

**Отзыв на диссертацию**  
**«О особенностях вещественного состава руд и генезиса шеелит-сульфидного**  
**месторождения Кордонное» (Приморский край, Россия),**  
**представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических**  
**наук по специальности 25.00.11-геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,**  
**минералогия. Автор. Федосеев Дмитрий Геннадьевич**

Представленная на отзыв диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка основных работ, опубликованных автором по теме диссертации.

### **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность исследования** определяется изучением конкретных вольфрамовых объектов, которые имеют существенное значение для понимания общих условий образования и закономерностей локализации месторождений. На долю эксплуатируемых шеелитовых месторождений скарнового генетического типа приходится более половины добычи вольфрама. На базе скарновых шеелит-сульфидных месторождений Лермонтовское и Восток-2 работают горнодобывающие предприятия, требующие расширения сырьевой базы, так как объемы добычи на этих объектах неуклонно сокращаются в динамике.

**Цель и задачи исследования:** явились установление особенностей вещественного состава руд и генезиса шеелит-сульфидного месторождения Кордонное для развития общих представлений о металлогении вольфрама, уточнения геологических и минералогических критериев прогнозирования коренной вольфрамовой минерализации.

### **Основные защищаемые положения**

1. В геологическом строении рудного поля месторождения Кордонное участвуют две группы гранитоидов, принадлежащие раннемеловому (103 - 101 млн. лет), и позднемеловому (88-86 млн. лет) комплексам. Генетическая самостоятельность выделяемых комплексов подтверждается различиями их локализации и петролого-геохимическими характеристиками. Первые относятся к I и S-, вторые - к I-типу.

2. На месторождении Кордонное пространственно совмещены скарны разного минерального состава и металлогенической специализации. Ранние вольфрамоносные скарны из высокотемпературных пироксеновых, гранат-пироксеновых и гранат-пироксен-волластонитовых минеральных ассоциаций сопряжены с шеелит-халькопирит-пирротинным оруденением. С поздними пироксен-андрадитовыми скарнами ассоциирует полиметаллическая (касситерит-сфалерит-галенитовая) минерализация.

3. Минералого-геохимические особенности рудной минерализации месторождения Кордонное определяются пространственным совмещением двух типов руд: ранних – шеелит-сульфидных и поздних – олово-полиметаллических (с турмалином). Каждый из типов сопровождается Au-Vi минерализацией, различающейся по элементному составу сульфосолей. Для вольфрамовых руд характерны развитие простые свинцово-висмутовые сульфосоли, для олово-полиметаллических – сульфосоли сложного Ag-Pb-Vi состава.

**Объект исследования** было выбрано шеелит-сульфидное месторождение Кордонное, расположенное в пределах Малиновской рудной площади. Выбор обусловлен, с одной стороны – слабой изученностью месторождения, с другой – его неординарностью, которая проявлена в сочетании вольфрамовой и олово-полиметаллической минерализации, продуцируемой разными типами магматических образований.

**Фактический материал, методы исследования и личный вклад автора в решение проблемы.** Основой для написания диссертационной работы послужили материалы, собранные автором и сотрудниками лаборатории рудно-магматических систем ДВГИ ДВО РАН в процессе целенаправленных полевых исследований на площади месторождения Кордонное. Из образцов пород и минералов было изготовлено 200 шлифов и 100 пластинок, которые изучены минералого-петрографическими методами. Выполнено 45 силикатных химических анализов основных компонентов проб и 15 спектральных анализов магматических и метасоматических пород. В 20



пробах определены содержания петрогенных элементов, микроэлементов, редких и редкоземельных элементов методом ICP-MS, в 30 пробах - рентгенфлуоресцентным методом. Состав рудных и породообразующих минералов изучен методом локального рентгеноспектрального анализа на микроанализаторе «JXA – 8100» (Япония), оснащенного энергодисперсной приставкой «Inca» (Великобритания). Возраст гранитоидов и сопутствующих им грейзенов определен K-Ar и U-Pb методами.

Для выяснения физико-химических условий образования минералов пород и руд применялись методы термобарогеохимии (главным образом крио- и термометрия, раман-спектроскопия) в комплексе с современными методами локального исследования микрообъектов. В термометрических опытах изучено около 150 флюидных включений, для термометрических опытов и микроанализа которых были подготовлены препараты. Проанализировано более 20 минеральных включений, 30 расплавных, 25 существенно газовых, сингенетичных расплавным. Методом Раман-спектроскопии исследованы десятки флюидных включений для определения состава газовой фазы. Выполнен пересчет результатов химического анализа породобразующих и рудных минералов на кристаллохимические формулы с использованием программы Mathematica.

**Личный вклад автора в решение проблемы.** Большая часть исследований проводилась при непосредственном участии автора, на завершающей стадии написания диссертационной работы - самостоятельно. Автором выполнялось петрографическое изучение прозрачных и полированных шлифов пород и руд под руководством В.И. Гвоздева. Самостоятельно проведены исследования расплавных и флюидных включений в кварце, гранате и шеелите, установлен состав газовой фазы включений на Раман-спектрометре, проведена интерпретация полученных результатов относительно условий процесса рудоотложения. Научные задачи исследования и основные подходы к их решению были определены совместно с научным руководителем д.г.-м.н В.И. Гвоздевым, к.г.-м.н. В.А. Пахомовой, д.г.-м.н. В.Г. Гоневчуком, академиком А.И. Ханчуком, к.г.-м.н. А.С. Вахом. В течение двух лет автор выполнял роль руководителя проекта РФФИ №12-05-31372 мол, , \_а по теме диссертации "Месторождение Кордонное (Дальний Восток России): генезис вольфрамовой минерализации и физико-химические условия образования рудных ассоциаций", а также руководителем проектов (ДВО РАН) №12-III-B-08-165 «Минеральные ассоциации скарнов и руд вольфрамового месторождения Кордонное (Приморский край)», №13-III-B-08-189 «Роль магматизма в гидротермальном рудообразовании и проблема источника рудного вещества на примере изучения месторождений Сихотэ-Алинской вольфрамоносной провинции», в 2015 году руководил разделом гранта №15-II-2-026 «Генезис месторождения Кордонное и проблемы источника вольфрама по данным комплексной интерпретации геолого-петрологических, термобарогеохимических данных и результатов Раман-спектроскопии».

#### **Научная новизна.**

1. Впервые в ассоциации магматических пород месторождения Кордонное выделены два разных по возрасту, геохимическим, петрографическим и термобарогеохимическим признакам магматических комплекса. Выполнено петрографическое и минералогическое изучение гранитов, определены их минеральный состав, изотопный возраст и установлена металлогеническая специализация.
2. Установлены P-T параметры кристаллизации магматических пород, а также физико-химические характеристики образования самостоятельных кварц-шеелитовых прожилков, определяющих в основном вольфрамоносность постмагматических образований.
3. Разработана геолого-генетическая модель формирования магматических пород и рудообразования месторождения Кордонное.

**Практическая значимость.** В пределах Скрытого рудного узла выявлены и охарактеризованы различные по возрасту и составу магматические породы раннемелового (103-101 млн.лет), и позднемелового (88-86 млн. лет) возраста, представляющие разные геодинамические этапы эволюции региона. Установлена связь вольфрамового оруденения с раннемеловыми гранитами, для которых описаны новые критерии распознавания.

Выявленные геохимические и петрологические особенности магматических пород, даны характеристики о флюидном режиме кристаллизации гранитоидов, имеющих разную



продуктивность вольфрамового оруденения, которые могут быть использованы для прогноза оруденения, ассоциированного с гранитоидами.

Изложенные в работе результаты исследования, направленные на разработку критериев прогнозирования вольфрамового оруденения, могут найти применение в производственных работах для выявления геологических перспективных объектов в слабоизученных районах.

**Апробация работы.** Результаты исследований по теме диссертации изложены в 12 работах, из них 5 статей опубликованы в рецензируемых российских журналах (все из списка ВАК).

Основные результаты представлены на: XXII Молодежной научной конференции посвященной памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца, Апатиты, 2011; в работе научной школы-конференции «Новое в познании процессов рудообразования» Москва, 2012 и 2013; на IV Региональной конференции молодых ученых «Современные проблемы геологии, геохимии и экологии Дальнего Востока России» Владивосток, 2012 и 2013; на XV Всероссийской конференции по термобарогеохимии Москва, 2012; на конкурсе научных работ молодых ученых и специалистов ДВГИ ДВО РАН Владивосток, 2014; на XX Всероссийской научной конференции «Уральская минералогическая школа-2014» Екатеринбург 2014; на конкурсе научных работ молодых ученых и специалистов ДВГИ ДВО РАН, 2015; на XIII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле», Москва, 2017; на XVIII Всероссийской конференции по термобарогеохимии, Москва, 2018.

Показатель результативности научной деятельности выразился в многочисленных наградах автора: «За победу в отборочном туре Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ аспирантов в области наук о Земле», дипломов за II место в конкурсах научных работ молодых специалистов во Владивостоке, в Томске, Екатеринбурге, в Москве.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, общим объемом 170 страниц. В ней содержится 61 рисунок и 31 таблица. Список литературы включает 132 наименования.

**В главе 1, «КРАТКИЙ ГЕОЛОГО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЙ ОЧЕРК»** дана геологическая характеристика месторождению Кордонне расположенного в юго-восточной части Дальнереченского района Приморского края. Выбор месторождения Кордонное в качестве объекта исследования определялся, согласно общей схеме металлогенического районирования Сихотэ-Алиня, оно стоит в одном ряду с месторождением Скрытое и рудопроявлениями Легкое, кл. Александр и др.

