

На правах рукописи



Панкеева Татьяна Викторовна

**ПОДВОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЧЁРНОГО МОРЯ
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА:
СТРУКТУРА И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

1.6.21. Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Севастополь–2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»

Научный консультант: **Горбунов Роман Вячеславович**
доктор географических наук

Официальные оппоненты: **Шилин Михаил Борисович**
доктор географических наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (г. Санкт-Петербург), профессор
Института информационных систем и геотехнологий

Черных Дмитрий Владимирович
доктор географических наук,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской Академии наук (г. Барнаул), главный научный сотрудник

Анохин Владимир Михайлович
доктор географических наук, профессор,
Институт озераведения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (г. Санкт-Петербург), ведущий научный сотрудник

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Владивосток)


Защита состоится «14» ноября 2024 года в 11-00 часов на заседании объединенного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 99.0.075.03 при ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН», ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» по адресу: г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а (ГФИ ВНЦ РАН).

Отзывы на автореферат (заверенные печатью, в двух экземплярах) просим направлять по адресу: 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр. Х. Исаева, 100, на имя ученого секретаря диссертационного совета 99.0.075.03 З.Ш. Гагаевой. E-mail: geodissovets@mail.ru. Факс: 8 (8712) 22-36-07.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова» и на сайтах: https://gstou.ru/science/dissertation_council/ и vak.minobrnauki.gov.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, к.г.н.



З.Ш. Гагаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Стратегия развития морской деятельности РФ до 2030 гг., предусматривает переход к комплексному подходу планирования развития приморских территорий и прибрежных акваторий страны путем выделения их в отдельный единый объект государственного управления (Распоряжение Правительства РФ..., 2019). В этом случае, для реализации стратегии необходима разработка научно-методических основ управления прибрежно-морским природопользованием, где ландшафтный подход становится эффективным инструментом решения задач рационального природопользования. Применение ландшафтного подхода к изучению морских геосистем в настоящее время вызывает научный интерес, широко обсуждается и приобретает научно-практическую значимость. Однако, в РФ отсутствуют стандартные подходы и методы изучения подводных ландшафтов, что нацеливает на разработку теоретико-методических основ их исследования.

Ведущую роль в стабилизации прибрежных геосистем играет макрофитобентос, обеспечивая ряд экосистемных функций и услуг (Costanza R. et al., 1997; Phillips, Milchakova, 2003; Short F.T. et al., 2011). Несмотря на то, что ландшафтный подход получил применение в морских исследованиях, однако результаты гидробиологических исследований для изучения подводных ландшафтов прибрежной зоны используют редко (Петров, 1989; Преображенский и др., 2000; Митина, 2005; Папунов, 2008; Папунов, 2012). Тем не менее, высокая продуктивность макрофитов и адаптивная пластичность, постоянная подверженность антропогенным воздействиям обуславливают целесообразность применения их качественных и количественных характеристик для исследования подводных ландшафтов прибрежной зоны.

Научных работ, посвященных черноморским подводным ландшафтам и особенно прибрежной зоне Республики Крым (РК) и г. Севастополя, недостаточно, учитывая, что крымские побережья характеризуются значительным видовым разнообразием, уникальностью местообитаний, высокой степенью сохранности акватории. В связи с чем, дальнейшие исследования подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова актуальны.

Согласно «Стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» и «Стратегии социально-экономического развития г. Севастополя до 2030 года» одной из приоритетных задач является сохранение биологического и ландшафтного разнообразия региона. Однако, исследования, проводимые в береговой зоне, в том числе и на объектах ООПТ РК и г. Севастополя показывают, что повсеместно происходит сокращение ландшафтного и биологического разнообразия, активизация гравитационных процессов, разрушение и отступление берега, уменьшение площади пляжей, снижение рекреационной привлекательности, что приводит к возникновению проблем, связанных с социально-эколого-экономическим развитием региона. Все это указывает на необходимость применения системного подхода к организации

природопользования береговой зоны, что обеспечит наилучшие результаты по сохранению и восстановлению наземных и морских ландшафтов.

Таким образом, актуальность работы обусловлена необходимостью восполнения пробелов в понимании современного состояния подводных ландшафтов Чёрного моря крымского побережья, а также целесообразности их сохранения и оптимизации природопользования с целью устойчивого развития береговой зоны.

Степень разработанности темы. Теоретико-методологические основы комплексных физико-географических исследований подводных ландшафтов разрабатывали Л.С. Берг, С.П. Хромов, А.В. Живаго, Б.Б. Полынов, Д.Г. Панов, Н.А. Солнцев, К.М. Петров, В.В. Федоров, Ф.Н. Мильков, Б.В. Преображенский и др. Однако, анализ научных работ по подводному ландшафтоведению, показал, что проблемы, связанные с формированием его теоретических основ, остаются актуальными, особенно понятийного аппарата, основанного на выработке типологии и анализе отличительных признаков подводных ландшафтов.

Ландшафтные исследования на акваториях шельфа внутренних морей РФ получили достаточно широкое развитие и представлены в работах Б. В. Преображенского, В.А Мануйлова, И.С. Арзамасцева, В.В. Федорова, К. М. Петрова, Н.Н. Митиной, М.А Хариной, Л.А Беспаловой, В.В. Сивкова, Д. В. Дорохова и др.

Наибольшее внимание проблемам подводного картографирования уделяли Г.У Линдеберг, Е.Ф Гурьянова, К.М. Петров, Б.В. Преображенский Н.Н. Митина, И.С. Арзамасцев, В.В. Сивков, Д.В. Дорохов, В.О. Мокиевский и др. В США и европейских странах на государственном уровне разработаны стандартные ландшафтные классификации и методы, такие как SMECS, EUNIS, EMODNET. Однако в РФ и государствах постсоветского пространства, до сих пор основной проблемой в картографировании подводных ландшафтов является разработка иерархии и номенклатуры картографируемых единиц.

Изучение многолетней динамики подводных ландшафтов, из-за ограниченного опыта подобных работ, получило незначительное развитие, отмечены работы Д.В Папунова и Н.Н. Митиной. Сведения об устойчивости подводных ландшафтов также малочисленны и освещены в работах Б.В. Преображенского, Д.В. Папунова, Н.Н. Митиной, Л.А. Беспаловой.

Вопросы развития теоретических основ и совершенствования методов управления морским природопользованием широко обсуждаются и представлены в работах Г.Г. Матишова, Д.Д. Бадюкова, К.С. Ганзея, Д.Я. Фащука, И. С. Арзамасцева, Г.Г. Гогоберидзе, А.Д. Лаппо, Л.В. Даниловой и др.

Основные сведения о макрофитах прибрежной зоны Крымского полуострова отражены в ряде региональных работ И.К. Евстигнеевой, И.Н. Танковской, И.И. Маслова, С.Е. Садогурского, Н.В. Мироновой, Н. А. Мильчаковой, В.В. Александрова, Н.С. Костенко и др..

Подходы к формированию морских экологических сетей рассмотрены в работах G.Kelleher, R.V. Salm, Н.М. Забелина, А.Н. Иванова, В.О. Мокиевского, Н.Н. Митиной, Е.В. Чуприной, Н.А. Мильчаковой, А.Н. Малютина, С. Е. Садогурского и др.

Для Чёрного моря, к настоящему времени, рядом авторов проведены исследования ландшафтной структуры (К.М. Петровым, Н.Н. Митиной); приведено физико-географическое районирование (Н.Н. Митиной, Е. В. Чуприной, А.Н. Тамайчуком); дана характеристика глубоководных ландшафтов континентального склона (Л.А. Пасынковой); рассмотрены подходы оценки устойчивости ландшафтов к природным и антропогенным факторам (Н. Н. Митиной, Л.А. Пасынковой).

Проведенный обзор представлений о теории и методах ландшафтных исследований показал, что современное состояние учения о подводных ландшафтах характеризуется чертами становления и развития различных научных подходов. В то же время работ, посвященных использованию продукционных характеристик донной растительности для изучения подводных ландшафтов прибрежной зоны незначительное количество. Отмечена слабая изученность черноморских подводных ландшафтов и особенно прибрежной зоны Крымского полуострова.

Объект исследования – подводные ландшафты Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова.

Предмет исследования – структура, динамика, устойчивость и природопользование подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова.

Цель исследования – изучение структуры, динамики и устойчивости подводных ландшафтов Чёрного моря для обоснования путей оптимизации природопользования в прибрежной зоне Крымского полуострова.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1. Сформулировать теоретико-методологические основы, соответствующие предмету исследования, выбору объекта и методам изучения подводных ландшафтов прибрежной зоны.

2. Адаптировать на основе использования современных технологий существующие методики исследования подводных ландшафтов применительно к прибрежной зоне Крымского полуострова.

3. Выявить геоэкологические особенности подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова и провести сравнительный анализ ландшафтной структуры в районах с разными физико-географическими условиями и различной антропогенной нагрузкой.

4. Выполнить анализ пространственно-временных изменений ландшафтной структуры Чёрного моря в прибрежной зоне Крымского полуострова.

5. Обосновать критерии оценки устойчивости подводных ландшафтов Чёрного моря крымской прибрежной зоны на основе продукционных характеристик макрофитобентоса.

6. Разработать рекомендации по рациональному природопользованию подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова.

Научная новизна:

1. Расширены научные основы изучения подводных ландшафтов прибрежной зоны, базирующиеся на интегральных положениях подводного ландшафтоведения, гидробиологии и геоэкологии.

2. Впервые разработана методика исследования подводных ландшафтов Чёрного моря крымской прибрежной зоны с использованием аэрофотосъемки, выполненной с помощью беспилотного воздушного судна и ГИС-технологий в сочетании с традиционным гидробиологическим изучением макрофитобентоса.

3. Впервые выполнено картографирование ландшафтной структуры, выявлены закономерности распространения и распределения подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова, приведены качественные и количественные характеристики их растительной компоненты.

4. Впервые изучена многолетняя динамика подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова на основе изменений количественных и качественных показателей макрофитобентоса за более чем 50-летний период.

5. Впервые на основе анализа распределения и расчета количественных показателей запаса фитомассы макрофитобентоса и доминирующих видов макрофитов дана оценка устойчивости подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова к природно-антропогенным нагрузкам.

6. Впервые на основе исследований ландшафтной организации береговой зоны Крымского полуострова разработаны подходы по оптимизации прибрежно-морского природопользования.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в развитии теоретико-методологических основ подводного ландшафтоведения, формировании представлений о подводных ландшафтах Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова, их современном состоянии на основе эмпирико-статистического материала и ГИС-технологий. Обоснована возможность применения количественных и качественных характеристик макрофитобентоса для изучения динамики и устойчивости подводных ландшафтов прибрежной зоны. Получены новые данные о пространственной организации подводных ландшафтов и пространственно-временных изменениях ландшафтной структуры Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова. Показано, что ландшафтные карты выступают информационной основой для принятия решений по рациональному природопользованию, а также могут быть использованы при создании различных прикладных, оценочных, конструктивных и прогнозных карт для разработки проектов хозяйственного освоения береговой зоны морей.

На основе данных о ландшафтном и биологическом разнообразии прибрежной зоны Крымского полуострова разработаны рекомендации по оптимизации природоохранного режима ООПТ и формированию экологической сети. Показано, что применение системного подхода к изучению береговой зоны позволит оптимизировать территориальную структуру природопользования, будет способствовать устойчивому и сбалансированному развитию приморских регионов, снижению антропогенной нагрузки на естественные ландшафты и улучшению состояния береговой зоны.

Диссертационная работа согласуется со Стратегиями социально-экономического развития РК и г. Севастополя и может быть использована органами исполнительной власти субъектов при их реализации. Результаты

исследования применялись при разработке комплексных экологических обоснований новых объектов ООПТ РК и г. Севастополя, проектов «Схемы развития и размещения ООПТ города Севастополя» и «Разработка Схемы региональной экологической сети Автономной Республики Крым», при реализации проекта по научному обоснованию концепции Генеральной схемы берегозащиты и природопользования в прибрежной зоне г. Севастополя, при обосновании программ по развитию экотуризма в береговой зоне.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе при подготовке студентов по специальности «География» в Филиале Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе, Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, Балтийского федерального университета им. И. Канта, при подготовке дипломных и кандидатских диссертаций.

Методология и методы исследований. Диссертационная работа базируется на фундаментальных работах в области ландшафтоведения, гидробиологии и геоэкологии. Работы по изучению ландшафтной структуры дна проводили на основе общих положений программы подводных ландшафтных исследований с использованием легководолазной техники (Игнатов и др., 1982; Петров, 1989). Для достижения поставленной цели использовали методы: водолазный, ландшафтного профилирования и описания ключевых участков, гидробиологическая съемка, фото и видеосъемка, статистический, картографический, геоинформационный, литературный, сравнительный, метод балльных оценок. Фактический материал получен автором в ходе проведения береговых экспедиций, выполненных в период 2008–2023 гг., проводимых отделом биотехнологий и фиторесурсов (БИФ) Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского (ИнБЮМ). Для анализа состава и структуры макрофитобентоса в подводных ландшафтах Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова привлекали архивные материалы А.А. Калугиной-Гутник за 1964 г. и материалы, предоставленные Н.В. Мироновой за период 1977–2023 гг., а также опубликованные данные. Картографирование ландшафтной структуры осуществлено с помощью программного пакета QGIS. Отбор проб макрофитобентоса выполнен по стандартной методике (Калугина-Гутник, 1969). Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ MS Excel 2000 (Microsoft Corp.) и Statistica 6.0 (Statsoft Inc., OK, USA).

Положения, выносимые на защиту:

1. Исследование подводных ландшафтов прибрежной зоны основывается на интегральных положениях подводного ландшафтоведения, гидробиологии и геоэкологии, позволяющих отразить специфику их пространственно-временной организации и природопользования.

2. Научно-методический подход исследования подводных ландшафтов прибрежной зоны с использованием данных ландшафтной и гидробиологической съемок в сочетании с аэрофотосъемкой, выполненной с помощью беспилотного воздушного судна, ГИС-технологий, картометрической визуализации и расчетов продукционных характеристик макрофитобентоса.

