вкрапленным «бурым» шпатом, листоватым зеленым хлоритом (если зона развивается по основным эффузивам). Кроме того, на периферии зон часто формируются тонколистоватые филлитовидные мусковит-кварцевые тектоносланцы (по породам исходно кислого состава). Центральные части зон представлены метасоматитами серицит(фуксит)-альбит-анкерит-кварцевого состава, в различной степени сульфидизированными. Отмечается увеличение содержаний пирита с глубиной. Геологические границы проявления золоторудной минерализации совпадают с границами тел метасоматитов.

Метасоматиты на рассматриваемой территории представлены двумя генерациями. Метасоматиты первого (раннего) этапа (рис. 3, а) сложены мелко-, среднезернистым агрегатом серицит-анкерит-альбит-кварцевого состава. Метасоматиты второго (позднего) этапа представлены крупнокристаллическим кварц-анкеритовым агрегатом (рис. 3, б). Отмечается нагнетание кварц-анкеритовых метасоматитов в замковую часть малых структурных форм.

Анализ распределения золота в породах, представленных на рассматриваемой территории, показал, что все промышленные содержания золота связаны лишь с метасоматитами, образованными по вулканитам ушмуканской свиты. Содержания золота в метасоматитах по вулканогенно-осадочной толще достигают 20–36 г/т, за редким исключением 70 г/т (Молочный, 2012). В метасоматитах по габброидам содержания золота не превышают 0.8 г/т. В метасоматитах по гранитоидам муйского комплекса, несмотря на то, что отмечаются единичные пробы с содержаниями до 2.0 г/т., не представляется возможным выделить рудные тела, соответствующие кондиционным параметрам. Всего в пределах золоторудного поля Мукодек (ЗРПМ) выделены семь рудных зон, в четырех из которых имеются рудные тела с промышленными запасами рудного золота.

Глава 4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД РУДНОГО ПОЛЯ

В главе рассмотрена петрография и вещественный состав всех разновидностей пород, представленных на площади ЗРПМ, однако отдельный акцент сделан на описании пород, с которыми связано золотое оруденение, а именно рудных метасоматитов (рис. 3) и метавулканитов ушмуканской свиты.

В пределах золоторудного поля Мукодек распространены золотоносные метасоматиты, представленные светло-серыми, светло-зеленоватыми (желтовато-красными в зоне гипергенеза) слюдисто-кварц-альбит-карбонатными породами. В состав основной массы метасоматитов входит плагиоклаз (альбит, олигоклаз), слюды (мусковит, серицит, хлорит, фуксит), карбонаты (анкерит, доломит), кварц. Петрографическими наблюдениями в метасоматитах выделяется кварц трех морфогенетических типов: 1) крупнокристаллический кварц жильно-прожилкового типа, который характерен для метасоматитов второго этапа, с этим кварцем парагенетически связан крупнокристаллический анкерит; 2) кварц тонкопрожилковый, серый, «льдистый», связанный с метасоматитами первого (раннего) этапа и ассоциирующий с мелкой вкрапленностью «бурых шпатов»; 3) метасоматический гранобластовый кварц, «пропитывающий» исходный субстрат и образующий тонкие прожилки, характерный для периферии зоны метасоматитов. Отмечается полистадийное метасоматическое преобразование исходных пород, отражением чего является образование катакластической структуры, оруденение, окварцевание, анкеритизация, мусковитизация, хлоритизация и кальцитизация. Под влиянием давления зёрна минералов частично обдавлены, иногда растянуты, имеют очково-линзовидный облик. Дробление и брекчирование породы объясняются тем, что метасоматиты в пределах рудного поля приурочены к зонам долгоживущих разломов, подвижки по которым происходили и в пострудный этап. Гипергенные изменения проявлены лишь в приповерхностных частях минерализованных зон. Окисленные руды присутствуют в приповерхностных условиях и как самостоятельный промышленный тип значения не имеют.

Рудная минерализация представлена пиритом, халькопиритом, галенитом двух генераций, сфалеритом, гематитом, лимонитом, молибденитом и пирротинном.

