

На правах рукописи



ПОЛЕВА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА

**ГЕОЛОГИЯ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД
МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЛАГОДАТНОЕ
(ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)**

Специальность 25.00.11 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» (по геолого-минералогическим наукам)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Красноярск – 2011

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» на кафедре «Геологии, минералогии и петрографии» Института горного дела, геологии и геотехнологий

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Сазонов Анатолий Максимович

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук

Корнев Трофим Яковлевич

кандидат геолого-минералогических наук

Динер Алексей Эдуардович

Ведущая организация: «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Институт природных ресурсов.

Защита диссертации состоится «08» апреля 2011 г. в 10 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.099.09 в «Институте горного дела, геологии и геотехнологий» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» по адресу: 660025, г. Красноярск, пер. Вузовский, 3, аудитория 237.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Автореферат диссертации разослан: «_____» марта 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. геол.-минерал. наук



М.В. Вульф

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Добыча золота одна из ведущих отраслей экономики России. Лидером российской золотодобычи в последнее десятилетие является Красноярский край (на 2007 г. – 43,2 т www.mineral.ru), несмотря на существенное сокращение добычи драгоценного металла (в крае и России в целом) из-за постепенного истощения ресурсной базы, а также дисбаланса между ростом объемов добычи и темпами возмещения запасов.

Одним из регионов с широко распространенными месторождениями коренного золота (эксплуатация которых ведется с 1884 года) является Енисейский край, но по масштабам большинство месторождений мелкие (за исключением единичных крупных и средних) и уже отработаны, законсервированы или будут отработаны в скором времени, что вынуждает постоянно искать новые месторождения в экономически освоенных районах с большими запасами и технологичными рудами.

Рудопоявление Благодатное, открытое в 1967 г. М.В. Крысиным в процессе геологической съемки масштаба 1:50 000, только после постановки систематических поисковых работ и опробования силами геологической службы ЗАО «Полус» оценено как крупное месторождение. Переоценен ранее выявленный северный участок и обнаружен новый – южный, включающий 4/5 запасов всего месторождения. В 2005 г защищены запасы по категории В+С₁+С₂, составившие 222,4 т Au со средним содержанием его в руде 2,4 г/т [www.polyusgold.com, www.mineral.ru]. В настоящее время ведется опытная эксплуатация месторождения [«Третий полюс планеты», www.geonews.com, www.mineral.ru, www.polyusgold.com].

По данным компании «Полус Золото» месторождение Благодатное занимает 7-е место в списке крупнейших месторождений золота в России. При этом рудное золото извлекается простым цианированием, а само месторождение расположено в зоне традиционной золотодобычи с развитой инфраструктурой.

Цели и задачи исследования. *Целью* диссертационной работы является геолого-петрографическое изучение месторождения, исследование вещественного состава руд, их возраста и условий образования. В связи с этим решались **основные задачи:**

1. Структурно-петрологическое картирование месторождения в опорных разрезах;
2. Минералого-петрографическое изучение рудоносной минерализованной зоны: петрография; рудная минералогия; выделение рудных минеральных ассоциаций, минералогических типов руд;
3. Определение термодинамических условий, стадийности и возраста метаморфизма, минерало- и рудообразования.

Фактический материал, методы исследования и личный вклад в решение проблемы. В основу диссертационных исследований положен *фактический материал*, полученный при выполнении НИР в ГОУ ВПО «ГУЦМиЗ» по контракту ГГМ-022-1 с ЗАО «Полюс» в 2001-2003 гг. по теме «Геолого-петрографическая характеристика и вещественный состав руд рудопроявления Благодатное» в рамках проекта «Поиски и оценка рудного золота на Олимпиадинской площади на 1998-2002 гг» и исследований по гранту НШ-2213.2003.8 (Президентский грант) и проекту 15 G 290 (Индивидуальный грант (стипендия) Красноярского краевого фонда науки для молодых ученых Красноярского края на 2005 год 15G).

Автором в процессе полевых работ 2002 г., под руководством А.М. Сазонова, проведена повторная документация керна скважин (1075 м из 4684 м) по опорным поисковым разрезам, собрана коллекция горных пород, развитых на территории рудного поля, руд и окolorудно измененных пород. В 2002-2004 гг. выполнено минералого-петрографическое изучение пород и руд (720 шлифов., в т.ч. 550 шл. по скважинам и 170 по маршрутам; 141 аншлиф, 52 протопочки), разработана и составлена электронная база геолого-петрографических и минералогических данных по месторождению, проведена статистическая обработка геологической и минералого-петрографической информации. Составлены схемы геологического строения месторождения, геологические и минералого-геохимические планы и разрезы. Уточнена стадийность минералообразования и изучен типоморфизм рудных минералов, проведено исследование кристалломорфологии и скульптур кристаллических граней пиритов и арсенопиритов, а также охарактеризована зональность в их распределении, обобщены материалы по абсолютным датировкам процессов породо- и рудообразования Енисейского кряжа, выполнены качественные изотопно-геохимические исследования пород и руд месторождения. Проанализированы и обобщены геохимические и геофизические материалы ЗАО «Полюс» и сотрудников кафедры Геологии, минералогии и петрографии ИГДГиГ СФУ.

Комплекс петрохимических исследований по метаморфическим породам месторождения базировался на данных 143 силикатных (РФА) анализов (ИГиМ СО РАН, г. Новосибирск, аналитик А.Д. Киреев), охватывающих практически все разновидности горных пород из вмещающей толщи и собственно золотоносных руд.

РТ-условия метаморфизма получены на основании данных по термобарометрии 177 анализов, в том числе, гранатов (67 ан.), темных слюд (38 ан.), мусковита (31 ан.), хлоритов (17 ан.), ставролита (7 ан.), плагиоклазов (9 ан.), хлоритоидов (5 ан.) и карбонатов (3 ан.). Микрорентгеноспектральные определения минералов (138 анализов) проводились на микрозонде Camebax Micro в ИГиМ СО РАН (аналитик Хмельникова О.С.). Для получения РТ-результатов проводилось сопоставление составов сосуществующих минералов, использовались

различные программы обработки данных (GPT), диаграммы, геотермометры и геобарометры.

Для определения возрастных рубежей и природы источника вещества изучены особенности изотопного состава Rb, Sr, Sm и Nd (6 валовых проб главных разновидностей кристаллических сланцев, 12 монофракций мусковита, биотита, флюорита). Измерения были проведены в ИГГД РАН г. Санкт-Петербурга на масс-спектрометре Finnigan MAT-261 методом изотопного разбавления. Для анализа использовались фрагменты керна, претерпевшие минимальное влияние процессов поверхностного выветривания и характеризующие различные по продуктивности участки руд и вмещающих пород. Полученные данные были обработаны при помощи программы «IZOPLOT» при 2σ уровне значимости. С ошибками воспроизводимости для измеренных отношений: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} - 0,5\%$; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - 0,005\%$; $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} - 1,0\%$; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - 0,01\%$.

Собран и обработан материал (тезисы, статьи, монографии, фондовые отчеты) предыдущих исследователей (З.Г. Караева и др., 1957; М.И. Волобуев и др., 1964, 1993; М.В. Крысин и др., 1968; Л.В. Ли, 1967-2000; А.М. Сазонов и др., 1969-2010; Н.В. Петровская, 1955, 1973; В.Г. Петров, 1974-1976; Е.К. Ковригина и др., 1979, 1981; А.Я. Пшеничкин и др., 1977-1999; А.Ф. Цельковский, 1980; С.Д. Сидорас и др., 1983; В.С. Власов, 1985; Ю.М. Петров, 1986; Л.К. Качевский и др., 1999; А.А. Томиленко, 2001-2006; А.А. Стороженко, 2002; В.Е. Скрипников, 2002; А.Э. Динер, 2003; Т.Я. Корнев и др., 2004; В.И. Ключас, Л.П. Кровякова и др., 2004; В.А. Верниковский и др., 1994-2008; А.Д. Ножкин и др., 1999-2008; Ю.В. Колмаков и др., 2006-2008; И.И. Лиханов и др., 2007-2008; Сердюк С.С., 1995, 2010 и др.) по различным областям изучения геологического строения, металлогении золота и освоения территории Енисейского кряжа.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: установлены структурный, литолого-стратиграфический и минералого-петрографических контроль оруденения месторождения Благодатное; выявлены особенности строения рудоносной минерализованной зоны и рудных тел; определены типы сульфидных минеральных ассоциаций, характер их распределения в пределах рудной минерализованной зоны и рудных тел и их связь с типами руд; детально изучены минеральный, химический составы руд, формы нахождения золота в рудных телах.