3. Ландшафтная структура Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова характеризуется определенной упорядоченностью, выделяются ландшафты с доминирующими видами донной растительности, распространение которых обусловлено геолого-геоморфологическим строением береговой зоны и гидродинамическим режимом акватории.

4. В ландшафтной структуре Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова за более чем 50-летний период произошли существенные изменения под влиянием природных и антропогенных воздействий, что проявилось в изменении конфигурации границ подводных ландшафтов, их площади и деградации растительной компоненты.

5. Подводные ландшафты Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова характеризуются различной устойчивостью к внешним воздействиям, которая определяется литогенной основой дна, являющейся субстратом для прикрепления макрофитов.

6. Увеличение антропогенного воздействия на береговую зону Крымского полуострова снижает уровень ее ландшафтной организации, что может быть нивелировано за счет оптимизации природоохранного природопользования.

Личный вклад состоит в разработке программ и методик исследований проведения полевых наблюдений, отборе проб, систематизации и интерпретации полевых наблюдений, теоретическом обобщении собственных и литературных данных. Автор была руководителем и участником береговых экспедиций в исследуемом регионе с 2008–2023 гг. Основные научные положения, идеи, гипотезы и выводы, на которых базируется диссертационная работа, являются авторскими. Положительные рецензии на публикации автором итогов работы в рецензируемых российских и международных изданиях подтверждают достоверность полученных результатов. В совместных работах автору, как правило, принадлежат вопросы, касающиеся области научных знаний: географии, геоэкологии и ландшафтоведения.

Степень достоверности и апробация результатов. Исследования по теме диссертационной работы явились составной частью 2 научно-исследовательских работ и 1 гранта. Результаты диссертации опубликованы в 70 работах, в том числе – 9 в журналах, индексируемых в Scopus/WoS, 24 – в журналах, рекомендованных ВАК. Результаты работы докладывались на 26 научных и научно-практических конференциях, 13 из которых имели международный статус.

Работа соответствует паспорту специальности 1.6.21 «Геоэкология»:
п.6. Разработка научных основ рационального использования и охраны водных, воздушных, земельных, биологических, рекреационных, минеральных и энергетических ресурсов Земли; п.7. Геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов, функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем; п. 11. Оценка экологического состояния и управление современными ландшафтами. Глобальные и региональные изменения ландшафтно-климатических условий среды обитания в антропоцене; п.16. Моделирование геоэкологических процессов и последствий хозяйственной деятельности для природных комплексов и их отдельных компонентов. Современные методы

геоэкологического картирования, ГИС-технологии и информационные системы в геоэкологии.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из: введения, 6 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы из 319 наименований, приложений. Общий объем: 289 страниц, включая 91 рисунок, 25 таблиц и 14 приложений.

Благодарности: Автор выражает огромную благодарность научному консультанту директору ФИЦ ИнБЮМ, д.г.н. Р.В. Горбунову за постоянную поддержку, помощь и внимание к работе. Особая благодарность с.н.с., к.б.н. отдела БИФ ФИЦ ИнБЮМ Н.В. Мироновой за совместное сотрудничество, консультации, советы и наставничество в области альгологии; сотрудникам отдела БИФ к.б.н., с.н.с. И.К. Евстигнеевой и м.н.с. И.Н. Танковской за определение видового состава водорослей и совместную работу по обработке собранного материала; дайверам Д. Шапкину, А. Щербачу, О.Ю. Солдаткину, Д.В. Шамрею и И.Ю. Тамойкину за помощь в отборе проб макрофитобентоса, фото и видеосъемку подводных ландшафтов. Всем соавторам указанных работ автор выражает признательность за сотрудничество. Огромная благодарность заведующему кафедрой физической географии и океанологии Таврической академии КФУ им. В.И. Вернадского д.г.н., профессору Е.А. Позаченюк и руководителю отдела БИФ к.б.н. А.Б. Боровкову. Светлая память к.г.н. Г. Е. Гришанкову, д.б.н. А.А. Калугиной-Гутник, к.б.н. Н.С. Костенко, д.г.н. Е. И. Игнатову, дайверу-водолазу В.Г. Федорову.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность; сформулированы: цель исследования, объект и предмет, научная новизна и защищаемые положения; поставлены задачи; определены методология и методы исследования; показаны степень разработанности темы, достоверность полученных результатов, личный вклад автора и апробация работы; дана структура и объем диссертационной работы.

В первой главе рассмотрены вопросы формирования представлений о теории и методах подводных ландшафтных исследований. Выявлено, что актуальными направлениями подводного ландшафтоведения являются исследования ландшафтной организации, рационального природопользования и картографирования подводных ландшафтов с применением современных методов исследования и ГИС-технологий. Однако детальные исследования с использованием современных методов единичны и слабо разработаны. Показано, что для Чёрного моря, к настоящему времени, рядом авторов проведены исследования подводных ландшафтов. Тем не менее, работ, посвященных черноморским ландшафтам и особенно прибрежной зоне Крымского полуострова незначительное количество.

Макрофитобентос один из важнейших ландшафтообразующих компонентов, который играет индикаторную роль при изучении подводных

ландшафтов прибрежной зоны. Анализ литературных данных показал, что результаты гидрботанических исследований при изучении подводных ландшафтов прибрежной зоны используют крайне редко (Петров, 1989; Преображенский и др., 2000; Митина, 2005; Беспалова, 2006).

При пространственной дифференциации подводных ландшафтов прибрежной зоны наиболее доступной физиономической характеристикой выступает донная растительность. Однако, для характеристики растительной компоненты подводных ландшафтов важен не полный флористический, а доминантный состав фитобентоса. Выделение видов-доминантов макрофитобентоса позволяет свести списки видового состава к небольшому числу видов, которые по своей численности, биомассе и проективному покрытию преобладают в растительном покрове морского дна. Доминантный подход позволяет картографировать и проводить границы между видами-эдификаторами. В связи с чем, важным гидрботаническим признаком при диагностике ландшафтов выступает состав доминирующих видов макрофитобентоса.

Донная растительность инерционна, поскольку она обладает огромным резервом к саморегуляции и нейтрализации негативного влияния, поэтому воздействие загрязнения на ее проявляется значительно быстрее, чем на абиотические факторы. Основные изменения макрофитобентоса выражаются во флористическом составе и биомассе, что позволяет использовать эти сведения при изучении многолетней динамики подводных ландшафтов. Донная растительность обладает высокой адаптивностью и изменчивостью к внешним условиям. Таким образом, виды донной растительности могут выступать биоиндикаторами экологического состояния прибрежной зоны, а их продукционные характеристики – количественной мерой оценки устойчивости подводных ландшафтов.

Подводные ландшафты Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова занимают узкую полосу побережья и ограничены границей фитали, которая простирается до глубин 25–30 м. Доминирующими видами донной растительности Чёрного моря являются: ерикария косматая (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = *Cystoseira crinita*), гонголария бородатая (*Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = *Cystoseira barbata*), филлофора курчавая (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon), нерейя нитевидная (*Nereia filiformis* (J. Ag.) Zanard.), занардиния типичная (*Zanardinia typus* (Nardo) P.C. Silva.), кодиум червеообразный (*Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje), взморик морской (*Zostera marina* L) и взморник Нольта (*Zostera noltei* Hornem). Эти виды донной растительности отличаются высокими значениями биомассы, обладают высокой продукционной способностью, имеют широкий ареал.

При организации природопользования необходимо формирование такой оптимальной территориальной структуры, при которой береговая зона, функционировала бы как целостная аквально-территориальная природно-хозяйственная устойчивая система, состоящая из динамически сопряженных наземной и морской природно-хозяйственных систем, где хозяйственная подсистема согласована с природной по принципу совместимости компонентов природы естественного ландшафта. Предложенная концепция

природопользования основывается на системно-синергетическом подходе, что позволяет сформулировать основные принципы природопользования с учетом специфики береговой зоны: системности, совместимости (согласованности), ограничения, неустойчивости, кумулятивности, уникальности, самоорганизации, нелинейности развития систем. Реализация данной концепции возможна через: 1) *адаптивную совместимость хозяйственной подсистемы с природной*; 2) *восстановление и поддержание среды обитания по принципам нейтрализации вредных веществ естественным ландшафтом*.

Первое положение реализуется через «вписывание» хозяйственных структур в каркасную основу естественных ландшафтов. В настоящее время природно-ресурсный и ландшафтный потенциалы береговой зоны сильно истощены. В связи с чем, дальнейшее развитие береговой зоны возможно только при условии научного обоснования хозяйственной деятельности и развития преимущественно эколого-ориентированных видов природопользования. Второе положение реализуется через сохранение оптимального количества средообразующих ресурсов. Для береговой зоны поддержание геоэкологического равновесия возможно за счет наземных и аквальных средообразующих экосистем, где ведущая роль отводится растительным сообществам, которые наиболее сохранились на особо охраняемых природных территориях (ООПТ).

Таким образом, теоретико-методологические основы исследования подводных ландшафтов прибрежной зоны базируются на интегральных положениях подводного ландшафтоведения, гидробиологии и геоэкологии. При изучении подводных ландшафтов прибрежной зоны теоретические положения подводного ландшафтоведения выступают основополагающими. Гидробиология обеспечивает знаниями о составе и структуре, продукционных характеристиках и индикационных свойствах макрофитобентоса, особая роль отводится фитоценотическим исследованиям. При исследовании подводных ландшафтов прибрежной зоны из геоэкологии применяется геоэкологический подход, который акцентирует внимание на изучение взаимосвязи и взаимодействия ландшафтообразующих факторов, их изменений в пространстве и во времени, способствует территориальной дифференциации мероприятий по оптимизации природопользования прибрежной зоны.

Во **второй главе** рассмотрены методики исследования подводных ландшафтов, которые апробированы на примере прибрежной зоны Крымского полуострова. Районы исследования выделены в соответствии с литологическими особенностями пород, слагающих побережье и преобладающими экзогенными факторами, включая антропогенную нагрузку (Горячкин, Долотов, 2019). При выборе ключевых участков исследования основными условиями выступает репрезентативность природных условий (геолого-геоморфологическое строение, тип берега, гидродинамический режим и др.) по отношению к району береговой зоны и типу природопользования. Выбрано десять ключевых участков береговой зоны Крымского полуострова (рисунок 1). Исследования береговой зоны в сухопутной части ограничены границей водоохранной зоны (ширина 500 м), в морской – нижней границей обитания донной растительности.

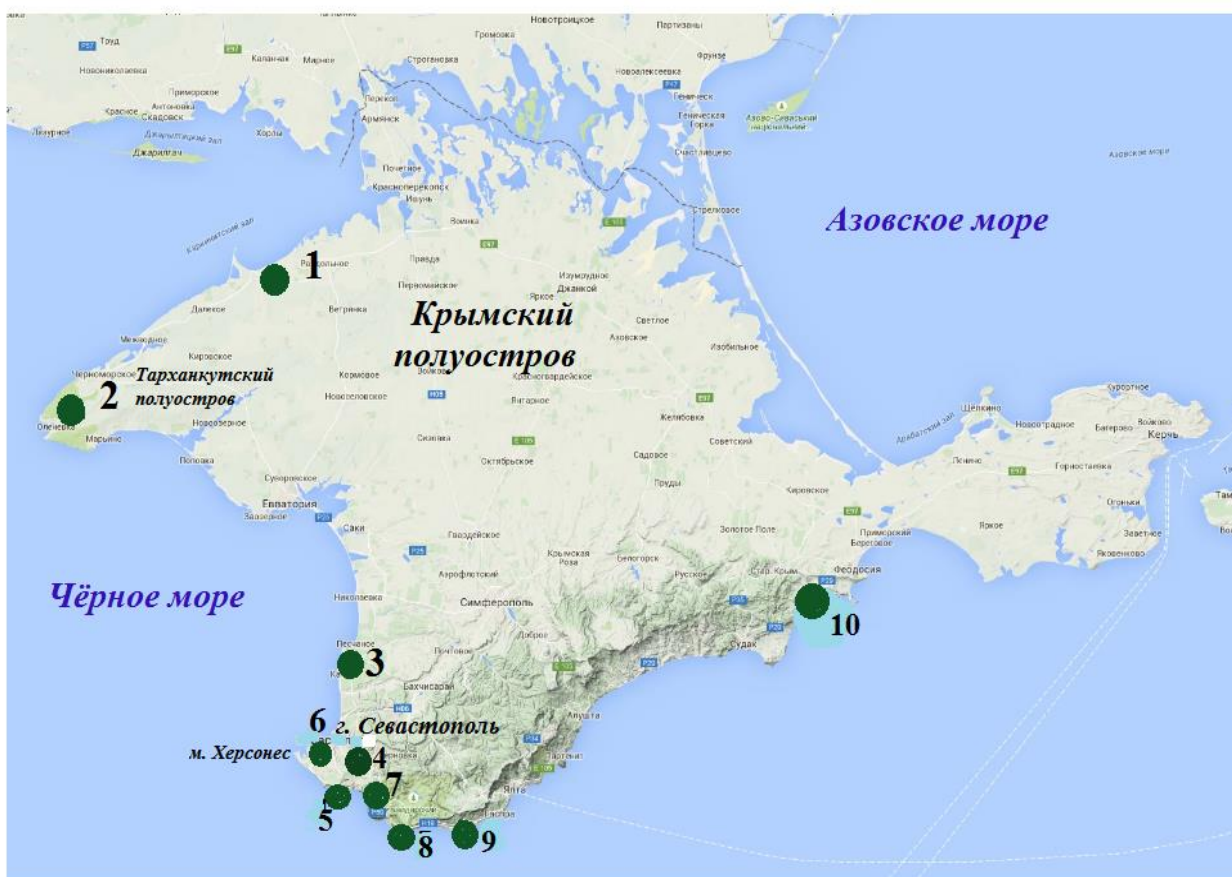


Рисунок 1 – Картограмма ключевых участков исследования районов береговой зоны Крымского полуострова (Чёрное море): **Северо-западный район:** 1. пгт. Портовое – Бакальская коса–с. Владимировка; **Тарханкутский район:** 2. Памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс (ПАК) у Джангульского оползневого побережья»; **Западный район:** 3. м. Тюбек – м. Коса Северная; **Гераклейский район:** 4. Памятник природы «ПАК у Херсонеса Таврического»; 5. м. Херсонес – м. Балаклавский; 6. бухта Круглая; **Южнобережный район:** 7. м. Балаклавский – м. Сарыч; 8. бухта Ласпи; 9. Памятник природы регионального значения «ПАК у скалы Дива и горы Кошка»; **Юго-восточный район:** 10. Природный заповедник «Карадагский».