Аналитические данные свидетельствуют о неравномерном распределении золота в руде. По данным минералогического анализа проб-протолочек и шлихов доля «знаков» крупного золота (0.1–3.0 мм) превышает 70 %. Золото самородное, свободное – встречается в большей части проб-протолочек, отобранных из метасоматитов рудных зон и из рыхлых отложений над ними. По данным минералогических наблюдений, размеры золотин варьируются от мельчайших «пылинок» и пленок (менее 0.05 мм) до 1.5–3.0 мм. Преобладающий размер 0.1–0.3 мм. Количество знаков в отдельных пробах-протолочках превышает 300 шт., в среднем 10–20 знаков. Золото неокатанное, рудного облика. Крайне редко в шлиховых пробах из рыхлых отложений встречаются золотины, степень окатанности которых составляет 10–20 %. Цвет золота в основном ярко-желтый, реже – красновато-желтый (возможно, из-за налетов гидроокислов железа). Поверхность чистая, с сильным металлическим блеском. Невооруженным глазом самородное золото отмечается в крупнокристаллическом сером, льдистом кварце в ассоциации с мелкокристаллическим галенитом, гематитом, пиритом и в виде включений в пирите в метасоматитах ранней (первой генерации) и поздней стадий (второй генерации). Отмечены следующие формы самородного золота (по мере встречаемости): мелкие чешуйки и пленки; угловато-комковидное с бугристой поверхностью и острыми краями; жилковидно-пластинчатое с многочисленными острыми и пластинчатыми отростками сложной изогнутой формы; таблитчатое (пластинчатое) с ровной, гладкой поверхностью и острыми, тонкими, иногда зазубренными краями; проволоковидное, дендритовидное; округлые мелкие выделения, представляющие собой плохо сформировавшиеся октаэдры.

Полученные данные позволяют отнести руды ЗРПМ к золото-сульфидно-кварцевой прожилково-вкрапленной формации убогосульфидного, преимущественно пиритового типа.

Разрез ушмуканской свиты характеризуется переслаиванием метаморфизованных вулканитов, которые представляют собой кварц-амфибол-эпидотовые, хлорит-амфибол-кварц-эпидотовые, хлорит-серицит-кварцевые и мусковит-эпидот-кварцевые ортосланцы. Исследованные породы принадлежат к базальт-андезит-дацитовый серии нормальной щелочности (рис. 4, а). Присутствие в разрезах дифференцированного ряда пород, вулканиты основного состава которого относятся как к толеитовой, так и к известково-щелочной серии, низкие содержания в породах TiO_2 , FeO^* , их умеренная магнезиальность и положение точек составов метавулканитов на диаграмме $FeO^* - MgO$ свидетельствуют в пользу принадлежности рассматриваемых метавулканитов к островодужной ассоциации. Проанализированные основные ортосланцы обнаруживают чрезвычайно низкие содержания Nb (1.42–2.65 г/т) и редкоземельных элементов (сумма РЗЭ = 16.6–52.4 г/т) (рис. 4, б), что также является

отличительной чертой островодужных базальтов. Изученные породы характеризуются хорошо выраженными отрицательными аномалиями по Nb ($Nb/Nb^* = 0.26-0.63$) и Ti ($Ti/Ti^* = 0.33-0.82$) при положительных пиках по Sr на мультиэлементных спектрах. Эти породы обнаруживают относительно высокие значения Ce/Nb (3.7–6.8) и Th/Nb (0.2–1.1) и на диаграмме Ce/Nb – Th/Nb (Saunders et al., 1988) располагаются вблизи поля базальтов островных дуг, показывая, что в источнике этих основных ортосланцев присутствовал субдукционный компонент SDC. На диаграмме Zr/Nb – Nb/Th (Condie, 2005) практически все точки составов проанализированных основных ортосланцев попадают в поле базальтов островных дуг. Близкие значения отношений несовместимых элементов в основных и кислых ортосланцах могут свидетельствовать о формировании этих пород из единого субдукционно-обогащенного источника. Магнезиальный состав кислых ортосланцев свидетельствует о высокой активности H_2O при их формировании, что является типичной характеристикой вулканитов кислого состава, формирующихся в субдукционных обстановках. Специфической характеристикой проанализированных кислых ортосланцев являются повышенные содержания Y (13–29 г/т) и Yb (0.99–2.74 г/т), что свидетельствует о том, что формирование данных пород происходило при невысоких давлениях и отсутствии граната в рестите. Таким образом, обобщая изложенные выше данные по геохимии ортосланцев ушмуканской свиты, можно сделать вывод об островодужной природе данных первично вулканогенных образований и их формировании в надсубдукционной геодинамической обстановке.