В результате проведения целенаправленных поисков на участках Малиновской площади: Александра, Ладошина, Черного, Бурного, Кордонном и Скрытом были выделены наиболее перспективные участки: Кордонный и Скрытый. При проходке канав на этих участках удалось вскрыть первые рудные тела.

Детальные поисковые работы в районе, возобновленные с постановкой их на площади рудопроявлений Скрытое и Кордонное, подтвердили прогнозные ресурсы категории  $P_2$  в объеме 34,4 тыс. тонн и 5,49 тыс. тонн триоксида вольфрама соответственно при содержаниях 0,44 % и 0,86 %. Сделан вывод о возможном наращивании запасов на рудопроявлении Кордонное (ресурсы по категории  $P_2$  оценены в 16,3 тыс. тонн триоксида вольфрама при содержании 0,22 %). Месторождение Кордонное в структурно-металлогеническом плане находится в северной части Малиновской рудной площади, составными элементами которой являются два рудных узла - Скрытый и Сланцевый.

Основной фактор, определяющий геологическое строение месторождения - пространственная приуроченность к Самаркинскому террейну, который в виде полосы шириной 30 - 70 км прослеживается в северо-северо-восточном направлении от побережья Японского моря до р. Хор. В строении террейна участвуют терригенные породы, матрикс которых составляют алевролиты и алевро-аргиллиты преимущественно аркозового состава, содержащих пластины, обломки и глыбы различного состава, возраста и происхождения. Среди последних преобладают кремнистые породы и песчаники, реже встречаются известняки, базальты и габброиды. При изучении фауны



радиолярий и конодонтов из кремнистых и терригенных пород, было установлено, что глыбы и пластины известняков, базальтов и кремней из терригенных пород датируются триасом - ранней юрой, значительно реже - палеозоем, в то время как возраст матрикса - юрский.

Район имеет "чешуйчатое строение", с широким распространением комплексов олистостромовых горизонтов и структур конседиментационных тектонитов. В результате анализа полученных данных сделан вывод о том, что Самаркинский террейн является фрагментом аккреционной призмы, а его формирование происходило на внутренних склонах океанического желоба над зоной субдукции. Эти особенности строения Самаркинского террейна не позволяют использовать при картировании стратиграфический кодекс, предполагающий расчленение комплексов на свиты, так как он характеризуется хаотическим строением с гидротектонитами и олистостромами, нарушением возрастных последовательностей напластования, проявлениями гравитационного тектогенеза. Осадочные образования террейна расчленены на шесть тектоно-стратиграфических комплексов (снизу вверх): тудовакский (тудовакская свита), усть-журавлевский (самаркинская свита), удековский, себучарский, окраинно-сергеевский и ариадненский.

*Интрузивные породы* Скрытого рудного узла на поверхности представлены рядом относительно крупных (Горный, Водораздельный, Ореховский, Ладошинский) и мелких (кл. Легкого, кл. Александра, Рекетинский и др.) массивов. По особенностям вещественного состава и возрасту среди них выделены два интрузивных комплекса: 1 – раннеюрский водораздельный и 2 – раннемеловой татибинский.

Водораздельный комплекс представлен пластовыми интрузиями и дайками пироксенитов, габбро, габбро-диабазов, диабазов. Водораздельный интрузив (более 20 км<sup>2</sup>) представляет собой пологую межпластовую залежь, сложенную во внутренних частях крупнозернистыми клинопироксенитами, переходящими к краям через плагиоклазовые пироксениты в трахитоидные мелкозернистые габбро и габбро-диабазы. В эндоконтакте габброиды имеют плитчатый облик, сильно рассланцованы, вплоть до образования плагиоклаз-эпидот-биотитовых, альбит-актинолитовых сланцев.

*Метаморфические породы* на площади Скрытого рудного узла образовались вследствие регионального и контактового метаморфизма. Региональный метаморфизм проявлен в породах вулканогенно-сланцевой толщи юрского возраста и Водораздельного интрузивного комплекса. Осадочные породы, алевролиты и аргиллиты превращены в кварц-полевошпат-мусковитовые, кварц-мусковитовые, полевошпат-кварц-серицитовые сланцы с гетерогранобластовой, лепидогранобластовой структурой; кремни - в микрокварциты, иногда слюдистые микрокварциты и кварцитосланцы.

Вулканогенные породы основного состава преобразованы в амфиболовые (актинолитовые, тремолит-актинолитовые), плагиоклаз-амфиболовые, амфибол-слюдистые сланцы. Так же интенсивно рассланцованы и перекристаллизованы комагматичные вулканитам силлы диабазов и габбро-диабазов. Региональный метаморфизм сопровождался метасоматическими изменениями пород осадочного комплекса. В известняках это мраморизация и тремолитизация в зонах дробления, образование маломощных зон диопсид-тремолитового состава на контактах мраморизованных известняков с филлитами. Локальный (контактный) метаморфизм широко проявлен вблизи интрузий гранитоидов татибинского комплекса. По степени изменения вмещающих их пород условно выделены три зоны: внутренняя, средняя и внешняя.

Внутренняя зона – это зона "узловатых" роговиков, примыкающая непосредственно к контактам гранитоидных массивов. Средняя зона роговиков, как и предыдущая, имеет кварц-биотитовый состав, но отличается от нее отсутствием пятнистых и узловатых текстур. Внешняя зона - это зона слабо ороговикованных пород, которые по минеральному составу и структурно-текстурным особенностям являются промежуточными между образованиями зоны кварц-биотитовых роговиков и неизменными породами.

*Металлогения Малиновского района*, куда входит Скрытый рудный узел характеризуется высокой насыщенностью геохимических ореолов и рудных проявлений с вольфрамовой, в меньшей степени, оловянной, молибденовой, полиметаллической и медной минерализацией. В



настоящий момент здесь известно крупное (более 150 тыс. тонн  $WO_3$ ) вольфрамовое месторождение Скрытое, среднее по запасам (более 10 тыс. тонн  $WO_3$ ) вольфрама месторождение Кордонное, рудопроявления Лёгкое, Эльдовакское, кл. Александра (Mo-W); оловянные месторождения Бурное, Чёрное (W-Sn) и др. Большинство вольфрамовых месторождений сосредоточены в пределах Малиновского и Ладошинского блоков, сложенных породами вулканогенно-сланцевой толщи  $J_2td$ .

Вольфрамовое оруденение Скрытого рудного узла представлено преимущественно скарновым и гидротермальным генетическими типами и имеет большое сходство с вольфрамовыми месторождениями Восток-2, Лермонтовское и проявлениями в пределах рудных узлов.

*Месторождение Кордонное* расположено в северо - восточной части Малиновской площади непосредственно у восточной её границы, в качестве которой рассматривается зона Центрального Сихотэ-Алинского разлома (ЦСР). Локализация рудного поля месторождения в блоке между ЦСР и оперяющими его Быстринским и Медвежинским разломами, во многом определила индивидуальность его геологического строения и металлогении.

На площади месторождения Кордонное все вмещающие сульфидно-вольфрамовое оруденение породы юрской вулканогенно-сланцевой толщи в значительной степени изменены процессами регионального и локального метаморфизма, метасоматоза (скарнирование) и пневматолито-гидротермального воздействия (грейзенизация, пропилитизация, окварцевание, сульфидизация и др.). Скарнирование пород носит локальный характер. Наиболее благоприятными в этом плане являются известняки, туфы и туфолавы основного состава. В связи с этим, особенностью месторождения Кордонное является присутствие в рудных телах скарнов двух минеральных типов, которые характеризуются разной рудной металлогенической специализацией.

Грейзенизация пород наиболее интенсивно проявлена в приконтактных частях скрытой на глубине интрузии гранитоидов. Для грейзенизированных пород характерно преобладание в их составе кварца, серицитизация плагиоклазов и почти полное замещение биотита мусковитом и хлоритом.

Пропилитизация обычно проявлена в вулканогенных породах (диабазы, лава и туфах основного состава) и выражается в образовании эпидот-скаполитовых, турмалин-хлорит-кварцевых, эпидот-кварц-актинолитовых, актинолит-тремолитовых пород.

Окварцевание и сульфидизация наблюдается практически во всех породах. Это прожилки и маломощные (первые сантиметры) жилы кварцевого и сульфидно-кварцевого состава, которые наиболее интенсивно проявлены в диабазы, туфах и туфолавах основного состава. На отдельных участках содержание сульфидных минералов достигает 10–15 % (преобладает пирит, реже отмечаются – пирротин, арсенопирит, халькопирит).

По результатам разведочных работ на месторождении Кордонное установлено 14 шеелит-сульфидных рудных тел, представленных пластовыми и штокверковыми морфологическими типами. Пластовые рудные тела представляют собой метасоматические залежи, образовавшиеся по горизонтам metabазальтов и карбонатно-кремнистых пород вулканогенно-осадочной толщи. Пластовые рудные тела сложены шеелит-скарновыми и шеелит-скарново-сульфидными рудами. Их мощность варьирует от 1.3–2.9 м, а содержания  $WO_3$  – от 0.4 до 1.08%. При этом наиболее высокие концентрации вольфрама сосредоточены на участках, где пластообразные залежи пересечены крутопадающими прожилками шеелит-кварцевого состава, формирующими рудные столбы или штокверкоподобные тела.