Практическая значимость. Выявленные структурный, литолого-стратиграфический, петрохимический, минералогический критерии и признаки могут быть применены при прогнозных, поисковых, оценочных, разведочных работах на подобных типах месторождений в регионе, для их минералогической и технологической характеристики, а также для выявления генезиса золотого оруденения в Енисейской золотоносной провинции и направления дальнейших поисковых работ.

Реализация работы. Материалы исследования вошли в три научно-исследовательских отчета и использованы ЗАО «Полнос» при подсчете запасов месторождения и разработке технологической схемы обогащения руд.

Апробация работы и публикации. Основные научные результаты исследований представлялись в виде докладов и публикаций на *международных и всероссийских конференциях, симпозиумах, совещаниях* в: Улан-Уде («Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология»), Москве-Бишкеке («Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса в XXI веке»), Москве («Новые идеи в науках о Земле»), Томске («Петрология магматических и метаморфических комплексов»), Красноярске («Золото Сибири: геохимия, технология, экономика», «Современные технологии освоения минеральных ресурсов», «Молодежь и наука – третье тысячелетие»), Праге («Applied Isotope Geochemistry») – в 2004-2006 гг. и 2008 г., Екатеринбурге («Магматизм и метаморфизм в истории Земли») в 2010 г.; *научных и научно-практических конференциях*: в Красноярске («Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края (посвященной 60-летию Красноярской геологии)», «Современные технологии освоения минеральных ресурсов»); Ташкенте («Магматические, метасоматические формации и связанное с ними оруденение») в 2003 и 2005 гг.;

По теме диссертации опубликовано 18 работ: 11 статей (в т.ч. 4 статьи в Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2008-2010 гг.).

Объем и структура работы. Диссертационная работа общим объемом 290 страниц состоит из введения (7 стр.), текста четырех глав (150 стр.), заключения (8 стр.) и списка литературы, включающего 187 наименований (22 стр.), содержит 95 рисунков, 35 таблиц и одно табличное приложение (11 стр.).

В **первой** главе рассмотрены геологическое строение района и рудного поля месторождения и закономерности размещения золотого оруденения на основе материалов геолого-съёмочных работ последних лет, данных предшественников и собственных наблюдений.

Во **второй** главе приведена геолого-петрографическая и петрохимическая характеристика, вещественный состав главных типов горных пород с учетом структурного положения в пределах рудного поля и рудоносной минерализованной зоны (РМЗ).

Третья глава посвящена описанию природных типов руд в пределах РМЗ и рудных тел, их текстурно-структурных особенностей. Детально рассмотрен вещественный состав руд, золотоносность и распространенность сульфидных гидротермально-метасоматических ассоциаций, а также дана подробная характеристика минералов гидротермально-метасоматических образований.

В **четвертой** главе приведены обобщения по условиям образования месторождения и результаты сопоставления изотопного датирования метаморфизма, магматизма и рудообразования в пределах Енисейского кряжа.

Первое защищаемое положение обосновывается материалом первой и второй глав, полностью два последующих положения раскрыты в третьей и четвертой главах.

Благодарности. Работа выполнена под руководством д.г.-м.н. А.М. Сазонова, которому автор выражает глубокую признательность. Успешному выполнению исследования способствовала совместная работа и консультации сотрудников кафедры ГМиП ИГДГиГ СФУ – профессоров Р.А. Цыкина, С.И. Леонтьева, Е.А. Звягиной, С.А. Ананьева, доцентов Л.П. Костененко, О.Ю. Перфиловой, Л.И. Свиридова, ст. преподавателя В.В. Клейменова и советы доцентов кафедры ГМиМР ИГДГиГ СФУ – В.А. Князева, В.Г. Михеева. Автор признателен за содействие в аналитических исследованиях и обработке материалов научным сотрудникам ИГиМ СО РАН и Национального исследовательского ТПУ В.А. Акимцеву, Ю.И. Маликову, А.Я. Пшеничкину, Ю.В. Колмакову. Весьма полезными и плодотворными были обсуждения вопросов геологии рудного района с сотрудниками Национального исследовательского ТГУ И.Ф. Гертнером, В.В. Врублевским, П.А. Тишиным.

Особую благодарность автор хотела бы выразить родным и близким, без чьей поддержки и помощи работа не смогла бы состояться.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ (по защищаемым положениям)

Первое защищаемое положение. Литолого-стратиграфический и структурный контроль в пределах месторождения определяется приуроченностью рудных тел к зоне смятия, мелкой складчатости и дробления на контакте метансефитов и метаалевритов верхнекординской подсвиты рифея S-образного сбросо-сдвига на крыле опрокинутой линейной антиклинальной складки.

Месторождение Благодатное находится в пределах Енисейской золотоносной провинции, его Центральной металлогенической зоны (Сердюк С.С. и др., 2010), Ерудинского района, Верхне-Енашиминского рудного узла, в 25 км к северу от месторождения Олимпиадинское. Рудное поле месторождения расположено в пределах юго-западного крыла Панимбинского антиклинория, который ограничен с запада зоной Татарского, а с востока Ишимбинского глубинных разломов (рис. 1 А) и осложнен серией куполовидных поднятий и грабенов.

Территория рудного поля месторождения (8 кв. км) сложена терригенными отложениями кординской свиты (рис. 1 Б), лишь в крайней ю.-в. части закартирован небольшой участок (1,75 кв. км) выходов