Фактический материал был получен автором в ходе береговых экспедиций, выполненных в период 2008–2023 гг., проводимых отделом биотехнологий и фиторесурсов ИнБЮМ. Кроме полевого материала в работе использованы результаты обработки фондовых материалов ИнБЮМ и литературных источников. Сбор полевых материалов проводился с использованием водолазного метода. За время работы проложено и описано 83 подводных ландшафтных профилей, проведено около 100 рекогносцировочных погружений. Отбор проб макрофитобентоса проводили по стандартной методике А.А. Калугиной-Гутник (Калугина-Гутник, 1969). Для изучения макрофитобентоса заложено 62 гидрботанических профилей. Собрано и обработано 985 качественных и количественных проб. Идентификацию водорослей проводили с использованием определителя А.Д. Зиновой (Зинова, 1967), названия видов даны с учетом последних номенклатурных изменений (Guiry et al., 2020). Выделение фитоценозов проводили согласно доминантной классификации по

А. А. Калугиной-Гутник (Калугина-Гутник, 1975). Для изучения ландшафтной структуры сухопутной части заложено 94 профиля и проведено 375 комплексных описаний на точках. Идентификацию наземных видов растительности проводили с использованием «Определителя высших растений Крыма» (Определитель высших растений Крыма, 1972) и «Определителя высших растений Украины» (Доброчаева и др., 1987) и другие флористические сводки. Номенклатура видов представлена в основном согласно POWO (2017–) (POWO, 2017–).

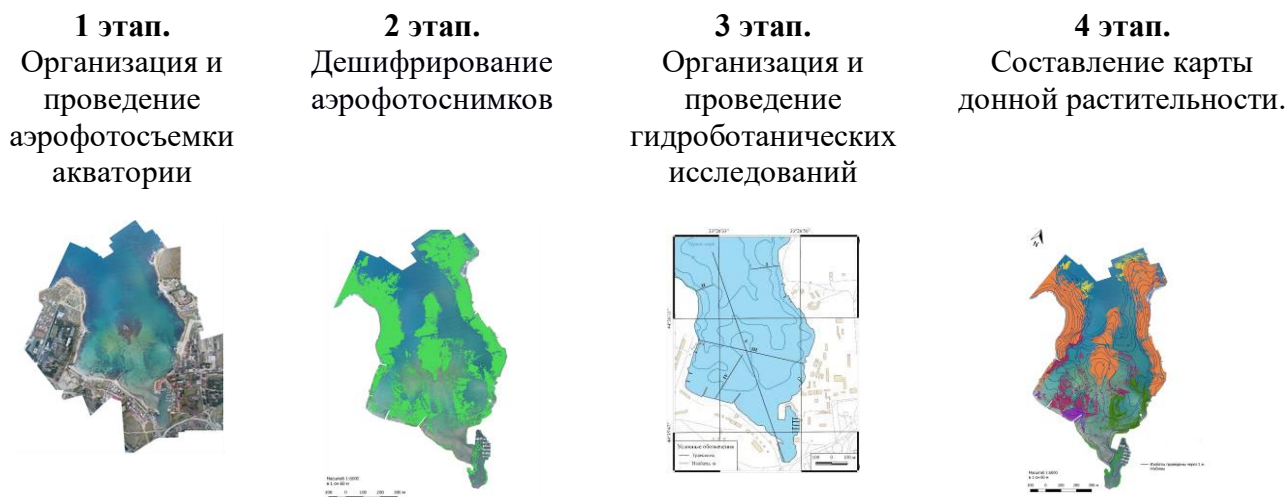
Методика исследования подводных ландшафтов прибрежной зоны состоит из нескольких этапов: организация и проведение водолазных исследований, организация и проведение гидрботанических исследований, составление ландшафтных профилей, создание ландшафтных карт. Водолазные исследования проводили на основе общих положений программы подводных ландшафтных исследований с борта маломерного судна с применением легководолазной техники. Основу программы исследования составляет описание компонентов подводных ландшафтов: рельефа, современных донных отложений, гидрологических условий, фитоценозов. При изучении ландшафтной структуры использовали метод ландшафтного профилирования с детальным описанием ключевых участков. При обработке проб макрофитобентоса учитывали биомассу (сырую) макрофитов по видам, численность видов-доминантов, выявляли структуру фитоценозов, их видовое разнообразие. Информацию о донных компонентах, полученную в ходе водолазного описания, оформляли графически в виде ландшафтного профиля. Результатом обобщения исследований выступает ландшафтная карта прибрежной зоны, составленная на уровне урочищ.

Методика картографирования подводных ландшафтов прибрежной зоны с применением беспилотного воздушного судна (БВС) и ГИС-технологий в сочетании с классическими гидрботаническими исследованиями отличается этапностью проведения: организация и проведение аэрофотосъемки акватории, дешифрирование аэрофотоснимков, организация и проведение гидрботанических исследований, составление карты донной растительности, составление ландшафтной карты прибрежной зоны. Этапы исследования подводных ландшафтов с БВС рассмотрены на примере бухты Круглая и представлены на рисунке 2, ландшафтная карта – рисунок 5Б. Применение БВС для изучения подводных ландшафтов позволяет оперативно и точно получать информацию об их распределении в прибрежной зоне и является необходимым элементом экспедиционных исследований.

Методика оценки устойчивости подводных ландшафтов прибрежной зоны включает четыре этапа:

1 этап – составление ландшафтной карты.

2 этап – вычленение ландшафтных контуров, подлежащих оценке. Ландшафтная карта выступает картографической основой, а подводные ландшафты – аквальными единицами, которые подлежат оценке. Для каждого подводного ландшафта, используя методику расчета запасов фитомассы макрофитобентоса и доминирующих видов (*Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phylophora cripisa*, *Zostera noltei* и *Zostera marina*) выполнен расчет на верхней и нижней границе контура ландшафта.



Условные обозначения: ■ – *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* на глыбово-валунном субстрате и выходах коренных пород; ■ – *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* на глыбово-валунном субстрате, а на гравийно-песчаных отложениях с битой ракушей *Phylophora crispata*; ■ – *Zostera noltei* на песчано-илистом грунте; ■ – *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* на глыбово-валунном субстрате, а на песчано-илистом грунте *Zostera noltei*; ■ – на илесто-песчаных отложениях сообщество морских трав: *Zostera noltei*, *Stuckenia pectinata*, *Ruppia* spp. ■ – на илстых осадках сообщество зеленых водорослей, преимущественно из *Cladophora* spp.

Рисунок 2 – Основные этапы методики картографирования подводных ландшафтов бухты Круглая с БВС.

3 этап – разработка оценочных шкал. В основе обоснования критериев и их оценочных шкал лежат материалы многолетних береговых экспедиций (2003–2022 гг.), проведенных в крымской прибрежной зоне. Предложенные критерии запаса фитомассы макрофитобентоса и доминирующих видов донной растительности, выраженные в количественных значениях разных размерностей, для формализации и рационализации получения безразмерной балльной оценки, переведены в оценочные шкалы и ранжированы в 5-балльной системе. При составлении оценочных шкал использовали равномерно увеличивающиеся интервалы между запасами фитомассы макрофитов и балльной оценкой.

4 этап – интегральная оценка балльных оценок. Согласно разработанным оценочным шкалам вышперечисленных критериев, каждому контуру подводных ландшафтов присвоена балльная оценка для его верхней и нижней границы на основе количественных показателей запаса фитомассы макрофитов. Интегральная оценка равна сумме среднеарифметических значений балльных оценок вышперечисленных критериев. Интегральная оценка изменения запасов фитомассы макрофитобентоса и доминирующих видов макрофитов выступает количественной мерой устойчивости подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова.

Методика исследования современных ландшафтов предполагает изучение береговой зоны на уровне двух подсистем (природной и хозяйственной) для ее аквальной и наземной частей. Результатом выступает картосхема современных ландшафтов, полученная методом наложения двух карт: карты природной и хозяйственной подсистем береговой зоны. На основе картографической

визуализации современных ландшафтов береговой зоны и эмпирико-статистических расчетов разработаны рекомендации по оптимизации природопользования в прибрежной зоне Крымского полуострова.

Вышеизложенные представления позволили разработать научно-методический подход изучения подводных ландшафтов с использованием данных ландшафтной и гидробиотической съемок в сочетании с аэрофотосъемкой с БВС, ГИС-технологий, картометрической визуализации и расчетов продукционных характеристик донной растительности, позволяющий раскрыть своеобразие природных условий и специфику природопользования прибрежной зоны.

В **третьей главе** обобщены результаты исследований ландшафтной структуры Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова, показаны особенности распространения и распределения макрофитобентоса в подводных ландшафтах открытых побережий и бухт. Ключевые участки исследования подводных ландшафтов открытых побережий выбраны с разными физико-географическими условиями и различной антропогенной нагрузкой, бухты – в зависимости от их морфометрических показателей.

Для открытых побережий Чёрного моря Крымского полуострова характерны следующие ландшафты:

- подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая (глубины 0,5–5(10) м).
- подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая (глубины 5(10)–15 м).
- слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая (глубины 15–20(25) м).
- слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-щебнистыми отложениями с битой ракушей, с преобладанием нерейи нитевидной, занардинии типичной, кодиума червеобразного (глубины 20(25)–35(40) м).

Эти ландшафты имеют преимущественно широтное простираие вдоль береговой линии, занимают значительные площади, отличаются высокими значениями продукционных характеристик макрофитобентоса и вклада видов-доминантов. Выявлено, что различия в распределение и распространение подводных ландшафтов Чёрного моря на ключевых участках крымской прибрежной зоны обусловлено своеобразием геолого-геоморфологического строения дна, а так же особенностями лито- и гидродинамических процессов. На примере ключевых участков Западного и Южнобережного районов рассмотрена ландшафтная структура Чёрного моря открытых побережий.

В ландшафтной структуре прибрежной зоны м. Тюбек – Языковая балка (Западный район, ключевой участок 3, рисунок 3А) выделено восемь подводных ландшафтов. Формирование западного побережья представляет собой сложный парагенетический процесс, когда сопряжение «абразионно-аккумулятивных пар» происходит каждый раз, в результате чего «один участок интенсивно абродируется, а смежный с ним является аккумулятивным» (Зенкович, 1960; с. 183).

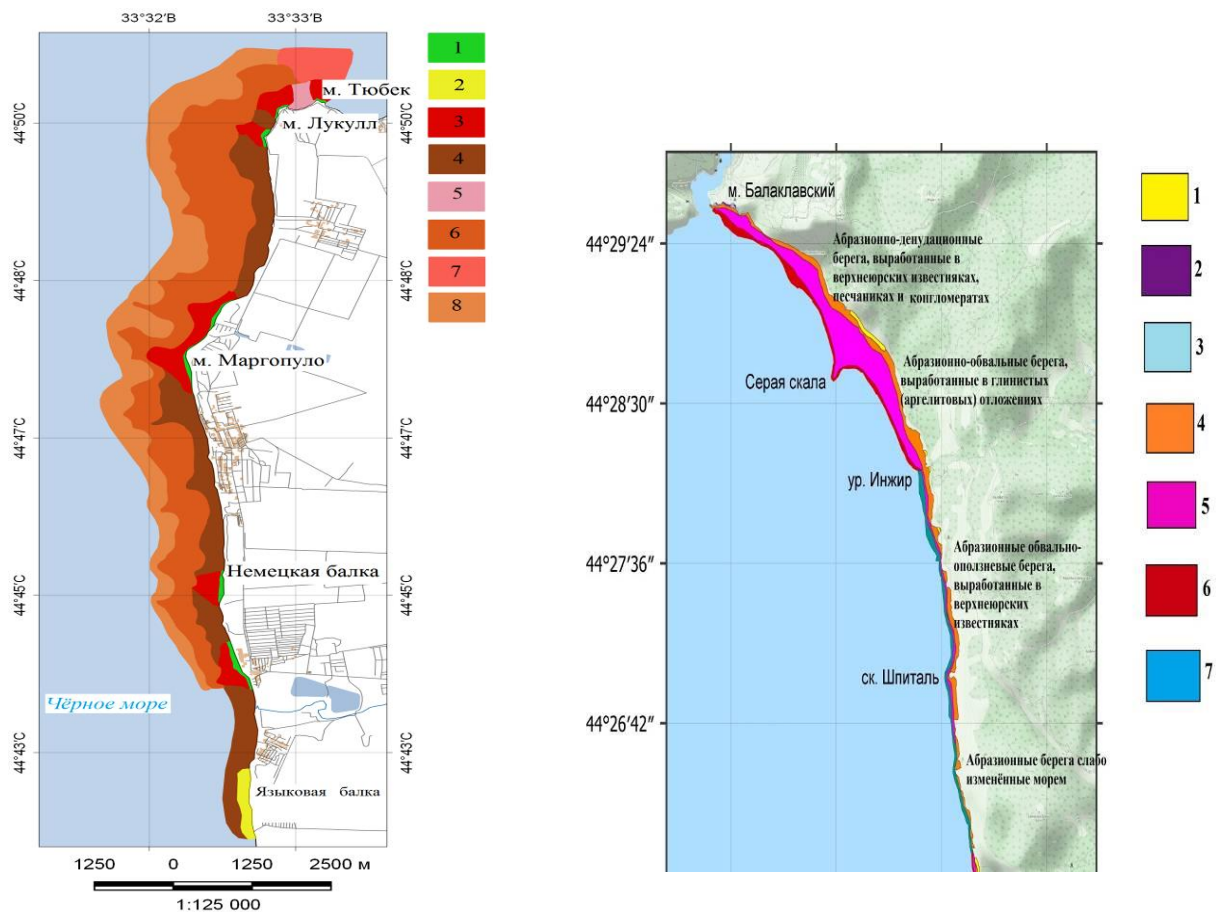


Рисунок 3 – Картосхемы ландшафтной структуры ключевых участков открытых побережий

А – м. Тюбек – Языковая балка (Западный район, ключевой участок № 3)

1 – глыбово-валунный бенч с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой; 2 – глинисто-песчаный бенч с навалом валунов и глыб, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 4 – подводный склон, сложенный песчаными отложениями, лишенный донной растительности с мелкими знаками ряби (рифели) (на отдельных глыбах доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая или падины павлиньи и диктиоты ленточной); 5 – подводный склон, сложенный глинисто-песчаными отложениями, лишенный донной растительности (на отдельных глыбах доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая); 6 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая; 7 – слабонаклонная равнина, сложенная песчаными отложениями, где донная растительность отсутствует; 8 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая.