Штокверковые рудные тела представляют собой зоны с шеелит-кварцевыми прожилками, локализованные в туфах основного состава и приуроченные к сочленению разломов СЗ и СВ простирания в центральной части месторождения. Протяженность штокверковых зон – 300 и 600 м, мощность – 30 - 38 м, протяженность по падению – 150 и 250 м. По данным геофизических исследований, главное штокверковое рудное тело месторождения имеет овально-удлиненную форму с размерами по длинной оси 450 м, а по короткой – 150 м и пространственно приурочено к надинтрузивной зоне гранитоидного массива, кровля которого в этой части осложнена многочисленными небольшими купольными поднятиями. Штокверк представляет собой



комбинацию прожилков разных направлений, падение прожилков крутое на северо-восток (45–70°), реже на юго-запад (60–80°). Их мощность колеблется от 0.2 до 5 см, редко до 10–20 см; густота от 3–5 до 30–50 (средняя 10–12) на 1 погонный метр. По минеральному составу преобладают кварцевые и полевошпат-кварцевые прожилки; реже встречаются сульфидно-кварцевые. Вкрапленники шеелита пространственно приурочены к зальбандам прожилков.

Распределение вольфрама по мощности штокверка неравномерное: обогащенные участки с содержаниями 0.42%  $WO_3$  чередуются со слабо обогащенными с содержаниями 0.03–0.04%  $WO_3$ . Мощности тех и других участков колеблется от одного до нескольких метров. Среднее содержание  $WO_3$  в штокверках 0.22%. Границы рудных тел определяются по данным опробования. В качестве попутных компонентов в рудах присутствуют железо (14.5%) медь (0.034%), серебро (0.26 г/т), золото (<0.2 г/т), олово (0.002%), висмут (0.0042%). Руды характеризуются тонко – и неравномернозернистой структурой, прожилковой, прожилково-вкрапленной и брекчиевой текстурами. Преобладающий размер зерен шеелита от 0.08 до 0.15 мм. Сопоставляя полученные данные с данными по типовым вольфрамовым месторождениям региона (Лермонтовское, Восток-2), можно сделать вывод, что руды месторождения Кордонное, являются комплексными, а по вещественному составу относятся к скарновому шеелит-сульфидному промышленному типу.

**В главе 2, «ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА И РУДОНОСНОСТИ ГРАНИТОИДНОЙ АССОЦИАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРДОННОЕ И ЕГО БЛИЖАЙШЕГО ОБРАМЛЕНИЯ»** приведены результаты изучения магматических пород представляющих важнейшую составляющую в решении вопросов генезиса месторождений. Результаты исследований внесли существенную информацию в уже существующие (региональные, интегральные) модели, так и в конкретные модели локальных рудно-магматических систем (РМС), которые важны для практической геологии по направлению поисково-разведочных работ и оценки перспектив слабоизученных объектов. Основной акцент автор сделал на изучение гранитоидов, поскольку именно гранитоидный магматизм является обязательным элементом рудообразующей системы с вольфрамовой специализацией.

В Приморском секторе Сихотэ-Алиньской аккреционно-складчатой системы магматические комплексы, с которыми пространственно и генетически ассоциирует вольфрамовое и олово - оруденение, входят в состав Хунгари-Татибинского плутонического пояса. На эталонных объектах вольфрамовую минерализацию связывают с гранитоидами дальнинского (татибинского) комплекса, которые представлены двумя петрохимическими типами: S-тип – Лермонтовское (124 млн лет); хунгарийская серия высокоглиноземистых гранитоидов и I-S тип – Восток-2 (110-95 млн лет), татибинская известково-щелочная серия.

Основное внимание автора было сосредоточено на изучении гранитоидов – пород высокоинформативных при выяснении, как особенностей рудоносных магматических ассоциаций, так и генезиса ассоциирующего с ними оруденения. Для изучаемых типов рудной минерализации: скарнов, грейзенов, кварц-полевошпатовых штокверков, гранитоиды выступают как непосредственные источники рудного вещества и рудоносных флюидов. Гранитоиды месторождения Кордонное с наибольшей вероятностью могут представлять позднюю фазу татибинского (монцо) диорит - гранитного комплекса. Не исключался также вариант участия в этой ассоциации гранитов хунгарийского типа (двуслюдяные).

Автором по данному вопросу были изучены гранитоиды не вскрытых эрозией штоков месторождения Кордонное, устья ключа Ладошина. Исследование выполнялось по горным выработкам (канавам, буровым скважинам) на площади месторождения и при маршрутном изучении прилегающих территорий.

Полевые наблюдения и петрографическое исследование (описание) пород в шлифах привели автора, достаточно обоснованному выводу о том, что в составе гранитоидной ассоциации рудного поля месторождения присутствуют две разные по возрасту, генезису и рудоносности группы.

*Граниты первой группы* (103-101 млн. лет) наиболее широко распространены на изученной территории и с разной степенью детальности изучались многими исследователями. Ими сложены



относительно крупные массивы - Горный, Водораздельный, Ореховский, Ладопинский. Более мелкие тела, часто имеющие тектонические контакты с вмещающими их породами, распространены в Скрытом рудном узле и по всей Малиновской рудной площади.

По результатам бурения и геофизическим данным кровля гранитов залегают на глубине около 100 м и они распространены под всей площадью месторождения. Граниты первой группы имеют крупно-, гигантозернистое строение и содержат порфиновые вкрапленники полевых шпатов. В их минеральном составе преобладают кварц (до 20 %), плагиоклазы (до 40%), калишпат (до 30%), биотит и мусковит (до 10 %). Из аксессуарных минералов в небольшом количестве (менее 1%) присутствуют циркон, ильменит, рутил, сфен, апатит, шеелит, монацит, ксенотим

Основным темноцветным минералом в породе является биотит. Он часто находится в равновесных сростках с мусковитом и иногда замещается хлоритом и рудным минералом. Биотит имеет характерный для этого минерала из гранитов татибинского комплекса красный или буровато-красный цвет, с плеохроизмом до очень светло-коричневого.

Граниты первой группы повсеместно изменены. Преобладает серицитизация (мусковитизация; позднемагматический этап изменений) иногда наблюдаются прожилки мусковита (постмагматический, гидротермальный этап изменений). Реже отмечается хлоритизация - замещение биотита хлоритом и формирование микропрожилков хлоритового состава.

*Граниты второй группы*, по данным геологической съемки, менее распространены, по сравнению с гранитами группы I и, соответственно, хуже изучены.

В настоящее время наиболее изучен интрузив в устье ключа Ладошина. Граниты интрузива полнокристаллические средне-, мелкозернистые породы со слабо выраженной порфиричностью. Порфиновые вкрапленники представлены биотитом, роговой обманкой, реже серицитизированным плагиоклазом. Количество биотита по массе породы значительно варьирует. Иногда наблюдаются участки пород, где концентрации биотита превышают 15%, а сама порода приобретает облик «меланогранитов». Роговая обманка имеет темно-зеленый цвет (иногда со слабым синеватым оттенком); плеохроизм – более светлые буро-зеленые цвета; иногда замещается биотитом. Присутствие амфибола - главная минеральная особенность гранитов второй группы.

Еще одна минералогическая особенность гранитов второй группы - присутствие аксессуарного ортита темной красновато-коричневой окраски, который в шлифах легко отличается от других минералов по высокому показателю преломления. В группе аксессуарив магнетит резко преобладает над ильменитом, повсеместно присутствует циркон и апатит.

Отмеченные выше особенности минерального состава гранитоидов разных групп нашли отражение в химическом составе. Гранитоиды I группы являются более основными, содержание  $\text{SiO}_2$  варьирует от 67,5% до 73,84% (ср.70,98%), в II группы  $\text{SiO}_2$  -73,25% до 78,0% (ср.75,67%). Резко гранитоиды отличаются по MgO, для I группы содержание его колеблется от 0,35% до 1,59% (ср.0,84%), для II группы от 0,03% до 0,32% (ср.0,13%). Два этих параметра указывают, на то, что гранитоиды первой группы формировались на больших глубинах, чем вторые. Рассматриваемые гранитоиды обеих типов соответствуют высококалийевым и попадают в поля шпозонитовой и высококалийевой известково-щелочной серии.

Еще одна минералогическая особенность гранитов второй группы-присутствие аксессуарного ортита темной красновато-коричневой окраски, который в шлифах легко отличается от других минералов по высокому показателю преломления. В группе аксессуарив магнетит резко преобладает над ильменитом, повсеместно присутствует циркон и апатит.

Индикатором особенностей генезиса и металлоносности гранитов может быть распределение в них редкоземельных элементов. Приняв за «типовые» для гранитов первой группы, можно отметить, что при общем сходстве конфигурации трендов, для гранитов первой группы характерны низкое содержание тяжелых элементов и менее выраженный европиевый минимум. Для гранитоидов второй группы намечается «редкометальное» направление в эволюции распределения РЗЭ в последовательных интрузивных фазах.

Согласно проведенным исследованиям автора, первое защищаемое положение убедительно подтверждается. В составе гранитоидной ассоциации месторождения Кордонное присутствуют две группы, различающиеся по составу, генезису, и металлогенической специализации.



Гранитоиды первой группы следует рассматривать как производные (103-101 млн. лет) раннемелового татибинского комплекса (Хунгарийская серия), формирование которого обусловлено деятельностью внутрикоровых магматических очагов, продуцирующих расплавы I-S типа при ограниченном участии глубинных флюидов продуцируют вольфрамовую минерализацию.

