

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу 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.

1. Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и библиографического списка. Содержит 152 страницы машинописного текста, 71 рисунок, 9 таблиц, список литературы из 123 наименований. По-видимому, структура диссертации определяется внутренними стандартами Горного университета, но повторы, которые неизбежны при написании аннотации и выводов к каждой главе, включая компилятивные, увеличивают объем текста без существенного его улучшения.

Во **Введении** обоснована актуальность исследований, даны общие сведения об объекте, сформулированы цели, задачи, научная новизна и практическая значимость работы, кратко обсуждаются методы и подходы, приведены положения, выносимые на защиту, перечислены научные конференции, на которых были представлены результаты работы и основные публикации.

Глава 1 «Экономика марганца в Южно-Африканской республике» носит компилятивный характер и содержит информацию о марганце, основных его промышленных минералах, генетических и промышленных типах месторождений, странах – производителях и потребителях марганца. Глава богато иллюстрирована графиками, отражающими изменения в конъюнктуре рынка марганца и, в целом, обосновывает актуальность исследований.

Глава 2 «Геологическое строение Северо-Западного рудопроявления» посвящена характеристике тектонической позиции, условий залегания и стратиграфии Трансваальского бассейна, в котором локализовано изученное месторождение. Глава также носит, преимущественно, компилятивный характер.

Глава 3 «Методология исследований марганцевых руд» содержит сведения о примененных полевых и лабораторных методах. Последние освещены с чрезмерной детальностью, включая теоретические основы методов.

Глава 4 «Минералого-петрографические и геохимические особенности руд Северо-Западного рудопроявления» содержит результаты минералого-петрографического изучения вмещающих пород и руд. Здесь охарактеризованы неоархейские марганценозные строматолитовые доломиты (предполагаемый источник марганца), кварциты Черного рифа, а также сами руды, включая анализ детритовой составляющей озерных отложений для определения источника и дальности сноса.

Глава 5 «Рудогенез Северо-Западного рудопроявления марганца» посвящена модели образования Северо-Западного рудопроявления и результатам оценки запасов и ресурсного потенциала при помощи ГИС «Micromine 2020». Частично модель обоснована в главах 2 и 4. Основное внимание посвящено источнику рудного вещества, в качестве которого рассмотрены неоархейские доломиты. В главе приводятся доказательства структурного контроля оруденения карстовыми воронками. Несмотря на сумбурность изложения, автору удалось доказать пресноводное (озерное) происхождение конкреций и гипергенно-диагенетическое – вада. Использованные диаграммы убедительно доказывают воздействие гипергенных процессов на оба типа руд. В выводах генетическая модель сформулирована достаточно логично.

Отдельно нужно выделить раздел 5.3 «Перспективы промышленного освоения марганцевой руды рудопроявления Северо-Западное», в котором приводится обоснование ресурсного потенциала, оцененного при помощи ГИС «Micromine 2020». Оценка ресурсов с подсчетом запасов выполнена по стандартной методике, применяемой для классификации запасов по системе JORC. Примененные подходы и ограничения пояснены в тексте. В целом, этот раздел является наиболее продуманным и логичным во всей диссертации.

ОТЗЫВ

ВХ. № 209-9 от 01.09.21
АУ УС

В *Заключении* сформулированы основные выводы диссертации: приведена история формирования первичных и эпигенетических концентраций марганца, минеральный состав руд, генетическая модель рудопроявления, его экономический потенциал.

2. Актуальность работы определяется необходимостью оценки перспектив выявления крупных марганцевых объектов в Северо-Западном районе ЮАР, где мелкие гипергенные скопления марганцевых руд известны с 60-х гг. прошлого столетия. Для этой территории необходимо определить формационную принадлежность, условия формирования первичных концентраций марганца и характер их эпигенетических преобразований, приводящих к образованию промышленных скоплений марганца.

