

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН СО РАН)

670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6а,
тел.: (3012) 43-39-55, факс: (3012) 43-30-24
E-mail: gin@ginst.ru
<http://geo.stbur.ru>
ОКПО 05160352, ОГРН 1020300903611
ИНН / КПП 0323025475 / 032301001

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГИН СО РАН
доктор геол.-мин. наук
А. А. Цыганков



Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Чикишевой Татьяны Александровны

«Минералого-технологические характеристики руды Правоурмийского месторождения олова (Хабаровский край)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – Минералогия, кристаллография

Актуальность представленной диссертационной работы определяется необходимостью повышения рентабельности добычи олова и сопутствующих компонентов, для развития минерально-сырьевой базы редких и цветных металлов Российской Федерации. На примере Правоурмийского месторождения олова, расположенного в пределах Баджальского оловорудного района на Дальнем Востоке РФ, автором проведены минералого-технологические исследования руд с целью выявления минералогических критериев, влияющих на обогатимость руд, обоснования неизбежных потерь олова и минералогической оценки возможности комплексной переработки руды.

Фактическим материалом для написания диссертационной работы послужили результаты минералогических исследований 5 крупнообъемных технологических проб, более 300 продуктов обогащения руд, более 50 шлифов и 150 аншлифов, а также 30 брикетных шлифов, изготовленных из продуктов обогащения руд. Автором в ходе выполнения исследований применялись современные методы минералого-геохимических исследований, включающие оптическую и электронную микроскопию, электронно-зондовый микроанализ, рентгенофазовый и рентгено-флюоресцентный анализы и др.

Новизна и практическая значимость работы заключается в новой оценке минералого-технологических свойств руды и продуктов обогащения, выявлении особенностей минерального состава и возможности комплексной переработки руд. В рудах

диагностированы минералы, ранее в рудах не встречающиеся, в том числе In-содержащие фазы. Полученные автором данные о минеральном составе и текстурно-структурных особенностях руд использованы при разработке технологии обогащения руд Правоурмийского оловорудного месторождения.

Диссертационная работа состоит из введения четырех глав и заключения, общим объемом 139 страниц, включает 90 рисунков и 31 таблицу. Список литературы содержит 113 наименований.

Во введении автором формулируется актуальность, цель и задачи, научная новизна и практическая значимость работы, личный вклад автора, приведены защищаемые положения и сведения о фактическом материале, методах исследования, апробации.

Первая глава содержит краткую характеристику месторождений олова (раздел 1.1.), очень краткий обзор состояния проблемы (раздел 1.2.). В разделе 1.3. приведены сведения о геологическом строении Баджальского оловорудного района и Правоурмийского месторождения. Имеющиеся представления о генезисе месторождения, а также этапах и стадиях минералообразования в краткой форме приведены в разделе 1.4.

Замечания к главе 1:

1. В работе не приводятся некоторые сведения о месторождении: когда было открыто и кем. Ведется ли в настоящее время его отработка и с какого времени? И т.д.
2. В работе нет подробного описания самих руд месторождения. В итоге непонятно, что представляют собой рудные тела – это зоны метасоматитов, штокверки, жилы? Не приводятся и морфологические параметры рудных тел – размеры, мощность и т.д., так же, как и содержания полезных компонентов.
3. Раздел 1.4. начинается с вывода о том, что формирование оловоносных магматических ассоциаций происходит при «...взаимодействии литосферных плит...» или «... взаимодействии коры и мантии...». Какое отношение имеют эти тезисы к дальнейшему содержанию раздела? При этом нет никаких сведений, даже предположительных, с какими конкретно магматическими комплексами генетически связано оруденение. Имеет ли отношение к рудам дайка гранит-порфиров?
4. Описание вмещающих пород слишком общее. Какие конкретно породы подвержены грейзенизации?
5. На стр. 26 указано, что кварц-топазовые грейзены «...формировались в условиях интенсивного замещения вмещающих пород новообразованными минералами...». Это очевидный факт, все метасоматиты формируются примерно по такому же

механизму, то есть за счет замещения каких-либо первичных пород. За счет чего и в каких условиях происходила грейзенизация в данном случае?