Гранитоиды второй группы (88-86млн.лет) вероятнее всего представляют приморский комплекс. В пользу такого вывода свидетельствуют не только выявленные особенности минерального и химического составов пород, но и присутствие вблизи месторождения обширного покрова андезитов. По распространению вулканогенных образований Прибрежного пояса на территорию к западу от Центрального Сихотэ-Алинского разлома может быть связано с субширотной зоной Тернейского разлома. С гранитоидами второй группы связаны месторождения и рудопроявления Pb, Zn, Ag, отчетливо проявленные в пределах Сихотэ-Алинского вулканического пояса.

**В главе 3. «ГИДРОТЕРМАЛЬНО - МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СКАРНОВ И ОКОЛОСКВАЖЕННЫХ ПОРОД»** дана подробная характеристика метасоматических образований. Матрикс толщи, вмещающих пород месторождения Кордонное, как и на месторождениях Восток-2, Лермонтовское, Скрытое, представлен алевролитами, песчаниками, сланцами, туфопесчаниками, вулканогенными породами (спиллиты, базальты и др.), а олистолиты – блоками, пластинами карбонатно-кремнистых пород пермского возраста они практически все в разной степени изменены процессами контактового метаморфизма, скарнирования и гидротермального метасоматоза.

*Роговики* преобладают в геологических разрезах месторождения (40–55%). Они образуются как по осадочным (песчаникам, алевролитам, алевропесчаникам), так и по вулканогенным породам. Характерны относительно низкотемпературные фации с кварцем, мусковитом, хлоритом – мусковит-хлорит-кварцевые, более высокотемпературные (с амфиболом, биотитом и гранатом) наблюдаются вблизи или непосредственно в контакте с массивом гранитоидов и его апофизами. По минеральному составу среди них можно выделить два основных типа: кварц-полевошпат-биотитовые (по песчаникам, сланцам) и кварц-полевошпат-амфибол-биотитовые (по базальтам, спиллитам, туфопесчаникам и другим породам с вулканогенной составляющей).

*Кремни и кварциты* часто не разделены, слагают зоны (до 1 метра) среди вулканогенно-осадочных пород и мраморов (30–35%). Они на 95% представлены бластозернами кварца размером до 0.1 мм структура их как у кварцитов. В скарнированных участках кремней встречаются редкие изометричные зерна (до 0.1–0.5 мм) пироксена и удлиненные пластинки тремолита и волластонита. В ороговикованных кремнистых породах обычно наблюдается биотит, а в грейзенизированных – мусковит.

По минеральному составу среди пород со сланцевой текстурой выделено два основных минеральных типа: кварц-биотит-мусковитовый (ороговикованные) и кварц-мусковитовый (филлиты; слабоизмененные).

Кварц-биотит-мусковитовый сланец визуально представлен слоистой породой, темно-серого (85%), участками, серого (3–5%) и черного (5–7%) цветов. Текстура полосчатая, иногда линзовидно-полосчатая, микролинзовидная. Порода сложена преимущественно кварцем, биотитом, мусковитом и рудным компонентом (гидроокислы железа или углеродистое вещество черного цвета); редко встречаются хлорит, амфибол (актинолит), флогопит, гранат, сфен и др. структура гетеро-, лепидо-, гранобластовая.

Особенностью месторождения Кордонное является присутствие двух типов скарнов, которые характеризуются вольфрамовой и полиметаллической металлогенической специализацией.

Среди скарнов вольфрамовой специализации по минеральному составу можно выделить типы: пироксеновый, гранат-пироксеновый и гранат-пироксен-волластонитовый (преобладает пироксеновый). С ними ассоциируют пироксен-плаггиоклазовый и амфибол-плаггиоклазовый типы околоскарновых пород.

В целом минеральный состав пироксеновых скарнов достаточно однообразный: кроме



пироксена встречаются участки с кварцем, кальцитом, сульфидами и амфиболом (актинолитом); крайне редок апатит. В участках с сульфидной минерализацией амфиболизация обычно проявлена слабо, а в гнездах кварцевого состава пироксен имеет идиоморфный облик, что может свидетельствовать о близкоодновременной кристаллизации этих минералов на завершающем этапе формирования скарнов. В амфиболизированных участках скарнов сульфиды (пирротин, халькопирит) совместно с амфиболом замещают пироксены по границам зерен в спайности, но нередки и случаи, когда сульфиды выполняют интерстиции зерен пироксена, без видимого замещения последнего.

Среди «полиметаллических» скарнов преобладают пироксен-гранатовые разности, менее распространены гранат-пироксеновые и пироксеновые. Скарны преимущественно гранатового состава более характерны для центральных, а пироксеновые – для периферийных участков метасоматических зон.

Пироксен-гранатовые и гранат-пироксеновые скарны с полиметаллическим оруденением визуально очень похожи на гранат-пироксеновые с вольфрамовым. В составе скарнов преобладает гранат (андрадит: от 10–15% – в гранат-пироксеновых, до 80% и более – в пироксен-гранатовых). Краевые участки скарновых зон сложены мелкозернистым (менее 0.1 мм), а центральные – более крупнозернистым (до 0.3 мм) пироксеном, который замещается сфалеритом и галенитом. В контакте скарновых зон с мраморами наблюдается перекристаллизация карбоната. Пироксен имеет геденбергитовый состав, а его количество в гранат-пироксеновых скарнах редко превышает 50%. Крупные зерна (до 0.5 см) граната часто имеют зональное строение. В местах наложения на скарны сульфидного оруденения по гранату развивается эпидот (клиноцоизит) и карбонат. Кроме перечисленных минералов в скарнах присутствуют амфибол и сульфиды (пирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит).

Мощность скарнированных участков варьирует от 0.2 до 7 м, чаще – в пределах первых сантиметров. Условия образования скарнов на месторождении Кордонное определены по минералогическим термометрам и частично – с применением термометрических методов. Были выделены скарны с вольфрамовой минерализацией «раннего» и «среднего» периодов.

Скарны первого этапа («раннего» и «среднего» периодов, с вольфрамовым оруденением) по минеральному составу, физико-химическим условиям кристаллизации являются производными единого постмагматического раннещелочного гидротермального процесса. По типоморфным особенностям минералов (пироксен диопсид-геденбергит, гранат – гроссуляр, везувиан и др.) скарны месторождения Кордонное формировались из растворов, близких по составу и P-T параметрам.

«Ранние» скарны первого этапа относятся к инфильтрационному типу и не содержат промышленных концентраций вольфрама. Для них характерны более высокая (относительно «средних») температура кристаллизации (волластонитовая фация – 75–500°C; пироксен-гранатовая фация – 650–450°C и повышенная магнезиальность, что нашло отражение в минеральном составе скарнов: преобладают пироксены салит-ферросалитового состава, гранат – гроссуляр, присутствуют везувиан и волластонит. Судя по экспериментальным данным скарны такого состава могли образоваться из гидротермальных растворов при низких концентрациях CO<sub>2</sub> и повышенной активности Al, Mg, летучих F, OH. Присутствие в околоскарновых породах парагенезиса пироксена с плагиоклазом позволяет относить эти скарны к фации пород нормальной щелочности, которая формируется из хлоридных по составу гидротермальных растворов.

«Средние» скарны очень часто содержат промышленные (более 0.2% WO<sub>3</sub>) концентрации вольфрама. Судя по присутствию в скарнах пирротина, они могли кристаллизоваться из гидротермальных растворов с повышенной активностью железа и серы, в восстановительной среде, на фоне увеличивающейся роли CO<sub>2</sub> (по сравнению с «ранними»), в температурном интервале 450–320°C.

*Минеральные ассоциации руд* на месторождении Кордонное представлена ассоциацией полевошпатовых метасоматитов, грейзенов и сульфидных руд. Полевошпатовые метасоматиты имеют на месторождении подчиненное распространение. Их присутствие устанавливается только по наличию среди грейзенов и кварцевых жил реликтовых участков полевошпат-кварцевого



состава. По данным петрографического исследования они на 70–80% сложены кварцем и на 15–17% серицитизированным плагиоклазом в небольшом количестве присутствует шеелит.

*Грейзены* на месторождении разделяются на «площадные» и «локальные» - околожилльные метасоматиты, сопровождающие кварцевые жилы с шеелитом. Площадные грейзены (грейзенизированные граниты) сложены на 55–60% кварцем, 30–40% мусковитом (и серицитом), в небольшом количестве (3–7%) постоянно присутствуют хлорит, реликты плагиоклазов, апатит, сфен, рудный минерал. По существу, грейзены этой группы отличаются от измененных гранитов только интенсивностью процесса.

Локальные грейзены (околожилльные) наблюдаются в виде зон небольшой мощности (до 0.05 м) в измененных гранитах и на участках пород кремнистого облика. Грейзены сложены преимущественно кварцем (от 85 до 95%), мусковитом (5–15%); встречаются хлорит, апатит, шеелит. Шеелит в таких зонах часто ксеноморфный, а апатит образует пойкилитовую вкрапленность в кварце, реже срастания с шеелитом – гипидиоморфнозернистая структура. Размеры зерен апатита – не более 0.01 мм, шеелита – до 0.2 мм. Грейзены, которые образовались при участии магматического дистиллята гранитной интрузии, наследуют высокое давление, участие в составе флюида доли углекислоты и высокие концентрации растворов, формирующих шеелитовое оруденение (грейзеноподобные и кварцевые прожилки). Охлаждение флюида и вскипание и связанной с ним углеродной фазы влияли на растворимость вольфрама и способствовали массивному осаждению шеелита.