3. Научная новизна и практическая ценность работы

Научная новизна, по мнению рецензента, заключается в установлении условий формирования оксидно-марганцевых руд на изученном рудопроявлении и выявлении факторов накопления марганца в карстовых депрессиях.

Практическая значимость работы состоит в оценке ресурсного потенциала Северо-Западного проявления марганца, позволяющее перевести его в ранг среднего по запасам месторождения.

4. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов основана на представительном опробовании, статистически значимом количестве изученных образцов, проведении сопоставительного анализа со сходными объектами Южной Африки.

Комплекс методов для характеристики руд и вмещающих пород адекватен поставленным задачам. Геологическая модель построена при помощи современных ГИС-технологий с использованием широко применяемого программного обеспечения.

Работа в достаточной мере опубликована, в том числе, в журнале первого квартиля по версии WoS, и регулярно представлялась на конференциях различного уровня.

5. Формулировка защищаемых положений отражает результаты выполненных исследований.

6. Замечания по существу диссертационной работы

Диссертационная работа имеет два основных недостатка: хаотичность изложения и многочисленные повторы. Помимо этого, работу трудно воспринимать из-за несовершенства изложения, связанного с тем, что русский для автора – иностранный.

Частные замечания следующие.

Глава 1. Характеристика марганца, как металла, и его областей применения, в контексте диссертации избыточна. Освещение экономического состояния добычи марганца и производства марганец-содержащих продуктов излишне детализировано. Для обоснования актуальности исследования достаточно и значительно меньшей информации.

В обзоре генетических типов месторождений следовало применить более современную классификацию и терминологию, которые изложены, например, в публикациях А.И.Брусницына. Названия формаций «кварц-глауконитовая» и «песчано-глинистая» не актуальны. Вулканогенно-осадочные месторождения марганца охарактеризованы поверхностно. Описание глубоководных железно-марганцевых конкреций нужно было бы сопроводить ссылкой, например, на обзор Halbach, P., Friedrich, G., Von Stackelberg, U. (Eds.) (1988), The Manganese Nodule Belt of the Pacific Ocean. Описание месторождений марганца в корах выветривания и озерных отложениях, наоборот, следовало бы сделать более подробным, т.к. именно к этим типам относится изученное месторождение. Было бы уместно сформировать таблицу с сопоставлением различных генетических и промышленно-технологических классификаций. Рис. 1.13 не имеет отношения к геолого-промышленным типам месторождений, а несет исключительно экономическую нагрузку.

Глава 2. Отсутствует обобщенная стратиграфическая колонка Трансваальского бассейна, например, из фундаментальной сводки The Geology of South Africa, Johnson et al., 2009. Поскольку диссертация посвящена экзотическому для российского специалиста региону, было

бы полезно привести рисунок или таблицу, в которых были бы определены взаимоотношения между стратиграфическими единицами: супергруппами, формациями, толщами, этапами геологического развития. Описание геологического строения месторождений, не относящихся непосредственно к изучаемому району и истории формирования бассейна Трансвааль, излишне подробно. Падение метеорита Вредфельд, вероятно, не имело определяющего влияния на формирование марганцевых руд – сведения об этом событии избыточны.

Схему геологического развития региона следовало привести один раз, а не повторять с уточнениями при описании каждого объекта. Часть текста производит впечатление неотредактированного дословного перевода, при этом ссылки на источники приведены не всегда.

Марганценозные зоны (корректнее – слои или горизонты) в разрезе озерных отложений были выделены на основании определенных характеристик. Не конкретизировано, какие содержания марганца, конкреций, размеры конкреций, минеральный состав характерны для каждой из выделенных зон.

В целом, Глава 2 компилятивна, однако в разделе 2.5 приводится стратиграфическое описание объекта исследования - Северо-Западного рудопроявления марганца, основанное на собственных исследованиях автора: в описании «задокументированных стратиграфических разрезов рудопроявления» приведены три схематические колонки, по-видимому, составленные автором, т.к. ссылок на другие источники нет. Не ясно, почему результаты собственных наблюдений приводятся раньше, чем методическая глава. На рисунках не обозначены выделенные зоны (горизонты). Вариации мощности и состава выделенных зон не прокомментированы. В выводах по главе обсуждаются особенности химического состава выделенных горизонтов, хотя информация об их химическом составе отсутствует, а соответствующие таблицы не приведены.

