

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»

Б.В. Шумский

2024 г.



ОТЗЫВ ведущей организации

**Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации
Федерального государственного бюджетного учреждения «ВНИИОкеангеология
им. И.С. Грамберга» на диссертационную работу Михайлика Павла Евгеньевича
«Железомарганцевые корки Северной части Тихого океана и прилегающих
дальневосточных морей: строение, состав и условия формирования» на соискание
ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.10 -
геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.**

Диссертационная работа Михайлика Павла Евгеньевича посвящена изучению строения, состава и условий формирования железомарганцевых корок Северной части Тихого океана и прилегающих дальневосточных морей.

1. Актуальность работы не вызывает сомнения и связана с малой изученностью строения и состава ЖМО на обширной части дна Тихого океана, а в его северном сегменте - с практически отсутствием данных. Определение источников стратегических металлов в основных минеральных компонентах ЖМО помогут понять природу их образования и механизм накопления. Результаты исследований могут послужить основой для разработки технологий их извлечения из общей рудной массы.

Диссертация находится в русле фундаментальных исследований Российской академии наук и Министерства природных ресурсов и экологии РФ, направленных на решение задач по освоению минеральных ресурсов Мирового океана.

2. Цели и задачи.

Цель работы - изучить строение, состав и определить условия формирования железомарганцевых корок северной части Тихого океана и прилегающих дальневосточных окраинных морей, а также оценить перспективы практического использования железомарганцевых корок.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Выделить литотипы железомарганцевых корок на основе их текстурно-структурных и вещественных особенностей; провести их сравнение и оценить региональное разнообразие.
2. Изучить общий минеральный и химический состав литотипов железомарганцевых корок, а также определить концентрации элементов и выявить особенности их распределения в минеральных компонентах железомарганцевых корок.
3. Установить причины и факторы региональных различий состава основных литотипов железомарганцевых корок в изученных районах, влияние на их образование гидрологических, тектонических и вулканических событий.
4. Установить условия формирования железомарганцевых корок, оценить их редкометальную специализацию и перспективы практического использования.

3. Научная новизна диссертации определяется прежде всего тем, что коллекция образцов включает малоизученные железомарганцевые корки высокоширотных областей Тихого океана: разломных зон Амлия, Рат и Стейлмейт, окаймляющих Алеутский глубоководный желоб, и гайотов северной части Императорского хребта (Детройт, Ханзей и Сьюзей). Впервые охарактеризованы распространение, геологическое положение, минеральный и химический состав гидрогенных и гидротермальных Fe-Mn корок в окраинно-морских и островодужных бассейнах, прилегающих к российской исключительной экономической зоне. Выявлены металлогенетические различия и оценены возможности практического использования корок. Кроме того, в работе предложена усовершенствованная методика выделения отдельных минеральных компонент ЖМО.

4. Практическая значимость заключается в том, что полученные данные о вещественном составе Fe-Mn корок могут быть использованы при разработке промышленной технологии извлечения металлов и оценке перспектив железомарганцевого оруденения в изученных акваториях, а также для расширения существующих представлений о морском железомарганцевом рудогенезе.

5. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений
Работа содержит оригинальный и новый научный материал, основанный на большом объеме фактического материала. В работе использовались современные методы изучения морских железомарганцевых образований.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность, в целом, замечания по оформлению.

Диссертация состоит из введения, семи глав и заключения общим объемом 314 страниц, 97 рисунков, 43 таблиц и списка литературы – 559 наименований. В целом, текст диссертации обладает внутренним единством, а сама диссертационная работа представляет собой завершенный научный труд.

Во введении обоснованы актуальность темы исследований, ее научная новизна, обозначены объем проделанной работы, личный вклад автора и сведения об апробации работы. Изложены 4 защищаемых положения, которые сформулированы в целом корректно и отвечают содержанию и результатам проделанной работы.

Глава 1 «Состояние изученности железомарганцевых образований Мирового океана» написана на основе обзора и анализа литературных источников. В ней дается краткая история изучения железомарганцевых образований, комплексная характеристика железомарганцевых корок приэкваториальных областей Тихого океана, затрагиваются вопросы об условиях формирования железомарганцевых корок и дается краткая оценка ресурсов железомарганцевых образований в океане. Такой обзор позволил автору обосновать выбор темы исследования и постановку ее задач.

Замечания:

В главе отмечаются неточности. В частности, предел измерения возраста методом избыточного Th не достигает 1 млн. лет, а составляет порядка 500 тыс. лет. Кроме того, вызывает сомнение заявление, что палеомагнитный метод является «наиболее точным подходом для определения возраста средне-верхнекайнозойских отложений» в сравнении с изотопными методами $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ и $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$. Автору следовало бы обосновать данное заявление, перечислив преимущества палеомагнитного метода над изотопными методами датирования в рамках определения возраста ЖМО.

Диссертанту стоит обратить внимание на точность и современность используемых терминов. В частности, «Пацифика» является устаревшим названием Тихого океана, что отображено в государственном каталоге географических названий. Кроме того, не совсем понятен термин «титульные элементы». Для количественной оценки следует использовать термин «ресурсы», а не «запасы».