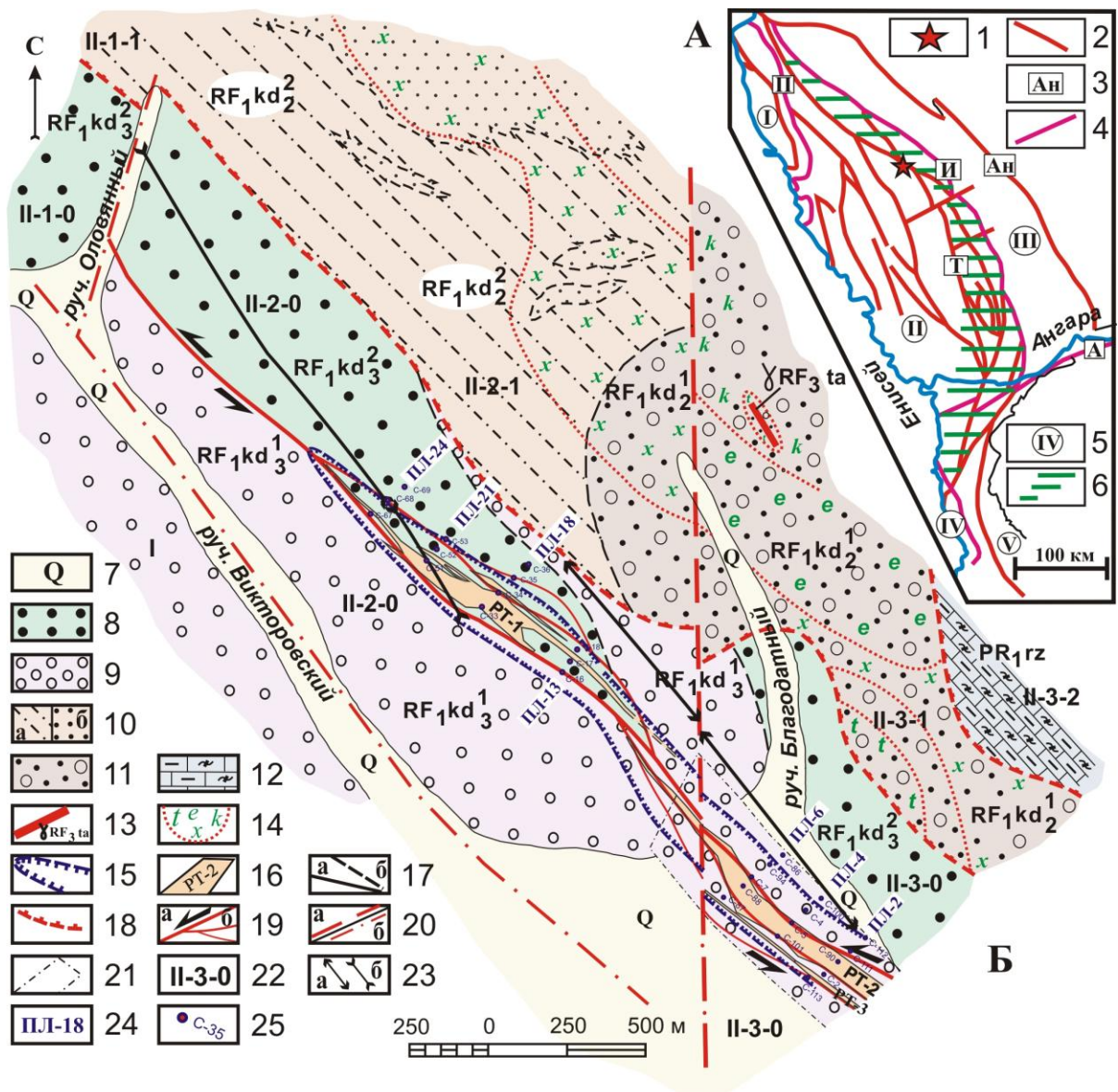


Рисунок 1 – А – Положение месторождения Благодатное в структурах Енисейского кряжа; Б – Геологическое строение месторождения Благодатное (Сазонов А.М. и др., 2003). 1 – месторождение Благодатное ($60^{\circ}04' \text{ с.ш.}, 92^{\circ}56' \text{ в.д.}$); 2 – региональные разломы; 3 – названия разломов: А – Ангарский, И – Ишимбинский, Т – Татарский, П – Приенисейский, Ан – Анкиновский; 4 – границы тектонических блоков; 5 – названия блоков: I – Исаковский, II – Центрально-Ангарский, III – Восточно-Ангарский, IV – Предивинский, V – Ангаро-Канский; 6 – Татарско-Ишимбинская тектоническая зона; 7 – четвертичные отложения; 8 – Ритмично-слоистые кварц-полевошатовые сланцы ($RF_1kd_3^2$); 9 – Пятнистые ставролитовые сланцы ($RF_1kd_3^1$); 10 – а) кварцитовидные сланцы, б) лейкократовые кварцитовидные сланцы ($RF_1kd_2^2$); 11 – Среднезернистые аркозовые метаалевролиты с порфиробластами мусковита ($RF_1kd_2^1$); 12 – Кальцифиры (PR_1rz); 13 – дайки гранит-порфира. Татарско-аяхтинский комплекс (RF_3ta); 14 – зоны метасоматически измененных пород и диафторитов: x – (хлорит + пирротин + пирит); e – (хлорит + актинолит + эпидот + сульфиды); k – (хлорит + эпидот + кальцит + пирротин); t – турмалин; 15 – контур рудоносной минерализованной зоны; 16 – рудные тела; 17 – геологические границы: а) достоверные; б) предполагаемые; 18 – надвиги предполагаемые; 19 – сбросо-сдвиги: а) главные; б) второстепенные; 20 – взбросы: а) предполагаемые; б) скрытые под вышележащими отложениями; 21 – контур

развития четвертичных отложений, снятых с карты; 22 – номер пластины, входящей в тектонический блок; 23 – осевые линии складок: а) антиклинали; б) синклинали; 24 – поисковая линия; 25 – скважина

кальцифиров рязановской свиты. В направлении с СВ на ЮЗ отмечается седующая последовательность литолого-стратиграфических подразделений кординской свиты (снизу вверх): аркозовые метаалевролиты ($RF_1kd_2^1$), кварцитовидные сланцы ($RF_1kd_2^2$), метапсефитовые пятнистые ставролитовые сланцы ($RF_1kd_3^1$) и ритмично слоистые кварц-полевошпатовые сланцы ($RF_1kd_3^2$).

Простираение вмещающей толщи СЗ (315-320°), падение на СВ (от 20 до 80°). Вмещающая толща относится к гравелито-песчано-алеврито-глинистой ассоциации, сформировавшейся в условиях регрессивного седиментогенеза в окраинноконтинентальном или внутриконтинентальном бассейне.

В структурном плане территория рудного поля представляет ЮЗ крыло опрокинутой складки СЗ простираения, в ядре которой развиты кальцифиры рязановской свиты. В пределах месторождения развиты дизъюнктивы СЗ, СВ и субмеридионального простираения. Викторовским сбросом рудное поле месторождения разделено на два тектонических блока – Правобережный (I) и Левобережный (II).

Рудоносная минерализованная зона (РМЗ), выделенная по появлению в сланцах кварц-карбонатного прожилкования и сульфидной минерализации с золотом, приурочена к S-образному левостороннему сбросо-сдвигу в контактовой зоне первой и второй пачек верхнекординской подсвиты. Прослеженная площадь РМЗ на поверхности составляет 0,5 кв.км.

Генеральное простираение рудовмещающего дизъюнктива – 315-320°, падение на СВ – 65-80°, амплитуда смещения для вертикального вектора 250-300 м, а для горизонтального – 1100-1200 м. Дифференциальные подвижки вдоль генерального S-образного сбросо-сдвига привели к образованию линзовидных блоков пород, ограниченных второстепенными сбросами. Породы, ограниченные генеральным и второстепенными дизъюнктивами, подвергнуты многостепенной складчатости, смятию, расланцеванию и дроблению. На участке РМЗ, в полосе шириной около 400 м, отложения верхнекординской подсвиты образуют сопряженную пару асимметричных наклонных складок с падением осевых поверхностей на СВ (аз. пад. 55° \angle 85-80°). Синклиналь картируется в пределах северо-западного участка, а антиклиналь расположена на юго-восточном фланге рудного поля (см. рис. 1 Б).

Породы тектонической зоны расщеплены по сланцеватости и реликтовой слоистости на пластины многостепенных порядков, что способствовало проникновению в них гидротермально-метасоматического рудоносного флюида и отложению рудного вещества. Регионально-метаморфический парагенезис – (гранат + ставролит + мусковит + биотит + плагиоклаз + кварц) подвергался неоднократной перекристаллизации с

образованием тонкоплитчатых метаморфогенно-метасоматических гранат-мусковитовых и гранат-дуслюдяных кристаллосланцев в разной степени окварцованных, хлоритизированных, альбитизированных, турмалинизированных, карбонатизированных, сульфидизированных и часто интенсивно графитизированных (рис. 2).

