

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 данным в Кандалакшском заливе
Белого моря»
по специальности 1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки)

Актуальность темы. Рациональное использование морских ресурсов невозможно без выявления пространственных закономерностей происхождения, развития и распространения субаквальных природных комплексов, их трансформации в условиях всё возрастающего техногенного воздействия. Ландшафтный подход позволяет оценивать состояние субаквальных прибрежных экосистем с учетом изменений их пространственно-временной структуры. Донные осадки и рельеф дна, описанные в диссертационной работе, являются основными компонентами донных ландшафтов, без которых невозможно выполнение ландшафтно-экологического районирования в целях устойчивого развития акватории и рационального природопользования, что является одним из «Приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации». Районирование субаквальных ландшафтов должно стать основой морского пространственного планирования, прогнозирования и комплексного управления хозяйственной деятельностью.

Актуальность темы исследования также определяется отсутствием в настоящее время стандартных методов районирования субаквальных ландшафтов и их слабой изученностью. В 2021 г. Минстроем России утвержден свод правил «Инженерные изыскания для строительства на континентальном шельфе. Общие правила» (СП 504.1325800.2021), где в состав работ включено изучение подводного ландшафта. В своде правил указывается в общих чертах какие ландшафтные компоненты должны учитываться при построении карт, но нет четкой методики исследования донных ландшафтов. Несмотря на то, что в

данной диссертационной работе не было поставлено задачи разработки унифицированных методов построения карт субаквальных ландшафтов, предложенная методика исследования геолого-геоморфологических компонентов может быть использована для районирования абиотических компонентов в рамках междисциплинарного ландшафтного картографирования.

Научная новизна и практическая значимость исследований. В диссертации Я.Е. Терехиной представлены результаты, обладающие научной новизной и имеющие практическую значимость. На акватории пролива Великая Салма Кандалакшского залива Белого моря впервые:

- разработана и апробирована методика картографирования геолого-геоморфологических компонентов донных ландшафтов с использованием широкого комплекса геоакустических данных;

- предложена и апробирована методика автоматической классификации мозаик гидролокации бокового обзора дна с помощью разработанной и зарегистрированной «Интеллектуальной системы сегментации картографических результатов морских площадных геофизических исследований «ScanGMapping»;

- на основе авторской методики составлены крупномасштабные (1:25 000) карты абиотических компонентов субаквальных местностей, урочищ и фаций с подробным описанием их геолого-геоморфологических характеристик;

- выявлены новые формы экзарационного и аккумулятивного ледникового рельефа, такие как морены де Геера, эскеры и др., которые позволят уточнить региональные палеогеографические реконструкции валдайского (осташковского) оледенения.

Полученные в ходе работы картосхемы (батиметрическая, донных осадков, геолого-геоморфологические) имеют научную и практическую значимость. Детальные карты рельефа дна и донных отложений являются базовыми не только в ландшафтном районировании, но и любых других мультидисциплинарных исследованиях. Составленные картосхемы могут использоваться для инженерных изысканий, геоэкологических работ и в целях рационального природопользования.

Практическая значимость диссертации не вызывает сомнений и уже доказана:

- активным использованием разработанных алгоритмов при анализе геоакустических данных в зарегистрированном программном обеспечении САМГГИ в рамках инженерных изысканий ряда компаний;

- внедрением предложенного комплекса методов в научно-исследовательские и инженерно-экологические изыскания на Белом и Карском морях в рамках выполнения госзадания по теме «Разработка методов идентификации и анализа опасных геологических процессов и явлений на акваториях Арктической зоны РФ» и НИР для НК «Роснефть»;

- использованием материалов и методов в научно-образовательных программах, таких как «Плавучий университет», междисциплинарных исследованиях на ББС МГУ.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.

Обоснованность полученных результатов подтверждается применением оптимальных общепринятых методов геолого-геофизических исследований в рамках поставленных задач, представительностью исходных данных, включающих огромный массив архивных материалов и уникальные данные экспедиционных исследований. Достоверность результатов и выводов обеспечена комплексным подходом с использованием разнородных многопараметрических геоакустических данных высокой точности и разрешения, сопровождаемых верификацией абиотических компонентов геологическим пробоотбором и прямыми наблюдениями с использованием фото- и видеооборудования, а также сопоставлением полученных выводов с опубликованными результатами других исследований.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности. Структура и содержание диссертационной работы Я.Е. Терехиной в полной мере отвечают заявленной теме и определяются внутренним единством и сопряженностью теоретико-методических и прикладных аспектов. Цель диссертационной работы достигается поэтапным выполнением шести четко сформулированных задач.