Глава 2 «Методология и методы изучения железомарганцевых корок» включает как литературные данные, описывающие современную методологию изучения состава ЖМО,

так и методики, применяемые диссертантом в рамках изучения минерального и химического состава железомарганцевых образований. Кроме того, детально описана методика селективного выщелачивания и методика определения концентраций золота в ЖМО, которая применялась автором.

Замечания:

Автор указывает, что в работе предложена оригинальная методика компонентного анализа ЖМО. Однако, процедура выделения минеральных компонент соответствует предложенной ранее методике (Koschinsky, Halbach, 1995). Автору следует пояснить, в чем состоит оригинальность его методики и в чем состоит принципиальное её отличие от ранее предложенной.

Глава 3 «Железомарганцевые корки дальневосточных окраинных морей» дает подробную характеристику о составе железомарганцевых корках, поднятых в Японском, Охотском и Беринговом морях. Было установлено, что марганцевые минералы в железомарганцевых корках вулкана Беляевского (Японское море) более разнообразны, чем считалось ранее. По большей части железомарганцевые корки дальневосточных окраинных морей встречены на подводных структурах вулканического происхождения, но также могут залегать и на тектонических поднятиях. Автор считает, что присутствие высоких концентраций галлия, меди, никеля и цинка в железомарганцевых корках Японского моря, Курильской, а также Алеутской островных дуг свидетельствует в пользу наличия глубоководных полиметаллических сульфидов в пределах этих структур. Глава 3 хорошо проиллюстрирована и содержит большое количество данных химического состава в виде таблиц.

Замечания:

Глава 3 составляет примерно 30% от общего объема диссертации. В главе представлены обширные данные о составе и строении ЖМО дальневосточных окраинных морей, однако эти результаты не нашли упоминания ни в одном защищаемом положении диссертации.

В главе не хватает таблиц и карт фактического материала, который использовался диссертантом в работе. Очень сложно понять, какие образцы, описываемые в работе, являются литературными данными, а какие использовались для аналитических исследований диссертантом.

Присутствуют ряд незначительных ошибок в оформлении, в частности в нумерации подразделов, не все иллюстрации имеют масштабные линейки, имеются редкие опечатки.

Глава 4 «Железомарганцевые корки высокоширотных областей северной части Тихого океана» содержит данные о вещественном составе корок зон разломов и гайотов северного звена Императорского хребта и железомарганцевой россыпи гайота Йомей. Было показано, что в пределах подводных гор и гайотов северного района дна Тихого океана залегают железомарганцевые корки толщиной более 100 мм, формирование которых осуществлялось за счет гидрогенного источника вещества. В корках северных областей отсутствует «пористый» и «реликтовый» слои, характерные для корок тропических широт, и присутствует мощный "антрацитовый" слой с низкой концентрацией фосфора. Результаты, описанные в главе 4, легли в основу 1-го защищаемого положения. В отдельном подразделе представлены данные железомарганцевой россыпи гайота Йомей, которая сформировалась за счет разрушения КМК.

Замечания:

Диссертант делает вывод о времени образования россыпи гайота Йомей по перерыву в осадконакоплении, зафиксированному в КМК гайота Детройт, который значительно удален от гайота Йомей. Однако, в диссертации не отмечено присутствие аналогичной россыпи на гайоте Детройт, что ставит под вопрос связь этих явлений. Для определения времени образования залежи требуются определение возраста непосредственно материала гайота Йомей. Кроме того, остается необоснованным предположение о региональном распространения железомарганцевых россыпей, так как в диссертации приведён единственный пример. Если существуют аналогичные известные россыпи, было бы важно сравнить их в рамках обсуждения распространенности данных образований.

Глава 5 «Золото и ртуть в железомарганцевых корках северной Пацифики» описывает в первой части наличие золотых пластинок в составе корок гайотов Детройт и Зубова и юго-западной части Тихого океана. Диссертантом предполагается, что причиной золотой минерализации Fe-Mn корок является поставка золота гидротермальными растворами в периоды вулканотектонических активизаций тихоокеанской плиты и сопутствующие биохимические процессы его осаждения при активном участии донных микроорганизмов. Во второй части главы описываются распределение ртути в исследуемых образцах. Автор считает, что ртуть в Fe-Mn корках подводных гор и тектонических поднятий Тихого океана связана с разгрузкой подводных гидротерм в периоды вулканотектонических активизаций Тихоокеанской плиты в кайнозой.

Замечания:

Диссертант предполагает, что «при кристаллизации основной массы минералов-аксессуаров, благородных металлов и их спутников», в т.ч. золота, ключевую роль играют биогеохимические процессы. Однако, никаких доказательств бактериального генезиса золота не приводится. К тому же, описывается большое количество зерен золота, имеющих угловатую морфологию, не типичную для бактериальных проявлений.

В главе 6 «Распределение элементов между основными минеральными компонентами» обсуждается распределение рудных (Co, Cu, Ni, и Mo), а также редкоземельных элементов и иттрия в минеральных компонентах. Представлены результаты обширных и трудоемких аналитических исследований, связанных с проведением селективного выщелачивания. Результаты, представленные в главе, являются основой защищаемого положения 2.