Применительно к рассмотрению вещественного состава и геодинамической интерпретации условий образования метавулканитов ушмуканской свиты необходимо отдельно остановиться на возможной роли этих пород как вероятного поставщика ювенильного золота в верхние горизонты земной коры. Как известно, в породах островодужной ассоциации отмечаются существенно повышенные относительно кларковых содержания золота (обзор в (Богатиков, 1987; Ярмолюк, Коваленко, 1991)). Стоит отметить, что в пределах рудного поля Мукодек промышленные содержания золота зафиксированы лишь в березит-лиственитовых метасоматитах золото-кварц-сульфидной формации, образованных по метавулканитам ушмуканской свиты. Содержания золота в этих метасоматитах достигают 20–36 г/т, а порой и 70 г/т. В то же время содержания золота в метасоматитах, развивающихся по габброидам и гранитоидам муйского комплекса, не превышают 0.8 г/т и 2.0 г/т, соответственно. Однако для гранитоидов, даже несмотря на относительно повышенные по сравнению с кларком концентрации золота, не представляется возможным выделить рудные тела, соответствующие кондиционным параметрам. Принимая во внимание отмеченную особенность локализации золота на изученной территории, можно предположить, что именно метавулканиты

ушмуканской свиты, имеющие отчетливую островодужную специфику, могли явиться источником золота для рудных объектов золоторудного поля Мукодек.

Глава 5. ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ МУКОДЕК

В плане металлогенического анализа территория, на которой размещается золоторудное поле Мукодек, рассматривается в качестве регионального металлогенического пояса (Семинский, 2006), или Баргузино-Муйской структурно-металлогенической зоны (Золото Бурятии, 2000), которая в совокупности с Ирбо-Юбилейным рудным полем формирует Северо-Байкальский золоторудный район (Корольков, 2007). В пределах района наиболее изученными являются Каралонский рудный узел и Ирокиндинское месторождение. В первом случае рудовмещающими образованиями являются вулканиты островодужного типа (каралонская свита), а размещение оруденения контролируется Каралон-Кондинским глубинным разломом (Корольков, 2007). Во втором – золотое оруденение приурочено к высокометаморфизованной раннедокембрийской гнейсовой толще, а его локализация контролировалась сдвиговыми перемещениями по зоне Келяно-Ирокиндинского разлома, имевшими место на фоне сочленения Муйского кратонного террейна с террейнами островодужной природы.

Золоторудное поле Мукодек (Ванин, 2014а) по ряду параметров обнаруживает определенные черты сходства с Каралонским рудным узлом, однако при этом обладает собственными особенностями формирования. Проведенное соискателем детальное геолого-структурное и металлогеническое изучение этого объекта позволило выявить три основных этапа развития ЗРПМ, соответствующих пикам проявления в регионе магматических и метаморфических событий.

На раннебайкальском этапе (0.90–0.63 млрд лет) эндогенная активность в регионе была обусловлена процессами заложения и развития Келянской островной дуги, в пределах которой произошло формирование мощной вулканической базальт-андезит-дацит-риолитовой келянской толщи (824 млн лет) (Рыцк, 2007), в состав которой входит и ушмуканская свита, демонстрирующая существенно повышенные, относительно кларка, содержания золота. Таким образом, предполагается, что ответственными за привнос золота в верхние горизонты коры являлись вулканиты ушмуканской свиты. Несколько позже в структуру Кулянского террейна внедрились габброиды и плагиограниты муйского интрузивного комплекса (812 млн лет) (Рыцк, 2007) и произошло заложение зоны Мукодекского разлома как левосдвиговой структуры латерального выжимания (сдвиговой границы террейна), ограничивающей с северо-запада (в современных координатах) Келянский островодужный террейн. На этом этапе в пределах рассматриваемой площади преобладало субмеридиональное сжатие, о чем свидетельствуют результаты парагенетического анализа трещиноватости вблизи Мукодекского разлома, выполненного соискателем. Амплитуда левосдвиговых движений по Мукодекскому разлому

составляла около 2.3 км, на что указывает смещение мелких тел габброидов позднерифейского муйского комплекса, ориентированных субсогласно со складчатостью в северо-восточном направлении. Тектонические подвижки раннебайкальского этапа сопровождались интенсивным метасоматозом, что способствовало экстракции золота из вулканических пород ушмуканской свиты во флюидные системы, контролируемые зонами разломов и трещиноватости.

