

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГИ КНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ГИ КНЦ РАН
д.г.-м.н., проф



Н.Е. Козлов

23 октября 2020 г.
м.п.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу **Никифорова Александра Геннадьевича "Геология и факторы контроля комплексных гранатовых руд месторождения "Высота-181" (Северная Карелия)",** представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Диссертационная работа Никифорова Александра Геннадьевича «Геология и факторы контроля комплексных гранатовых руд месторождения "Высота-181" (Северная Карелия)» общим объемом 169 страниц состоит из введения, шести глав и заключения, включает 17 таблиц, 64 иллюстрации, 3 приложения и список литературы из 147 наименований.

Актуальность темы диссертации определяется, с одной стороны, ростом спроса мировой экономики на гранатовое сырье, а с другой – необходимостью комплексной оценки руд для увеличения инвестиционной привлекательности и обеспечения экологической безопасности освоения месторождения.

Цель работы – охарактеризовать особенности геологии и факторы контроля комплексных гранатовых руд месторождения «Высота-181».

В ходе работы автор использовал как собственный каменный материал, собранный в ходе полевых работ в Хизоваарской структуре в 2012 – 2014 гг., так и материал из коллекций сотрудников Института геологии КарНЦ РАН, объем использованного материала представляется достаточным для решения поставленных в диссертационной работе задач. При подготовке диссертации использованы современные методы аналитических исследований и компьютерные технологии для обработки данных, что повышает достоверность полученных результатов.

В результате проведенных Александром Геннадьевичем Никифоровым исследований выявлены литолого-стратиграфические, структурные и метаморфогенно-метасоматические

факторы контроля комплексных руд Хизоваарского рудного поля на примере месторождения гранатовых руд «Высота-181», в этом заключается научная новизна представленной на рассмотрение диссертации. В результате работы установлены минералого-технологические свойства комплексных гранатовых руд, что позволяет существенно усовершенствовать ранее разработанную схему их обогащения с получением нескольких минеральных продуктов (минеральных концентратов) и определяет практическую значимость работы.

Но уже во вступительной части диссертации есть некоторые моменты, которые требуют пояснения автора. Так, в перечне задач приведена задача 5 «показать пространственную связь рудных тел с вмещающими метаморфическими породами». В чем смысл такой задачи?

В качестве научной новизны под номером 1 заявлено: «Выделены три группы метаморфических пород, среди которых наибольшее практическое значение имеют гранат-биотитовые и амфибол-биотитовые гнейсы, сохранные в виде субстратов, и связанные с ними метасоматиты». Пункт 4: «Определена связь природных гранатовых и природных комплексных руд в метаморфических и метасоматических вмещающих породах». О чем говорят эти фразы и в чем именно заключается научная новизна?

В первой главе диссертации кратко рассматривается история изучения Хизоваарской структуры в целом и района месторождения «Высота 181» в частности. Глава основана на материалах из литературных источников. Во второй главе речь идет о геологическом строении Тикшеозерской гранит-зеленокаменной области и Хизоваарской структуры, очень кратко дана информация о стратиграфическом разрезе, этапах метаморфизма и регионального метасоматоза. Данные приводятся также на основании литературных источников. Третья глава посвящена геологическому строению месторождения «Высота-181», глава написана на основе фактического материала автора и с привлечением материалов сотрудников ИГ КарНЦ РАН. Дана петрографическая характеристика метаморфических пород и развивающихся по ним метасоматитов. В четвертой главе проанализированы литолого-стратиграфические, метаморфо-генно-метасоматические и структурные факторы контроля руд. Показано формирование гранатовых и комплексных руд в ходе метасоматических процессов в период свекофеннского регионального метаморфизма. В пятой главе на основе минералогической и геохимической характеристики пород выделены природные типы руд граната, кианита, мусковита и ставролита. Обосновано существование трех разновидностей граната, различающихся по цвету, морфологии и химическому составу. В шестой главе приведена методика и результаты минералого-технологического картирования месторождения. Представлены результаты пробного обогащения и выделены технологические типы руд месторождения, оценены ресурсы месторождения. В заключении сформулированы главные результаты диссертационного исследования.

В целом построение диссертационной работы вполне логично и последовательно, единственное, что вызывает недоумение – это положение информации о практическом использовании граната и других полезных компонентов руд не во вводной части работы, а в заключительной главе.

Слабое место большинства глав, рассматриваемых работы – это выводы по главам. Нередко в выводах звучат тезисы, в самой главе не рассмотренные. К примеру, в выводах к

главе 1 указано, что «в Хизоваарской структуре выделены рудоконтролирующие субмеридиональные деформации», а в выводах к главе 2 сказано, что «метасоматиты связаны с синметаморфическими тектоническими деформациями». И это при том, что вопросам тектоники в указанных главах внимание совсем не уделялось.