Первая глава диссертации посвящена истории развития теоретических основ подводного ландшафтоведения, где особое внимание уделяется исследованиям ландшафтов дистанционными геофизическими методами, которые значительно прогрессировали с середины прошлого века. Сделан подробный обзор зарубежных проектов по разработке классификаций и картографированию субаквальных ландшафтов. Описаны характеристики, преимущества и недостатки современных дистанционных методов. Приведена классификация методов картографирования субаквальных ландшафтов с примерами их применения на различных акваториях. Автором сделан обоснованный вывод, что для картографирования донных ландшафтов необходимо применять комплексный подход как с применением современных дистанционных, так и традиционных методов водолазного обследования. Для полного описания ландшафтов должны рассматриваться взаимосвязанные абиотические и биологические компоненты. В этой же главе объясняется, что в данной работе наименования ландшафтных единиц (ландшафты, местности, урочища, фации) и их площадные характеристики для разных масштабов определяются на основе СП 502.1325800.2021. Поскольку подводное ландшафтоведение является относительно молодым направлением в науке, на этапе становления возникла различная терминология, применяемая разными ландшафтными школами. Автором справедливо выбрана терминология, схожая с традиционным ландшафтным картографированием на суше, что позволяет избежать путаницы и не множить сущности.

Во второй главе приводится история геолого-геофизических исследований в Белом море и, в частности, в Кандалакшском заливе. Подробно описан вклад каждой научной группы в изучение геологического строения, в том числе последних исследований на базе ББС МГУ, в которых Я.Е. Терехина принимала непосредственное участие, и материалы этих работ легли в основу данной диссертации. Опираясь на предыдущие исследования описаны рельеф дна и донные отложения Кандалакшского залива. Приведен обобщенный сеймостратиграфический разрез в проливе Великая Салма.

Третья методическая глава посвящена описанию приборов и методов сбора и обработки геоакустических данных в рамках диссертационной работы. Основной упор сделан на описание методов гидролокации бокового обзора. Проведен анализ гидролокационных съемок одного участка на разных частотах, и сделаны выводы о преимуществах и недостатках каждой частоты при определении форм и размеров объектов, зависимости величины обратного рассеяния от частоты и гранулометрического состава поверхностных осадков. Проведено обоснование необходимости проведения гидролокации вкост основным геологическим структурам для уменьшения влияния рельефа дна на литологическую интерпретацию сонограмм. Во второй части главы предлагается последовательность анализа геоакустических данных и приводится подробное описание статистической обработки записей гидролокации бокового обзора совместно с данными многолучевого эхолотирования для проведения автоматической геолого-геоморфологической классификации морского дна. Методы обработки данных гидролокации бокового обзора или обратного рассеяния многолучевых эхолотов по сей день находятся на стадии разработки и совершенствования. Во многих специализированных гидрографических программах существуют подобные модули классификации поверхности дна, например Geocoder (Нурск), FMGeocoder/FM Habitat (QPS), Bottom classification (PDS-2000) и др. Однако большинство из них работает с данными съемок, выполненных исключительно в том же программном обеспечении. Также стоит отметить высокую стоимость специализированных программ и их недоступность в настоящий момент из-за санкций. Разработанная в рамках диссертации методика классификации геоакустических данных имеет преимущества, связанные с возможностью обработки данных, полученных с использованием различного оборудования и программного обеспечения. Разработанные под руководством и с участием автора база данных, модуль расчета атрибутов и интеллектуальная система «ScanGMapping» могут стать основой для создания импортозамещающего коммерческого программного обеспечения для классификации поверхности дна.

В четвертой главе описываются материалы, методы и результаты картографирования геолого-геоморфологических компонентов донных ландшафтов на примере типового участка в проливе Великая Салма Кандалакшского залива Белого моря. Выбор участка обоснован мозаичным распределением ландшафтов, связанным со структурно-предопределенным рельефом дна, смоделированным ледниковой экзарацией и аккумуляцией, а также современными литодинамическими процессами. В начале главы приводится физико-географическая характеристика района исследования и общее описание абиотических компонентов (геолого-геоморфологических и гидрофизических). В первом параграфе приводятся материалы и методы исследований на полигоне «пролив Великая Салма» и картосхема фактического материала, которая показывает достаточную обеспеченность исходными данными в рамках поставленных задач.

Второй параграф посвящен геологическому описанию по данным сейсмоакустических исследований. Определены сейсмокомплексы, мощность и генезис четвертичных отложений, и отмечены основные разрывные нарушения, по которым выделены блоки фундамента, которые являются ключевыми для районирования «ландшафтных местностей» по авторской методике. Важным результатом являются новые картосхемы мощности моренных и постледниковых отложений.

В третьем параграфе по результатам многолучевой эхолотной съемки выделено 12 форм мезорельефа дна с описанием их генезиса.