6. Антимонитовая стадия представлена, согласно описанию, жилами и прожилками антимонита. Это сплошные мономинеральные антимонитовые агрегаты? В дальнейшем, в общей схеме минералообразования (рис. 66, стр. 88) антимонит вообще отсутствует, хотя антимонитовый этап, тем не менее, выделяется. И почему этап пострудный? Ведь антимонит – это тоже рудный минерал.

Есть более мелкие замечания редакторского плана:

7. Что обозначает выражение «...Наблюдается наследование горными породами каждой стадии минералого-геохимических особенностей пород предыдущей серии...» (стр. 28, первое предложение). Без соответствующих пояснений этот вывод бездоказателен. Кроме того, само цитируемое предложение стилистически не согласовано.
8. На этой же странице «...минералы *халькофильных* элементов образуются на всех стадиях *магматического* и *постмагматического* гидротермального процессов...». Во-первых, этот вывод нужно обосновать, во-вторых, какие минералы халькофильных элементов, присутствующие на Правоурмийском месторождении, образуются в магматическом процессе? Если таковые есть нужно их показать.
9. На стр. 29 приведен возраст сульфидного оруденения – 51 млн. лет назад. Непонятно о каких сульфидах идет речь, кварц-турмалин-сульфидной стадии? Приведена ссылка на информационный бюллетень РФФИ, где опубликованы только номера и названия проектов.

Вторая глава посвящена результатам исследования минерального и химического состава технологических проб. В разделе 2.1. кратко описан химический состав руд, в том числе, приведены содержания полезных компонентов, на основе чего руды отнесены к богатым и среднего качества. В разделе 2.2. приведены результаты петрографических и минераграфических исследований руд. Раздел достаточно хорошо иллюстрирован, насыщен фотографиями образцов, шлифов и аншлифов. В этом же разделе приведены результаты оптико-минералогического анализа проб и результаты исследований некоторых физических свойств минералов руды (плотность и магнитная восприимчивость), позволяющих предложить рекомендации по обогащению руд. На основе приведенных в главе 2 данных автором сформулировано первое защищаемое положение:

Руды месторождения изменчивы по своим технологическим свойствам – содержанию олова и крупности зерен касситерита. По вкрапленности выделяются средне-тонковкрапленные (0.2 – 1 мм и менее 0.1 мм), средневкрапленные (0.2 – 1.0 мм) и

крупновкрапленные (от 1 мм и более) руды. По содержанию олова – руды среднего качества (0.4 – 1.0%) и богатые (более 1%).

Замечания к главе 2:

10. Прежде всего следует отметить, что первое защищаемое положение, на наш взгляд, сформулировано не очень хорошо. Руды практически всех гидротермальных месторождений характеризуются неравномерным распределением полезных компонентов, поэтому выносить тезис о том, что «...руды месторождения изменчивы по ... содержанию олова...» в защищаемые положения – нецелесообразно.
11. В таблице и описании химического состава руд отсутствует индий, хотя во введении упоминается о важности оценки содержания этого элемента в рудах. Это особенно актуально, учитывая, что кроме примесей индия в минералах, в рудах установлена даже собственная минеральная фаза - рокезит.
12. Петрографическое описание приведено только для кварц-топазовых грейзенов, почему-то не приводятся описания остальных пород, присутствующих на месторождении. Правильнее называть такую породу – «грейзенизированной».
13. Имеется некоторая путаница с названиями пород. Так, на стр. 37 в описании указаны «метасоматически измененные породы», на фотографиях же фигурируют только «грейзены». В то же время, на рис. 16 просматривается первичная микроструктура порфировой эффузивной породы с кварц-полевошпатовой основной массой и вкрапленниками кварца, хотя в подписи указано, что это грейзен. Такую породу правильнее называть «грейзенизированной».
14. На стр. 40 указано, что халькопирит и борнит образуют структуры распада, однако на рис. 19 таких структур не видно.
15. На стр. 45 выделены разные типы руд по размеру вкрапленности касситерита (см. первое защищаемое положение), однако ничего не сказано о пространственном распределении типов руд на месторождении. Кроме того, необходимо указать и другие характеристики выделенных типов руд, для «разбраковки» их при добыче.
16. Одним из выводов главы является факт, что касситерит отличается высокой плотностью от породообразующих минералов, что позволяет применить гравитационный метод обогащения. Однако высокая плотность касситерита и возможность его накопления в россыпях были известны задолго до написания настоящей диссертационной работы. Следовательно, этот вывод не имеет научной новизны.