Затем в выводах к главе 1 говорится, что «месторождение «Высота 181» было *оценено* и представлено в минерально-сырьевой базе региона с ресурсами P1+P2...». Заметим, что оценка месторождений – это определенная стадия геологоразведочных работ, характеризующаяся вполне конкретными видами геологических работ и экономических расчетов, которые на данном объекте не проводились. И оцененные месторождения должны иметь не ресурсы, а запасы категории С2.

Вывод по главе 3 стоит даже процитировать: «Особенностью геологического строения участка, слагающего территорию месторождения «Высота-181», является прямая связь с породами осадочно-вулканогенной стратотектонической ассоциации Хизоваарской структуры ТГЗО» (*грамматические ошибки исправлены рецензентом – А.К.*). Интересно, что автор хотел сказать этим предложением?

Выводы к главе 4 просто не несут какой-либо новой информации, кроме той, что уже заявлена в подзаголовках разделов главы (что метасоматиты контролируются различными геологическими факторами). А в главе 5 выводы вообще отсутствуют.

В конце раздела 2.1 сказано, что «все породы структуры испытали полихронные этапы регионального метаморфизма палеоархейского, неоархейского и протерозойского периодов». Интересно, как мог палеоархейский метаморфизм проявиться в зеленокаменном поясе мезо- – неоархейского возраста? И на приведённой в работе «Схеме метаморфических и метасоматических фаций» никаких сведений о палеоархейском метаморфизме нет.

В главах 3 и 4 рассматриваются особенности формирования метасоматитов в метаморфических комплексах амфиболитовой фации. Приведенные материалы основаны на литературных данных из работ С.А. Бушмина, П.Я. Азимова, Г.Ю. Проскурина и собственных материалах. По аналогии с северным крылом Хизоваарской структуры в районе «Высоты 181» выделены метасоматические породы фаций кислотного выщелачивания (кианит-кварцевая и мусковит-кварцевая фации) и сопряженного основного Fe-Mg метасоматоза (ставролит-гранатовая фация). Метаморфо-метасоматические процессы приводили к обогащению пород отдельными минералами, содержание которых может достигать рудных концентраций. Метасоматические породы формировались преимущественно на этапе прогрессивного регионального метаморфизма свекофеннского этапа, только мусковитсодержащие метасоматиты – при регрессивном метаморфизме. Диссонансом ко всем материалам этих глав звучит фраза в конце главы 4, что «метасоматические процессы имеют малый масштаб (?!), но высокую интенсивность». Если это малый масштаб, то как метасоматические процессы сумели создать целое месторождение?

Когда видишь в диссертации следующую фразу: «...можно говорить о появлении граната как о признаке метасоматических преобразований *на фоне аллохимического свекофеннского метаморфизма*» (стр. 70), то становится не совсем понятно, как автор понимает соотношение процессов метаморфизма и метасоматоза? Разве рассматриваемые метаморфо-метасоматические процессы не составляют суть аллохимического

метаморфизма, и сформировавшиеся метаморфо-метасоматические породы не являются продуктом именно аллохимического метаморфизма?

Как отдельный этап метасоматических преобразований А.Г. Никифоровым выделено формирование пород ставролит-гранатовой фации, оторванное от процессов кислотного выщелачивания почти на 100 миллионов лет. Для такого утверждения нужны геологические наблюдения, указывающие на более поздний, наложенный характер основных метасоматитов (чаще их рассматривают как сопряженные с кислотным выщелачиванием процессы отложения мобилизованных в процессе кислотного метасоматоза компонентов, то есть сформировавшиеся близкоодновременно). Но подобных геологических наблюдений в работе не приводится. Вероятно, автор основывался на определениях возраста циркона из метасоматитов Хизоваарской структуры, приведенных в работах Г.Ю. Проскурина (2013, 2014). Если внимательно посмотреть диссертацию (а не только автореферат) Г.Ю. Проскурина (2014), то им в метасоматитах было выделено до 5 генераций циркона с возрастом от мезоархея (около 2,8 млрд лет) до рифея (600 млн лет), что говорит о длительной и сложной истории формирования пород. Далеко не все полученные значения возраста надежны, за исключением возраста исходных архейских пород. Для метасоматитов Г.Ю. Проскуриным получены значения 1876 ± 21 млн лет, 1867 ± 13 млн лет и 1769 ± 23 млн лет. Последнее значение действительно характеризует одну из зон зерна циркона из пород фации ставролит-гранатовой фации из района г. Шариваара. Но, не имея достаточно геологических наблюдений, не стоит принимать так однозначно время формирования метасоматических пород фации основного метасоматоза, история их образования и преобразования весьма сложная.

