

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
ТЕРЁХИНОЙ ЯНЫ ЕВГЕНЬЕВНЫ на тему:
«ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ
ПОДВОДНОГО ЛАНДШАФТА ПО ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ
ДАНЫМ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ»
по специальности 1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки)

Представленная диссертация **Терёхиной Яны Евгеньевны** состоит из введения, 4 глав и заключения, содержит 148 страниц текста, включая 76 рисунков, 11 таблиц, список литературы из 142 наименований, трех свидетельств о регистрации программ и 5 интернет источников информации. Список трудов автора по теме работы состоит из 10 ссылок в изданиях, входящих в список, рекомендованный МГУ для данной специальности.

Диссертация Терёхиной Я.Е. посвящена изучению ландшафтов Кандалакшского залива Белого моря, их пространственного распространения, связи с геологическим и тектоническим строением фундамента, на котором отлагались морские и гляцио-морские осадки. Для реализации заявленной в работе цели – идентификации и картирования геолого-геоморфологических компонентов ландшафтных выделов различного масштабного уровня с использованием авторской технологии сбора и анализа гидроакустических данных, проделан большой объем работы по сбору, цифровой обработке с использованием штатных средств и модулей собственной разработки с заверкой результатов донным пробоотбором. Для реализации этой цели было сформулировано 6 задач, практическое осуществление которых пошагово описано в диссертационной работе.

Актуальность работы определяется несколькими аспектами. Во-первых, в связи с ростом инженерной, навигационной и природоохранной деятельностью на шельфах, возникает необходимость эффективной, правдоподобной и быстрой интерпретации больших объемов геофизических и гидроакустических данных с заверкой результатов точечными пробоотборами

и водолазными работами. Во-вторых, указанная цель требует разработки комплекса программных и методических средств для работы с получаемыми массивами данных и оформления результатов в виде, приемлемом конечному потребителю, занятому в экономической деятельности на шельфах. В-третьих, на шельфах расположены объекты, обладающие ресурсным потенциалом, что поднимает задачи типа мониторинговых измерений и контроля над окружающей средой.

Фундаментальная и практическая значимость, а также новизна работы соответствует объему, необходимому для квалификационной работы. Объект исследований содержит структуры, выделяемые на различных масштабных уровнях, на каждом из которых формируются отдельные причинно-следственные связи особенностей геоморфологии с геологическим строением. Определение этих уровней и выявление особенностей ландшафтов составляет несомненный фундаментальный результат, который обосновывает представление работы на геолого-минералогические науки.

Практическая значимость работы очевидна в силу причин, делающих работу актуальной. Разработанная автором методика сбора, анализа и количественной интерпретации данных соответствует законодательному регламенту проведения подобных работ на континентальном шельфе, что показывает востребованность результатов.

Объект исследований, на котором методика ландшафтного картирования была опробована, расположен в Кандалакшском заливе Белого моря. Полевые работы на объекте проводились в течение десятилетий и определили достоверный уровень полученных дистанционных результатов, который заверен водолазными работами. Картирование больших площадей позволило определить классификацию ледниковых экзарационных и аккумулятивных форм рельефа, выстроить систему определения параметров применяемых методик съемки и обрабатывающего программного комплекса с получением и регистрацией прав на его отдельные новые компоненты. Эти элементы работы в совокупности обладают очевидной новизной как в плане

методики, так и по получаемым геологическим результатам, в основе которых лежит объемный базис мультидисциплинарных и многопараметрических исследований, требующих углубленной компетенции во всех используемых при картировании компонентах.

Личный вклад автора в решении задач работы проиллюстрирован в полной мере, отражен в публикациях и апробациях работы и участии в многочисленных полевых работах, включая экспедиции по программе Плавучего Университета.

Введение содержит все необходимые сведения о целях, задачах, защищаемых положениях, научной новизне работы, ее практической значимости и достоверности результатов, личном вкладе автора и апробации работы, соответствующие требованиям МГУ. **Главы 1 и 2** имеют вводный характер. **Глава 1** содержит подробный обзор принципов, методов и подходов к комбинированному картографированию подводных ландшафтов. В этой главе приведен обзор наиболее удачных примеров картографирования как для абиотических параметров, так и для донных сообществ. **Глава 2** посвящена обзору физико-географических условий района, рельефа и геологии акватории.