В третьей главе приведено подробное описание минералов, слагающих ассоциации главных продуктивных стадий Правоурмийского месторождения – касситерит-кварц-топазовой и кварц-турмалин-сульфидной. Подробно описаны особенности морфологии и химического состава рудных минералов, а также их взаимоотношения. Показано, что руды комплексные, содержат наряду с минералами главных полезных компонентов (Sn, Cu), ряд других минералов, потенциально пригодных для извлечения некоторых металлов (W, Bi, In, Ag, Sb и др.). Автором установлены новые (для месторождения) минералы, ранее в рудах не диагностированные, в том числе неназванные минеральные фазы. Диагностирован собственный минерал индия – рокезит (CuInS_2), также установлены примеси индия в станнине и халькопирите. Глава хорошо иллюстрирована, насыщена микрофотографиями. Материалы, представленные в главе, позволили автору выдвинуть второе защищаемое положение:

Химический состав сульфостаннатов железа и меди непостоянен. Формулы станнина часто отличаются от стехиометрических. Ag- и Sb-содержащие минеральные фазы, редкие минералы индия и висмута образуются совместно с халькопиритом, борнитом и станнином в процессе распада твердого раствора в кварц-турмалин-сульфидную стадию формирования месторождения. Их состав непостоянен и варьирует по содержаниям Cu, Sn, Ag, Fe, Bi.

Замечания к **третьей главе** большей частью редакционного плана, однако есть замечание по защищаемому положению:

17. Второе защищаемое положение выглядит перегруженным, состоит из нескольких предложений, плохо связанных друг с другом по смыслу. Непонятно к каким минералам относится последнее предложение «...*Их* состав непостоянен...» – к минералам Sn, Sb и Ag, In и Bi, Cu или ко всем перечисленным?
18. В начале раздела 3.1. упоминаются «...грейзены с кварц-топазовыми прожилками...», однако в описаниях руд не было сведений о присутствии кварц-топазовых прожилков в грейзенах.
19. Ссылка на работу (Dimange, 2012) на стр. 56 неуместна, если автор основывается на собственных наблюдениях.
20. На стр. 61 обсуждается соотношение Fe и As в арсенопирите. Однако вариации содержаний этих элементов, так же как и изменчивость отношения S/As – обычно для арсенопиритов и может служить показателем физико-химических условий кристаллизации.
21. Первое предложение раздела 3.2.1. – это констатация очевидного факта, оно никак не связано с дальнейшим материалом, представленным в разделе.

22. Как уже было ранее отмечено, общая схема стадийности минералообразования неполная. В антимонитовом этапе отсутствует сам антимонит, в касситерит-кварц-топазовой стадии отсутствуют кварц и топаз, а в кварц-турмалин-сульфидной стадии нет кварца и турмалина.

23. Раздел 3.3. основан на опубликованных данных, хотя имеющийся у автора фактический материал позволяет изучить содержания и распределение халькофильных элементов в рудах. Почему автор не приводит данные по изученным им технологическим пробам?

24. Ни во второй, ни в третьей главе в описаниях не приводятся процентные содержания рудных минералов. В результате чего неясны количественные соотношения рудных минералов на месторождении.

Четвертая глава посвящена исследованиям минералого-технологических свойств руд Правоурмийского месторождения. В разделах 4.1. – 4.3. приведены результаты исследования морфологии и химического состава касситерита и микровключений в нем, текстурно-структурные особенности касситеритовых руд, анализ сростков касситерита с другими рудными и нерудными минералами. На основе полученных данных выработаны рекомендации для обогащения руд. Раздел 4.4. посвящен изучению продуктов обогащения, представленных касситеритовым и медно-сульфидным концентратами. Определены особенности минерального и химического состава концентратов, показана возможность попутного извлечения других полезных компонентов из руд. В разделе 4.5. анализируются причины возможных потерь олова в процессе обогащения руд. Установлено, что потери олова связаны как с формированием тонкозернистых шламов при дроблении, так и наличием тонких сростков касситерита с другими рудными и нерудными минералами. Одним из выводов главы является выявление возможности попутного извлечения Sn, Bi, Ag и In из медного концентрата. Результаты исследований, приведенные в главе 4, в совокупности с материалами глав 2 и 3, позволили автору сформулировать четвертое защищаемое положение:

