

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора геолого-минералогических наук Брусницына Алексея Ильича на диссертацию Пхарое Бенедикта Литсоняне на тему: **«Генезис и перспективы промышленного освоения нового рудопроявления марганца на северо-западе Южно-Африканской республики»**, представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Актуальность работы не вызывает сомнений. Оксидные марганцевые руды всегда являлись востребованным, остродефицитным товаром. Поэтому месторождения, содержащие такие руды, находятся в сфере интересов, как геологов-практиков, так и исследователей. Освоение таких объектов требует информации не только об условиях залегания и запасах руд, но и их вещественном (химическом и минеральном) составе, а для оценки перспектив и выработки внятной стратегии поиска руд – адекватная генетическая модель образования месторождения. Работа Пхарое Б.Л. решает именно этот комплекс задач в отношении одного из проявлений марганцевых руд на северо-западе ЮАР.

Научная новизна диссертации определяется тем, что в работе Пхарое Бенедикта Литсоняне приведен большой объем оригинальной информации по геологическим условиям залегания, минералогии и геохимии марганцевых руд Северо-Западного проявления в ЮАР. На основе анализа и интерпретации полученных данных автором предложена модель образования марганцевых руд, согласно которой источником марганца являлись неогархейские доломиты, а концентрация металла и формирование собственно рудных залежей происходили позднее в два этапа – в меловое время при формировании латеритных кор выветривания и затем в миоцене в озерных обстановках.

Достоверность результатов. Исследование проведено на оригинальном фактическом материале, собранном автором в 2018–2019 гг. по время полевых работ на месторождении. Представительность материала подтверждается документацией около 70 разведочных шурфов и изучением 428 образцов руд и вмещающих пород. Приведенная в диссертации полевая документация, в том числе фотографии участков месторождения, обнажений, образцов, зарисовки шурфов, разрез и т.п. создают наглядное и вполне внятное геологическое впечатление о месторождении. В ходе лабораторных исследований автор использовал адекватный набор аналитических методов, включающий оптическую и электронную микроскопию, микрозондовый, рентгенофазовый, рентгенофлуоресцентный и масс-спектрометрический с индукционно-связанной плазмой анализы. Большой объем новых данных и комплексный подход к исследованиям, безусловно, является сильной стороной рецензируемой диссертации.

Рецензируемая работа содержит все разделы, необходимые для полноценной кандидатской диссертации – это вводная часть (объект исследования, постановка задачи, в контексте проблем изучения и освоения марганцевых месторождений, актуальность и т.п.), геология месторождения, методы исследования, результаты исследований (по разделам, петрография, литохимия, геохимия), обсуждение и генетическая интерпретация результатов, геологическая модель генезиса объекта, практическая значимость результатов, заключение (выводы). Построение текста диссертации отвечает современным требованиям к публикациям в ведущих научных изданиях.

Обоснованность выводов. Главные результаты исследований сгруппированы автором в виде трех кратко и ясно сформулированных защищаемых положений. Все они взаимосвязаны общей идеей – предлагаемой автором моделью генезиса месторождения, но каждое из них акцентирует внимание на разных сторонах сложного и растянутого во времени процесса. Все защищаемые положения обоснованы фактическим материалом диссертации. Степень обоснования не вызывает серьезных нареканий.

В диссертации автор продемонстрировал не только владение геологическими сведениями о месторождении и умение использовать инструментальные методы исследования горных пород и руд, но также знание литературы по марганцевым месторождениям, навыки интерпретации геохимических данных. Свои генетические построения Пхарое Б.Л. снабдил серией иллюстраций, отражающих последовательные стадии образования марганцевых руд (рис. на стр. 123–125 в диссертации и рис. 4 в автореферате). Такой подход – максимально наглядно и доступно представлять свои модели – надо всячески приветствовать.

Отражение результатов исследований в публикациях. Результаты диссертационной работы Пхарое Б.Л. в достаточной степени освещены в 6 печатных работах (не считая тезисов докладов на конференциях разного уровня), в том числе в 3 статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по рекомендации ВАК, а еще три входящие в международную базу данных и систему цитирования Scopus (в этих статьях соискатель является первым автором). Умение профессионально грамотно излагать свои материалы в виде статей, и проходить через “фильтр рецензентов” является одним из необходимых квалификационных требований к соискателю кандидатской степени. В данном случае это требование убедительно продемонстрировано.