Б – м. Балаклавский – м. Айя (Южнобережный район, ключевой участок № 7)

1 – валунно-глыбовый бенч с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой с мозаичным произрастанием диктиоты ленточной и падины павлиньей; 2 – глыбово-валунный бенч с преобладанием ерикарии косматой и ульвы жесткой; 3 – подводный береговой склон, сложенный грубообломочными отложениями, с преобладанием гонголарии бородатой и ульвы жесткой; 4 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 5 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминирует гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая; 6 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая; 7 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-щебнистыми отложениями с битой ракушей, с преобладанием нерейи нитевидной, занардинии типичной, кодиума червеобразного и видов антитамниума.

Своеобразие геолого-геоморфологического строения береговой зоны исследуемого участка определило рисунок ландшафтной структуры акватории. Так, для прибрежной зоны у мысов характерны ландшафты глыбово-валунного бенча (1) (глубины 0,5–1 м) и подводного склона (2) (1–5 м), где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая. Эти ландшафты отличаются высокими значениями биомассы и проективного покрытия (ПП) (40–90%), при этом вклад *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* достигает максимальных величин до 95–99 %. Вклад эпифитов изменяется от 4 до 59 % общей биомассы макрофитов. Между мысами формируются ландшафты подводного склона, сложенные песчаными и глинисто-песчаными отложениями, лишенные донной растительности (на отдельных глыбах доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая или падина павлинья и диктиота ленточная) (4, 5) (0,5–5 м). Для этих ландшафтов характерно низкое ПП (10–15%), однако значения биомассы значительные, доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* составляет 81–85%. Вклад эпифитов, произрастающих на слоевищах *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, колеблется от 1 до 23 % общей биомассы макрофитов.

На глубинах свыше 5 м на формирование подводных ландшафтов прибрежной зоны существенное влияние оказывает освещенность, которая выступает лимитирующим фактором распределения донной растительности. Так, вдоль береговой линии на глубине от 5 до 10 м расположен ландшафт подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминирует гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая (6). Этот ландшафт отличается высоким ПП (70–90%), снижением биомассы и вклада *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* (60–61%), увеличением доли *Phyllophora crispa* (10–24%). Вклад эпифитирующих водорослей варьирует от 6 до 13–27% общей биомассы макрофитов. Ландшафт слабонаклонной равнины, сложенной гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая (8) (глубины 10–15 м) характеризуется невысокими значениями биомассы, при этом доля *Phyllophora crispa* составляет 54–90%. Роль эпифитов снижается и колеблется от 4 до 15% общей биомассы макрофитов.

В ландшафтной структуре прибрежной зоны м. Балаклавский – м. Аяя (Южнобережный район, ключевой участок № 7, рисунок 3Б) выделено семь ландшафтов, характерно широтное их простираие вдоль берега. В прибрежной зоне выражен глыбовый бенч, подводный склон круто опускается на глубину 20–40 м, что приводит к резкому сужению фиталя. На глубинах 0,5–1 м представлен ландшафт валунно-глыбового бенча с диктиото-падиновым фитоценозом (1, 2), который имеет фрагментарное распространение вдоль изучаемого побережья и приурочен к микроамфитеатральным структурам побережья. Выявлено, что к подводному склону приурочены ландшафты с ерикариево-гонголариевым (4) (0,5–10 м) и ерикариево-гонголариево-филлофоровым фитоценозами (5) (5–10 м), и слабонаклонной равнины, где распространены филлофоровые (6) (10–15 м) и нерейя-занардиниево-кодиумовые фитоценозы (7) (15–35 м). Эти ландшафты имеют высокие показатели площади, значения запаса фитомассы макрофитобентоса и видов-доминантов. Показано, что береговая зона м.

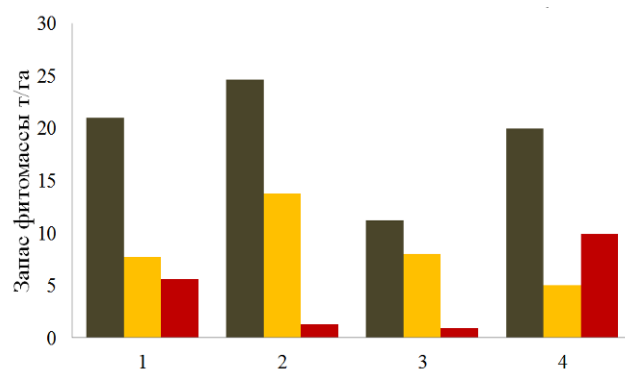
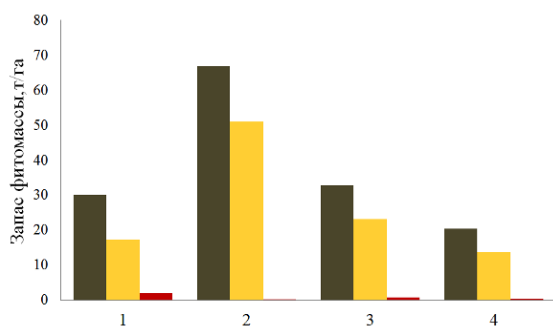
Балаклавский – м. Айя отличается сложным геолого-геоморфологическим строением, что оказывает существенное влияние на распределение продукционных характеристик макрофитобентоса в ландшафтах (рисунок 4).

Для ландшафта подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая (4) запас фитомассы макрофитов и *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* значительно изменяется в зависимости от типа берега и варьирует от 20,5 до 66,8 и от 13,7 до 51,1 т·га⁻¹ соответственно (рисунок 4А). Максимальные величины обоих показателей выявлены на участке с абразионно-обвальными берегами в глинистых отложениях, где отмечен широкий, пологий подводный склон с выраженными грядами, а минимальные – для участка с абразионными слабо измененными морем берегами, где зарегистрирован резкий свал глубин.

Для подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая (5) выявлено крайне неравномерное соотношение распределения запасов ключевых видов макрофитов (рисунок 4Б). Так, на участках, где господствуют валунно-глыбовые отложения, доминируют *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, при этом вклад *Phyllophora crispa* незначителен, из-за приуроченности ее распространения к гравийно-песчаным донным осадкам с примесью битой ракуши. На участках с абразионно-обвальными оползневыми берегами в верхнеюрских известняках запас фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и ее вклад в общие запасы изменяются в пределах 8,0–13,8 т·га⁻¹ и 56–71%, тогда как филлофоры – от 0,9 до 1,3 т·га⁻¹ и от 5 до 8% соответственно. В то же время в районе мысов Балаклавский и Айя, где галечно-гравийные донные осадки преобладают над грубообломочными отложениями, эти показатели *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa* колеблются в интервале 5,0–7,7 т·га⁻¹; 25–37% и 5,6–9,9 т·га⁻¹; 27–50% соответственно.

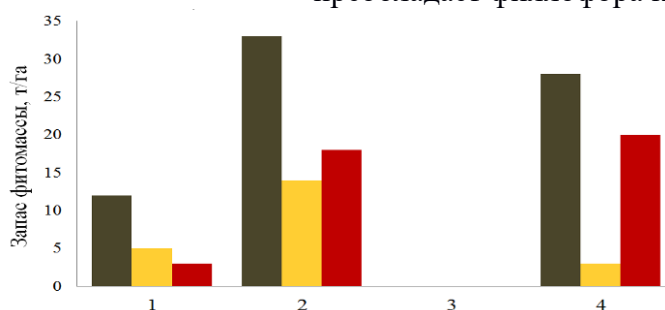
Ландшафт слабонаклонной равнины, сложенной гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая (6) характерен для всех типов берегов, за исключением участка с абразионно-обвальными оползневыми берегами в верхнеюрских известняках. Запас фитомассы макрофитов и филлофоры колеблется от 32,8 и 19,5 т·га⁻¹ (абразионно-обвальными оползневыми берегами в верхнеюрских известняках) до 11,1 и 4,6 т·га⁻¹ (абразионно-денудационные берега в верхнеюрских известняках, песчаниках и конгломератах) соответственно. На этом ландшафте отмечен максимальный запас фитомассы *Phyllophora crispa* и минимальный – *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, по сравнению с этими же показателями на других ландшафтах (рисунок 4В).

Тип природопользования оказывает локальное воздействие на формирование ландшафтной структуры *ключевого участка № 7*. Так, в районе выпусков сточных вод на глубине 0,5–3 м зарегистрированы ландшафты, где на глыбово-валунном бенче и подводном склоне, сложенным грубообломочными отложениями, доминирует *Ulva rigida*, помимо *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*.



А — Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая

Б — Подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминирует гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая



■ Общие запасы макрофитов ■ *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* ■ *Phyllophora crispata*

В — Слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая

1 — абразионно-денудационные берега в верхнеюрских известняках, песчаниках и конгломератах; 2 — абразионно-обвальные берега в глинистых отложениях; 3 — абразионные обвально-оползневые берега в верхнеюрских известняках; 4 — абразионные слабо измененные морем.

Рисунок 4 — Распределение запаса макрофитов и доминирующих видов водорослей в подводных ландшафтах прибрежной зоны м. Балаклавский – м. Айя (Южнобережный район, ключевой участок № 7).

Для бухт Чёрного моря Крымского полуострова характерны ландшафты, которые отличаются значительными значениями площади и продукционных характеристик макрофитобентоса, высокой долей видов-доминантов:

– подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая (глубины 0,5–5(10) м);

– подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая (глубины 5(10)–15 м);

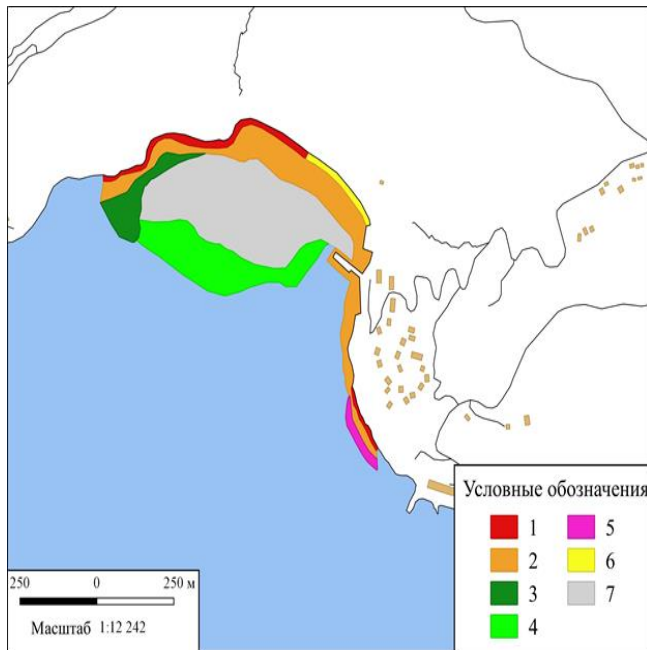
– слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями, с преобладанием видов морских трав (диапазон глубин распространения этого ландшафта варьирует от 0,5 м до 12(15) м).

На примере ключевых участков бухт Ласпи (открытая бухта, *ключевой участок 8*) и Круглая (полузакрытая бухта, *ключевой участок 6*) рассмотрены особенности ландшафтной структуры, показано распространение и распределение макрофитобентоса в подводных ландшафтах. Исследуемые бухты различаются водообменном с открытым морем, волновым и гидродинамическим режимом, для них характерны фитоценозы водорослей и морских трав, что отражается на особенностях ландшафтной структуры.