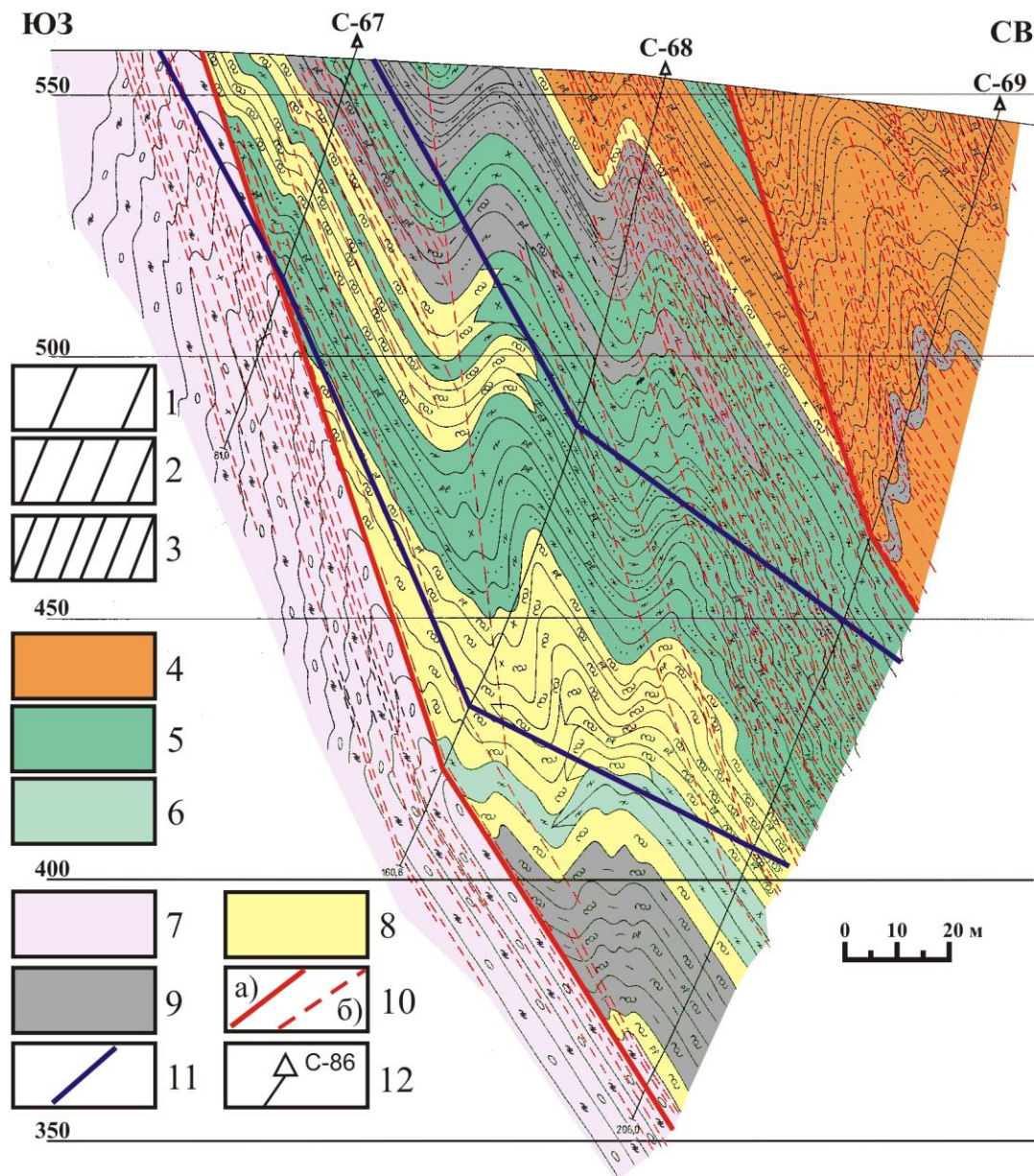


Рисунок 2 – Геологический разрез по РМЗ. Северо-западный участок, центральный блок П-2-0, поисковая линия 24. 1-3 – реликтовая слоистость: 1 – широкая, неясная (>1см), 2 – тонкая (0,5-1,5), 3 – нитевидная (<0,5см); 4 – кварциты, кварц-полевошпатовые породы; 5-8 – кристаллические сланцы: 5 – кварцитовидные двуслюдяные; 6 – двуслюдяные; 7 – ставролитовые двуслюдяные пятнистые; 8 – гранатовые филлитовидные мусковитовые; 9 – углистое вещество; 10 – а) сбросо-сдвиги, б) пострудные дизъюнктивы; 11 – границы рудного тела; 12 – скважина

Неоднородность метаморфизма в тектонической зоне проявлена в изменении состава граната, биотита и мусковита в породах, отстоящих друг от друга на небольших расстояниях.

Сравнительный анализ химических составов золотоносных сланцев рудных тел с минерализованными породами и породами внешней зоны (вне контура РМЗ) рудного поля показал, что золотоносные сульфидизированные сланцы относятся к малокальциевым метапелитам насыщенным калием.

По содержанию петрогенных оксидов *руды* ($Au \geq 1$ г/т; $n=63$) отличаются от *сланцев внешней зоны* ($n=15$) повышенными содержаниями TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , K_2O , P_2O_5 , Ва и ППП и пониженными концентрациями SiO_2 , СаО и Na_2O . При этом статистическая оценка различий по средним значениям (критерий Стьюдента) и дисперсиям (критерий Фишера) показывает, что различия по обоим критериям значимы только для TiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O и ППП. Данные выборки существенно различаются геохимически по средним значениям для SiO_2 , Al_2O_3 и Na_2O , а по дисперсии – для MnO , MgO , K_2O , P_2O_5 и Ва.

Если сравнивать по тем же показателям *руды* и *минерализованные сланцы* ($Au < 1$ г/т; $n=60$), а так же *минерализованные породы* и *сланцы внешней зоны*, то получится следующая картина: в рудах, по сравнению с минерализованными сланцами, повышены содержания Al_2O_3 , K_2O , ППП и понижено содержание SiO_2 ; в минерализованных сланцах, относительно сланцев внешней зоны, повышены содержания Fe_2O_3 , TiO_2 , Al_2O_3 , K_2O и понижены SiO_2 , Na_2O , что подкрепляется существенными различиями между их средними значениями.

Рассмотрев распределение элементов в различных по золотоносности зонах месторождения, можно обратить внимание на бóльшую однородность почти всех (за исключением P_2O_5 и ППП) элементов в пределах рудных тел и апофиз, на что указывают их минимальные значения дисперсий. Наиболее разнородной является зона минерализованных сланцев, в которой большинство элементов (кроме Fe_2O_3 , MgO , P_2O_5 , Ва и ППП) напротив, имеют наибольшие значения разброса их содержаний.

Таким образом, рассмотрев выше изложенное, можно сделать выводы, что самые максимальные содержания SiO_2 , СаО, Na_2O концентрируются в *сланцах внешней зоны*, а минимальные – в рудах. *Минерализованные породы* характеризуются средними значениями петрогенных оксидов по сравнению с другими сланцами и повышенной неоднородностью. Единственный компонент, которым обогащены минерализованные породы – MnO . Скорее всего, минерализованные породы служат промежуточным звеном для миграции элементов, что предполагает наличие петрохимической зональности. Поведение большинства химических элементов при формировании руд в различных типах сланцев (ставролитовые, двуслюдяные, мусковитовые) не подчиняется строгим закономерностям.

Общие закономерности вариаций химизма кристаллических сланцев в сводном стратифицированном разрезе метаморфической толщи месторождения определяются двумя главными факторами. Во-первых,

нижележащие (более древние) породы характеризуются пониженной кремнекислотностью и повышенной глиноземистостью, что обусловлено их исходным пелитовым или граувакко-песчанистым составом, а вышележащие (более молодые разновидности кристаллосланцев) – имеют более кремнистый и менее глиноземистый состав, что соответствует более зрелым исходным осадкам типа аркозовых и олигомиктовых песчаников. Данная тенденция указывает на формирование первичной терригенной толщи в условиях общего регрессивного цикла осадконакопления, отражающего сокращение размеров древнего водного бассейна. Во-вторых, симметрично-ритмические вариации петрохимических типов пород (низкокремнистые, умереннокремнистые, высококремнистые, ультравысококремнистые) в конкретных вертикальных разрезах являются следствием метаморфической дифференциации вещества в процессе перекристаллизации, складчатости и деформаций.

Второе защищаемое положение. В рудной зоне месторождения золото-сульфидные минеральные ассоциации локализируются в серицитовых метасоматитах с различной насыщенностью линзами, жилами и прожилками кварца и карбонатов. Пространственное распределение продуктивных ассоциаций в минерализованной зоне и рудных телах обнаруживает минеральную зональность, начиная с арсенопиритовой, развитой в центральной части рудных тел, последовательно и симметрично сменяющейся к флангам пирит-пирротиновой и далее пиритовой зонами, на которые локально наложена поздняя галенит-сфалеритовая минерализация.

Сульфидизированные сланцы РМЗ насыщены в разной степени плотности кварцевыми желваками, жилками и нитевидными кварц-карбонатными прожилками, содержат пирит, пирротин, арсенопирит, леллингит, халькопирит, сфалерит, галенит и видимое золото. Минерализованная зона оконтурена по появлению в сланцах пирита и прослежена горными выработками по простиранию и по вертикали. Мощность минерализованной зоны в раздувах достигает 250 м. По содержанию $Au \geq 1$ г/т оконтурены рудные тела, для них характерна субпластовая (плоско-линзовидная) форма. Средняя мощность рудного тела № 1 около 45 м, протяженность около 900 м. Рудные тела № 2 и 3 вместе достигают в раздувах мощности 150 м, а протяженность составляет более 1 600 м. Рудные тела представляют собой участки тектонически нарушенных, гидротермально измененных кристаллических сланцев, в которых локализуются кварцевые четковидные жилы, линзы, желваки, кварц-карбонатные прожилки.

По структурно-текстурным особенностям выделено три типа руд: 1) вкрапленные (23,1 %) – сульфидизированные сланцы; 2) прожилково-вкрапленные (28 %) – сланцы с сульфидной и кварцево-жильной минерализацией (1 жила мощностью до 10-15 см на 1 м) и 3) нитевидно-

прожилковые (48,9 %) – сланцы с нитевидной кварц-карбонатной и сульфидной минерализацией. Они встречаются совместно в пределах РМЗ.

В пределах рудоносной минерализованной зоны выявлено пять типов сульфидных минеральных ассоциаций (1. пиритовая – $\text{П}\pm\text{Хп}$; 2. пирит-пирротиновая – $\text{П}\pm\text{Пр}\pm\text{Хп}$; 3. арсенопиритовая – $\text{Ар}\pm\text{Лл}\pm\text{П}\pm\text{Пр}\pm\text{Хп}$; 4. пирротиновая – $\text{Пр}\pm\text{Хп}$; 5. сфалеритовая – $\text{Сф}\pm\text{Хп}\pm\text{Гл}$) и семь типов «телескопированных» ассоциаций (участков совмещения разновозрастных типов сульфидной минерализации). Распределение ассоциаций рудных минералов в пределах минерализованной зоны полосчато-зональное (рис. 3).