Замечания:

В иллюстрациях к главе не приводится сравнение полученных результатов с результатами селективного выщелачивания ЖМО центральной (приэкваториальной) части Тихого океана, что позволило бы наглядно оценить сходства и различия этих двух районов океана. Кроме того, следовало бы объяснить, с чем связано присутствие марганца в железистой фазе некоторых исследуемых образцов, так как предшествующие данные указывают на более чем 98% присутствие Mn в марганцевых оксидах. Также отсутствует характеристика распределения железа, хотя оно является породообразующим элементом вытяжки 3 (гидроксиды железа) и сильно варьирует между фазами с аномально высокими концентрации в остаточной фазе. Это может быть важным обоснованием поведения большинства элементов, так как Mn и Fe минералы являются их основными концентраторами.

В Главе 7 «Формирование железомарганцевых корок северной Пацифики и перспективы практического использования» предлагается возрастная модель, основанная на скоростях роста, рассчитанных по формулам Co и Se хронометров. Кроме того, предложена модель образования железомарганцевой россыпи вследствие увеличения скорости придонного течения, способствовавшей деструкции КМК залежей. Во второй части главы приводятся оценки ресурсной перспективности ЖМО северной части Тихого океана с учётом высоких концентраций рудных элементов (Mn и Co), близких к их содержаниям в КМК гайотов Магеллановых гор в пределах российского разведочного района.

Замечания:

По мнению автора, смена «пористого» слоя на «буроугольный», может быть связана с закрытием Панамского перешейка, когда примерно 6 млн. лет назад прекратилась поставка глубинных атлантических вод в Тихий океан. Многие исследования предполагают закрытие Панамского перешейка около 3 млн. лет назад; есть данные о начале изменений 4 млн. лет назад (Bartoli et al., 2005). Таким образом, данное положение не имеет однозначного подтверждения.

Кроме того, через Панамский перешеек не происходило поставки глубинных Атлантических вод в Тихий океан, как утверждает автор, а происходил наоборот перенос поверхностных вод из Тихого океана в Атлантику (Schneider and Schmittner 2006; Lunt et al., 2008), что делает вывод автора неубедительным.

7. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат соответствует тексту диссертации, в нем приводятся основные результаты, обосновывающие защищаемые положения.

8. Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.

Основные положения диссертации прошли апробацию в 32 статьях, 25 из них включены в Перечень ВАК, 7 публикаций в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и/или Scopus, а также были представлены в виде докладов на разнообразных российских и международных совещаниях.

9. Тема диссертации соответствует научной специальности.

10. Заключение.

Несмотря на высказанные замечания, выполненная работа представляет законченное научное исследование, использующее современные методы изучения морских железомарганцевых образований и содержащее оригинальный и новый научный материал. Структура и содержание автореферата соответствуют диссертации. Диссертационная работа написана хорошим языком, иллюстрации и таблицы уместны, четко выполнены и помогают разобраться в тексте. Описки и опечатки редки. Автором выполнена большая работа, имеющая как научную, так и практическую значимость. Результаты исследования прошли апробацию и докладывались на российских и международных совещаниях. Работа является полезной для геологов производителей, океанологов, химиков, научных сотрудников, аспирантов и студентов геологических и химических специальностей.

Диссертационная работа Михайлика Павла Евгеньевича содержит в себе научно-обоснованные защищаемые положения, соответствующие специальности 1.6.10 - геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения. Михайлик Павел Евгеньевич заслуживает присуждения искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 - геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Составители отзыва:

Кандидат геолого-минералогических наук,
Научный сотрудник отдела геологии и
минеральных ресурсов Мирового океана
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»

Константинова Наталья Павловна

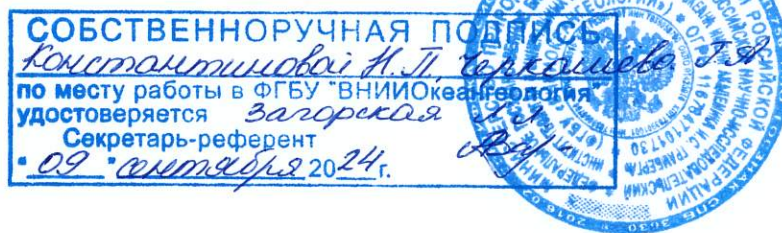
Константинова Н.П.

190121, Санкт-Петербург, Английский проспект, д.1
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»
+7 (812) 713-83-79
konstantinova@vniio.ru

Доктор геолого-минералогических наук,
Заместитель генерального директора по науке
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»

Черкашёв Георгий Александрович
190121, Санкт-Петербург, Английский проспект, д.1
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»
+7 (812) 713-83-79
cherkashov@vniio.ru

Черкашёв Г.А.



**Отзыв заслушан и утвержден на заседании Ученого Совета ФГБУ
«ВНИИОкеангеология» 09 сентября 2024 года (выписка из протокола прилагается)**

Председатель Ученого Совета
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»

Шумский Б.В.

Ученый секретарь Ученого Совета
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»

Матвеева Т.В.