Глава 3 (по существу защищаемого положения 4) содержит описание авторской методики, разработанной для решения поставленных в работе задач по классификации ландшафтов. Подробно разобраны характеристики аппаратного комплекса, необходимые для картирования на малых глубинах, способы обработки данных и, что является авторским элементом новизны – расчет атрибутов по мозаике ГЛБО, имеющих геофизический смысл, связанный с составом донных осадков и их обработка методами многомерной статистики. Последние этапы обработки оформлены автором в отдельные зарегистрированные программные модули. Они являются наиболее сложным и нетрадиционным элементом в геофизике, но приобретающем все большее распространение в практике обработки и интерпретации больших массивов данных. Автором развит настроенный на

конкретную геологическую задачу инструментарий, который применен весьма успешно. Просматривается возможность масштабирования данного метода интерпретации на сходные (или разные) объекты с другим геологическим строением.

Глава 4 является основной для обоснования защищаемых положений 1, 2 и 3. Приведена карта фактического материала, несколько референтных сейсмоакустических профилей, карты мощностей ледникового и постледникового осадочных комплексов, структурная карта фундамента с тектоническими элементами. Основой интерпретации типов ландшафтов является карта рельефа дна по данным многолучевой батиметрии. Автором составлена таблица типовых элементов мезорельефа, к которым соотнесены данные сейсмоакустики. Кроме того, автором показано, что в условиях сильной зависимости интенсивности обратного рассеивания от рельефа, которое маскирует связь с составом донных осадков, есть основание для выбора основной ориентации галсов ГЛБО, минимизирующей эффект от рельефа. Таким образом автором сформирована таблица типовых изображений ГЛБО, для которых показано сопоставление их рисунка с сейсмоакустическим разрезом. Это дает возможность сопоставить свойства дна с генетическим типом приповерхностных осадков или склоновых процессов.

Результаты, сведенные в таблицы, создали основу для первичной качественной (ручной) интерпретации распространения выделенных типов ландшафтных поверхностей (рис.42). После чего автор перешел к количественной интерпретации атрибутов методом кластерного анализа по методике К-средних. На рисунках с 44 по 50 приведены сопоставления групп некоторых кластеров с ручной интерпретацией, из которых следует, что машинная классификация позволяет получать сходные результаты, которые возможно будут уточняться при совершенствовании отбраковки данных по амплитудным экстремумам.

Процедуры рассчитаны по данным трех частотных диапазонов. При увеличении частоты теряется прослеживаемость региональных тектонических элементов, унаследованных от тектонических структур в архейском фундаменте, но возрастает связь с фаціальным составом ледниковых отложений (рис.52). По совокупности всех геофизических данных, структурным картам, картам изопахит, мозаикам ГЛБО, расчету атрибутов и кластерному анализу было проведено выделение ландшафтных выделов ранга местностей, урочищ и фаций с разным уровнем генерализации данных. Проведенная классификация выглядит достоверной и соответственно выражена в 1-м, 2-м и 3-м защищаемых положениях.

Для ранга местностей приведен набор референтных профилей с картами дна и наложенными контурами классификации и показана связь с тектоническими элементами фундамента. Для ранга фаций составлена таблица типовых высокочастотных образов ГЛБО с их соответствием донному пробоотбору и гранулометрическому анализу. Фации четко привязаны к конфигурации рельефа дна (таблица 11), что имеет ясную геологическую интерпретацию. Районирование ранга урочищ проведено также, как и для местностей по данным рельефа и сейсмоакустики и показана связь с ледниковыми отложениями.

В заключении автором подведены общие итоги работы. Обобщенно суть работы может быть выражена как подход к автоматизированному геологическому картированию верхней части разреза при сопоставлении результатов с ручной качественной интерпретацией данных. Обилие данных и размер цифровых массивов таков, что движение в направлении полуавтоматизированной методики картирования с ручной проверкой результата будет развиваться и дальше.