А.Г. Никифоровым на изученном месторождении выделено три разновидности граната – одна метаморфическая (Gr-I) и две метасоматические (Gr-II и -III). По мнению автора, гранаты различаются по морфологии выделений и по химическому составу, включая зональность зерен. Но значимость выявленных различий, если они не являются контрастными (как, например, на рис. 5.1 разделяются поля гранатов метаморфических и метасоматических пород), требует доказательства статистическими методами. Например, состав Gr-I (альмандин 62-76%, пироп 10-21%, гроссуляр 12-19%) очень похож на Gr-III (альмандин 60-67%, пироп 13-22%, гроссуляр 12-18%), а по мнению Александра Геннадьевича они отличаются – значит, это надо доказать расчетами! То же касается и изучения зональности гранатов – наличие определенных тенденций изменения состава при таких слабых колебаниях значений должно быть подтверждено статистическими методами, тем более что материала у автора достаточно.

Часто автор диссертации неверно употребляет термин «руда». Мы знаем, что «руда – природное минеральное образование, содержащее полезные компоненты (минералы, металлы, органические вещества) в таких соединениях и концентрациях, что их извлечение технически возможно и экономически целесообразно». Поэтому рудой граната будет гранатсодержащая порода, из которой возможно и целесообразно извлечь данный минерал. Эта порода (гранатовая руда) может содержать также попутные полезные компоненты (кианит, ставролит, мусковит). Поэтому при описании руд следует говорить о трех разновидностях граната в руде, а не о трех типах гранатовых руд, тем более что во многих породах встречается одновременно две разновидности граната.

Много замечаний вызывает таблица оценки ресурсов месторождения. Во-первых, ресурсы оцениваются (все-таки принято говорить «подсчет запасов», но «оценка ресурсов») по определенной категории P1, P2, P3, что определяет достоверность показанных чисел, и категорию ресурсов следовало вынести в заголовок таблицы. В данном случае оценка соответствует категории P2. Во-вторых, в заголовке таблицы для колонки 1 указано «Площадь подсчета», но в тексте нет комментария, как эта площадь оценивалась (по всей вероятности, измерена по карте участка с помощью программы MapInfo). Вторая колонка озаглавлена «Мощность слоя». Но при залегании пород, близком к вертикальному, мощность слоя будет практически равна длине его пересечения на карте. Тогда получается, что эта величина уже включена в площадь подсчета! Судя по приведенным в колонке 2 значениям, это все-таки не мощность слоя, а глубина оценки ресурсов. Тогда требуется пояснить, чем обоснована принятая глубина оценки, и почему значения разные для разных типов пород (30 и 40 метров)? В-третьих – в случае, когда порообразующий минерал является главным полезным компонентом, вся порода является рудой (об этом уже говорилось выше). Таким образом, в третьей колонке указан не объем породы, а объем руды. А в колонках, обозначенных как «Объем руды», на самом деле приведен объем, приходящийся на каждый из полезных минералов в отдельности.

Заключение работы тоже содержит сомнительные пункты. Так, утверждается, что данные о прогнозных ресурсах получены на основании *структурного анализа* методом прямых расчетов, хотя структурный анализ не проводился (или сведения о нем в работе полностью отсутствуют).

Многочисленные нарекания вызывает оформление работы. Работа недостаточно иллюстрирована, хотя и указано наличие в ней более 60 рисунков. Дело в том, что многие рисунки идут сериями, а пронумерованы каждый отдельно, хотя следовало бы свести их вместе в единый рисунок с обозначениями А, Б, В, Г и т.д. Таким образом, заявленное количество рисунков не отражает их реальное число.

Рисунки 3.3.2 и 3.3.3 в работе просто отсутствуют. Условные обозначения к рис. 2.3.1 такие мелкие, что абсолютно не читаются. Комментарии к данному рисунку в тексте главы минимальные, и становится непонятным смысл его появления в работе. На рисунке 2.2.1 показано местоположение различных месторождений в Хизоваарской структуре, но их названия ни на рисунке, ни в условных обозначениях к нему не указаны. Поэтому непонятно, как соотнести рисунок и текст с описанием месторождений. Некоторые рисунки и схемы очень мелкие, что затрудняет их чтение. Нижняя половина рисунка 6.2.3 отсутствует. На рисунке 6.2.4 не расшифрованы римские цифры. Список таких погрешностей можно продолжать еще долго.