Методическая глава. Аннотация необоснованно включает в себя историю изучения региона и обзор публикаций, эта информация должна была быть включена во вводную главу. Не объяснено, для чего образцы промывались дистиллированной водой. Если крупность измельчения контролировалась, то нужно было ее указать. Детальное описание процедуры изучения прозрачных и полированных шлифов, так же, как и методов получения данных о химическом составе с фотографиями приборов, избыточны. Значит ли отсутствие указаний на аналитика и конкретную лабораторию, что анализы выполнял сам автор? Порошковая рентгеновская дифрактометрия применяется не для выяснения химического состава руд (как это написано на стр. 65), а для определения фазового (минерального) состава. Вывод о воспроизводимости результатов нуждается в подтверждении, например – приведении протокола повторных измерений. Такой протокол отсутствует.

Глава 4 с основными результатами исследований автора. Утверждение о том, что марганцевые конкреции образовались из коллоидных растворов, нуждается в ссылке на источник. Обломочная часть озерных отложений Вествитс характеризуется, как состоящая из кварцевых и аркозовых песчаников, и тиллитов. Тиллиты - это ледниковые отложения. Из описания пород и информации, изложенной в предыдущих главах, неясно, являлись ли озера, сформировавшие марганценозные отложения, ледниковыми.

Выводы о последовательности образования минералов в марганцевых конкрециях не всегда полностью доказаны. На рис. 4.9 показаны мелкие сферолиты кутнагорита в трещинах в тонкозернистой породе с реликтами браунита. Из чего состоит сама порода – неясно.

Что имеется в виду под «структурным распадом пиролюзита»? Эпигенетическое образование концентрических структур с участками, обогащенными железом? Вытеснение примеси железа из первичного пиролюзита? Следовало бы более четко обозначить свою позицию. Отсутствует объяснение причин образования псевдоморфоз криптомелана по смектиту (рис. 4.14а).

Вывод о низкой химической зрелости при интенсивной гидродинамической переработке пород неочевиден, особенно, учитывая то, что в дальнейшем автор указывает на источник сноса – повторно переработанные породы кратона.

Присутствие мафических и ультрамафических пород среди обломков нуждается в дополнительных доказательствах, помимо привлечения литохимических модулей. В тексте и выводах по главе источники сноса детритового материала названы различно.

Вынос фосфора при гипергенных процессах (стр. 99), как это пишет автор, возможен, однако низкие концентрации этого элемента, вероятно, все же унаследованы от исходных пород.

Выводы из анализа корреляционных связей недостаточно обоснованы. Сродство марганца с барием и калием следует из кристаллохимических формул основных минералов изученных руд, в то время как РЗЭ и некоторые другие элементы действительно соосаждаются с марганцевыми гидроксидами в результате сорбции. Вывод о том, что рудные минералы осаждались из одних и тех же рудных водных растворов непонятен.

Нельзя согласиться с объяснением отличий химического состава вада и конкреций. Поскольку вад является результатом окислительного выветривания марганец-содержащих доломитов, а образование конкреций связано с озерными осадками с преобладанием детритового материала дальнего переноса, их химические различия ожидаемы. Трудно согласиться с тем, что вады связаны именно с прослоями углеродистых пород, т.к. для этого не приведено никаких оснований.

В главе 4 обсуждаются спектры распределения РЗЭ, а сами спектры показаны только в главе 5 на рис. 5.1. Можно было бы хотя бы привести ссылку. Обогащение ЛРЗЭ действительно типично для гипергенных продуктов, но для полноценного анализа нужно сопоставить спектры марганцовистых доломитов, вада и среднего спектра конкреционных руд.