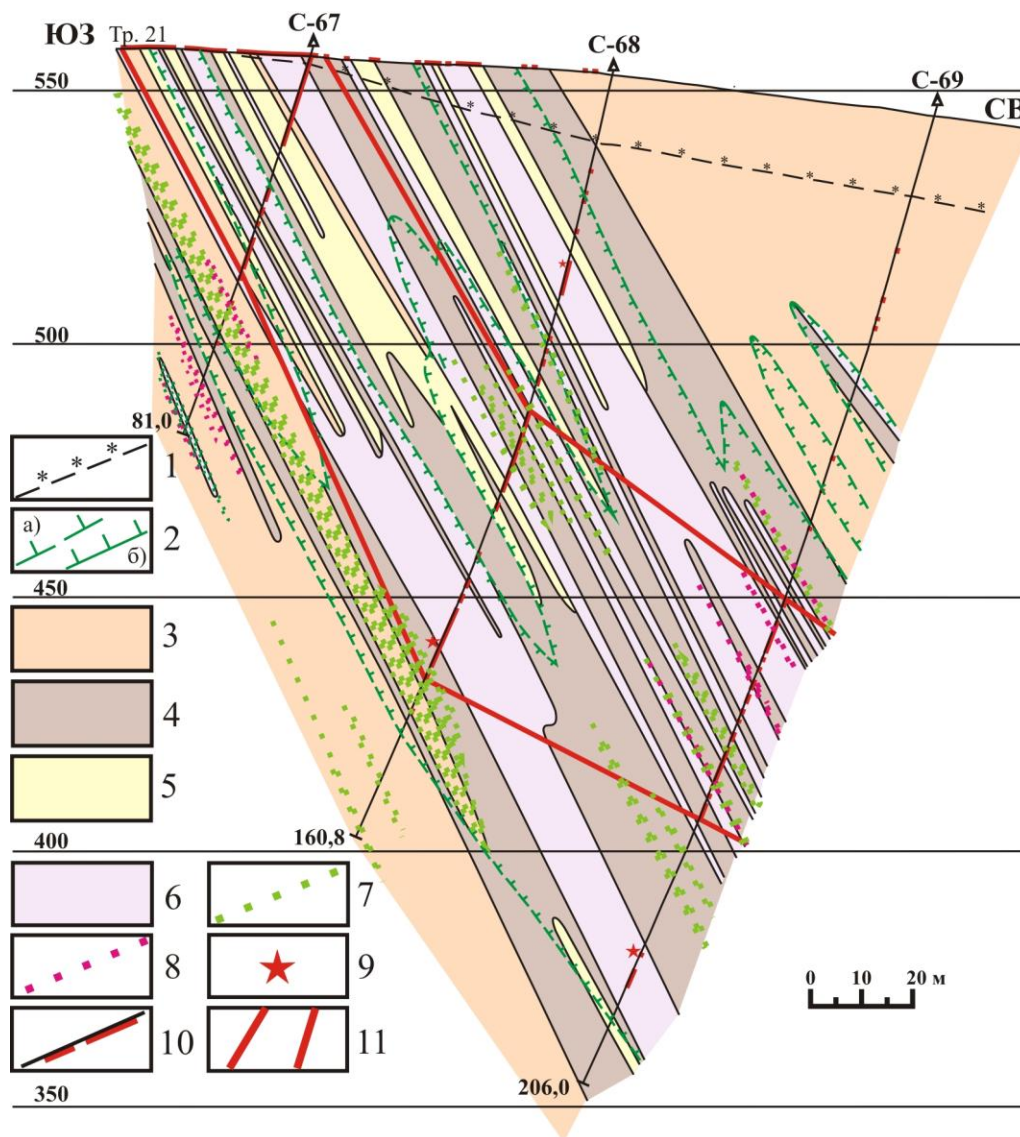


Рисунок 3 – Гидротермально-метасоматические ассоциации в опорных сечениях РМЗ. Северо-западный участок, центральный блок П-2-0, поисковая линия 24. 1 – граница зоны приповерхностного выщелачивания сульфидов; 2-9 – участки распространения гидротермально-метасоматической минерализации во вмещающих породах: 2 – а) сближенных нитевидных кварц-карбонатных прожилков, б) сближенных кварцевых жил, жил и прожилков; 3 – пиритовая; 4 – пирит-пирротиновая; 5 – пирротиновая; 6 – арсенопиритовая; 7 – халькопиритовая; 8 – сфалеритовая; 9 – видимого золота; 10 – рудные интервалы; 11 – границы рудного тела

Во внешних участках развита преимущественно пиритовая минерализация. Во внутренних зонах распространен арсенопирит с сопутствующими пиритом и пирротинном. Участки с развитием арсенопирита окаймлены пирит-пирротиновой зоной. Среди полосчатого комплекса арсенопиритовой и пирит-пирротиновой зон отмечаются узкие ленты существенно пирротинизированных пород. Поздняя убогая сфалеритовая и халькопиритовая вкрапленность отмечается в пределах выше перечисленных зон. В рудных телах отмечается преимущественное распространение арсенопирита.

Количественное *распределение главных рудообразующих сульфидов в рудных телах №№ 1, 2, 3* изменяется следующим образом (в объёмных %): пирит – 0,2; 1,3; 0,9; пирротин – 0,7; 1,2; 0,8; арсенопирит – 1,8; 3,8; 1,8; марказит – 0,8; 0,3; <0,1. Общее содержание сульфидов для рудных тел 1 и 3 одинаково и составляет 3,6 %, а в рудном теле 2 – 6,6 %, при среднем содержании по всем рудным телам – 5,1 %, что соответствует малосульфидному типу руд.

В околорудных породах среднее содержание золота составляет 0,05 г/т, коэффициент концентрации золота около 10.

Повышенной золотоносностью в пределах рудоносной минерализованной зоны характеризуются участки развития кварцевых жил и прожилков (табл. 1). Наиболее продуктивны в них участки распространения арсенопиритовой, пиритовой, сфалеритовой и «пограничных» с арсенопиритовой ассоциаций. Кроме того, содержания золота **более 2,0 г/т** наблюдаются в сланцах с наложением пирротиновой и сфалеритовой ассоциаций, и в участках развития нитевидного кварц-карбонатного прожилкования с арсенопиритовой, а также с совмещенной арсенопиритовой и сфалеритовой ассоциациями.

Золото в рудных телах присутствует в *свободной цианируемой форме* (91,4-95,6 %) – в кварце, сульфидах и в агрегате породообразующих минералов гидротермально измененных сланцев. В мусковитизированных сланцах с рудными концентрациями, но расположенных вне контура рудного тела присутствует (до 30 %) *сорбированная форма*. В рудах зоны окисления присутствует (до 50,7 %) *ферри-форма*.

Золото, как минеральный вид, встречается обычно в жильном кварце в ассоциации с арсенопиритом, пирротинном и в виде автономных выделений. В сланцах оно встречается, но макроскопически плохо диагностируется. Большая часть (83 %) наблюдений видимого золота приходится на рудные тела, в основном в рудах с содержанием Au >4 г/т. Так же, видимое золото преимущественно (58 %) характерно для руд, представленных минерализованными углеродистыми мусковитовыми сланцами. Выделения золота образуют агрегатную вкрапленность цепочечно-линейной и облаковидной морфологии, занимая среди рудной массы небольшие объемы (2-4 мм³). Это указывает на локальные («шнурковые») пути миграции и

разгрузки золотоносных растворов. Крупные частицы металла сопровождаются ореолами мелких, вплоть до наноразмерных ореолов золота.