На позднебайкальском этапе (до 0.59 млн лет) произошла аккреция разрозненных террейнов в структуру Байкало-Муйского пояса и их причленение к южному флангу Сибирского кратона (Гордиенко, 2006). В пределах ЗРПМ этот этап был отмечен деформациями в зонах Мукодекского и Мукодекско-Янского разломов, которые характеризуются развитием приразломных зон расланцевания в рудных метасоматитах первой генерации. Эти зоны расланцевания ориентированы на северо-восток при угле падения 50° на север (Мукодекская система) и на восток при падении на юг под углом $65\text{--}80^\circ$ (Мукодекско-Янская система). В это же время произошло внедрение габброидов таллаинского комплекса (604 млн лет) (Рыцк, 2007), локализованных вблизи Мукодекского разлома, и их метаморфическая переработка (590 млн лет) (Рыцк, 2011). Для позднебайкальского этапа фиксируются правосторонние сдвиго-сбросовые смещения по Мукодекскому разлому и левосторонние сдвиго-сбросовые смещения по Мукодекско-Янскому разлому, т.е. произошла смена полей напряжений в пределах ЗРПМ. Отражением этих событий на прилегающих территориях может служить заложение рифтогенного Олоkitского прогиба, который развит несколько севернее Мукодекского разлома. Непосредственно в районе исследований смена полей напряжения выразилась в изменении сдвиговых движений по Мукодекскому разлому со сжатия раннебайкальского этапа на растяжение (сброс) с элементами правосторонних смещений. Эти изменения привели к приоткрыванию трещин, заполнению их гидротермальными растворами, обогащенными золотом, т.е. к переотложению рудного компонента из вулканитов ушмуканской свиты в зоны повышенной трещиноватости. Таким образом, на завершающей стадии позднебайкальского этапа были образованы рудные тела первого этапа (первой генерации), согласные с простиранием Мукодекского (Правомамский участок) и Мукодекско-Янского (участок Мукодек) разломов.

События раннепалеозойского этапа (470 млн лет) были обусловлены причленением Баргузино-Витимского супертеррейна к фронтальной части Байкало-Муйского пояса (Добрецов, Буслов, 2007; Рыцк, 2009) по механизму косой коллизии, сопровождавшимся масштабными сдвиговыми перемещениями вдоль разломов северо-восточного простирания, в том числе Мукодекского и Мукодекско-Янского. На этом этапе были сформированы метасоматиты второго этапа (второй генерации), обогащенные рудным компонентом за счет частичной ремобилизации золота, поступившего в верхние горизонты коры на

раннебайкальском этапе. Для Мукодекского разлома на этом этапе по результатам парагенетического анализа (глава 3) фиксируются сдвиго-сбросовые смещения с правосторонней сдвиговой составляющей.

Эндогенная активность позднего палеозоя на площади ЗРПМ проявилась внедрением гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса (320 млн лет) (Неймарк, 1993), не сопровождавшимся существенными метаморфическими процессами и масштабными перемещениями блоков вдоль зон позднерифейских разломов, активизированных в раннем палеозое. На этом этапе происходило формирование поздних безрудных (молочно-белых) кварцевых жил, а эпигенетические процессы выразились в мусковитизации даек риолит-порфиров конкудеро-мамаканского комплекса. Таким образом, можно предположить, что внедрение позднепалеозойских гранитоидов и комагматичных им риолит-порфиров хоть и оказало определенное термальное воздействие на геологические комплексы позднедокембрийской рамы, но не сыграло существенной роли в формировании золотой минерализации золоторудного поля Мукодек (Ванин, 2014а).