*Сульфидные ассоциации* преобладают в рудах месторождения. Среди них выделяются: арсенопирит-кварцевая (мышьяковая), пирротин-халькопирит-кварцевая (медно-колчеданная), сфалерит-галенит-кварцевая (полиметаллическая) и пирит-карбонат-кварцевая (колчеданная). Арсенопирит-кварцевая ассоциация имеет ограниченное распространение (не более 5% объема руд). В ее составе преобладают кварц (до 90–95%) и арсенопирит (до 30–50%), наблюдается в виде отдельных зон небольшой мощности до 1 м, часто пространственно тяготеющих к участкам грейзенизированных гранитов. В таких зонах широко развит пирит, который метасоматически сформировался, вероятно, за счет пирротина. Арсенопирит сильно катаклазирован; трещины (до 1 мм) нередко выполняются кварцем, карбонатом, пирротинном, халькопиритом, галенитом и висмутовыми минералами более поздней полиметаллической ассоциации.

Пирротин-халькопирит-кварцевая ассоциация преобладает в сульфидных рудах месторождения (до 95% объема). Ее состав варьирует в широких пределах и во многом определяется составом вмещающих пород. Так, по пироксеновым скарнам формируются руды, в которых наблюдаются значительное количество амфибола (до 40–60%); причем по диопсидовым скарнам образуется тремолит, а по геденбергитовым – актинолит. Эта ассоциация на рудопроявлении проявлялась дважды. Наиболее ранняя – сопутствовала формированию пироксеновых скарнов. От более поздней она отличается незначительной интенсивностью проявления, более слабой амфиболитизацией пироксена. Сульфиды выполняют интерстиции зерен пироксена; шеелит – редок; по пирротину развиваются пирит с магнетитом, апатит – не характерен.

Сфалерит-галенит-кварцевая ассоциация имеет резко подчиненное распространение (не более 1%). В минеральном составе ассоциации преобладает кварц (до 90%), в значимом количестве присутствуют сфалерит (до 20%) и галенит (до 5%), редко встречаются пирит и арсенопирит.

С полиметаллической ассоциацией связано проявление висмутовой минерализации, которая более характерна для кварц-арсенопиритовых руд. В таких участках в составе ассоциации появляются пирротин и халькопирит. Висмутовые минералы представлены преимущественно самородным висмутом, висмутином и свинцово-висмутовой сульфосолью.

Завершает процесс рудообразования на месторождении Кордонное пирит-карбонат-кварцевая ассоциация, которая распространена повсеместно. Характерны тонкие прожилки и зонки (до 1 см) в пирротин-халькопиритовых рудах. Пирит отлагается метасоматически по пирротину, причем нередко встречаются идиоморфные метакристаллы размером до 0.5 см. Из рудных минералов встречаются так же марказит, реже магнетит.

Согласно проведенным исследованиям автора на месторождении Кордонное пространственно совмещены скарны разного минерального состава и металлогенической специализации, что



отвечает второму защищаемому положению. Типоморфные особенности основных минералов скарнов (пироксенов, гранатов, везувиана) месторождения Кордонное и месторождений Восток-2 и Лермонтовское аналогичны, за исключением более высоких содержаний марганца в пироксенах месторождения Кордонное. Это косвенно свидетельствует о формировании скарнов при более низких температурах. Парагенезис сосуществующих пироксенов (салит-ферросалит-геденбергит) и граната (гроссуляр) указывают на формирование скарнов с вольфрамовыми рудами из растворов повышенной, а скарнов с полиметаллическими рудами (парагенезис геденбергита с андрадитом) – пониженной кислотности.

**В главе 4, «МИНЕРАЛЬНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ГЕНЕЗИС МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРДОННОЕ»** приведены результаты исследований комплексных (W, Cu, Bi, Au, Ag) руд скарнового, шеелит-сульфидного месторождения Кордонное в сравнении с рудами месторождений Лермонтовское, Восток-2.

К главным минералам метасоматических пород и руд месторождения Кордонное автором отнесены: кварц, пироксен, амфибол, гранат, хлорит, карбонат; меньшим распространением пользуются слюда, карбонат, апатит, везувиан, эпидот, сфен и др.

Особое внимание автор уделит изучению пироксенов и гранатов, типоморфные особенности которых позволяют сравнивать генезис метасоматических пород месторождения Кордонное с породами эталонных объектов (Восток-2 и Лермонтовское, Скрытое). Описание минералов приводится в порядке их распространенности на месторождении.

*Кварц* наиболее распространенный минерал. Он встречается преимущественно в послескарновых ассоциациях, где по взаимоотношениям с другими минералами устанавливается множество генераций кварца, которые подчеркивают способность этого минерала кристаллизоваться в широком диапазоне температур и кислотности, щелочности растворов. Размеры зерен редко превышают 1 мм; характерны зернистые агрегаты, реже (в кварцевых и кварц-кальцитовых прожилках) встречаются идиоморфные кристаллы. Следует отметить, что ранние генерации кварца в большинстве случаев значительно катаклазированы, а трещины нередко выполняются более поздними минералами. Поздние генерации кварца катаклазируют более ранние, давая структуры разъединения, выполнения, пересечения и др.

*Пироксен* наиболее распространенный минерал скарновых ассоциаций. По химическому составу и оптическим характеристикам он представлен: салитом и геденбергитом.

*Салит* наиболее характерен для скарноворудных зон, сформировавшихся по вулканогенно-осадочным породам. Он наблюдается в виде реликтов или гнезд (до 0.5 см) среди хлоритизированных или амфиболитизированных пород и руд. Салит интенсивно замещается тремолитом (более 17%), актинолитом, карбонатом (анкеритом сидеритом) и сульфидами, в местах отложения сульфидов – куммингтонитом.

*Геденбергит* типичный исключительно для метасоматических зон, сформировавшихся по мраморам (пироксеновые и пироксен-гранатовые скарны). По времени он отлагался, вероятно, позднее салита и близко одновременно с кварцем и сульфидами, что устанавливается по ряду признаков: – слабая амфиболитизация и выполнение сульфидами интерстиций зерен пироксена; – срастания идиоморфных кристаллов пироксена и шеелита среди кварца без видимого замещения последним и др. В местах наложения на геденбергитовые скарны более поздних ассоциаций сульфидных руд геденбергит замещается сульфидами, амфиболом, сидеритом, хлоритом.

В химическом составе пироксенов (Px) установлена постоянная примесь Mn, количество которой изменяется от 0.88 до 1.39 мас. % MnO – для салита и от 4.15 до 5.19 мас. % MnO – для геденбергита. В целом марганцовистость пироксенов месторождения Кордонное более высокая, по сравнению с пироксенами месторождений Восток-2 (геденбергит – 1.37–3.38 мас.% MnO) и Лермонтовское (геденбергит – 0.86–2.25 мас. % MnO; салит, диопсид – 0.00–0.56 мас. % MnO). Этот факт может косвенно свидетельствовать о формировании скарнов месторождения Кордонное при более низких температурах.

В вольфрамовых скарнах Px-1 обычно более крупнозернистый, по сравнению с Px - 2 и часто образует тесные срастания с гроссуляром и везувианом. Причем, более магниевые разности



характерны для скарнов, сформировавшихся по вулканогенно-осадочным породам, а более железистые – по мраморам.

*Амфиболы* представлены изоморфным рядом тремолит-актинолит и куммингтонитом. Первые по химическому составу относятся к актинолиту с содержаниями MgO от 14.19 до 18.56 мас.%, но по оптическим характеристикам – существенно различаются. Основная масса амфиболов отлагалась в послескарновые стадии минерализации, где он совместно с сульфидными минералами замещает пироксены. По минеральным ассоциациям и времени минерализации выделены четыре генерации амфибола.

Наиболее ранние генерации амфиболов (I) совместно с полевыми шпатами слагают околоскарновые породы. Для амфиболов этой группы характерен плеохроизм до зеленых – сине-зеленых оттенков. Вторая (II) генерация амфиболов имеет незначительное распространение, кристаллизовалась чуть позднее геденбергита совместно с сульфидами и кварцем (оруденение сопутствующее скарнам). По оптическим характеристикам этот минерал близок к ферроактинолиту. Третья (III) генерация амфиболов наиболее распространена в скарноворудных телах (наложенное на скарны кварц-амфибол-сульфидно-шеелитовое оруденение). Этот амфибол по химическому составу относится к тремолит-актинолиту, который отлагался преимущественно метасоматическим путем по пироксеновым скарнам, причем тремолит развивался по более магнизальным пироксенам, а актинолит – по более железистым. Наиболее поздняя (IV) группа амфиболов по химическому составу отнесена к куммингтониту. По оптическим характеристикам минерал очень похож на тремолит, но отличается по более высокому показателю преломления и двупреломления в односторонних сечениях. Наблюдается в сростках с актинолитом или в виде идиоморфных короткопризматических, реже удлиненных кристаллов среди кварца и пирротина.