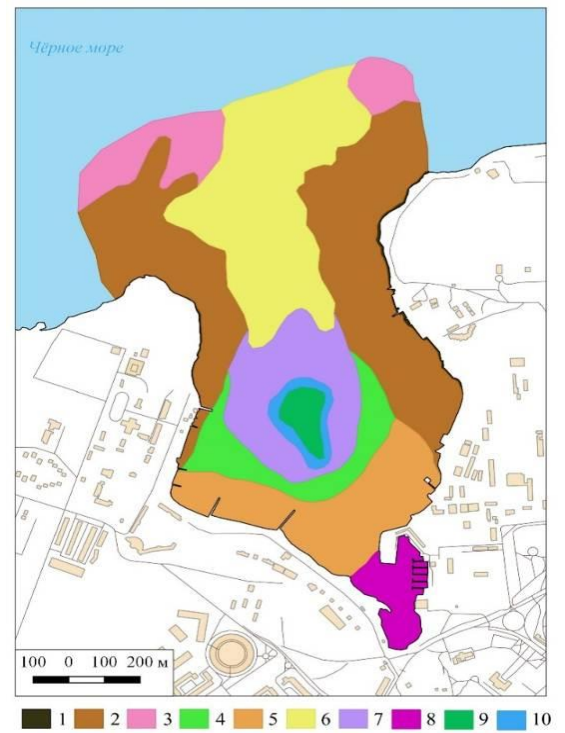
В ландшафтной структуре открытой бухты Ласпи (Южнобережный район, *ключевой участок № 8*, рисунок 5А) выделено семь подводных ландшафтов. Типичным ландшафтом в бухте, как и для всего крымского побережья, является подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая (3). Этот ландшафт имеет наибольшие показатели площади и высокие значения биомассы макрофитов, при этом вклад *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* составляет 75–87% общей биомассы (таблица 1). Ландшафт глыбово-валунного бенча распространен фрагментарно, где также доминируют *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* (1), доля которых достигает максимальных величин (93–95% общей биомассы макрофитов) (таблица 1). Подводные ландшафты, расположенные в северо-западной и юго-восточной части бухты на глубинах 5–10 м, отличаются разнородностью литологических отложений и соответственно характеризуются разнообразием и мозаичностью структуры донной растительности. В обеих частях бухты на глыбовом субстрате сформировался ландшафт с преобладанием *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, где их доля варьирует от 35 до 61 % общей биомассы макрофитов (3) (таблица 1). В северо-западной части бухты на илисто-песчаных отложениях зарегистрирован ландшафт, где встречается *Zostera marina* (4), вклад которой достигает 25% общей биомассы макрофитов. В юго-восточной части бухты на галечно-гравийных с битой ракушкой отложениях выделен ландшафт, где отмечена *Phyllophora crispa* (6), доля которой достигает 9–29% общей биомассы.

Для слабонаклонной равнины, сложенной илисто-песчаными отложениями с преобладанием видов взморников характерны невысокие значения биомассы макрофитов на довольно значительной площади, при этом основной вклад (78–80%) в их общую биомассу вносит *Zostera marina* (таблица 1). В центральной части бухты сформировался ландшафт, где донная растительность отсутствует, что, свидетельствует об изменении гидродинамического режима в акватории. Доля эпифитирующих водорослей в структуре фитоценозов бухты варьирует в широком интервале (0–38% общей биомассы макрофитов) (таблица 1). Высокие значения вклада эпифитов, вероятно, являются откликом растительной компоненты ландшафтов на повышение уровня трофности вод из-за возросшей антропогенной нагрузки и объемов хозяйственно-бытовых стоков, поскольку эти водоросли имеют более высокую скорость роста и большую удельную поверхность слоевищ, которая способна поглощать биогены, по сравнению с *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa* (Миничева, 1990).

Пространственное распределение подводных ландшафтов в бухте Ласпи обусловлено влиянием морского волнения открытого моря. Так, для ее центральной части, где фронты волн открытого моря почти не изменяются,



А



Б

Рисунок 5 – Картограммы ландшафтной структуры бухт

А – Бухта Ласпи (Южнобережный район, ключевой участок № 8)

1 – глыбово-валунный бенч с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой; 2 – валунно-глыбовый бенч с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой с мозаичным произрастанием диктиоты ленточной и падины павлиньей; 3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 4 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой, а на илесто-песчаном субстрате доминирует взморник морской; 5 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями, с преобладанием видов взморников; 6 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филофора курчавая; 7 – слабонаклонная равнина, сложенная песчаными отложениями с выраженными крупными знаками ряби (рифели), лишенная донной растительности.

Б – Бухта Круглая (Герacleйский район, ключевой участок № 6)

1 – глыбово-валунная отмостка и выходы коренных пород с доминированием ерикарии косматой и гонголарии бородатой; 2 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филофора курчавая; 4 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными донными осадками, где доминирует взморник Нольта; 5 – слабонаклонная равнина, сложенная песчано-глинистыми отложениями с господством сообщества морских трав (взморника Нольта и рдеста гребенчатого); 6 – слабонаклонная равнина, сложенная песчано-гравийными отложениями, лишенная донной растительности; 7 – слабонаклонная равнина с выходами коренных пород, где разреженно встречаются ерикария косматая и гонголария бородатая, а на песчано-илестом субстрате единично произрастает взморник Нольта; 8 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями с деградированным сообществом макрофитов; 9 – вершина подводной гряды с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой; 10 – подводные склоны гряды, сложенные грубообломочными отложениями с выходами коренных пород с доминированием ерикарии косматой и гонголарии бородатой.

Таблица 1 – Изменение ПП, биомассы макрофитов, доли доминирующих и эпифитирующих видов в подводных ландшафтах бухты Ласпи при увеличении глубины в 2016 г.

Ландшафт	Глубина, м	Площадь, га	ПП, %	Биомасса макрофитов, г·м ⁻²	Доля, %			
					<i>Ericaria crinita u</i>	<i>Gongolaria barbata</i>	<i>Phyllophora crispa</i>	<i>Zostera marina</i>
1	0,5–1	0,8	100–70	10399,3±1385,5–4763,1±688,6	96–87	0	0	2–13
2	0,5–1	0,1	25–70	2007,4±400,2–5546,0±1221,9	95–93	0	0	4–2
3	0,5–5	15,2	10–90	600,5±191,1–7891,4±676,9	87–75	0–2	0	13–23
4	5–10	3,1	55–65	4210,4±360,0–928,9±108,9	61–35	0–4	25	38–20
5	10–15	13,6	30–70	143,1±55,8–532,9±31,9	0–2	0	80–78	6–0
6	5–10	10,0	90–80	3524,3±723,6–1097,0±136,6	57–47	9–29	0	34–23
7	3–10	11,6	0	0	0	0	0	0

Примечание: нумерация ландшафтов соответствует сведениям, представленным на рис. 3.Б

отмечен полосчатый тип взаиморасположения ландшафтов (рисунок 5А). В этой части бухты доминирующими являются ландшафты слабонаклонной равнины, где преобладают морские травы (5) (10–12 м) или донная растительность отсутствует (7) (3–10 м). У мысов, где происходит рефракция волн, наблюдается мозаичное расположение ландшафтов. В прибрежной зоне у мысов преобладают ландшафты скально-псефитовых подводных склонов, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая (1, 2, 3) (0,5–5 м). Вниз по профилю подводного склона формируются ландшафты, где на грубообломочных отложениях доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая, а на выровненных участках, сложенных илисто-песчаными осадками, преобладают взморник морской и взморник Нольта (4) (5–10 м), тогда как на галечно-гравийных отложениях – филлофора курчавая (6) (5–10 м). Формирование этих ландшафтов обусловлено, лито- и гидродинамическими особенностями акватории.

Для ландшафтной структуры полузакрытой бухты Круглая (Гераклейский район, ключевой участок № 6, рисунок 5Б) характерно девять подводных ландшафтов. На формирование ландшафтной структуры бухты оказывают влияние особенности гидродинамического режима и динамика вдольбереговых наносов. В глубоководной (глубины до 10–15 м) части акватории бухты формирование подводных ландшафтов происходит под воздействием открытого моря. К мысам бухты приурочены ландшафты скально-псефитовых подводных склонов с преобладанием ерикариево-гонголариевых (1, 2) (0,5–5 м) и ерикариево-гонголариево-филлофоровых (3) (5–10 м) фитоценозов. Показано, что

эти ландшафты занимают значительную площадь бухты, отличаются высокими значениями биомассы и вклада видов-доминантов (рисунок 6). Вниз по профилю подводного склона на выходе из бухты располагается ландшафт слабонаклонной равнины, лишенной растительного покрова (6) (10–15 м). На отлогом подводном склоне волнение, заходящее в бухту, ослабляется. В результате чего центральная часть бухты мелководная (глубина до 3–5 м), имеет спокойный гидродинамический режим, формируются абразионные и аккумулятивные формы рельефа. Здесь характерны ландшафты слабонаклонной равнины с доминированием морских трав (4, 5) (0,5–5 м), их вклад составляет 96–99% общей биомассы макрофитов. В центре бухты отмечен ландшафт подводной гряды, где преобладают ерикария косматая и гонголария бородатая (9, 10). Вершина бухты Круглая характеризуется слабым водообменом, спокойным гидродинамическим режимом, опреснением и высокой антропогенной нагрузкой. В результате чего, формируются ландшафты слабонаклонной равнины, сложенной илисто-песчаными отложениями с доминированием морских трав и с деградированным сообществом макрофитов (8).

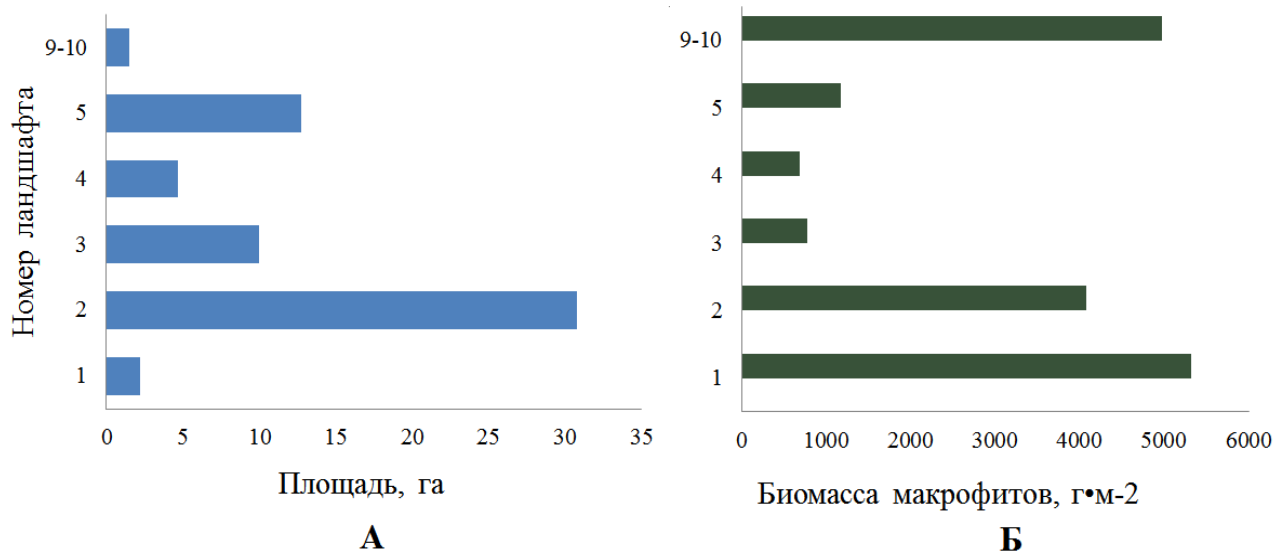


Рисунок 6 – Площадь (А) и биомасса (Б) макрофитобентоса в подводных ландшафтах бухты Круглая. Нумерация ландшафтов соответствует сведениям, представленным на рис. 5Б.

Показано, что для ландшафтной структуры Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова характерны подводные ландшафты с доминирующими видами донной растительности: *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, *Zostera marina* и *Zostera noltei*, которые отличаются высокой долей вклада вида-доминанта, определенным составом и структурой донной растительности, значительными значениями площади, биомассы и запаса фитомассы макрофитобентоса. В ландшафтной структуре открытых прибрежий и бухт на глубинах 0,5–10 м преобладают ландшафты, приуроченные к подводному склону, где доминируют ерикариево-гонголариевые и ерикариево-гонголариево-филлофоровые фитоценозы. Для открытых прибрежий на глубинах 10–20(30) м характерны ландшафты слабонаклонной равнины, где распространены

филлофоровые и нерейя-занардиниево-кодиумовые фитоценозы. Для бухт отмечен ландшафт слабонаклонной равнины, где господствуют сообщества морских трав, диапазон глубин их распространения варьирует от 0,5 м до 12(15) м). Пространственное распространение и распределение подводных ландшафтов обусловлено геолого-геоморфологическим строением береговой зоны и гидродинамическим режимом акватории.

В четвертой главе рассмотрены пространственно-временные изменения ландшафтной структуры более чем за 50 летний период (1964–2018 гг.) на примере ключевых участков Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова. Ключевые участки открытых побережий выбраны с разными физико-географическими условиями и различной антропогенной нагрузкой, бухты – в зависимости от их морфометрических показателей.

Исследования многолетней динамики ландшафтной структуры прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый (Западный район, ключевой участок № 3) охватывают период изучения 1964–2017 гг. Береговая зона исследуемого участка отличается активностью геолого-геоморфологических, лито- и гидродинамических процессов, антропогенной преобразованностью. В ландшафтной структуре прибрежной зоны исследуемого участка выделены подводные ландшафты с участием доминирующих видов макрофитов: в 1964 г. – 4, 1997 г. – 3, 2006 г. – 2, 2017 г. – 4 (рисунок 7 А–Г).

Отмечено, что за более чем 50-летний период в исследуемой прибрежной зоне произошли значительные изменения в распространении и распределении подводных ландшафтов, а также в качественных и количественных показателях их растительной компоненты. Выявлено, что наименьшие изменения претерпели ландшафты глыбово-валунного бенча (1) и подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая (2) (глубины 0,5–5–10 м), которые коснулись лишь конфигурации их границ и глубины распространения. Растительная компонента этих ландшафтов отличается высокой долей *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* (68–94%), максимальными значениями общей биомассы макрофитов, отмечена тенденция ее увеличения в течение исследуемого периода (рис. 8). При этом произошло снижение доли *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и резко увеличилась доля эпифитов. Так, в 1964 г. доля эпифитов составляла 1–3%, в 2006 г. достигла максимальных значений 51–57%. Ландшафт подводного склона, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая (3) (5–10 м) был отмечен в 1964 г. и 1997 г. (рисунок 7). В 2017 г. на месте многолетних видов макрофитов выявлены однолетние виды рода диктиоты (4).

Наиболее существенная перестройка произошла в ландшафте слабонаклонной равнины, сложенной гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая (5) на глубинах 10–15 м. Эти изменения коснулись глубины его распространения, произошло резкое уменьшение биомассы фитоценоза (рисунок 8) и вертикальное снижение глубин обитания глубоководных видов макрофитобентоса.