Практическую значимость проведенных исследований необходимо отметить особо. Участок месторождения относится к лицензионной площади General Nice Mine L.t.d. Поэтому очевидно, что приведенные в диссертации материалы будут востребованы на практике, что особенно важно в свете того, диссертация защищается по специальности “... поиски и разведка... полезных ископаемых...”.

Обращает на себя внимание, что исследования выполнены в очень сжатые сроки. Полевые работы проведены начиная с 2018 года, а уже в первой половине 2021 года Пхарое Б.Л. представил диссертацию к защите. Это говорит о трудоспособности, целеустремленности автора, проявленному интересу к объекту исследований, умении планировать и организовать рабочий график, нацеленности на конечный результат. Это впечатление особенно усиливается, поскольку рецензент не понаслышке знает насколько трудными (“неблагодарными”) для изучения являются гипергенные оксидные руды марганца, и насколько затратными по времени, усилиям, средствам являются работы с ними.

Таким образом, очевидными достоинствами рецензируемой диссертации являются:

- Большой объем полученной новой информации о месторождении, особенно по минералогии и геохимии марганцевых руд.
- Использование в работе комплекса современных аналитических методов.
- Адекватная методология исследований.
- Владение авторов современной литературой о марганцевых рудах.
- Стремление автора дать оригинальную и обоснованную фактическим материалом модель генезиса месторождения.
- Умение представлять полученные материалы в виде публикаций в ведущие научные журналы.
- Стремление видеть изученный объект в контексте геологической истории региона и общей проблематике генезиса марганцевых руд.
- Очевидная практическая значимость исследований.
- Трудолюбие и целеустремленность автора.

Все это в совокупности оправдывает претензии автора диссертации – Пхарое Б.Л. – на ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

Дополнительные комментарии. Вместе с тем к работе, безусловно, есть замечания, вопросы и комментарии. Большинство из них касается не столько полученного материала и его интерпретации, сколько стиля подачи информации. Но, есть и содержательные вопросы. Остановимся на главных замечаниях.

1) Приводимая автором в вводной части диссертации классификация месторождений марганца на четыре генетических группы – 1) осадочные (собственно осадочные и вулканогенно-осадочные) 2) магматогенные (гидротермальные и контактово-метасоматические), 3) метаморфогенные, 4) месторождения кор выветривания (остаточные, инфильтрационные, заполнения карстовых полостей) – далека от современных представлений и внутренне противоречива. Позднее в других частях диссертации при обсуждении результатов исследований (стр. 113, 114 диссертации) автор использует иную классификацию залежей марганцевых оксидов

на 1) гидрогенетические, 2) диагенетические и 3) гидротермальные. Эти два подхода не согласуются друг с другом, что в работе никак не обсуждается.

Используемые в диссертации классификационные геохимические диаграммы построены на одном подходе (вторая из упомянутых классификаций), а месторождение автор относит к образованиям кор выветривания согласно первой классификации. В этом есть методическое противоречие, которое автор никак не комментирует. К тому же некоторые термины требуют авторских пояснений. Например, термин “гидрогенные” отложения, который разными исследователями понимается по-разному. Как его понимает Пхарое Б.Л. не ясно.

2) Рассматривая геологию изученного месторождения, автор излишне много внимания уделяет обсуждению вопросов региональной геологии и “глобальной” геодинамической истории Африканского континента. Понятно желание найти место своим исследованиям в рамках более общих проблем. Но, все же этот раздел диссертаций, на наш взгляд, перегружен отступлениями, не относящимся напрямую к теме работы.

К тому же текст написан не аккуратно и нуждается в тщательном редактировании: а) в тексте много повторений, б) далеко не все названия стратиграфических, структурных и т.п. подразделений из текста показаны на рисунках и наоборот, в) совершенно непонятно зачем рассмотрены не имеющие отношения к теме диссертации Постмасбургское месторождения и месторождения группы Калахари.

Все это перегружает текст, очень затрудняет восприятие материала и отвлекает от сути проблем.