*Хлорит* один из часто встречающихся минералов. Его агрегаты пространственно тяготеют к местам скопления поздних кварц-кальцит-пиритовых прожилков или к тыловым участкам скарноворудных зон. Наблюдаются прожилки, гнезда, зоны. Хлорит образует мелкочешуйчатые, иногда радиально-лучистые агрегаты мелких (менее 0.08 мм) короткопризматических зерен, находящихся в тесных взаимопроростаниях с серицитом, карбонатами (анкеритом, сидеритом) и др., развиваясь по плагиоклазам, пироксенам и амфиболам.

Слюды на месторождении представлены биотитом, мусковитом, серицитом, стильпномефаном. *Биотит* в неизменном виде встречается редко, главным образом, в биотитовых роговиках и зонах биотит-гранатового состава в измененных гранитах.

*Мусковит* (серицит) встречается довольно часто в ассоциациях грейзенов, где он выполняет пустоты между зернами кварца.

*Серицит* развивается совместно с карбонатом и кварцем по плагиоклазам. Последняя ассоциация характерна и для скарноворудных зон (в околоскарновых пироксен- и амфибол - плагиоклазовых породах). Размеры чешуек в грейзенах до 1–1.5 мм., в околоскарновых породах по плагиоклазам – менее 0.05 мм.

*Стильпномефан* установлен в ассоциациях сульфидных руд совместно с куммингтонитом, образуя чешуйчатые агрегаты и отдельные зерна. Имеет черный цвет, замещает преимущественно пироксен. В шлифах минерал имеет зеленый цвет, интенсивный плеохроизм (от светло-желтого до зеленовато-коричневого) и высокое двупреломление, плохо отличается от биотита.

*Гранат* встречается довольно часто. По составу установлено три его минеральные разновидности: гроссуляр, андрадит и альмандин.

*Гроссуляр* образует сростки с Рх-1 и везувианом в «ранних» скарнах, иногда скопления до 2 см в которых его количество достигает 50%. Для него характерны примеси титана (до 0.8 мас.% TiO<sub>2</sub>), марганца (до более 6 % мас. и MnO – 9–16% спессартитового минала - для гидрогроссуляра) и железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO от 4.40 до 6.99% масс, составляет 14–20% андрадитового минала).

*Андрадит* образует сростания с пироксеном или слагает метасоматические зоны мономинерального состава. Минерал имеет буро-коричневый с зеленоватым оттенком цвет; в гнездах карбоната – желто-зеленый. Состав андрадита близок к теоретическому, примесь MnO не превышает 0.64 %мас.



*Альмандин* встречается в биотитовых роговиках, зонах биотитизации, среди измененных гранитов и в зонах биотитовых роговиков, сопровождающих скарноворудные тела. Минерал имеет темно-малиновый цвет; изотропный.

*Полевые шпаты. Плагноклаз* встречается в биотитовых роговиках пироксен- и амфибол-плагноклазовых околоскарновых породах, гранитах, рудах, вулканогенно-осадочных породах и др. В большинстве случаев плагноклазы замещаются или полностью замещены серицитом, кальцитом и хлоритом (наблюдаются только их реликты). Для шеелит-сульфидно-кварцевых руд также характерны достаточно крупные (до 2 мм) кристаллы плагноклаза, которые однозначно диагностируются по его реликтам. В целом во всех случаях плагноклаз кристаллизовался одним из первых, что привело к его интенсивному замещению более поздними минералами и усложнило диагностику его химического состава и оптических констант.

*Карбонат* встречается повсеместно. Среди них преобладает кальцит, которым сложены мрамора и поздние кварц-кальцитовые прожилки с пиритом. В последних нередко встречается сидерит и анкерит. Сидерит и анкерит обычно замещают амфиболы и пироксены в ассоциациях сульфидных руд, здесь же иногда появляется стильномелан.

*Апатит* в незначительных количествах встречается в зонах биотитовых грейзенов (среди гранитов) и в роговиках, в ассоциациях скарнов, полевошпатовых метасоматитах, грейзенах и сульфидных рудах. Максимальные концентрации апатита установлены в шеелит-apatит-кварцевой ассоциации.

*Эпидот* встречается совместно с пренитом, хлоритом, кварцем и карбонатом в пироксен-гранатовых скарнах в около скарновых породах. Эпидот представлен клиноцоизитом. Он замещает андрадит и плагноклаз, образуя агрегаты зерен неправильной формы размером до 0.1 мм.

*Волластонит* наблюдается в ассоциации с пироксеном (салитом) и гроссуляром в зонах инфильтрационных скарнов, развивавшихся по мраморам, кристаллизовался чуть раньше пироксена и граната.

*Пренит* встречается только в ассоциации с эпидотом, кварцем, карбонатом и хлоритом в прожилках, секущих пироксеновые скарны.

*Сфен* встречается повсеместно обычно в виде акцессорного минерала в скарнах, грейзенах, сульфидных рудах. Размеры идиоморфных кристаллов не превышают 0.7 мм.

**Главные рудные минералы.** *Шеелит* является основным рудным минералом, представляющим практическую значимость. Его концентрации в рудах незначительны и в среднем (по рудным телам) не превышают 0.5%  $WO_3$ . Он встречается в пироксеновых скарнах (пространственно тяготеет к участкам с более мелкозернистым пироксеном – геденбергитом), гнездах и жилах кварц-apatит-шеелитового состава, а также в сульфидных рудах. В большинстве случаев шеелит образует идиоморфные кристаллы или изометричные зерна размером от 0.01 до 0.5 мм. Редко, в амфиболовых метасоматитах, встречаются кристаллы размером до 1–1.5 мм, имеющие ксеноморфный облик. Для сульфидных руд характерны округлые выделения шеелита, нередко катаклазированные (трещины выполняются кварцем и сульфидами). Чаще всего шеелит наблюдается в тесных сростаниях с кварцем и амфиболом, реже - с пироксеном и молибденитом. Судя по взаимоотношениям шеелита с другими минералами, в рудах присутствует несколько его генераций. Наиболее ранняя генерация шеелита (I) кристаллизовалась близодновременно с пироксеновыми скарнами (ксеноморфные зерна в амфиболе); более поздняя генерация (II) - (идиоморфные зерна в кварце, округлые в сульфидных рудах - поздних) – близодновременно с кварцем и апатитом из ассоциаций полевошпатовых метасоматитов и грейзенов; третья генерация (III) - (идиоморфные кристаллы в пирротиновых рудах и гнездах кварц-амфибол-сульфидного состава) – совместно с сульфидными рудами.

*Пирротин* - один из самых распространенных минералов в рудах (до 70% от объема сульфидных минералов). Он выполняет интерстиции зерен кварца, амфибола, пироксена. Ранние генерации пирротина (I) формировались близодновременно с пироксеновыми скарнами (имеют подчиненное распространение). Для этого пирротина характерны относительно крупные монозерна (до 0.5 мм), которые часто замещаются марказитом, пиритом с магнетитом.



Вторая генерация пирротина (II) в рудах преобладает, он выполняет преимущественно интерстиции зерен кварца, амфибола и пироксена, но в отличие от пирротина первой генерации, замещает их и в свою очередь корродируется пиритом, хлоритом и карбонатами. Вторая генерация пирротина пространственно приурочена к центральным частям рудных зон, которые наиболее изменены поздними процессами, что привело к его значительной перекристаллизации, дроблению, появлению, наряду с двойниками давления, участков с типичными бластозернистыми структурами.

Третья генерация пирротина (III) появляется в рудах с полиметаллической минерализацией. Здесь агрегаты пирротина имеют метазернистое (в кварцевых прожилках – аллотриоморфнозернистое) строение, а интерстиции его зерен выполнены кварцем, галенитом и карбонатом. Этот пирротин практически не катаклазирован.

*Пирит* - второй по распространенности минерал среди сульфидов. По его взаимоотношениям с другими минералами можно выделить несколько генераций.

*Пирит-I* наиболее ранний, встречается среди пироксеновых скарнов, где он наблюдается как в виде мономинеральных прожилков (до 1 мм) так и в интерстициях зерен пироксена, отлагаясь метасоматически по пирротину. Особенностью этого пирита является наличие в нем субграфических прорастаний магнетита (реже гематита) или кварца в идиоморфных метакристаллах.

*Пирит-II* наблюдается в арсенопирит-сфалерит-галенитовых прожилках, где кристаллизуется позднее арсенопирита, замещая его вдоль границ кварц-халькопирит-пирротиновых прожилков.

*Пирит-III* наиболее поздняя генерация, присутствует в рудах в виде мономинеральных или кварц-кальцит-пиритовых прожилков мощностью не более 2–3 мм. Эти прожилки наблюдаются в пирротиновых, арсенопиритовых и в полиметаллических (сфалеритовых) рудах.

*Арсенопирит-I* встречается преимущественно в зонах окварцевания или скарнирования вулканогенно-осадочных пород или в прожилках с полиметаллической минерализацией. В зонах окварцевания арсенопирит приурочен, главным образом, к трещинам разного направления, в местах, пересечения которых образует гнезда (до 2 см), сложенные небольшими (до 0.8–1.2 мм) кристаллами или изометричными зернами.

*Арсенопирит-II* встречается также в прожилках, секущих пирротиновые руды, и в галенитах. Во всех случаях арсенопирит-I кристаллизовался в рудах одним из первых.

*Халькопирит* встречается во всех рудных ассоциациях. Максимальные скопления халькопирита приурочены к выделениям актинолита, где он выполняет интерстиции зерен. Во всех случаях характерны изометричные зерна размером до 0.1 мм, образующие тесные сростания с пирротинном (обычно в его краевых частях).