В четвертом параграфе приводятся результаты интерпретации записей гидролокации бокового обзора с привлечением данных батиметрии и сейсмоакустики. В результате дешифрирования выделено 7 типов акустического изображения дна по интенсивности обратного рассеяния и характеру проявления неоднородностей с построением картосхемы типов поверхности дна. По результатам кластерного анализа данных гидролокации бокового обзора и многолучевой эхолотной съемки выделено 30 кластеров, что способствовало описанию выделенных типов поверхности дна. Основным результатом является

составленная с привлечением данных донного пробоотбора подробная картосхема поверхностных донных осадков с выделением 13 типов осадков.

Пятый параграф посвящен описанию районирования геолого-геоморфологических компонентов субаквальных ландшафтов в результате совмещения результатов геоакустических исследований. По строению дочетвертичной поверхности и параметрам макрорельефа построена картосхема и определено 6 ландшафтных единиц ранга местностей. Такой подход выделения местности является обоснованным, поскольку геологическое строение дочетвертичного фундамента является основным фактором формирования макрорельефа и мезорельефа. На ландшафтном уровне местностей именно макрорельеф дна является основным компонентом, который определяет гидрологические и, соответственно, литодинамические условия, которые можно отнести к «вторичным» параметрам.

На основе экспертной оценки с привлечением результатов интерпретации геоакустических данных и материалов видеонаблюдений автором выделено 24 геолого-геоморфологические единицы, которые отнесены к ландшафтному уровню «фаций». Положительной стороной является то, что при типизации «фаций» помимо основных статических абиотических компонентов автор использует динамические параметры, такие как гидро- и литодинамика, влияние приливно-отливных и волновых процессов, что позволяет не только описать распределение ландшафта в пространстве, но и охарактеризовать его трансформацию во времени, что крайне важно в динамичной среде именно в условиях субаквальных ландшафтов.

По совокупности форм мезорельефа и фациям автор выделил 15 районов ранга «урочищ». Для каждой местности дано описание входящего в нее состава «урочищ».

В целом диссертация Я.Е. Терехиной является законченной работой, представляет решение актуальных задач, объединенных общим подходом, обеспечивающим возможность исследования геолого-геоморфологических компонентов субаквального ландшафта в Кандалакшском заливе Белого моря.

Замечания по работе. Не подвергая сомнению высокую научную и практическую значимость работы, необходимо отметить, что в ней есть ряд недостатков. Отметим, прежде всего, наиболее существенные:

1. В названии диссертации и далее по тексту применяется терминология «гидроакустические данные, гидроакустические методы», что не совсем корректно. Гидроакустика – это раздел акустики, изучающий распространение звуковых волн в водной толще для определения ее гидрофизических параметров и передачи информации (напр. применение доплеровских измерителей течений, систем подводного позиционирования, акустических модемов и др.). В диссертации основной задачей является исследование поверхности дна и толщи донных отложений, а не характеристик водной среды. В работе применяется эхолотирование, гидролокация бокового обзора и сейсмоакустическое профилирование. Водная толща является лишь промежуточной средой для передачи акустических волн до дна, а не объектом изучения. Поэтому корректнее было использовать термин «морские геоакустические исследования» или в общем случае «геофизические исследования».

2. В тексте свободно применяется термин «картографирование» наряду с «картированием». Оба термина применяются в картографии в различных школах, но в рамках одной работы необходимо было придерживаться одного из них, либо объяснить в методической части как автор их различает по смыслу.

3. В актуальности исследования говорится, что «В настоящий момент назрела необходимость в разработке оптимального комплекса дистанционных методов и методических рекомендаций по интерпретации для картирования абиотических компонентов подводного ландшафта», но не уточняется почему именно сейчас назрела такая необходимость и почему это стало крайне актуально в последнее время.

4. Задачи сформулированы как результаты и выводы. То есть указано не то, что необходимо сделать в рамках диссертации, а перечислено то, что уже выполнено.

5. В первой задаче, а также в Главе 1, неграмотно сформулирована фраза «Проведен анализ... для предсказания геолого-геоморфологических

компонентов ландшафтов». Правильнее не «для предсказания», а «для выделения» или «в целях районирования».

6. В разделе «Методология и методы исследования» указано, что кроме прочего, «под руководством автора были обработаны и проинтерпретированы результаты полевых работ по Карскому морю». Поскольку работа посвящена изучению Кандалакшского залива, непонятно, каким образом данные по Карскому морю использовались в диссертации.

7. В Защищаемых положениях № 2 и № 3 избыточно приводится по данным каких наблюдений выделены ландшафтные единицы, так как методика исследований защищается в отдельном положении № 4.