Таблица 1 – Распространенность и золотоносность сульфидных гидротермально-метасоматических ассоциаций в пределах месторождения

Ассоциации сульфидных минералов	Распространенность, % (содержание Au, г/т)			
	в целом	в сланцах	в кварц.- жильн. зонах	в уч-ках нитевидн. кв.-карб. пр.
Пиритовая	33,7 (0,6)	58 (0,4)	8,0 (2,3)	18,0 (0,8)
Пирит-пирротиновая	30,5 (1,0)	24,8 (0,7)	34,5 (1,1)	35,3 (1,1)
Арсенопиритовая	18,7 (2,3)	6,0 (1,5)	32,5 (3,1)	26,7 (2,0)
Пирротиновая	4,1 (1,2)	3,1 (1,0)	7,5 (1,3)	3,5 (1,2)
Сфалеритовая	3,4 (1,3)	2,8 (0,7)	3,1 (2,2)	4,2 (1,5)
<i>Совмещенные ассоциации:</i>				
Пиритовая и арсенопиритовая	2,4 (2,1)	1,7 (1,9)	2,2 (2,7)	3,4 (1,9)
Пирит-пирротиновая и арсенопиритовая	3,7 (1,6)	1,3 (1,2)	6,5 (2,6)	5,1 (1,2)
Пирротиновая и арсенопиритовая	0,6 (2,0)	0,1 (1,2)	2,4 (2,2)	0,5 (1,5)
Пирротиновая и сфалеритовая	0,2 (1,6)	0,1 (3,6)	0,4 (0,7)	0,1 (0,5)
Пиритовая и сфалеритовая	0,8 (0,5)	1,0 (0,4)	0,1 (0,1)	0,9 (0,6)
Пирит-пирротиновая и сфалеритовая	0,9 (1,0)	0,8 (1,1)	1,1 (0,8)	1,0 (1,0)
Арсенопиритовая и сфалеритовая	1,0 (2,6)	0,3 (0,7)	1,7 (4,2)	1,4 (2,1)
Арсенопиритовая и сфалеритовая	1,4 (3,0)	0,5 (0,8)	2,6 (4,9)	1,9 (2,5)
В целом по месторождению	100 (1,1)	43,8 (0,6)	18,5 (2,1)	37,7 (1,4)
По северо-западному участку	100 (1,0)	39,9 (0,6)	21,0 (1,5)	39,1 (1,3)
По юго-восточному участку	100 (1,2)	47,1 (0,6)	16,5 (2,7)	36,4 (1,4)

Гранулометрический состав рудного золота следующий, (%): крупное (>2 мм) – 4, среднее (-2 +1) – 5, мелкое (-1 +0,14) – 67, очень мелкое (<0,14) – 25. Установлено, что в рудах (>1 г/т) количественная доля макрозолота (>0,025 мм) изменяется от 17 до 97 %. В породах ореольного пространства (Au=0,99±0,1 г/т) присутствует только дисперсное (-0,025 +0,015 мм) и кластерное (-0,015 +0,003 мм) золото. Морфология частиц интерстициальная – пластинчатая, крючковатая, комковатая, губчатая, изометрично-округлая с бугорчатыми поверхностями. Редко встречаются октаэдрические кристаллы и зерна с отдельными гранями октаэдра.

Пробность золота на месторождении изменяется от 710 до 993 %. Средняя пробность золота месторождения – 878 %. В рудных телах средняя пробность составляет, %: р.т. № 1 – 885; р.т. № 2 – 880; р.т. № 3 – 907, а апофизах рудного тела № 1 – 934. В распределении классов пробности отмечаются три слабо выраженных «пика» (800–825, 875–900 и 925–950 %), что соответствует золоту глубинных месторождений (Петровская, 1973).

Пробность золота зависит от размера частиц: (-5 +2 мм) – 826, (-2 +1) – 914, (-1 +0,25) – 871, (-0,25 +0,14) – 865, (-0,14 +0) – 862. Макро- и микрзолото имеют разнообразную пробность, часто неоднородную в пределах зерна. Наиболее разнообразные по пробности частицы встречаются в богатых рудах (>4 г/т), в безрудных участках и на флангах рудных тел обычно высокопробное золото.

По содержанию примесей золото разделяется на ртутистое (Hg=0,006-1,73 мас. %), медьсодержащее (до 0,15 мас. %) и серебросодержащее без примесей Cu и Hg. С увеличением концентрации золота в рудах отмечается повышение распространенности серебросодержащего золота.

Третье защищаемое положение. Кристаллические сланцы месторождения образованы в граничных PT-условиях эпидот-амфиболитовой и дистен-мусковитовой фаций в интервале 785-775 Ма. Рудные метасоматиты и ранние сульфиды сформировались в период 754-698 Ма. Наиболее поздние, кварц-кальцитовые прожилки с флюоритом и галенит-сфалерит-халькопиритовой минерализацией сформировались в интервале 368-364 Ма. Породо- и рудообразование, в зоне сбросо-сдвига, связано с пульсирующим отложением вещества из гидротермального флюида, поступающего из области гранитизации.

На основании изучения химического состава минералов рудных тел и вмещающих пород, изотопии Rb, Sr, Sm и Nd, взаимоотношения минералов и пространственного их распределения установлена стадийность, последовательность и возрастные рубежи процессов минералообразования в РМЗ.

Терригенно-карбонатно-глинистые толщи сухопитской серии подверглись складчатому региональному метаморфизму на рубеже 1,25-1,0 Ма (рис. 5). В пределах месторождения температуры метаморфизма отложений кординской свиты соответствовали – 520-530 °С, а давления – 4,8-5,0 кбар (кианит-силлиманитовый тип метаморфизма, фация – В₃).

После некоторого временного перерыва осевая складчатая зона Панимбинского антиклинория осложняется изометричными куполовидными поднятиями под воздействием внедряющихся интрузий гранитоидов. Возраст ближайшей (в 10 км) Гурахтинской интрузии – 928 Ма; Каламинская интрузия, расположенная в 20 км, имеет возраст 850 Ма; саттелиты Чиримбинского плутона, находящиеся в 15 км от месторождения, датировались в интервале 880-752 Ма. В контактовой зоне интрузий проявился метаморфизм андалузит-силлиманитового типа, с образованием кордиеритовых и андалузитовых роговиков в непосредственной близости от интрузий. В пределах рудного поля PT-условия метаморфизма этого этапа предположительно оценены значениями $T=474$ °С и $P=2,5$ кбар.

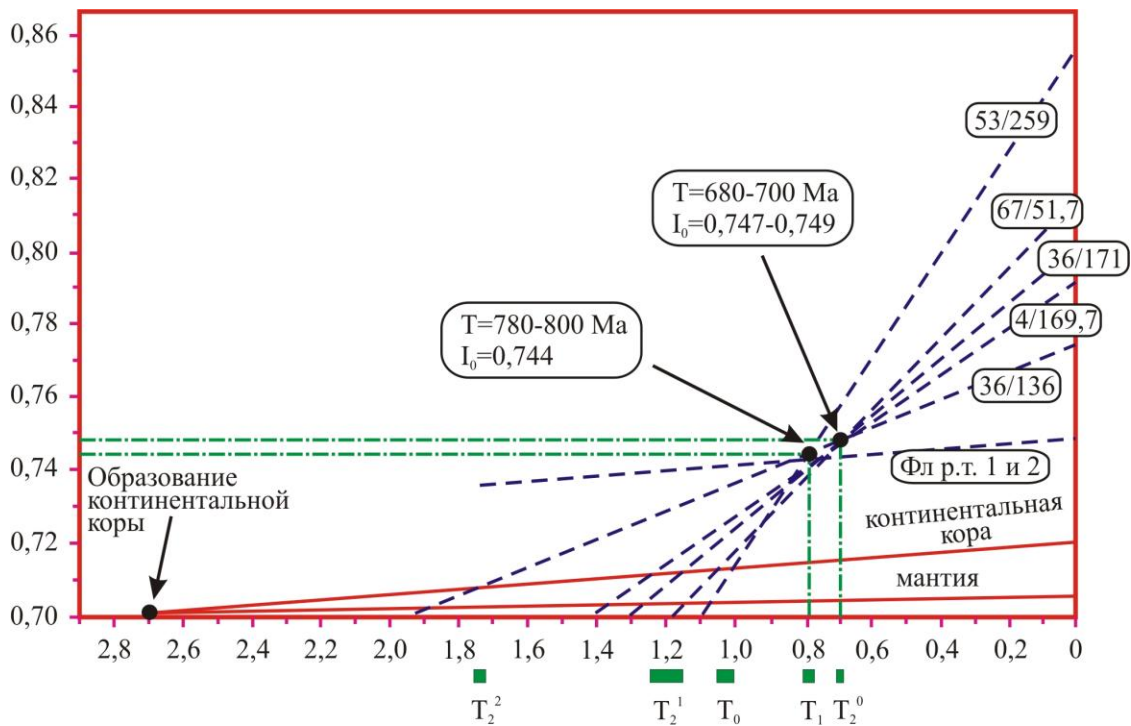


Рисунок 5 – Эволюция величины $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -отношения в валовых пробах, усредненной континентальной коры и исходного мантийного резервуара CHUR. Модельные возрасты основных исторических событий: T_0 – региональный метаморфизм осадочной толщи; T_1 – главная фаза локального метаморфизма; T_2^0 – основная фаза метасоматоза и рудогенеза; T_2^1 и T_2^2 – вероятные возрасты отложений, из которых были последовательно активизированы флюиды при метасоматической переработке пород

В дальнейшем, в связи с формированием *S*-образного сброса-сдвига, породы в его пределах подвергнуты рассланцеванию, динамотермальному аллохимическому метаморфизму, метасоматическим изменениям и отложению гидротермально-метасоматических минералов с перерывами различной временной продолжительности.