Признаки и факторы контроля золотого оруденения на площади (на примере золоторудного поля Мукодек)

Проведенные исследования позволили выделить определенные критерии, которые могут быть использованы при проведении геологоразведочных работ, направленных на обнаружение золоторудных метасоматитов, приуроченных к долгоживущим разломным зонам:

1. Структурно-литологические:

- расположение золоторудных зон в лежащем крыле тектонизированного контакта метавулканитов ушмуканской свиты с габброидами муйского (участок Мукодек) и таллаинского (участок Правомамский) интрузивных комплексов;

- локализация тел золотоносных метасоматитов в пределах северо-восток-восточных зон линейных дислокаций (ЗЛД), где простирание этих разломов в плане флексуобразно меняется от субширотного до северо-восточного, а падение – от крутого (65–70°) до более пологого (30–45°);

- в отношении литологического фактора необходимо отметить «сквозной» характер ЗЛД, которые могут развиваться по породам различного состава (габброиды, основные и кислые эффузивы, плагиограниты, парасланцы), но промышленные содержания золота встречаются лишь в ЗЛД, развитым по метавулканитам островодужной природы (в данном конкретном случае – по вулканитам ушмуканской свиты). Следует подчеркнуть, что в отдельных случаях золотое оруденение проявлено и в плагиогранитогайсах муйского комплекса, однако рудные тела с промышленной минерализацией в метасоматитах по этим породам не отмечены.

2. Гидротермально-метасоматические:

- развитие процессов хлоритизации и «бурошпатизации» на периферии минерализованных зон как отражение стадийности их формирования и зональности строения;

- проявление процессов лиственитового и березитового типа с образованием легко диагностируемых метасоматитов пирит-серицит(фуксит, мусковит)-альбит-анкерит-кварцевого состава, локализирующих золотое оруденение.

3. Экзогенные:

- формирование над полями развития гипергенных процессов в зонах золоторудной минерализации характерных «рыжих» лимонитовых суглинков;

- наличие шлиховых ореолов золота в склоновых отложениях как прямой признак золотого оруденения.

4. Геохимические:

- отражение в поле геохимических аномалий вторичных ореолов рассеяния золота зон золоторудной минерализации.

5. Минералогические:

- наличие рудной минерализации вкрапленного и прожилково-вкрапленного типа: пирита, халькопирита, галенита, лимонита, гематита;

- наличие нерудной минерализации: анкерита, доломита и кварца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных работ изучено геологическое строение района размещения золоторудного поля Мукодек, выполнен структурный анализ, позволивший выделить дорудные, рудные и пострудные разломно-трещинные элементы, охарактеризованы составы метаморфизованных вулканитов ушмуканской свиты и разнообразных метасоматитов, а также получены данные о характере распределения золота в различных группах пород, располагающихся на площади рудного поля. Кроме этого, на конкретных примерах обоснована связь промышленного оруденения с позднебайкальским и раннепалеозойским этапами структурной перестройки, показана приуроченность золоторудных тел к долгоживущим линейным зонам повышенной трещиноватости и предложена модель формирования золоторудного поля Мукодек.

Синтез полученных результатов позволил соискателю выделить ряд поисковых критериев, которые могут быть использованы в практике геологоразведочных работ, направленных на обнаружение золоторудных метасоматитов, приуроченных к долгоживущим разломным зонам.

**Список работ, опубликованных по теме диссертации в изданиях, рекомендованных
ВАК:**

1. **Ванин В.А.**, Гладкочуб Д.П. Геология и этапы формирования золоторудного поля Мукодек (Северное-Прибайкалье) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № 3(1). С. 50–54.

2. **Ванин В.А.**, Гладкочуб Д.П., Корольков А.Т. Особенности формирования золотого оруденения типа «Мукодек» (Северное Прибайкалье) // Известия Иркутского государственного университета. 2014. Т. 9. С. 42–54.

3. **Ванин В.А.**, Гладкочуб Д.П., Корольков А.Т., Бурзунова Ю.П. Геолого-структурная модель формирования золоторудного поля Мукодек // Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. (в печати).

4. Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Станевич А.М., Донская Т.В., Мотова З.Л., **Ванин В.А.** Возрастные уровни и геодинамические режимы накопления докембрийских толщ Урикско-Ийского грабена, юг Сибирского кратона // Геотектоника. 2014. № 5. С. 17–31.

в других изданиях:

1. **Ванин В.А.**, Гладкочуб Д.П., Донская Т.В. Неопротерозойская островодужная ассоциация золоторудного поля Мукодек // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5, №. 3. С. 743–762.