3) Описание собственно Северо-Западного месторождения сделано не очень аккуратно. Автор в тексте использует буквенную нумерацию рудных слоев от А до Н, но на стратиграфических колонках (рис. 2.10, 2.14 и 2.15) их нет. Напротив, в автореферате (рис. 6) буквенные обозначения слоев есть, а в тексте нет. Литологическая колонка расшифрована только на одном рисунке (рис. 2.10). Ни на одном из них не показано положение проанализированных проб. Рисунок со схемой опробования приведен в другой части работы, он никак не бьется с зарисовками шурфов. Пробы в таблицах 4.3 и 4.4 с результатами химических анализов пород никак не привязаны к литологии месторождения. Номера образцов на рис 4.21 диссертации (он же рис. 6 автореферата) и в таблицах не совпадают. Из рассмотренных в исследованиях 428 образцов анализы приведены всего примерно для 30.

При описании месторождения фигурируют озерные отложения. Но, их нет ни на схемах, ни на стратиграфических колонках месторождения. Куда их относить? В разделе, посвященном петрографии рудоносных отложений, есть характеристика руд (стр. 80–89) и есть “анализ терригенных отложений” (стр. 90–98). Не ясно, что называется “рудами” и что “терригенными отложениями”. Это одни и те же породы (отложения), для которых рассмотрены отдельно марганцевая минерализация и отдельно вмещающая их осадочная матрица. Или имеется в виду

что-то другое. Никаких “терригенных отложений” на схемах и колонках месторождения нет. Описание литохимии “терригенных отложений” идет раньше представления результатов собственно химических анализов пород (табл. 4.3). А сама таблица озаглавлена “Химический состав руд”, а вовсе не “терригенных отложений”.

Разбираться в таком описании очень трудно.

По сути: меловой возраст слоя порошковых марганцевых руд (вада), мощностью около 1–3 м. в работе никак не обоснован. А ведь он (возраст) выносится в защищаемые положения.

4) При таком обилии шурфовочных линий как показано на рис. 3.2а странно, что приведен всего один разрез продуктивной толщи (рис. 3.2 б). Для обоснования наличия кастовых депрессий, как главных ловушек для марганцевых отложений (третье защищаемое положение), требуется большее число пересечений. Кроме того, на разрезе рис. 3.2 б видно, что главные (наиболее мощные) для месторождения горизонты марганцевых конкреций, похоже, не имеют отношения к карстовым провалам.

5) Результаты рентгенофазового анализа (рис. 4.8) – главного метода диагностики минералов в смесях тонкодисперсных оксидов марганца – даны в форме, не позволяющей оценить корректность диагностики минералов. На рисунке сведены 15 дифрактограмм. Видно, что во всех образцах есть кварц (его, кстати, нет в итоговой таблице 4.1), все пробы имеют как общие черты минералогии, так и явные различия. Но, в чем конкретно состоят эти минералогические различия (местами хорошо заметные на дифрактограммах) совершенно не понятно, и ни как в работе не обсуждается. А руды явно разные по минералогии. Согласно рисунку некоторые минералы (пирролюзит, голландит) диагностированы по одному пику, что нонсенс. Диагностика других не проверяема. В частности, пики, отнесенные к каолиниту, вполне могут принадлежать бернесситу или рансьеиту.

6) При интерпретации геохимических данных автор использует широко известные классификационные диаграммы – рис. 5.2, 5.3, 5.4. Такой подход широко распространен и в первом приближении оправдан. Но, в данном случае возникают вопросы:

а) Практически все использованные диаграммы изначально предложены для скоплений марганцевых оксидов в современном открытом океане. Никто из авторов этих диаграмм не занимался и не предлагал использовать их для отложений озер или кор выветривания. Поэтому корректность использования этих диаграмм для гипергенных образований, как минимум, вызывает сомнения. Думается, что здесь сделана ошибка.

б) В авторском варианте диаграмм (Bonatti, 1972; Nicholson, 1992; Bau et al., 2014; Josso et al., 2017) либо нет вообще таких полей, какие показаны на рисунках в рецензируемой диссертации, либо они имеют другие границы.

Например, на диаграмме (Co+Ni+Cu)–Fe–Mn (рис. 5.3 а) в оригинале (Bonatti, 1972) есть поля гидрогенных, диагенетических и гидротермальных отложений. Но, нет

полей отложений, отвечающих озерной, шельфовой и морской обстановкам как на рис. 5.3а в диссертации Пхарое Б.Л.