Приразломный локальный динамотермальный метаморфизм в зоне смятия представлен минеральными ассоциациями прогрессивного и регрессивного этапов.

На *прогрессивном этапе* на протяжении временного интервала 785,3–781,2 Ма в породах фиксируются пять ассоциаций породообразующих минералов прогрессивно развивающегося метаморфизма в *PT*-условиях пограничной зоны эпидот-амфиболитовой (B_3) и дистен-мусковитовой фаций (C_3) с температурами 571–647 °С и давлениями 6,1–8 кбар.

Регрессивный метаморфизм, метасоматоз и формирование первых трех стадий гидротермально-метасоматического процесса (рудообразование первого этапа) протекало в длительном временном интервале 754–698 Ма с изменяющимся температурным режимом. Преобразования регрессивного этапа начинают проявляться при температурах 630 °С и давлениях 7,4–7,9 кбар (фашия дистен-мусковитовых сланцев), отразившиеся в составах внешних кайм зерен граната, ставролита, биотита и сохраняющемся дистене. При снижении температур

в породах активно появляется хлоритизация. В заключительных эпизодах температуры падают до 402-393 °С, а давления до 3,5-3,2 кбар, что отвечает условиям низкотемпературной области зеленосланцевой фации (B₄). Наиболее низкие температуры регрессивного этапа зафиксированы в мусковитовых метасоматитах – 281-260 °С.

В это же время метасоматическое воздействие гидротермальных высокотемпературных (до 400 °С) высококонцентрированных (до 20-23 мас % NaCl) существенно водно-углекислых, содержащих метан и азот растворов на породы метаморфического комплекса привело к высвобождению рудных компонентов и мобилизации кварца из околожильного пространства.

В парагенетической схеме гидротермального минералообразования в РМЗ, выделены два эндогенных и экзогенный этапы (табл. 2). *Первая стадия первого эндогенного этапа* характеризуется метасоматическими преобразованиями сланцев и является *предрудной*, или *рудоподготовительной*. Во *вторую стадию*, после незначительного перерыва отлагались ранние пирит и пирротин, заполняя приоткрытые трещинки кливажа в сланцах. Породообразующий биотит интенсивно замещался хлоритом и рутилом. Существенных концентраций золота в эту стадию не формировалось, но общий фон золотоносности сульфидизированных пород повысился до первых десятков мг/т. *Третья стадия, пирит-пирротин-арсенопиритовая* является главной в формировании рудных тел. Началу пирит-пирротин-арсенопиритовой стадии предшествовали мощные тектонические подвижки, приведшие к образованию серии рудоподводящих трещин, заполненных позднее сульфидной ассоциацией и кварцем. Стадия характеризуется максимальным развитием мышьяксодержащих минералов. Выделения самородного золота тесно ассоциируют с сульфидами, кварцем и хлоритом. Пространственно минеральная ассоциация приурочена к зонкам дробления сланцев и прожилковому кварцу. Стадия протекала длительный период времени, в течение которого происходило неоднократное (ступенчатое) отложение минерального вещества, дробление, растворение, собирательная кристаллизация и перекристаллизация. Отложением вещества этой стадии закончился позднерифейский этап гидротермального рудообразования.

По результатам исследования первичных и первично-вторичных включений формирование кварцевых жил происходило из высокоплотных солевых растворов, содержащих воду, углекислоту, хлориды, метан и азот. Температура кристаллизации жильного кварца по гомогенизации газожидких включений – 400-240 °С, а арсенопирита по содержанию As – 322-450 °С. Следовательно, температурный режим первых двух рудных стадий отвечал уровню 400-240 °С – это температура, которая возможно соответствует завершению пирит-пирротин-арсенопиритовой стадии. Выделение же ранних пирита, пирротина, арсенопирита происходило до внедрения кварца при более высоких температурах.

Таблица 2 – Парагенетическая схема гидротермально-метасоматического минералообразования

Этапы	Эндогенный						Экзогенный
	Стадии	Пред рудных измененный пород	Пирит-пирротиновая	Пирит-пирротин-арсенопиритовая		Галенит-сфалерит-халькопиритовая	
Ильменит	—				Длительный перерыв, дробление ранее отложенного жильного материала		
Магнетит						—	
Гематит							—
Рутил			I	II			
Сфен							—
Апатит	— —						
Турмалин	— —						
Графит	— —						
Гранат	—						
Биотит	—						
Полевые шпаты	—						Ort Ab
Мусковит	—						
Хлорит	—		—	—		—	— — — —
Стильномелан							—
Карбонаты						Ca Sr	
Флюорит							—
Кварц	— — —			— — — —		— — — —	
Пирит			I	II		III	IV
Пирротин			I	II		III	
Марказит						II	
Мельниковит							—
Арсенопирит				I II		III	
Леллингит				— —			
Халькопирит						— —	
Сфалерит						— — —	
Галенит						—	
Золото				— — —		—	
Медь				—			
Скородит						—	
Гидрооксиды железа					—	— — — —	
Ковеллин						—	

Примечание: вертикальные разделительные линии между стадиями свидетельствуют о тектоническом воздействии в зоне смятия

После длительного перерыва в рудоотложении и метаморфизме руд предыдущих стадий в РМЗ проявился *второй эндогенный этап* гидротермального минералообразования. Он начинается с отложения минералов *галенит-сфалерит-халькопиритовой стадии*. Сульфидная

минерализация этой стадии убогая, но территориально она занимает 37,7 % объема минерализованной зоны и 48,9 % – рудных тел. Достоверных данных привноса золота гидротермальными растворами нет, но фиксируется переотложение металла с формированием рудных столбов.

Возраст возобновления гидротермальной деятельности в рудном поле золото-сульфидно-полиметаллической минерализации по флюориту оценивается в 368-364 Ма (см. рис. 5). Ей предшествовало интенсивное дробление, приведшее к возникновению зон трещиноватости, послуживших главными путями для продвижения растворов. В результате возникли зоны нитевидных секущих разноориентированных кварц-карбонатных прожилков с флюоритом, хлоритом и характерной медно-свинцово-цинковой сульфидной минерализацией. Кроме халькопирита, сфалерита и галенита в эту стадию образуются пирит, арсенопирит, пирротин и происходит переконцентрация, переотложение и укрупнение золота. Золото отлагалось преимущественно в межзерновых промежутках кварца среди новообразований слюды в виде пленок. Форма пленок зависит от формы выделений кварца и слюды. Толщина пленок до 0,015 мм. По зонам интенсивного катаклаза на глубине 120-130 м фиксируются гетит и гидрогетит, развивающиеся по пириту и марказиту, образование которых, возможно, происходило в эту же стадию.

Альбит-ортоклазовая стадия жильного минералообразования характеризуется формированием многочисленных нитевидных прожилков, секущих сланцевую толщу рудного поля. Они широко распространены в сланцах золотоносной минерализованной зоны, но отсутствуют в породах, удаленных от рудного поля. Обычно полевошпатовые прожилки состоят из ортоклаза с незначительным количеством стильпномелана, хлорита, сфена. В более мощных прожилках (около 1 мм) добавляются альбит, пирит, иногда гематит. Образование этих прожилков связано с диафторигенным преобразованием кристаллических сланцев при слабых тектонических подвижках в толще рудного поля.

Температура гидротермального минералообразования 4 и 5 стадий рудообразования по составам сфалерита и пирротина оценена в 388-212 °С. Образование альбит-ортоклазовых прожилков, завершающих гидротермальный процесс (по данным массовой декрипитации включений), проходило в интервале 140-90 °С, что свидетельствует о низких температурах отложения продуктов стадии.

Экзогенный этап в пределах месторождения проявился очень слабо. Окисление, выветривание и разложение первичных минералов зафиксировано до глубины 35-70 м и выразилось в развитии гидроокислов железа, редко ковеллина, скородита, мельниковита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных автором работ, анализа и обобщения материалов предыдущих исследований, были получены следующие результаты:

1. Уточнено положение рудного поля, рудной минерализованной зоны и рудных тел месторождения в региональных и местных структурах. Установлены литологический, стратиграфический и тектонический контроль оруденения, а также определены особенности рудной минерализации.