Руда является труднообогатимой по следующим минералогическим критериям: полиминеральный переменный состав, наличие нескольких форм нахождения ценного компонента (касситерит и сульфостаннаты железа и меди), сложный морфоструктурный состав руды, совместное присутствие касситерита, сульфидов и породообразующих минералов разной формы и размеров в тесной ассоциации друг с другом, низкая контрастность некоторых физических свойств руды. Все данные учтены при разработке технологии обогащения руды и в настоящее время используются на производстве.

Замечания к главе 4:

25. В разделе 4.1. приводятся данные о химическом составе касситерита – данные электронно-зондового микроанализа, но никак не обсуждаются данные о составе касситерита, приведенные в главе 3 – результаты анализа на электронном микроскопе. С чем это связано?
26. Типы вкрапленности в *исследуемых* рудах рассмотрены автором со ссылкой на работу (Смоляков, 2007) (стр. 96), где тогда собственные материалы автора? Либо если данные авторские, зачем ссылаться на чужие работы?
27. На стр. 105 указано, что «...зная долевое распределение различных типов рудных сростков можно спрогнозировать извлечение касситерита...», но не указано каким образом технически можно оценить характер распределения сростков.
28. На стр. 108 указано, что в качестве одного из конечных продуктов обогащения выделяется вольфрамовый концентрат, однако ни в предыдущей главе (гл. 3), ни в дальнейшем изложении материала в главе 4, сведения о составе и свойствах вольфрамового концентрата не приводятся.
29. Раздел 4.4. содержит в своем названии «...анализ потерь олова», такое же название «Анализ потерь олова» имеет раздел 4.5.

Работа имеет большое количество замечаний, но тем не менее вносит определенный вклад в получение новых знаний о минеральном веществе и в развитие технологии обогащения руд. Минералогические исследования проведены на высоком научном уровне, с использованием современных аналитических методик. Поставленные в работе цель и задачи выполнены, защищаемые положения – обоснованы. Автореферат соответствует содержанию работы, однако структуру автореферата лучше было построить по защищаемым положениям, что позволило бы более конкретно привести их обоснование. Автором опубликовано 3 работы в изданиях из списка ВАК. Основные положения диссертации докладывались на всероссийских и международных совещаниях, конференциях и конгрессах.

Исследования диссертанта позволили выявить минералогические критерии обогатимости руд Правоурмийского месторождения олова и показали возможность комплексного освоения этого месторождения. Указанные критерии соответствуют паспорту специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография. В рассматриваемой диссертационной работе приведено решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, что является одним из главных критериев оценки диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата наук. Следовательно, представленная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Чикишева Татьяна Александровна, заслуживает присуждения

ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Заместитель директора по научной работе ГИН СО РАН,
доктор геолого-минералогических наук

Б. Б. Дамдинов

Старший научный сотрудник лаборатории петрологии ГИН СО РАН,
кандидат геолого-минералогических наук

Л. Б. Дамдинова

Подписи д.г.-м.н. Булата Батуевича Дамдинова и к.г.-м.н. Людмилы Борисовны Дамдиновой заверяю



Подпись Дамдинова Л.Б. удостоверяю.
Главный специалист по кадрам ГИН СО РАН
Замшева С.В.
14.05.2021.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт

Сибирского отделения Российской Академии наук (ГИН СО РАН)

Почтовый адрес: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба, 8(3012)43-39-55

e-mail: gin@ginst.ru

Сайт: <http://geo.stbur.ru/>

Отзыв рассмотрен на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института Сибирского отделения Российской Академии наук (ГИН СО РАН) и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации (Протокол №7 от 13 мая 2021 года).

Председатель Ученого совета ГИН СО РАН

д.г.-м.н.



А. А. Цыганков

Ученый секретарь ГИН СО РАН,

к.б.н.

С. Г. Дорошкевич