*Сфалерит* ассоциирует, главным образом, с галенитом в прожилках полиметаллического состава, реже встречается в пирротиновых рудах. Для него характерны изометричные зерна (до 0.1 мм), слагающие гнезда размером до 0.5 см, реже - мономинеральные зоны мощностью до 1–2 см

*Галенит* не характерен для руд месторождения. Его значительные (видимые) скопления наблюдаются только в прожилках с полиметаллической минерализацией. Здесь галенит образует тесные сростания с пиритом-II, арсенопиритом I, II, густавитом, сульфотеллуридами висмута самородным висмутом, иногда выполняет интерстиции зерен пирротина-III. Размеры агрегатов зерен не превышают 0.8 см. В химическом составе галенитов отмечаются примеси селена (до 0.34%), серебра (до 1.08%) и висмута (до 4.36%).

*Марказит* характерен для участков скарноворудных тел, где на пирротиновые руды наложена полиметаллическая минерализация или встречаются поздние пирит-кальцит-кварцевые прожилки. Марказит образует пламенивидные выделения, которые развиваются по границам зерен или трещинам в пирротине или арсенопирите.

*Касситерит* образует идиоморфные микрокристаллы (не более 0.02 см), которые совместно с поздним (?) кварцем (тоже идиоморфный) образуют пойкилитовую вкрапленность в сфалерите иногда в арсенопирите.



*Молибденит* - крайне редкий минерал в рудах. Он образует единичные пластинчатые (размером до 0.3 мм) или в виде розеток выделения и часто наблюдается в сростании с шеелитом в метасоматитах (много кварца, хлорита и мусковита) вблизи кварцевых прожилков.

*Станнин* - редкий минерал, наблюдался в прожилке кварца с арсенопирит-полиметаллической минерализацией, где он образует эмульсионную вкрапленность в сфалерите.

*Магнетит* в незначительных количествах встречается повсеместно. Он замещает нерудные минералы, такие как пироксен, сфен (?) или образует субграфические сростания с пиритом, образовавшимся по пирротину-I.

*Гематит* встречается крайне редко. Совместно с замещаемым магнетитом он образует субграфические сростания с пиритом.

*Герсдорфит* редкий минерал в рудах месторождения. Он наблюдался в пироксен-гранатовых скарнах, где образует идиоморфные метазерна размером до 0.4 мм и иногда содержит микровключения (до 2-3 микрон) сульфотеллуридов висмута. Особенностью состава изученного герсдорфита является присутствие в нем примеси кобальта от 2.7 до 7.7 мас.%.  
*Кобальтин* был встречен в арсенопирит-халькопирит-пирротиновых рудах совместно с галенитом, минералами лиллианит-густавитового ряда, сульфотеллуридами висмута и самородным висмутом. Кобальтин образует метазерна идиоморфного облика в халькопирите, или совместно с галенитом замещает его. В составе кобальтина отмечаются примеси железа от 0.7% до 3.02 мас.% и никеля до 1.75 мас.5%.

*Висмутовые* минералы ассоциируют с кварцем, пиритом II, пирротином III, халькопиритом и галенитом. Установлены по оптическим характеристикам и подтверждены рентгено-спектральными микроанализами: самородный висмут, гунгаррит, виттит, викингит, висмутин, козалит, густавит-лиллианит, сульфотеллуриды висмута, матильдит, самородное золото. Диагностика минералов очень сложна, в связи с небольшими размерами зерен (редко более 0.1 мм). По минеральному составу и взаимоотношениям минералов можно выделить три парагенетические ассоциации висмутовых минералов: 1 - сульфосолюно-сульфидную, 2 - сульфотеллуридно-сульфидную и 3 - сульфидно-висмутую.

В составе первой ассоциации преобладают висмутсодержащий галенит и серебро-свинцово-висмутовые сульфосоли лиллианит-густавитовой серии; крайне редко встречается самородный висмут. Наблюдается следующая последовательность кристаллизации минералов: самородный висмут → сульфотеллуриды → Pb-Bi-Ag сульфосоли → Bi+Ag-галенит.

Главный минерал второй ассоциации – висмутин, а сульфотеллуриды висмута, икунолит и самородный висмут имеют подчиненное распространение. Висмутин - распространенный минерал в вольфрамовых рудах. Пространственно он тяготеет к участкам окварцованных руд со скоплениями арсенопирита, где образует сростания с арсенопиритом. В составе третьей ассоциации преобладает самородный висмут, в небольшом количестве присутствуют сульфотеллуриды висмута, икунолит и висмутин.

В заключении главы следует отметить, что защищаемое третье положение о минералогеохимических особенностях рудной минерализации месторождения Кордонное с пространственным совмещением двух типов руд вполне обосновано. Выделение в его рудах двух групп продуктивной (вольфрам и олово) и сопутствующей (соответственно Pb-Bi и Ag-Pb-Bi) подтверждается как минеральным составом руд, так и типоморфными особенностями минералов.

Сопутствующая минерализация вольфрамовых руд месторождения Кордонное представлена широким спектром высокотемпературных свинцово-висмутовых сульфосолей (виттит, гунгарит, лиллианит), Pb-содержащими сульфотеллуридами.

Сопутствующая минерализация оловянных руд месторождения Кордонное представлена более низкотемпературными сульфосолями сложного Ag-Pb-Bi состава, Pb-содержащими сульфотеллуридами, матильдитом, и др. В целом, оба геохимических типа сопутствующей минерализации носят относительно высокотемпературный характер, на что указывает присутствие в них серебро- и висмутсодержащего галенита, а так же самородного висмута, который кристаллизуется последним при температуре 270°C.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных исследований автором сделаны правомерные следующие выводы:

1. В геологическом строении рудного поля месторождения Кордонное установлено участие двух типов гранитов, которые относятся к магматическим комплексам, различающимся по возрасту, структурным особенностям, минеральному и химическому составу, геохимическим признакам, условиям образования и металлогенической специализации.

Гранитоиды первой группы, с которым в регионе ассоциируют месторождения вольфрама, следует (103-101 млн. лет) рассматривать как производные раннемелового татибинского комплекса (Хунгарийской серии), формирование которого обусловлено деятельностью внутрикоровых магматических очагов, продуцирующих расплавы I-S типа при ограниченном участии глубинных (сквозьмагматических) флюидов. Граниты второй группы, с которыми связаны оловянные, полиметаллические, золото-серебрянные месторождения, и петрохимическим характеристикам представляют (88-86 млн. лет) возраст ассоциацию пород Прибрежного (Сихотэ-Алиньского) вулканогенного пояса, и вероятнее всего, относятся к приморскому комплексу.

2. Скарны месторождения представлены двумя типами, которые ассоциируют с разными магматическими комплексами и каждый из которых характеризуется собственной металлогенической специализацией. Первый тип скарнов представлен гроссуляр-пироксеновой с везувианом и волластонитом минеральной ассоциацией и сопряженным шеелит-халькопирит-пирротинным оруденением. Скарны второго типа – пироксен-андрадитовые, с ними связана полиметаллическая (олово-сфалерит-галенитовая) минерализация.

3. Грейзены на месторождении представлены двумя минеральными ассоциациями: мусковит-кварцевой и шеелит-апатит-кварцевой. По результатам исследования включений в кварце, грейзены образовались при участии магматического дистиллята гранитной интрузии. В составе флюида, формирующего шеелит-апатит-кварцевую ассоциацию, отмечены высокие концентрации растворов, участие в газовой фазе углекислоты и метана. Вероятно, значимую роль в переносе вольфрама также играли вскипание флюида и фосфатные комплексы (апатит).

4. Сочетание вольфрамовых (шеелит) и сульфидных (пирротин, халькопирит) минералов является особенностью минерализации месторождения и определяет его специализацию. Максимальные концентрации шеелита сосредоточены в участках пересечения горизонтов скарнированных пород прожилками шеелит-полевошпат-кварцевого и шеелит-кварцевого, иногда с хлоритом, амфиболом, карбонатом, апатитом, пирротинном, пиритом, арсенопиритом состава. Количество сульфидов в рудах часто превышает 30%, что сравнимо с содержанием в рудах эталонных месторождений Восток-2 и Лермонтовское, позволило автору относить месторождение Кордонное к сульфидному типу.

5. Учитывая геолого-структурное положение района и месторождения Кордонное (зона сочленения Самаркинского террейна с Прибрежным вулканогенным поясом), выделение в его рудах двух групп продуктивной (вольфрам и олово) и сопутствующей (соответственно Pb-Bi и Ag-Pb-Bi) минерализации вполне уместно и подтверждается как минеральным составом руд, так и типоморфными особенностями минералов.

6. Термобарогеохимическими исследованиями автора вкрапленников кварца из гранитов установлено, что начало кристаллизации гранитов татибинского комплекса соответствует интервалу температур 750–775°C, давление флюида - около 150–200 МПа, водосодержание магмы 4.5 – 5.5 мас.%. Близкие содержания SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O в стеклах закаленных расплавных включений и гранитах татибинского комплекса указывают на то, что в начальный период кристаллизации кварца гранитов магма была гомогенной. Как следует из сравнения характеристик РВ центральных и периферических участках вкрапленников кварца, в более поздний период кристаллизации существовали избыточное давление, и гетерогенизация флюида магмы. В газовой фазе сопутствующих включений (РВ позднего периода) диагностированы углекислота и метан.

В гранитах второй группы, представленных на площади рудного поля, расплавные включения не обнаружены, что может служить косвенным признаком маловодности их материнских расплавов, и, соответственно, низкой перспективности на вольфрамовое оруденение.