2. Уточнено положение метаморфических толщ в стратиграфическом разрезе в результате подробного изучения петрографического и петрохимического состава.

3. Выделены три основных минералого-петрографических типа руд. Выявлено пять основных и семь совмещенных сульфидных минеральных ассоциаций и их зональное расположение по площади рудной минерализованной зоны, а также определена их связь с текстурно-структурными типами руд и уровнем золотоносности.

4. Изучены минеральный и химический состав руд, формы нахождения, гранулометрический состав, пробность, наличие примесных компонентов, минеральные ассоциации и закономерности локализации золота в пределах рудных тел и минерализованной зоны.

5. Установлены термодинамические условия, стадийность и возраст метаморфизма и рудообразования. Сделаны предположения о возможном источнике и возрасте исходного протолита. Проанализирована связь полученных данных с данными о метаморфизме, магматизме и рудообразовании в пределах Енисейского кряжа.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях аннотированных ВАК:

1. **Полева, Т.В.** Ассоциации микро- и наноразмерных обособлений благороднометалльного комплекса в рудах / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, С.И. Леонтьев, М.В. Вульф, **Т.В. Полева**, В.С. Чекушин, Н.В. Олейникова // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2008. – № 1 (2008 1). – С. 17-32.

2. **Полева, Т.В.** Особенности естественной электрической поляризации пород и руд золотосульфидного месторождения «Благодатное» (Енисейский кряж) / Ю.В. Колмаков, А.М. Сазонов, Е.В. Потехина, С.И. Леонтьев, П.А. Тишин, И.Ф. Гертнер, **Т.В. Полева** // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2008. – № 2 (2008 1). – С. 103-116.

3. **Poleva, T.** Ore-forming conditions of the Blagodat gold deposit in the Riphean metamorphic rocks of the Yenisey ridge according to geochemical and isotopic data / A. Sazonov, I. Gertner, E. Zvyagina, P. Tishin, **T. Poleva**, S. Leontyev, Y. Kolmakov, T. Krasnova // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2009. – № 2 (2009 2). – С. 203-220.

4. **Полева, Т.В.** Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого-структурная позиция, структурные типы рудных полей / А.М. Сазонов, А.А. Ананьев, **Т.В. Полева**, А.Н. Хохлов, В.С. Власов, Е.А. Звягина,

А.В. Федорова, П.А. Тишин, С.И. Леонтьев // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2010. – № 4 (2010 3), С. 371-395.

В прочих изданиях:

5. **Полева, Т.В.** Генезис золотоносных руд г. Благодатной (Енисейский Кряж) / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, С.И. Леонтьев, Л.П. Костененко, Л.И. Свиридов, **Т.В. Полева**, П.А. Тишин // Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края. Матер. докл. науч.-практич. конф., посвященной 60-летию Красноярской геологии. – Кр.: КНИИГиМС, 2003. – С. 247-250.

6. **Полева, Т.В.** Минеральный состав и неоднородность рудных тел месторождения Благодатное в Енисейском кряже / А.М. Сазонов, С.И. Леонтьев, Л.П. Костененко, **Т.В. Полева**, С.П. Гончарова // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология. Матер. III-го Всерос. симп. с междун. участ. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – С. 183-185.

7. **Полева, Т.В.** Благороднометалльный потенциал щелочных интрузий / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, С.И. Леонтьев, **Т.В. Полева**, М.В. Вульф, А.В. Федорова, Ю.В. Ежелый, С.П. Гончарова, С.В. Цыкина // Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Матер. Междун. конф. Москва-Бишкек. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – С. 232-235.

8. **Полева, Т.В.** Месторождение Благодатное вкрапленных золотосульфидных руд (Енисейский кряж) / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, С.И. Леонтьев, Л.П. Костененко, **Т.В. Полева**, Л.И. Свиридов, П.А. Тишин, И.Ф. Гертнер // Магматические, метасоматические формации и связанное с ними оруденение. Матер. науч. конф. – Ташкент: Изд-во «Fan va texnologiya», 2005. – С. 321-325.

9. **Полева, Т.В.** Благороднометалльная специализация интрузий щелочных пород / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, С.И. Леонтьев, **Т.В. Полева**, М.В. Вульф, Ю.В. Ежелый, С.А. Землянский // VII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Матер. докл. – Т. 2. S-V-S-XI. – М.: Университет книжный дом, 2005. – С. 176.

10. **Poleva, T.** Geochronology and source material for metamorphic processes producing gold deposits: An example from the Enisei ridge, Central Siberia / A. Sazonov, I. Gertner, P. Tishin, E. Zviaguina, **T. Poleva**, T. Krasnova // AIG-6-6th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Abstracts. International Association of Geochemistry. Prague, Czech Republic, 2005. – P. 209-210.

11. **Полева, Т.В.** Типоморфизм пирита рудоносной минерализованной зоны месторождения Благодатное Верхне-Енашиминского рудного узла в Енисейском кряже / **Т.В. Полева** // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: сб. научн. тр. / под общ. ред. В.Е. Кислякова; – Кр.: ГУЦМиЗ, 2005. – С. 32-46.

12. **Полева, Т.В.** Особенности распределения, кристалломорфологии и состава пирита золоторудного месторождения Благодатное в Енисейском

кряже / **Т.В. Полева**, А.М. Сазонов, А.Я. Пшеничкин // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 5 Матер. Всерос. петрограф. конф. – Томск: ТГУ, 2005. – Т. II. – С. 282-288.

13. **Полева, Т.В.** Особенности морфологии, состава и распределения золота месторождения Благодатного (Енисейский кряж) / **Т.В. Полева** // Молодежь и наука – третье тысячелетие: Сб. матер. Всерос. науч. конф. студ., аспирант. и молодых уч.; сост. В.В. Сувейзда. – Красноярск: ГОУ ВПО «ГУЦМиЗ», КРО НС «Интеграция», 2005. – С. 630-633.

14. **Полева, Т.В.**, Отражение уровня золотоносности руд в типоморфных свойствах пирита и арсенопирита / **Т.В. Полева**, С.И. Леонтьев, А.Я. Пшеничкин // Золото Сибири: геохимия, технология, экономика: Матер. IV Международного Симпозиума – Красноярск: КНИИГиМС, 2006. – С. 72-73.

15. **Полева, Т.В.** Микро- и наноминеральные руды благородных металлов, их распространенность, промышленное значение / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, С.И. Леонтьев, **Т.В. Полева**, М.В. Вульф, В.С. Чекушин, Н.В. Олейникова // Современные технологии освоения минеральных ресурсов, Сборник научных трудов. Мат-лы 6-й Международной научно-технической конференции; под общ. ред. В.Е. Кислякова.– Красноярск: ИПК Сиб.федер. ун-та, 2008. – С. 45-72.

16. **Полева, Т.В.** Промышленный потенциал золота и платиноидов нефелиновых руд Красноярского края / А.М. Сазонов, С.И. Леонтьев, М.В. Вульф, К.В. Симонов, Е.А. Звягина, А.В. Федорова, **Т.В. Полева**, В.С. Власов, В.С. Чекушин, Н.В. Олейникова, А.К. Вальд // «Природные ресурсы Красноярского края» Специализированное информационно-аналитическое издание. – Красноярск, 2010. – № 5. – С. 51-53.

17. **Полева, Т.В.** Геолого-структурная позиция и типизация золоторудных полей Восточной части Енисейского кряжа / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, **Т.В. Полева**, А.Н. Хохлов, В.С. Власов, П.А. Тишин, К.И. Малышева // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири // Материалы юбилейной научно-практической конференции. – Красноярск: ОАО «Красноярскгеолсъемка», 2010. – С. 94-101.

18. **Полева, Т.В.** Петрогенезис кристаллических сланцев рудоносной структуры месторождения Благодатное (Енисейский кряж) / А.М. Сазонов, **Т.В. Полева**, Е.А. Звягина, С.И. Леонтьев, П.А. Тишин, И.Ф. Гертнер // XI Всерос. петрограф. совещ. с участ. зарубеж. уч. «Магматизм и метаморфизм в истории Земли». – Екатеринбург: УГГУ, 2010. – С. 201-202.

Подписано в печать 24.02.2011
Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. 1,33
Тираж 100 экз. Заказ № 3278

Отпечатано:
Полиграфический центр Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а