То же касается и таблиц. Заголовки в таблицах, переходящих на следующую страницу, не повторяются, что затрудняет их чтение. В таблице 3.3.2 некоторые породы обозначены просто как «метасоматит» – это же ни о чем не говорит при таком разнообразии метасоматических пород! В таблице сопоставления различных месторождений Хизоваарской структуры (табл. 3.4.1) осталась незаполненной графа с размерами рудных тел.

Защищаемые положения работы следующие:

1. Месторождение «Высота-181» связано со структурно-вещественными комплексами осадочно-вулканогенной стратотектонической ассоциации Хизоваарской структуры

Тикшеозерской гранит-зеленокаменной области, палеогеодинамические события в пределах которых привели к формированию руд граната и попутных промышленных минералов.

2. Формирование и локализация комплексных гранатовых руд месторождения «Высота-181» определяется сочетанием литолого-стратиграфических, метаморфогенно-метасоматических и структурных факторов контроля.

3. На месторождении «Высота-181» выявлены три природных типа гранатовых руд, отличающихся по составу, кристалломорфологии граната, пространственному положению пород и характеристикам попутных полезных компонентов и три природных типа комплексных руд.

В первом защищаемом положении сказано о формировании руд граната и попутных промышленных минералов в результате неких палеогеодинамических событий в пределах Хизоваарской структуры Тикшеозерской гранит-зеленокаменной области. Но вопросы геодинамики в работе вообще не обсуждаются! К тому же масштаб палеогеодинамических событий никак не может ограничиваться пределами Хизоваарской структуры и Тикшеозерского пояса, это события глобального масштаба! Сомнения нет, что региональный метаморфизм пород является следствием палеогеодинамических событий, но все-таки выносить такие утверждения в защищаемые положения не стоит.

Второе защищаемое положение не несет в себе новизны. Формирование абсолютного большинства месторождений в метаморфических комплексах докембрия заведомо определяется сочетанием литолого-стратиграфических, метаморфогенно-метасоматических и структурных факторов контроля. Надо защищать не сам факт воздействия этих факторов, а показывать, как воздействовал каждый из них.

Про три природных типа гранатовых руд (третье защищаемое положение) уже сказано выше – это три разновидности минерала группы гранатов, встречающихся в разном сочетании.

Таким образом, ни одно из защищаемых положений не сформулировано чётко.

Несмотря на указанные недостатки в отдельных разделах диссертации, рассмотренная работа носит законченный характер. Сделанные в заключение работы выводы представляются достоверными и показывают, что поставленные задачи соискателем выполнены.

Автореферат диссертации Никифорова Александра Геннадьевича полностью соответствует содержанию работы, хотя при этом он унаследовал большинство ее недостатков.

Опубликованные по теме диссертации статьи (в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК) и тезисы корректно отражают основные положения работы, и работа апробирована на совещаниях разного уровня.

Таким образом, диссертация Никифорова Александра Геннадьевича «Геология и факторы контроля комплексных гранатовых руд месторождения "Высота-181" (Северная Карелия)» является законченной научно-квалификационной работой, в которой выявлены литолого-стратиграфические, структурные и метаморфогенно-метасоматические факторы контроля комплексных руд Хизоваарского рудного поля на примере месторождения гранатовых руд «Высота-181», определены минералогические свойства комплексных гранатовых руд. Высказанные замечания относятся, в основном, не к

заявленной специальности работы, а к вопросам сопредельных геологических наук, таких как тектоника, петрография, минералогия. Это позволяет сделать вывод, что диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Никифоров Александр Геннадьевич, несмотря на сделанные замечания, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Старший научный сотрудник
лаборатории минерагении Арктики № 52
ГИ КНЦ РАН, к.г.-м.н.

Калинин
Аркадий Авенирович

Отзыв заслушан и обсуждён на заседании лаборатории минерагении Арктики ГИ КНЦ РАН, рассмотрен на заседании Учёного совета ГИ КНЦ РАН и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации 22 октября 2020 г., протокол № 6.

Сведения о ведущей организации:

Геологический институт – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук" (ГИ КНЦ РАН)

Место нахождения: 184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Академгородок, 10А

Почтовый адрес: 184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14

Тел.: +7(815 55)-76567, +7(815 55)-79540, +7(815 55)-79597. Факс: +7(815 55)-76481.

E-mail: geoksc@geoksc.apatity.ru

Учёный секретарь ГИ КНЦ РАН, к.г.-м.н.

С.В. Мудрук

Подпись
ПО МЕСТУ РАБОТЫ
ПОМОЩНИК ДИРЕКТОРА
ГИ КНЦ РАН

Калинин А. А.
Мудрук С. В.