Следовало бы как-то прокомментировать присутствие минералов, относящихся к одной группе (криптомелана) и связанных изоморфными взаимоотношениями. Минералы при описании следовало бы сгруппировать - рудообразующие, редкие и акцессорные. Формула манганокальцита написана неверно, в этом минерале преобладает кальций и этот элемент должен стоять на первом месте в соответствующей кристаллохимической позиции. В табл. 4.1. приведен минеральный состав руд, но в списке отсутствует кварц, который очень хорошо виден на дифрактограммах (рис. 4.8). Сами дифрактограммы следовало бы сопровождать таблицей с основными характеристическими отражениями для каждой из фаз. Присутствие литиофорита должно быть подтверждено химическим составом этого минерала и кристаллохимической формулой.

Глава 5. Осталось неясным, для объяснения каких особенностей истории формирования рудопоявления, автор привлек механизм апвеллинга. Сероводородное заражение, которое упоминает автор, не доказано. Что имеется в виду под «разложением подводного вулканического аппарата»? Повышенные содержания марганца в доломитах недостаточно проиллюстрированы: в работе не приведены анализы доломита, как минерала, не обсуждается его устойчивость к выветриванию и поведение при выветривании основных минералообразующих элементов – кальция, магния и примесных железа и марганца. Ни одно название марганец-содержащих силикатов и/или оксидов в неокисленных марганцевых доломитах Мальмани в тексте не упомянуто, хотя присутствие некарбонатных марганец-содержащих фаз автор обозначил.

Кларки концентраций при оценке перспективности площади следовало бы оценивать с использованием фоновых значений для района, а не хондрита и PAAS.

Поведение РЗЭ при корообразовании достаточно сложное, при этом цериевые и иттриевые аномалии всегда отличаются от спектра субстрата и имеют различную направленность в верхних и нижних частях профиля выветривания. Поэтому нельзя только на основании сходства спектров РЗЭ говорить о родстве углистых сланцев и вада. Автор рассматривает как взаимоисключающие две гипотезы первичного накопления марганца – апвеллинг и катагенетическую с участием нефтяных вод. Однако, в обоих случаях источником марганца для образования конкретных месторождений служат осадочные марганец-содержащие доломиты. Поэтому в контексте рассматриваемого месторождения не так важен механизм обогащения марганцем доломитов, как определенность в том, что именно они были источником марганца.

В выводах к главе указано, что месторождение относится к балансовым. По каким критериям – российским или принятым в ЮАР? При оценке категории ресурсов, автор, судя по всему, пользовался классификацией JORC, соотнесение которой с принятой в России следовало бы прокомментировать.

Бортовое содержание марганца для оконтуривания рудных тел не может быть результатом статистической обработки данных, а базируется на экономической рентабельности эксплуатации месторождения. Как правило, для оценки ресурсов используется несколько вариантов бортового содержания. Результаты статистической обработки на рис. 5.7 недостаточно прокомментированы. Что дал анализ на эффект «самородка» и квантильный для понимания выдержанности состава руд в объеме месторождения? Графики на рис. 5.7а и 5.8 построены в одинаковых координатах, но кардинально отличаются друг от друга. В чем причина?

6. Замечания к оформлению работы

Рис.1.1. На схеме геологического строения Южной Африки межгосударственные границы не выделены. Было бы более корректно поместить врезку с административно-географическим делением Южной Африки, а на геологической схеме оставить только непосредственно геологическую информацию. В подрисуночной подписи нужно было указать, что показаны только дочетвертичные породы.

В автореферате на рис. 1 следовало бы добавить врезку с географическим положением региона.

Рис. 2.2. Легенда неполная.

Рис. 2.9, 2.12 не читаются, легенда слишком мелкая. У автора документация шурфов смонтирована из нескольких фотографий, что не дает представления о реальном строении разреза. Фотодокументацию шурфов лучше было бы представлять в следующем виде: общий вид стенки с врезками увеличенных фрагментов.