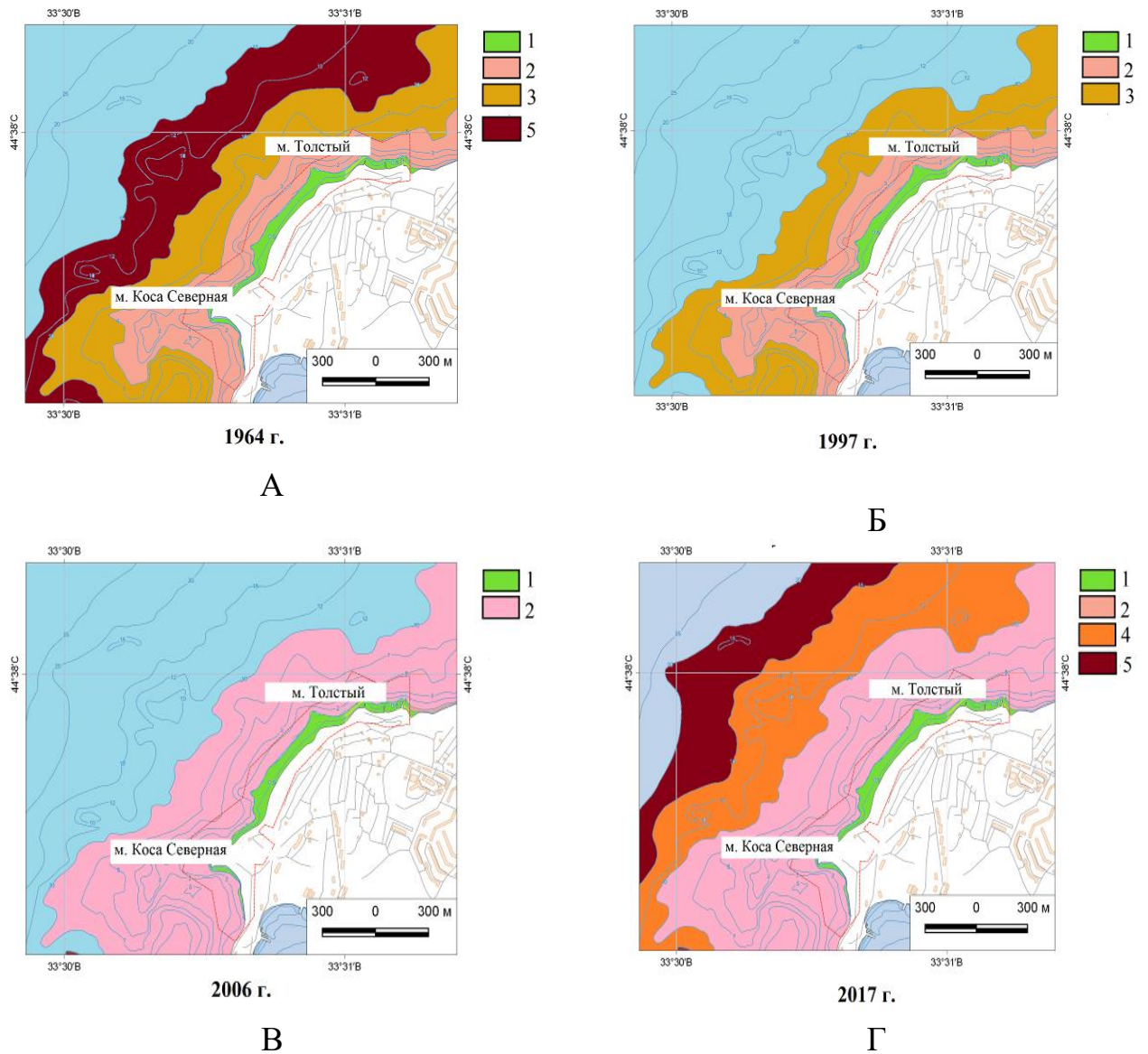


Рисунок 7 – Картосхемы ландшафтной структуры прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый по данным 1964–2017 гг.

1 – глыбово-валунный бенч с преобладанием ерикарии косматой; 2 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая; 4 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где господствует вид рода диктиота; 5 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными с битой ракушей отложениями, где доминирует филлофора курчавая.

Подводные исследования заказника «Караньский» (Гераклейский район, ключевой район № 5) охватывают период 1964–2016 гг. На протяжении исследуемого периода для ландшафтной структуры характерны три ландшафта с участием доминирующих видов макрофитов: *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*, приуроченные к подводному склону (рисунок 9). Сравнительный анализ полученных результатов выявил, что флористический

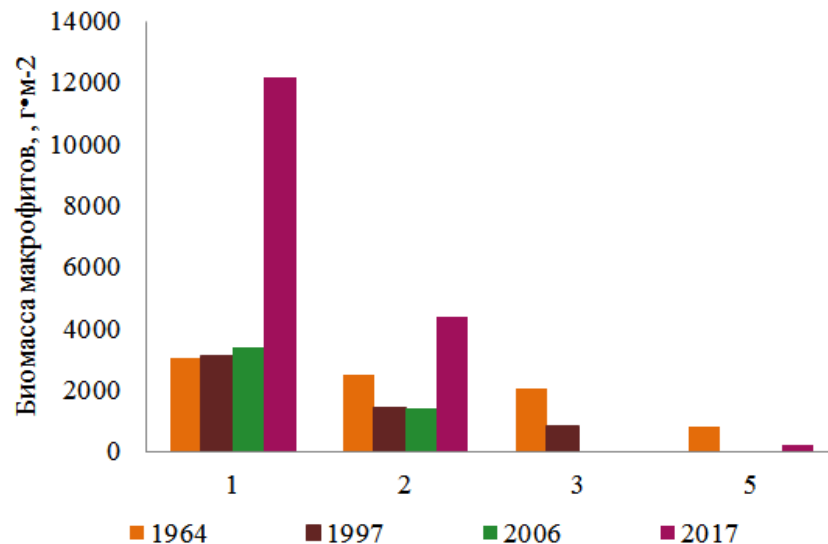


Рисунок 8 – Изменение общей биомассы макрофитов в подводных ландшафтах прибрежной зоны м. Коса Северная – м. Толстый по годам. Примечание: нумерация ландшафтов соответствует сведениям, представленным на рис. 7.



Условные обозначения: 1 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 2 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая; 3 – подводный склон, сложенный галечно-песчаными отложениями с доминированием филлофоры курчавой и отдельно хаотически расположенными глыбами, где преобладают нерейя нитевидная и занардиния типичная.

Рисунок 9 – Картограмма ландшафтной структуры прибрежной зоны природного заказника «Караньский» (по данным 2016 г.).

состав водорослей и количественные показатели фитоценозов значительно изменились во всех ландшафтах исследуемого побережья. Для видового состава макрофитобентоса характерно увеличение количества зеленых и красных водорослей (рисунок 10), отмечены сезонно-зимние виды. Максимальное количество видов, относящихся к группе водорослей, предпочитающих загрязненные акватории, отмечено в 2005 году. Величина флористического коэффициента Ченя в акватории повысилась более чем вдвое (от 1,9 до 3,9) за период с 1964 по 2005 гг., что свидетельствует о возросшей эвтрофикации прибрежной зоны изучаемого участка. Значение этого коэффициента в 2016 г. уменьшилось до 3,1, что, вероятно, объясняет снижение количество видов, обитающих в трофных водах. За период изучения в ландшафтах также

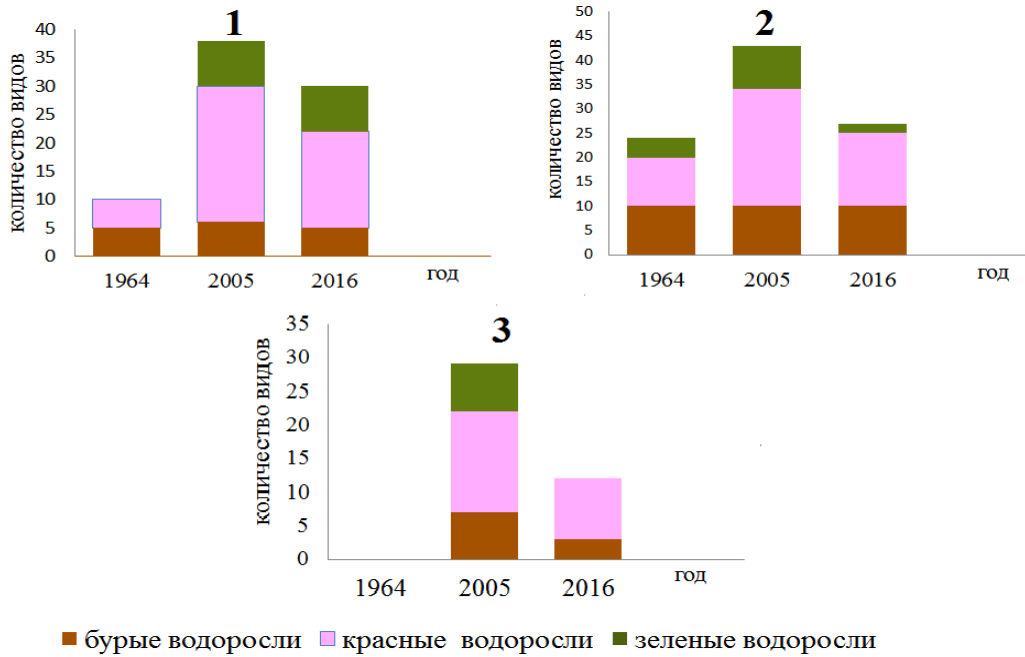


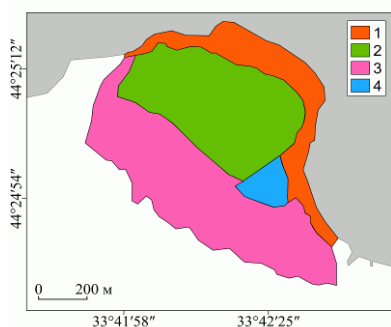
Рисунок 10 – Изменение видового состава макрофитов в подводных ландшафтах прибрежной зоны заказника «Караньский». Нумерация подводных ландшафтов соответствует сведениям, представленным на рисунке 7.

сократилась роль видов-доминантов *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* (с 99,9 до 78,6%), *Phyllophora crispa* (с 52,9 до 14,4% общей биомассы макрофитов), резко увеличилась доля эпифитирующих макрофитов. Так, если ранее вклад эпифитов не превышал 0,1%, то сейчас – повысился на два порядка, что привело к усложнению структуры фитоценозов.

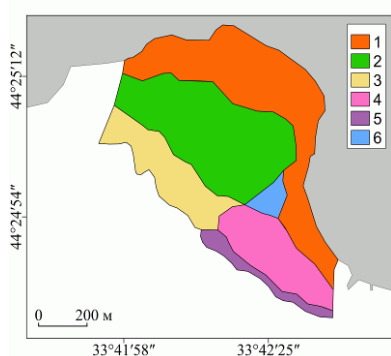
Проведенный анализ многолетней динамики подводных ландшафтов Чёрного моря за 50-летний период для открытых побережий Крымского полуострова показал, что произошли существенные изменения в ландшафтной структуре. Тем не менее, ландшафты с доминирующими видами макрофитобентоса отмечены на протяжении исследуемого периода. Выявлено, что значительная трансформация ландшафтной структуры открытых побережий характерна для участков береговой зоны с высокой активностью геолого-геоморфологических процессов и антропогенной нагрузкой. Эти изменения коснулись площади распространения и конфигурации границ ландшафтов. Отмечено, что для открытых побережий, где береговая зона слабопреобразована хозяйственной деятельностью или имеет природоохранный статус, отличается низкой активностью геолого-геоморфологических процессов, ландшафтная структура претерпела незначительные изменения. Однако, для исследуемых ключевых участков выявлены существенные изменения в растительной компоненте: сократилась роль видов-доминантов макрофитобентоса, произошло увеличение количества зеленых и красных водорослей в видовом составе, резко увеличилась доля эпифитирующих макрофитов.

Подводные исследования бухты Ласпи охватывают период 1983–2016 гг.,

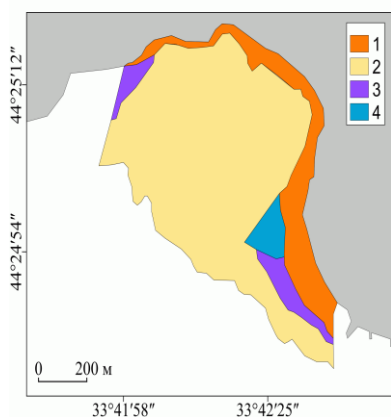
выделены ландшафты с участием доминирующих видов макрофитобентоса: в 1983 г. – 4, 1998 г. – 6, 2008 г. – 4 (рисунок 11), 2016 г. – 7 (рисунок 5А).



1983 г.



1998 г.



2008 г.

1 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая;
 2 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями с преобладанием видов взморников;
 3 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными с битой ракушей отложениями, где доминирует филлофора курчавая;
 4 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на который преобладает филлофора курчавая.

1 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая;
 2 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями с преобладанием видов взморников;
 3 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями с примесью битой ракуши с сильно деградированным разреженным сообществом макрофитов и преобладанием видов кладофоры;

4 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными с битой ракушей отложениями, где доминирует филлофора курчавая;
 5 – слабонаклонная равнина, сложенная песчаными отложениями с преобладанием кодиума червеобразного, ульвы жесткой и видов керамиума;

6 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, с преобладанием хондрии волосовидной и стилофоры нежной.