7. На основании анализа результатов комплексных исследований автором предложена схематическая модель рудно-магматической системы Скрытого рудного узла и входящего в его состав месторождения Кордонное. Генетическая модель РМС носит универсальный характер РМС, где показаны причины полигенности и полихронности, обусловленные формированием её в условиях смены геодинамической обстановки скольжения (раннемеловая трансформная) на обстановку погружения (позднемеловая субдукционная), а также участия в её эволюции разновозрастных террейнов: юрская аккреционная призма – Самаркинский и турбидитовый – Журавлевский.

В целом, диссертация и автореферат составлен согласно действующим методическим инструкциям и не вызывает возражений, тема диссертации несомненно актуальна, сформулированные защищаемые положения соответствуют специальности 25.00.11. -геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Следует отметить положительные стороны диссертационной работы Д.Г. Федосеева.

**Актуальность исследования** четко определена изучением конкретного вольфрамового рудопроявления Кордонное, которые имеет существенное значение для понимания общих условий образования и закономерностей локализации месторождений, а так же оценки его перспективности.

**Цель и задачи исследований выполнены,** проведена идентификация шеелит -сульфидных минералов из метасоматических образований, их ассоциаций, изучены магматические образования и определены критерии рудоотложения. Рудные минералы идентифицировались и изучались в процессе масштабной и скрупулёзной рудной микроскопии, сканирующей электронной микроскопии.

**Фактический материал, методы исследования.** Соискатель выполнил и интерпретировал результаты тысячи электронно-микронных анализов, которые положены в фундамент диссертационной работы. Изготовлено 200 шлифов и 100 пластинок, которые изучены минералого-петрографическими методами. Выполнено 45 силикатных химических анализов основных компонентов проб и 15 спектральных анализов магматических и метасоматических пород. В 20 пробах определены содержания петрогенных элементов, микроэлементов, редких и редкоземельных элементов методом ICP-MS, в 30 пробах - рентгенфлуоресцентным методом. Состав рудных и породобразующих минералов изучен методом локального рентгеноспектрального анализа на микроанализаторе «JXA – 8100» (Япония), оснащенного энергодисперсной приставкой «Inca» (Великобритания). Возраст гранитоидов и сопутствующих им грейзенов определен K-Ag и U-Pb методами. Для выяснения физико-химических условий образования минералов пород и руд применялись методы термобарогеохимии (главным образом крио- и термометрия, раман-спектроскопия) в комплексе с современными методами локального исследования микрообъектов. В термометрических опытах изучено около 150 флюидных включений, для термометрических опытов и микроанализа. Проанализировано более 20 минеральных включений, 30 расплавных, 25 существенно газовых, сингенетичных расплавным. Методом Раман-спектроскопии исследованы десятки флюидных включений для определения состава газовой фазы. Выполнен пересчет результатов химического анализа породобразующих и рудных минералов на кристаллохимические формулы с использованием программы Mathematica. Для идентификации минеральных фаз во включениях изучались шлифы и пластинки пород (по методу «зеркального отражения») при различных увеличениях (от  $\times 50$  до  $\times 1000$ ). Использовался оптический поляризационный микроскоп NIKON E 600 POL (NIKON E – 600 POL Optical Microscope for Geological Studies), Jeol (Япония) в комплекте с приставкой для отраженного света, набором длиннофокусных объективов и цифровой телекамерой. При рентгеноспектральном микроанализе использовался (четырёхканальный микроанализатор JXA – 8100 в диапазоне от В до U; производство компании Jeol Co Ltd; с кристаллами - анализаторами: LiF, PET, TAP, LDE2) для изучения состава минералов, входящих в граниты и метасоматиты. Результаты рентгенофазового анализа представлены в виде соответствующих дифрактограмм.



**Научная новизна.** Основная проблематика, которой посвящена диссертационная работа, входит в три обширные области минералогии: изоморфизм, механизмы замещения элементов, серии флюидных растворов. Впервые в пределах месторождения Кордонное выделены два типа гранитоидов, установлены P-T параметры их кристаллизации, разработана геолого-генетическая модель месторождения. Выполнена детальная характеристика новых, и неизвестных ранее рудных минералов на месторождении Кордонном, что является одним из приоритетных направлений минералогии, как науки. По причинам их редкости, малой размерности индивидов, сложности идентификации, редкие рудные минералы являются, наименее исследованными, обладая высокой степенью потенциальной научной новизны.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке критериев прогнозирования вольфрамового оруденения ассоциированного с гранитоидами в слабоизученных районах Дальнего Востока. Теоретическая и практическая значимость работы заслуживает пристального внимания, обоснованная возможность совместной обработки всех полученных данных.

С самого начала исследований, соискатель в своей работе стремился следовать направлению и школе «рудная минералогия» ("ore mineralogy"), которая складывалась и развивается работами сотрудников ДВГИ разных поколений: к.г.-м.н. Б.Л. Залищак д.г.-м.н В.И. Гвоздева, В.Г. д.г.-м.н. Гоневчука, академика А.И. Ханчука, д.г.-м.н. В.В. Голозубова, к.г.-м.н. А.С. Ваха, д.г.-м.н. В.В. Раткина, к.г.-м.н., Б.И. Семеняка и др. Это позволило автору работы достаточно детально провести исследование редких рудных минералов, их зональности, вариации составов, механизмов замещения элементов, ассоциаций и аспектов формирования минералов из ряда комплексов

**Защищаемые положения**, выносимые на защиту – все три защищены.

1-Первое защищаемое положение убедительно подтверждается, в составе гранитоидной ассоциации месторождения Кордонное присутствуют две группы, различающиеся по составу, генезису, и металлогенической специализации. Гранитоиды первой группы следует рассматривать как производные (103-101 млн. лет) раннемелового татибинского комплекса, формирование которого обусловлено деятельностью внутрикоровых магматических очагов, продуцирующих расплавы I-S типа продуцируют вольфрамовую минерализацию. Гранитоиды второй группы (88-86 млн. лет) представляют приморский комплекс.

2-Проведенными исследованиями автора на месторождении Кордонное подтверждено пространственное совмещение скарнов разного минерального состава и металлогенической специализации, что отвечает второму защищаемому положению. Парагенезис сосуществующих пироксенов (салит-ферросалит-геденбергит) и граната (гроссуляр) указывают на формирование скарнов с вольфрамовыми рудами из растворов повышенной, а скарнов с полиметаллическими рудами (парагенезис геденбергита с андрадитом) – пониженной кислотности.

3- Выделение на месторождении рудах двух групп продуктивной (вольфрам и олово) и сопутствующей (соответственно Pb-Bi и Ag-Pb-Bi) минерализации подтверждается как минеральным составом руд, так и типоморфными особенностями минералов.

Сопутствующая минерализация вольфрамовых руд представлена широким спектром высокотемпературных свинцово-висмутовых сульфосолей (витит, гунгарит, лиллианит), Pb-содержащими сульфотеллуридами, оловянных руд представлена более низкотемпературными сульфосолями сложного Ag-Pb-Bi состава, Pb-содержащими ульфотеллуридами, матильдитом.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением широко спектра методов и новейшей апробированной аппаратурой и объемами исследований.

**Замечания к выполненной диссертационной работе сводятся к следующему:**

1)Нарушение структуры идентичности некоторых разделов «Автореферата» и «Диссертации». Появление в «Автореферате» раздела «Соответствие результатов работы научным специальностям», которое отсутствует в тексте «Диссертации», и напротив появление в «Диссертации» раздела «Личный вклад автора в решение проблемы генезиса месторождения», которого нет в «Автореферате». В целом же содержание глав «Автореферата» соответствует основным идеям и выводам глав «Диссертации».

2) Три защищаемых положения сформулированы не четко, в форме повествовательных предложений, а не защищаемых, более убедительно они звучат в названии глав 2, 3, и 4



диссертации, которые соответствуют защищаемым положениям.

3) Малое внимание уделено тектонике, её даже нет в оглавлении «Диссертации», при описании геолого-минералогического очерка, в то время известно, разломы играют значительную роль в локализации рудных районов, месторождений, особенно поперечные, образующиеся при растяжении. Участки пересечения разно ориентированных разломов являются благоприятной средой для образования сводовых вулcano-плутонических структур несущих рудную минерализацию.

4) Как пожелания, не приведена камерная модель, показывающая последовательности образования рудной минерализации, её зональности, замещения элементов, приведенных на многочисленных микроснимках.

Сделанные замечания не умаляют значения выполненной диссертационной работы. Текст диссертации составлен на высоком техническом, профессиональном уровне. Приведенные рисунки, микроснимки выполнены на высоком уровне и подтверждают защищаемые положения.

По своей научной значимости диссертация имеет существенное значение для решения проблем поисков вольфрамовых руд в пределах слабо изученных районов Дальнего Востока.

Автор **Федосеев Дмитрий Геннадьевич** выполненной диссертационной работы заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности— **25.00.11-геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.**

Копылов Михаил Иннокентьевич.

Доктор геолого-минералогических наук  
Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения  
Российской академии наук (ИТИГ ДВО РАН)  
680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65, <http://itig.as.khb.ru/>  
E-mail: [michil.kopa@gmail.com](mailto:michil.kopa@gmail.com)  
Тел.: +7 (4212) 22-71-89

Я, Копылов М.И., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

24 сентября 2019



М.И. Копылов