На диаграмме $Zr-(Cu+Ni+Co)$ (рис. 5.4 б) в оригинале (Josso et al., 2017) вообще нет никаких полей. Поля под номера I–IV – фантазия соискателя.

На диаграмме $Ce/Ce^* - Nd$ (рис. 5.2 г) в оригинале (Bau et al., 2014) поля гидротермальных, диагенетических и гидрогенных отложений имеют иные границы. Если их нанести правильно, то окажется, что точки изученного Пхарое Б.Л. месторождения не попадают ни в одно из этих трех полей! Спектр редкоземельных элементов (РЗЭ) в данном случае специфичен: при относительно высоких (но не всегда!) общих содержаниях РЗЭ в них, как правило, проявлена небольшая по величине положительная цериевая аномалия. Такой спектр характерен для марганцевых отложений, образующихся при разгрузке насыщенных растворенным марганцем вод стагнированных бассейнов (см. например, Gutzmer, Beukes, 1998; Rantitsch et al., 2003; Munteanu et al., 2004; Дубинин, 2006; Chisonga et al., 2012; Брусницын, 2013, 2015, 2021; Wu et al., 2016; Xiao et al., 2017). Предыдущие исследователи – авторы диаграммы (Bau et al., 2014; Josso et al., 2017) – такие обстановки не рассматривали (они редки в современном океане), поэтому этих данных нет на оригинальной диаграмме.

Получается интересная ситуация. Соискатель Пхарое Б.Л. получил новую интересную и заслуживающую внимания информацию. Но, почему-то “постеснялся” ее так и подать, а вместо этого вольно или невольно исказил исходные данные предшественников, чтобы “впихнуть” свои материалы в уже известные схемы, и без веских на то аргументов называет свои отложения “гидрогенными” (что само по себе спорно в отношении озерных осадков). Допускаю, что соискатель не смог корректно проинтерпретировать распределение РЗЭ. Но, не заметить их самобытность он не мог! Это особенно удивительно в связи с тем, что именно на особенностях распределения РЗЭ автор базирует свои генетические построения. А между тем, анализ распределения РЗЭ в тексте диссертации и автореферата сделан неубедительно.

7) Схема образования месторождения на рис. 5.5 в диссертации (он же рис. 4 автореферата) очень наглядна. Само ее появление, как уже было отмечено, надо приветствовать. Но, не очень понятно, чем рис. (а) и (б) принципиально различаются друг от друга, а также в чем разница между тремя практически одинаковыми рисункам (г) (последние две картинки на рис. 4 автореферата). Из общей генетической схемы остается непонятным, почему и в каких условиях при выветривании одних и тех же доломитов в одних случаях образуется слой порошковидного

вада (со своим спектром РЗЭ), а в других – несколько горизонтов терригенных отложений насыщенных конкрециями оксидов марганца (с другим спектром РЗЭ).

Подводя общий итог, отметим, что представленная в качестве диссертации работа Пхарое Б.Л. содержит новые и важные для понимания генезиса марганцевого оруденения Северо-Западного месторождения (ЮАР) минералогические и геохимические данные, работа построена методологически грамотно, главные выводы принципиальных возражений не вызывают, результаты исследований опубликованы в ведущих научных журналах. Вместе с тем, к стилю подачи материала и корректности обоснования некоторых позиций работы есть замечания, которые соискателю необходимо учитывать в своей дальнейшей работе. Несмотря на это, рецензент считает, что квалификационные требования для кандидатской диссертации в данном случае выполнены.

Заключение. Диссертация «Генезис и перспективы промышленного освоения нового рудопроявления марганца на северо-западе Южно-Африканской республики», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор Пхарое Бенедикт Литсоняне – заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Официальный оппонент,
профессор Кафедры минералогии
Санкт-Петербургского
государственного университета,
доктор геолого-минералогических наук

Брусницын Алексей
Ильич

Тел.: 8-921-368-00-74
e-mail: a.brusnitsin@spbu.ru
Дата:

199155, Санкт-Петербург, переулок Декабристов, 16, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Кафедра минералогии