2. **Ванин В.А.** Мукодекский тип золотого оруденения (Северное Прибайкалье) // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXIV Всероссийской молодежной конференции. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2011. С. 70–71.

3. **Ванин В.А.** Рудоконтролирующая роль гранитогнейсовых куполовидных структур золоторудного поля Мукодек // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXV Всероссийской молодежной конференции. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С. 44–45.

4. **Ванин В.А.**, Гладкочуб Д.П., Корольков А.Т., Бурзунова Ю.П. Геолого-структурная модель формирования золоторудного поля Мукодек // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: III Всероссийская научная конференция. – Благовещенск: Изд-во ИГиП ДВО РАН, 2014. С. 66–69.

5. **Ванин В.А.**, Гладкочуб Д.П. Особенности размещения золоторудной минерализации в пределах рудного поля Мукодек (Северное Прибайкалье) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещания. Вып. 12. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2014. С. 40–41.

Подписано в печать 20.10.2014 г. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать RISO.
Усл. печ. л. 0.8. Уч.-изд. л. 1. Тираж 110 экз. Заказ 6. Отпечатано в ИЗК СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

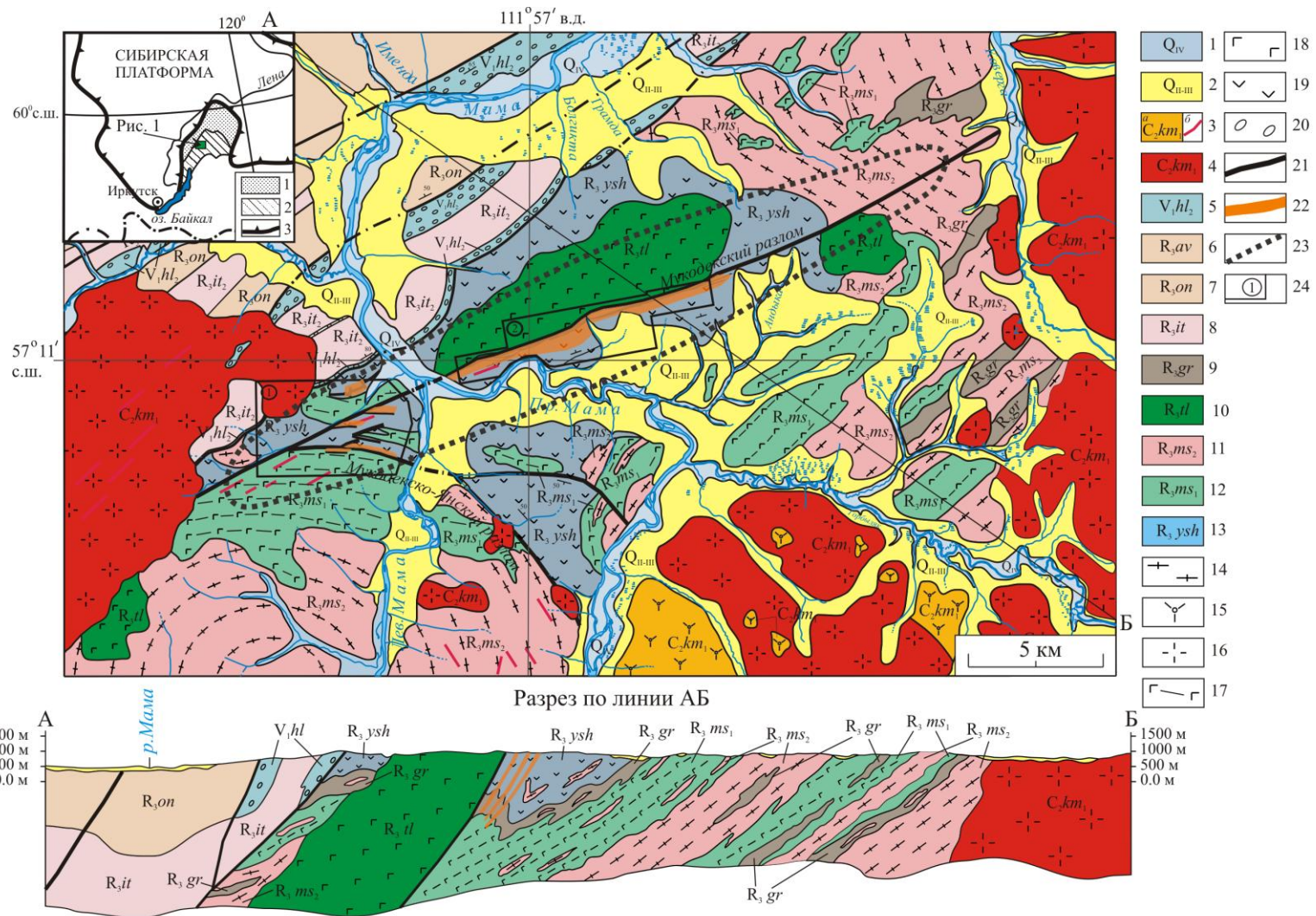


Рис. 1. Геологическая карта рудного поля Мукодек

1 – современные валунно-галечные и песчаные аллювиальные отложения русел и пойм; 2 – средне и верхнечетвертичные отложения объединённые; 3–4 –конкудеро-мамаканский комплекс: 3 – амфиболовые, биотит-амфиболовые и биотитовые граниты, 4 – среднезернистые сиениты; 5 – холоднинская свита; 6 – авгольская свита; 7 – ондокская свита; 8 – итыктская; 9 – горбылякская свита; 10 – талланский комплекс; 11–12 – муйский комплекс, 11 – 2 фаза; 12 – 1 фаза; 13 – ушмуканская свита; 14 – плагиогранито-гнейсы; 15 – сиениты; 16 – граниты; 17 – полосчатое габбро; 18 – габбро; 19 – вулканы; 20 – конгломераты; 21 – тектонические нарушения; 22 – зоны золотоносных метасоматитов лиственит-березитовой формации слюдисто-карбонатно-кварцевого состава; 23 – примерные границы золоторудного поля Мукодек; 24 – границы участков детализации: 1 – Мукодек, 2 – Правомамский. На врезке показано положение Байкальской складчатой области. 1 – внешний Байкало-Патомский складчатый пояс; 2 – внутренний Байкало-Муйский складчатый пояс; 3 – тектонические границы Сибирской платформы.

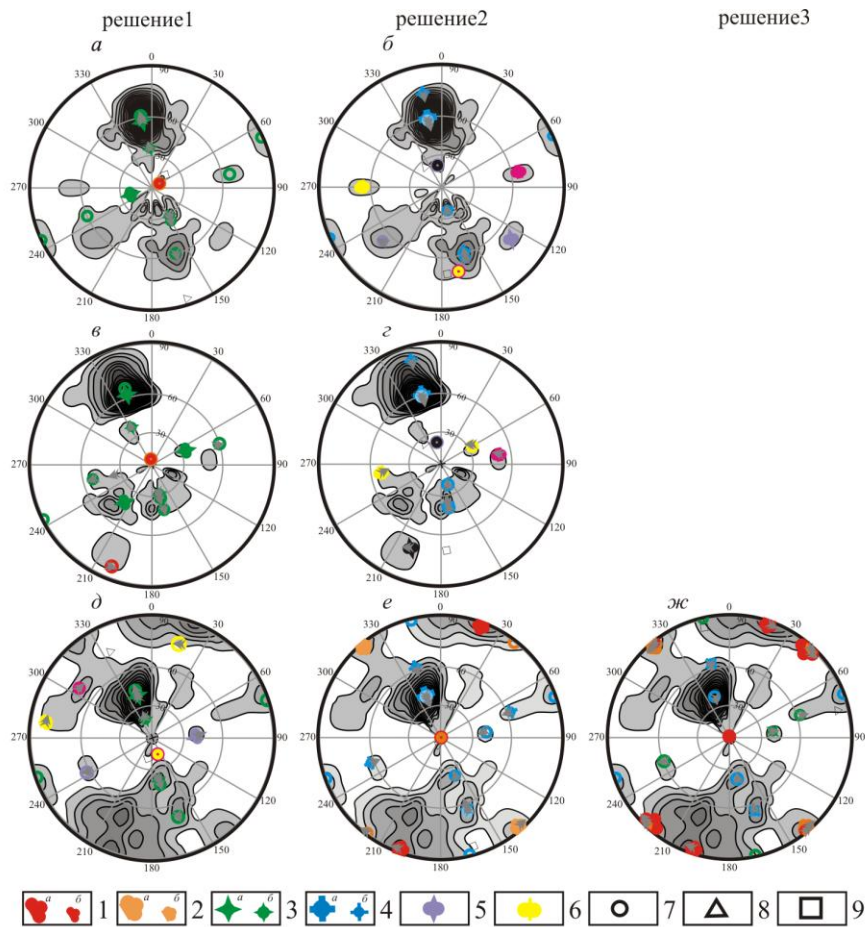


Рис. 2. Структурно-парагенетический анализ трещиноватости и его результаты.