Диссертация представляет собой четкое системное изложение всех аспектов исследования и его результатов, но к ее содержанию имеется несколько **замечаний**, часть которых носит технический характер (и отчасти рекомендательный).

1. Глава 2, посвященная геологическому строению района работ не начинается с карты, где были бы показаны не только фации донных осадков, но были бы обозначены все имена собственные многочисленных географических объектов, упоминаемых в тексте. Это существенно облегчило бы восприятие материала без постоянного поиска положения объектов в сети.

2. Описание сейсмических комплексов на стр.40-41 следовало бы снабдить отдельной иллюстрацией, либо дать индексацию комплексов на рис.8. Это значительно улучшило бы восприятие материала с описанием характера сейсмической записи.

3. Описание рельефа Кандалакшского залива в разделе 2.3 приведено без батиметрической карты, что также затрудняет восприятие материала.

4. Обоснование связи атрибутов ГЛБО с гранулометрическим составом осадков в главе 3 дано ссылкой на работу (Терёхина, Токарев 2018). Это описание можно было привести поподробнее, и с упоминанием водолазных заверок данных ГЛБО прямым наблюдением. Кроме того, описание конкретной реализации кластерного анализа, использованного для интерпретации, также было бы уместно в главе 3.

5. Многие иллюстрации, основанные на навигационной карте, не имеют масштабной линейки и координатной сетки. Понятно, что для крупномасштабных изображений координаты могут быть не приведены, но для представлений о метрике карты можно было скопировать линейку из зарамочного оформления навигационного листа.

6. В разделе 4.3 идет описание результатов картирование ледниковых и постледниковых отложений по данным карт углов и карт азимутов, но сами карты не приводятся.

7. Очень показательной является таблица 9 с элементами мезорельефа, но к сожалению, в ней не хватает масштабной линейки.

8. Автор при расчете кластерного анализа считал 30 кластерных сочетаний, но не привел обоснования для этого числа. Также было интересно показать читателям корреляционную матрицу параметров. Абсолютные значения численных атрибутов до процедуры стандартизации перед кластерным анализом показывать не обязательно.

Несмотря на замечания, диссертация оставляет впечатление весьма качественно выполненной и хорошо продуманной работы с большой **достоверностью и обоснованностью выводов и защищаемых положений** и, главное, перспективой на развитие в других акваториях и ландшафтных обстановках. Все защищаемые положения работы выглядят доказанными. Работа содержит подробно написанные вводные главы, показывающие необходимую квалификационную подготовку соискателя и глубокое знакомство с предметом исследований в различных аспектах. Раздел диссертации, в котором изложен материал по защищаемым положениям, показывает большую проделанную работу по целевой интерпретации накопленного за десятилетия объема данных в Кандалакшском заливе и составлению карт использованных параметров и атрибутов. Работа написана четким высокопрофессиональным языком, не вызывающим вопросов при ознакомлении с изложенными положениями. Автор в работе продемонстрировала все необходимые для квалификационной работы качества. Основные результаты работы опубликованы в научных работах, указанных в автореферате и диссертации. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации в жатом виде.

Указанные ранее замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на

соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель **Терёхина Яна Евгеньевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки).

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук,
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геоморфологии и тектоники дна океанов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института Российской академии наук (ГИН РАН)

СОКОЛОВ Сергей Юрьевич

(подпись)

16 декабря 2024 года

Контактные данные:

тел.: +7(495) 959-02-31, e-mail: geophys@ginras.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.03. Геотектоника и геодинамика.

Адрес места работы:

119017, Москва, Пыжевский переулок, дом 7, строение 1.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН).

Тел.: +7(495) 953-18-19; E-mail: gin@ginras.ru

Подпись сотрудника ГИН РАН С.Ю. Соколова удостоверяю.

Заведующая канцелярией ГИН РАН

Букашкина З.М.

16 декабря 2024 г.