1 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая;

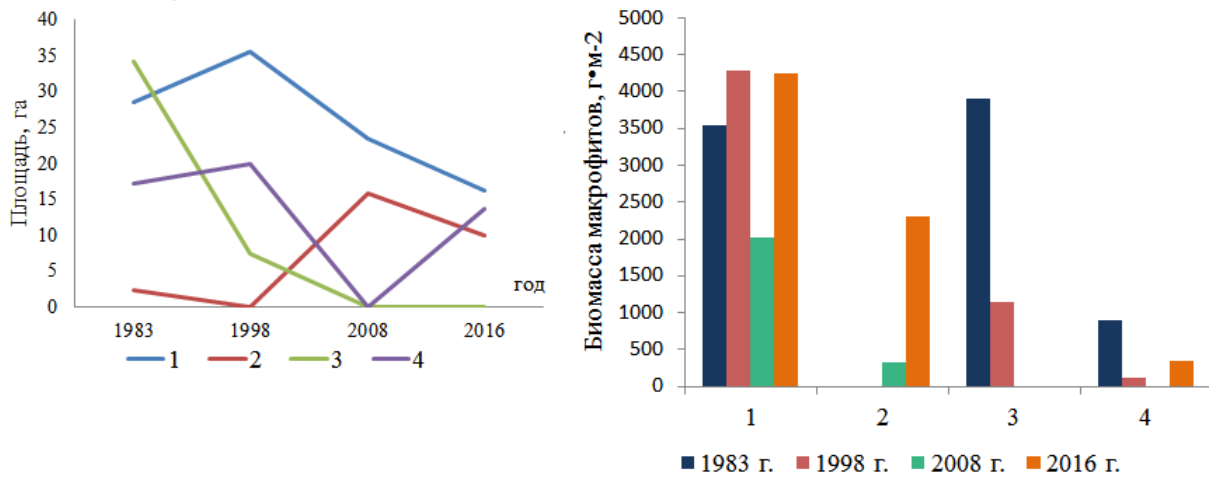
2 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями с примесью битой ракуши с сильно деградированным разреженным сообществом макрофитов и преобладанием видов кладофоры;

3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая;

4 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, с преобладанием кодиума червеобразного и стилофоры нежной

Рисунок 11 – Картограммы ландшафтной структуры бухты Ласпи (1983–2008гг.).

Ландшафт подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая, выделяли более 40 лет. Однако, глубина его распространения и площадь варьировали по годам (рисунки 11, 12А). В 1983 и 1998 гг. он занимал глубины 0,5–10 м, в 2008 г. был зафиксирован на глубинах 0,5–15 м, то в 2016 г. – встречался лишь на глубинах 0,5–5 м. За исследуемый период произошло увеличение биомассы макрофитов, снижение доли участия *Ericaria crinita* и



1 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; **2** – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая; **3** – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филлофора курчавая; **4** – слабонаклонная равнина, сложенная илисто-песчаными отложениями с преобладанием видов взморников

Рисунок 12 – Изменение площади (А) и биомассы макрофитов (Б) в подводных ландшафтах бухты Ласпи по годам.

Gongolaria barbata, зарегистрированы зеленые виды водорослей, возросла роль эпифитных синузид (рисунок 12Б). Наиболее выраженные негативные изменения произошли в центральной части бухты на слабонаклонной равнине с илисто-песчаными отложениями с преобладанием видов взморника (рисунки 11, 12Б). К 1998 г. ландшафт с взморниковым фитоценозом сместился с глубин 5–10 м на 10–15 м, при этом биомасса фитоценоза снизилась на порядок, в 2008 г. не был зарегистрирован. В 2016 г. этот ландшафт отмечен на глубинах 8–10 м, характерны невысокие значения биомассы макрофитов, при этом основной вклад (78–80%) в их общую биомассу вносит *Zostera marina* (рисунок 12А). В центральной части бухты в 2016 г. на глубинах свыше 10 м сформировался ландшафт, где донная растительность отсутствует.

В 1983 г. вдоль всей бухты на глубинах 20–25 м описан ландшафт слабонаклонной равнины, сложенной гравийно-песчаными с битой ракушей отложениями, где доминирует филлофора курчавая, для которого были характерны высокие значения биомассы эдификатора, низкие значения эпифитов (рисунок 11). К 1998 г. этот ландшафт сохранился лишь в восточной и юго-восточной части на глубинах 10–20 м. Его площадь сократилась почти в 5 раз (рисунок 12А), произошло резкое снижение биомассы филлофорового фитоценоза и усложнение его структуры. В 2008 г. и 2016 г. в бухте этот ландшафт не обнаружен, вместо филлофорового фитоценоза, сформировалось сильно деградированное разреженное сообщество макрофитов, где доминировали виды кладофоры (рисунок 11). В северо-западной и юго-восточной части бухты в 2008 г. описан ландшафт подводного склона, сложенного грубообломочными

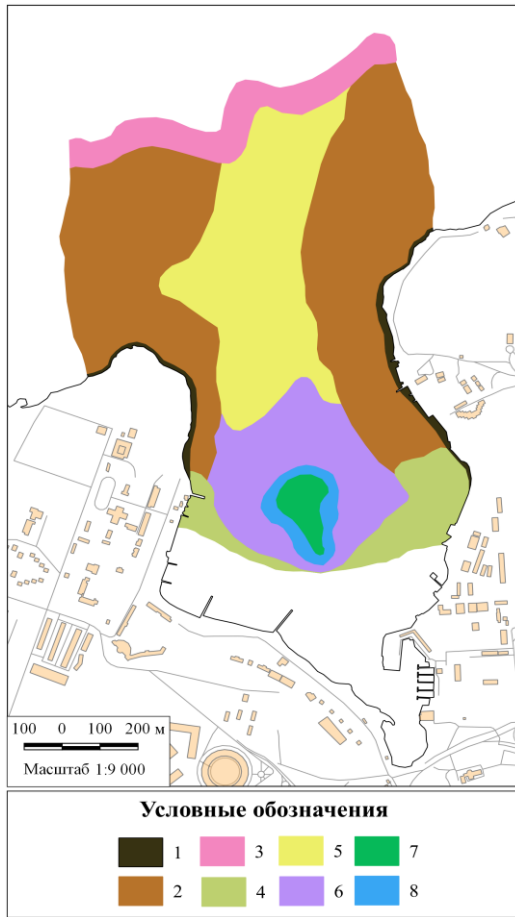
отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая (рисунок 11). К 2016 г. в бухте сформировались «новые» подводные ландшафты, которые значительно отличаются от таковых, зарегистрированных в 1983 г. (рисунок 5А). Таким образом, за исследуемый период 1983–2016 гг. в акватории бухты Ласпи обнаружена существенная перестройка ландшафтной структуры, что, вероятно, связано с влиянием, как природных факторов, так и возросшей антропогенной деятельностью.

Подводные исследования бухты Круглая охватывают период 1977–2018 гг., выделены подводные ландшафты с участием доминирующих видов макрофитобентоса: в 1977 г. – 8 (рисунок 13), 2018 г. – 10 (рисунок 5Б). Выявлено, что за этот период также произошли изменения в конфигурации границ и площади подводных ландшафтов, значительные изменения в составе донной растительности (рисунок 14). Площадь ландшафта подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая сократилась в 1,3 раза (рисунок 14 А). Это связано с тем, что в 1977 г. ерикариево-гонголариевый фитоценоз простирался до глубины 15 м, тогда как в 2018 г. его граница проходит на глубине 10 м. За прошедшее время структура ерикариево-гонголариевого фитоценоза значительно усложнилась, обнаружены зеленые виды водорослей (*Ulva rigida*), возросла роль эпифитных синузий, что свидетельствует о повышении степени эвтрофирования акватории.

За исследуемый период ландшафт подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая, также изменил границы контура. В 1977 г. этот ландшафт регистрировали на глубинах 15–20 м, то через 40 лет – на глубинах 10–15 м, а глубже в настоящее время донная растительность отсутствует (рисунок 14Б). Наиболее существенные изменения произошли в ландшафте слабонаклонной равнины, сложенной песчано-илистыми отложениями, где доминирует взморник Нольта. В структуре макрофитобентоса этого ландшафта произошла замена взморникового фитоценоза, доминантом которого являлась *Zostera marina*, а содоминантом – *Zostera noltei*, на взморниково-рдестовый фитоценоз, где преобладают *Zostera noltei* и *Stuckenia pectinata*. Исчезновение *Zostera marina* и появление *Stuckenia pectinata* свидетельствует об увеличении степени заиления донных осадков.

Выявлено, за более 50-летний период в ландшафтной структуре бухт Чёрного моря Крымского полуострова обнаружена существенная перестройка и деградация подводных ландшафтов, что, вероятно, связано с влиянием природных и антропогенных факторов. За исследуемый период наиболее выраженные изменения в ландшафтной структуре произошли в открытой бухте Ласпи, для которой характерны высокая активность геолого-геоморфологических процессов и антропогенная нагрузка.

Таким образом, проведенные исследования за более 50-летний период по



Условные обозначения: 1 – глыбово-валунная отмостка и выходы коренных пород с доминированием ерикарии косматой и гонголарии бородатой; 2 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая; 3 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филлофора курчавая; 4 – слабонаклонная равнина, сложенная илесто-песчаными отложениями, с доминированием видов взморника (морского и Нольта); 5 – слабонаклонная равнина, сложенная песчано-гравийными отложениями, лишенная донной растительности; 6 – слабонаклонная равнина с выходами коренных пород, где разреженно встречаются ерикария косматая и гонголария бородатая, а на песчано-илестом субстрате единично произрастает взморник Нольта; 7 – вершина подводной гряды с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой; 8 – подводные склоны гряды, сложенные грубообломочными отложениями с выходами коренных пород с преобладанием ерикарии косматой и гонголарии бородатой.

Рисунок 13 – Картосхема ландшафтной структуры бухты Круглая (по данным 1977 г.).

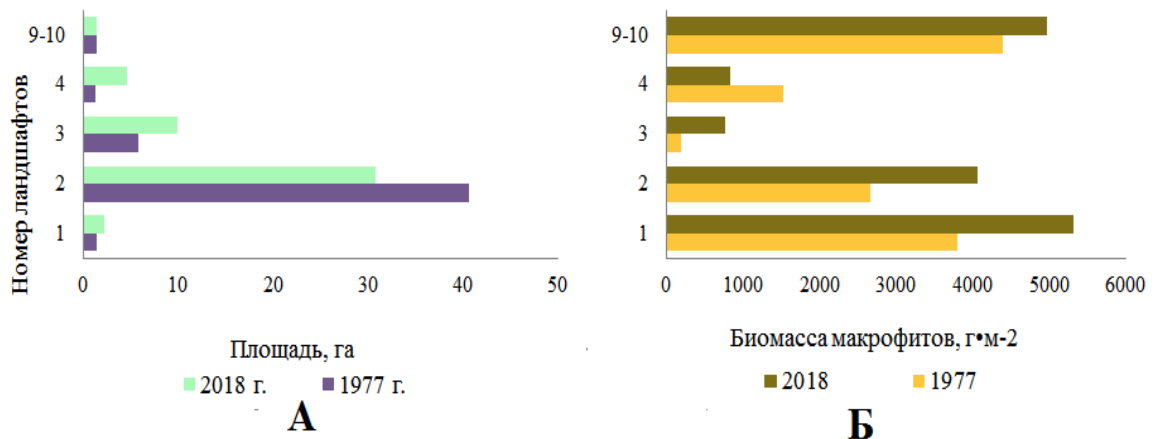


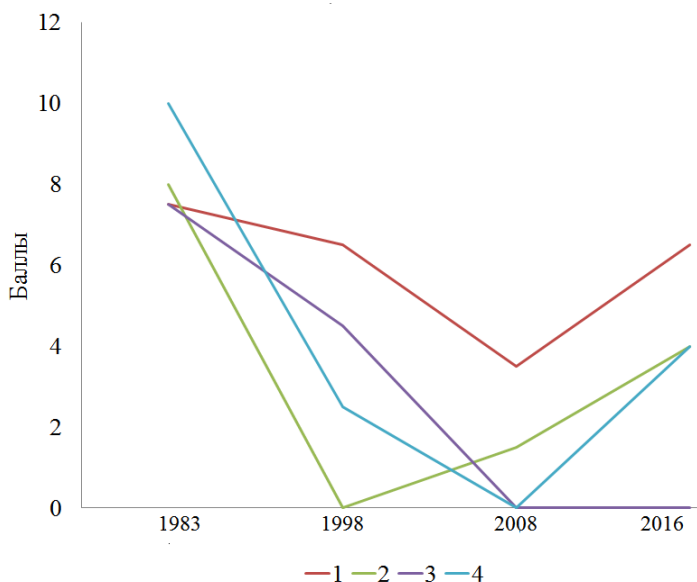
Рисунок 14 – Изменение площади (А) и биомассы макрофитов (Б) в подводных ландшафтах бухты Круглая по годам. Нумерация подводных ландшафтов соответствует сведениям, представленным на рисунке 13.

изучению многолетней динамики подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова показали, что ландшафтный «каркас», где преобладают ландшафты с доминирующими видами донной растительности сохраняется. Тем не менее, за исследуемый период произошло сокращение площади распространения и изменение конфигурации границ подводных

ландшафтов прибрежной зоны. В настоящее время нижняя граница распространения подводных ландшафтов не превышает глубин 15–20 м. Так, если в 60–70-е гг. прошлого века нижняя граница фитали проходила на глубине свыше 30 м. Показано, что существенные изменения произошли в качественных и количественных показателях растительной компоненты подводных ландшафтов. В целом, за период изучения в этих ландшафтах сократилась роль видов-доминантов *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, *Zostera marina* и *Zostera. Noltei*, произошло увеличение количества зеленых и красных водорослей в видовом составе, резко увеличилась доля эпифитирующих макрофитов.

В пятой главе на основе разработанных оценочных шкал и расчета интегральной балльной оценки запаса макрофитов проведена оценка устойчивости подводных ландшафтов Чёрного моря с доминирующими видами донной растительности к природно-антропогенным нагрузкам на примере бухты Ласпи.

Выявлено, что наиболее устойчивым к внешним нагрузкам является ландшафт подводного склона, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая, у которого в границах контура отмечены наименьшие изменения интегральной оценки за период с 1983 по 2016 гг. (рисунок 14). Устойчивость этого подводного ландшафта определяется устойчивостью литогенной основы дна, которая является субстратом для прикрепления макрофитов. Этот ландшафт выступает основной средообразующей морской геосистемой, который выполняет буферные функции между побережьем и прибрежьем.