Рис. 2.10. Информация, данная в легенде, должна быть вынесена непосредственно на стратиграфическую колонку.

Имеется путаница с возрастными и строением толщи озерных осадков, содержащих конкреции. Рис. 2.14 не помогает прояснить этот момент, т.к. на нем не показаны выделенные зоны.

На рис 4.13 а, в – фотографии шлифов, б – аншлифа, а г – вероятнее всего, BSE. В подрисуночной подписи указаний на BSE нет. Интерпретация взаимоотношений минералов должна быть приведена в тексте, а не в подрисуночной подписи.

На рис. 4.14 б изображен энергодисперсионный спектр, а не «профиль А-В по данным электронной микроскопии», как это указано в легенде к этому рисунку.

К таблице 4.3. требуется пояснение, какая проба соответствует какому выделенному горизонту, т.к. номера образцов на рис. 4.21 и в таблицах 4.3 и 4.4 различаются. В легенде к рис. 4.21 обозначены CaO и K_2O , но отсутствуют соответствующие графики. Если содержания ниже, чем принят масштаб, то следовало бы добавить еще одну шкалу с адекватным масштабом.

В таблице 4.5 с парными коэффициентами корреляции нужно было указать количество анализов в выборке и граничные значения для рассмотренного уровня значимости.

Рис. 5.2. «Гипергенные и гидрогенные руды Северо-Западного рудопроявления». На рисунке отсутствует поле гипергенных руд, в отличие от рис. 5.3., где гипергенное происхождение изученных руд демонстрируется надежно.

Легенда к рис. 5.3. не соответствует изображенному на рисунке.

Структура базы данных, использованная для блочного моделирования, должна была быть приведена в виде таблицы в главе «Методология».

В главе 5 мы, наконец, видим геологический разрез месторождения. Осталось неясным, почему эта информация не была показана в главе, посвященной его геологическому строению?

Встречается неудачная терминология. Металлургические руды – плохой перевод с английского. Некоторые названия минералов написаны неправильно (романешиит, биксбиит), партриджит является разновидностью биксбиита, а не отдельным минеральным видом. Понятия свита и формация употребляются в одинаковом смысле. Это, вероятно, происходит из-за

различий в терминологии, применяемой в России и ЮАР, но нужно было бы в диссертации добиться единообразия. Термин «супергруппа» в русскоязычной литературе применяется для объединения групп минералов с одинаковой структурой. Термин «лутит» не существует.

Вывод

Указанные замечания, в основном, касаются оформления работы и не снижают научной значимости и практической ценности работы, не влияют на положительную оценку диссертации. Выводы диссертации сделаны на основании применения комплекса адекватных методов и достаточного владения информацией об объекте исследования. В работе учтены актуальные публикации, затрагивающие область исследования. Этика цитирования не нарушена. Автореферат, в целом, соответствует содержанию диссертации.

Диссертант заслуживает присуждения ученой степени за: 1) характеристику вещественного состава ранее не изученного месторождения марганца Северо-Западное (ЮАР); 2) создание непротиворечивой модели его образования; 3) подсчет запасов и оценку ресурсов с применением блочной модели с использованием ГИС.

Диссертация Пхарое Бенедикта Литсоняне на тему: «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 полностью отвечает требованиям пунктов 2.1-2.6 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университета», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 г. № 1755 адм.

Бенедикт заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Официальный оппонент,

Доктор геолого-минералогических наук, доцент,
ФНЦ МиГ УрО РАН



Белогуб Елена Витальевна

Научная специальность по защищенной диссертации:

25.00.05 – Минералогия, кристаллография

Адрес: 456317, Россия, Челябинская обл., г. Миасс, территория Ильменский заповедник.

Контактный телефон: +7(3513)298098*202

e-mail: belogub@mineralogy.ru

Горослов завершено

нашей сессии

по картам

Горослова Г.А.

23.08.2021г.