1 – полюс левосдвигового сместителя 1-го (а) или 2-го (б) порядка; 2 – полюс правосдвигового сместителя 1-го (а) или 2-го (б) порядка; 3 – полюс взбросового сместителя 1-го (а) или 2-го (б) порядка; 4 – полюс сбросового сместителя 1-го (а) или 2-го (б) порядка; 5 – полюс взбросо-сдвигового сместителя; 6 – полюс сбросо-сдвигового сместителя; 7 – полюсы второстепенных и дополнительных систем трещин (цвет знака соответствует цвету главной системы тройственного парагенезиса); 8 – ось максимального сжатия; 9 – ось растяжения

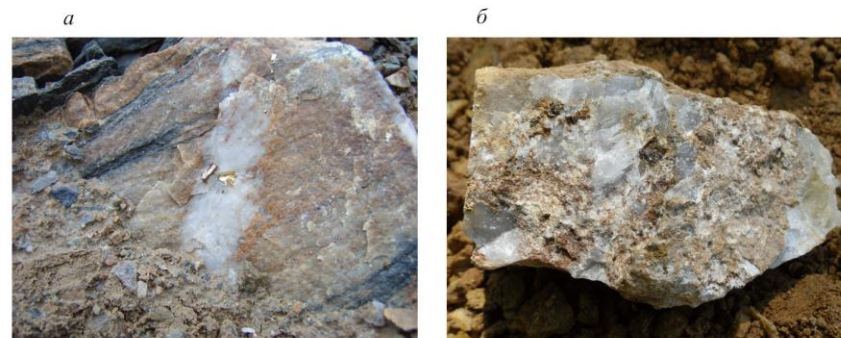


Рис. 3. Метасоматиты раннего этапа (а), метасоматиты позднего этапа (б)

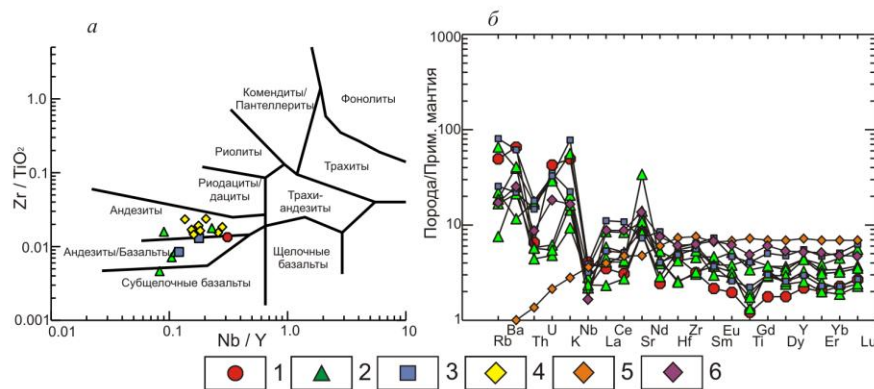


Рис. 4. Классификационная диаграмма $Zr/TiO_2 - Nb/Y$ [Winchester, Floyd, 1977] (а); мультиэлементные спектры, нормализованные к составу примитивной мантии [Sun, McDonough, 1989] (б) для метаморфизованных вулканитов ушмуканской свиты.

1 – кварц-амфибол-эпидотовые ортосланцы, 2 – хлорит-амфибол-кварц-эпидотовые ортосланцы, 3 – хлорит-серицит-кварцевый ортосланцы, 4 – мусковит-эпидот-кварцевые ортосланцы, 5 – базальты срединно-океанических хребтов [Sun, McDonough, 1989]; 6 – низкокалийевый базальт островной дуги [Иванов и др., 2008].