8. В Главах 1 и 2 очень подробно описывается история изучения подводных ландшафтов и геолого-геофизическая характеристика Кандалакшского залива по результатам предыдущих работ различных научных коллективов. Однако в конце каждой главы не хватает выводов автора о том, какие научные проблемы остаются нерешенными, и какие из них будут решаться в рамках диссертационного исследования.

9. В методике указывается использование архивных мультисеismicных сейсмоакустических данных для выделения ландшафтных единиц, однако по тексту диссертации непонятно каким образом проводилась их обработка, зачем использовались именно мультисеismicные данные и какое преимущество они дали по сравнению с обычным непрерывным сейсмоакустическим профилированием.

10. В Главе 4 используются сокращения «ГК» и «ДПП», которых нет в списке сокращений.

11. В подписи под Рисунком 25 указаны номера станций подводной видеосъемки, но не указано их положение на схеме работ.

12. В Главе 4 параграф 1 является методическим, который во многом повторяет описание методики в Главе 1 и Главе 3. Целесообразнее было привести этот параграф в Главе 3.

13. На Рисунке 42 тип донной поверхности № 6 есть в легенде, но не прослеживается на самой картосхеме.

14. Одним из преимуществ работы является применение кластерного анализа для данных гидролокации бокового обзора и многолучевого эхолотирования, однако практически не описывается каким образом проводилась кластеризация и каким образом эти данные использовались для уточнения границ типов поверхности.

15. На результирующей карте типов осадков района исследования (Рисунок 53) границы типов осадков не совпадают с границами выделенных в результате анализа геоакустических данных типов поверхностей (Рисунок 42). Из текста диссертации нет ясности, каким образом проводились результирующие границы типов осадков.

16. В диссертации к несортированным пескам применяется термин «пески чистые». Не указано, по какой классификации дано это название.

17. В описании геоморфологии района исследования часто применяется термин «днище» вместо «дна».

18. По результатам работы автором выделено 24 «ландшафтных фации», что является Защищаемым положением № 3. Однако, является дискуссионным то, что выделенные единицы допустимо относить к фациям. В соответствии с определением, ландшафтная фация – это предельная категория геосистемной иерархии, характеризующаяся полной однородностью (Ландшафтоведение..., 2012). Также согласно приведенному в диссертации определению из Большой российской энциклопедии: «Подводная фация представляет собой конкретный биотоп, связанный с одной формой микрорельефа или одним элементом мезорельефа (вершина, склон, подножье банки), и расположена в определённом сравнительно небольшом интервале глубин. Фация сложена одной литологической разностью современных осадков или приурочена к однородному по вещественному составу выходу горных пород и занята одним подводным биоценозом». В отсутствии или недостаточности данных о фито- и зоо-бентосе допустимо выполнять ландшафтное районирование по абиотическим компонентам. Однако абиотические компоненты в пределах фации должны обладать полной однородностью. Выделенные автором «фации» однородностью не обладают. Например, в пределах фации № 4 литологический состав меняется

от валунно-галечных до мелкозернистых и алевроитовых песков. В мезорельефе также не наблюдается однородности: в фацию включены поверхности и крутые склоны гряд, подножия склонов, структурные впадины. Выделенные по абиотическим компонентам ландшафтные единицы допустимо отнести к «урочищам», но не к «фациям».

19. В результате по авторской методике были построены картосхемы только «местностей» и «урочищ». Картосхема районирования «фаций» отсутствует. Также из текста диссертации непонятно, каким образом определялись границы фаций.

20. В автореферате описание содержания Главы 4 не соответствует содержанию Главы 4 в тексте диссертации. В диссертации Глава 4 содержит 5 параграфов, а в автореферате – 6. Содержание методического параграфа 1 Главы 4 не отражено в автореферате, поэтому нумерация сдвинута. Также в тексте диссертации параграф 5 разбит на разделы, а в автореферате этого разбиения нет.

Вместе с тем, указанные 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:

Кандидат географических наук,

ведущий научный сотрудник лаборатории геологии Атлантики Атлантического
отделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института океанологии им П.П. Ширшова Российской академии наук

ДОРОХОВ Дмитрий Владимирович

(подпись)

26 ноября 2024 г.

Контактные данные:

тел.: +7 (4012) 956911, e-mail: dmitry.dorokhov@atlantic.ocean.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
25.00.36. Геоэкология (науки о Земле)

Адрес места работы:

236022, Россия, г. Калининград, пр. Мира, 1

Атлантическое отделение Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института океанологии им П.П. Ширшова Российской
академии наук

Тел.: +7 (4012) 956911; E-mail: ioran@atlantic.ocean.ru

Подпись Дорохова Д.В. з

ученый секретарь АС

Маркиянова М.Ф.