- 1 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая
- 2 – подводный склон, сложенный грубообломочными отложениями где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филофора курчавая
- 3 – слабонаклонная равнина, сложенная гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филофора курчавая
- 4 – слабонаклонная равнина, сложенная илисто-песчаными отложениями с преобладанием видов взморников

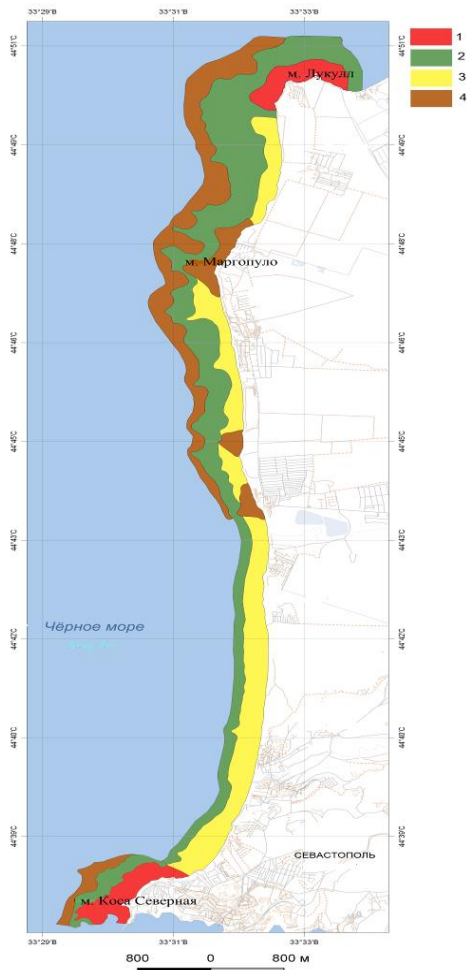
Рисунок 14 – Изменение интегральной оценки по годам в подводных ландшафтах бухты Ласпи.

Ландшафты слабонаклонной равнины, сложенной гравийно-песчаными отложениями с битой ракушей, где доминирует филофора курчавая и слабонаклонной равнины, сложенной илисто-песчаными отложениями с преобладанием видов взморников оказались более подверженными к трансформации (минимальные интегральные оценки) (рисунок 14). Интегральная оценка ландшафта подводного склона, сложенного грубообломочными отложениями, где доминируют ерикария косматая и гонголария бородатая с мозаично чередующимися галечно-гравийными отложениями с битой ракушей на которых преобладает филофора курчавая резко варьирует по годам (рисунок 14). Показано, что эти подводные ландшафты, крайне неустойчивы, их характеристики и пространственное распределение макрофитов в значительной степени зависят от значений действующих факторов, из которых основными считаются гидродинамика и освещенность.

В **шестой главе** на основе картографической визуализации современных ландшафтов береговой зоны разработаны рекомендации по оптимизации прибрежно-морского природопользования и апробированы на примере ключевых участков Крымского полуострова. Современные ландшафты береговой зоны исследуемого региона отличаются достаточно сложной структурой, что обусловлено как особенностями природных условий, так и степенью антропогенной нагрузки. Показано, что под влиянием хозяйственной деятельности сокращается ландшафтное разнообразие, но увеличивается мозаичность современных ландшафтов, что в целом снижает уровень ландшафтной организации береговой зоны. В настоящее время природно-ресурсный и ландшафтный потенциалы береговой зоны Чёрного моря Крымского полуострова истощены. В связи с чем, дальнейшее развитие береговой зоны Крымского полуострова возможно только при условии научного обоснования структуры природопользования. Важную роль для охраны береговой зоны играет оптимизация природоохранного режима существующих ООПТ, создание новых природоохранных объектов с включением в их состав прибрежных территорий, разработка концепции экологической сети, ландшафтное планирование и функциональное зонирование.

На основе ландшафтного подхода с учетом показателей растительной компоненты подводных ландшафтов прибрежной зоны, выделены пространственно-функциональные элементы экологической сети для Каламитского экокоридора (м. Тюбек – м. Коса Северная (Западный район): ключевые, транзитные, буферные и восстановительные акватории (рисунок 15). Как показали исследования, применение биоцентрического и ландшафтного подходов для формирования экологической сети является взаимодополняющим, отражающим разные аспекты его организации. При биоцентрическом подходе особое внимание уделяется сохранению живых организмов (видовое разнообразие, наличие охраняемых видов и т.п.). Ландшафтный подход позволяет выделить основные каркасообразующие подводные ландшафты, а также определить их пространственное сочетание, обеспечивающие экологическое равновесие в прибрежной зоне. Выявлено, что в крымской прибрежной зоне к ключевым природоохранным акваториям относятся ландшафты с ерикариево-

гонголариевым фитоценозом, к транзитным – с ерикариево-гонголариево-филлофоровым, к восстановительным – с филлофоровым. Полученные результаты и предложенный подход могут быть использованы для оптимизации экологической сети Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова.



Элементы экологического каркаса:

- 1 - ключевые природоохранные акватории;
- 2 – буферные акватории;
- 3 – транзитные акватории;
- 4 – восстановительные акватории.

Рисунок 15 – Экологический каркас прибрежной зоны м. Тюбек – м. Коса Северная (Западный район).

Выполнено ландшафтное планирование ООПТ береговой зоны Гераклейского района (м. Херсонес – м. Балаклавский) (рисунок 16). Особенность положения объектов ООПТ исследуемой береговой зоны состоит в том, что они имеют сопряженное положение и включают морскую акваторию: памятник природы «ПАК у мыса Фиолент», природный заказник «Мыс Фиолент» и комплексный памятник природы «Мыс Фиолент». Однако, разный природоохранный статус ООПТ и небольшая площадь мало способствуют сохранению и восстановлению природных комплексов. Для обеспечения сохранности биологического и ландшафтного разнообразия целесообразно объединить заповедные объекты исследуемого участка с установлением дифференцированного режима охраны на основе научно-обоснованного функционального зонирования территории и акватории. Это позволит создать юго-западный наземно-морской резерват Гераклейского экокоридора (рисунок 16).

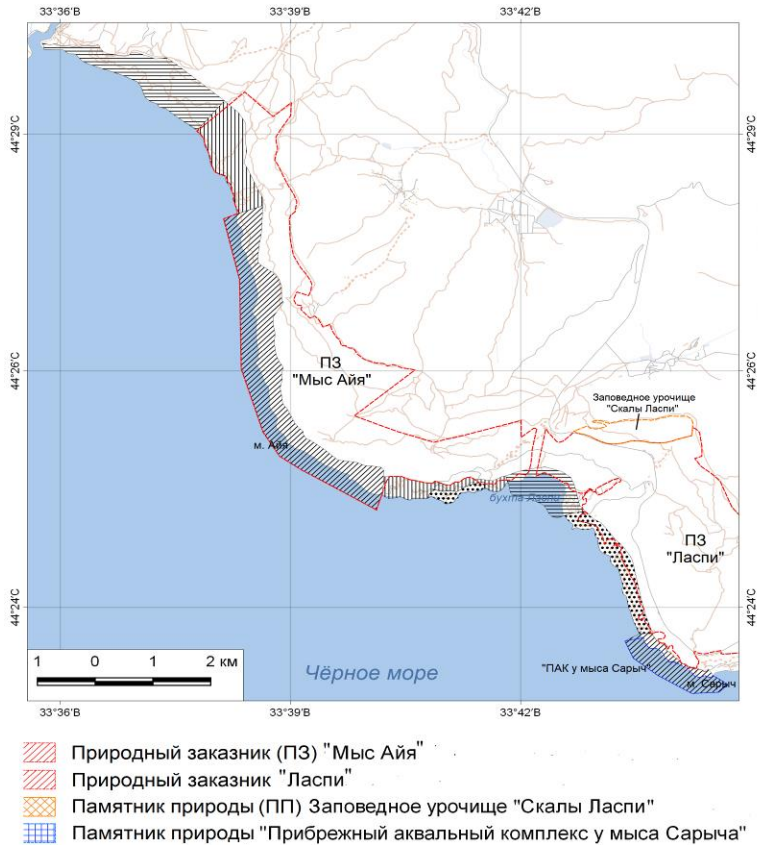


Рисунок 16 – Ландшафтное планирование на ООПТ береговой зоны м. Херсонес – м. Балаклавский (Гераклейский район)

Целью этого резервата является сохранение уникального приморского ландшафта с оригинальными формами рельефа в зоне контакта древневулканического массива м. Фиолент и Чёрного моря, а также оптимизация функционирования и управления ООПТ.

Проведено *функциональное зонирование береговой зоны* м. Балаклавский – м. Сарыч (Южнобережный район). На основе изучения современных ландшафтов береговой зоны выделены четыре функциональные зоны (рисунок 17). Береговая зона *строгого режима заповедования* включает наземные и подводные ландшафты, расположенные в пределах ООПТ; они отличаются высокой экологической значимостью; хозяйственная деятельность запрещена. Прилегающие к объектам ООПТ ландшафты, отнесены к зоне, *имеющей природоохранное значение с ограниченным режимом рекреационного использования*. Рекомендовано регламентированное рекреационное использование в рамках развития природно-ориентированных форм туризма, которые опираются на ресурсы, включающие природные достопримечательности, ООПТ, сохранившиеся природные объекты, а также объекты экотуристской инфраструктуры. Ландшафты, преобразованные антропогенной деятельностью, выделены в *зону ограниченной хозяйственно-рекреационной деятельности*. Увеличение антропогенной нагрузки на береговую зону приводит к возникновению конфликтов между природоохранной ценностью и рекреационным природопользованием, формированию монофункциональных конфликтных ареалов. Дальнейшее увеличение антропогенной нагрузки, несомненно, приведет к расширению границ конфликтов и увеличению остроты их проявления. Для оптимизации природоохранной деятельности исследуемой береговой зоны выделена зона, *рекомендованная для заповедания* (г. Спидия с

прилегающей акваторией и акватория бухты Ласпи с прилегающей приморской территорией). Создание новых объектов ООПТ будет способствовать формированию экоцентра *Южнобережного экокоридора*, который в полной мере позволит решать природоохранные задачи и оптимизировать экологическую сеть Крымского полуострова.



Функциональные зоны:

- 1 – зона ограниченной хозяйственно-рекреационной деятельности
- 2 – зона строгого режима заповедования
- 3 – зона, имеющая природоохранное значение с ограниченным режимом рекреационного использования
- 4 – зона, рекомендованная для заповедования

Рисунок 17 – Функциональное зонирование береговой зоны м. Балаклавский – м. Айя (Южнобережный район).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ:

Проведенные исследования подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Теоретико-методологические основы исследования подводных ландшафтов прибрежной зоны сводятся к интегральным положениям подводного ландшафтоведения, гидробиологии и геоэкологии. Обоснована возможность использования количественных и качественных показателей макрофитобентоса для изучения ландшафтной структуры, многолетней динамики, устойчивости и природопользования подводных ландшафтов прибрежной зоны.

2. Сформулировано представление о береговой зоне, как о целостной аквально-территориальной природно-хозяйственной геосистеме, которая обладает эмерджентными свойствами и функциями, характеризуется определенными принципами формирования и развития.

3. Разработан комплекс методик исследований подводных ландшафтов Чёрного моря, адаптированных к условиям прибрежной зоны Крымского полуострова. Впервые использована методика изучения подводных ландшафтов прибрежной зоны с применением беспилотного воздушного судна и ГИС-технологий в сочетании с классическими гидробиологическими исследованиями. Впервые обоснованы критерии оценки устойчивости подводных ландшафтов прибрежья, разработанные на основе количественных показателей запаса фитомассы макрофитобентоса и доминирующих видах черноморских макрофитов.

4. Впервые изучена ландшафтная структура Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова, для которой характерны подводные ландшафты с доминирующими видами макрофитобентоса: ерикарии косматой (*Ericaria crinita*), гонголарии бородатой (*Gongolaria barbata*), филлофоры курчавой (*Phyllophora crispa*), нерейи нитевидной (*Nereia filiformis*), занардинии типичной (*Zanardinia typus*), кодиума червеобразного (*Codium vermilara*), взморника морского (*Zostera marina*) и взморника Нольта (*Zostera noltei*). Впервые составлены актуальные карты ключевых участков ландшафтной структуры Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова. Показано, что изучаемые ландшафты занимают значительные площади, отличаются высокой долей вклада видов-доминантов, и характеризуются высокими значениями биомассы макрофитобентоса и запаса его фитомассы.

5. Установлено, что в ландшафтной структуре открытых побережий и бухт Чёрного моря на глубинах 0,5–10 м преобладают ландшафты, приуроченные к подводному склону, где доминируют ерикариево-гонголариевые и ерикариево-гонголариево-филлофоровые фитоценозы. Для открытых побережий на глубинах 10–20(30) м характерны ландшафты слабонаклонной равнины, где распространены филлофоровые и нерейя-занардиниево-кодиумовые фитоценозы. Для бухт отмечен ландшафт слабонаклонной равнины, где господствуют сообщества морских трав, диапазон глубин их распространения варьирует от 0,5 м до 12(15) м).

6. Показано, что пространственное распространение и распределение подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова обусловлено геолого-геоморфологическим строением дна, гидро- и литодинамическими особенностями акватории.

7. Выявлено, что геолого-геоморфологическое строение береговой зоны Крымского полуострова является индикационным признаком формирования ландшафтообразующих факторов прибрежья, определяет рисунок ландшафтной структуры и влияет на распределение показателей продукционных характеристик растительной компоненты подводных ландшафтов прибрежной зоны.

8. Впервые проведен анализ многолетней динамики подводных ландшафтов Чёрного моря за более чем 50-летний период, который показал, что в прибрежной зоне Крымского полуострова сохраняется ландшафтный «каркас», где преобладают ландшафты с доминирующими видами макрофитов. Обнаружено, что за исследуемый период произошло сокращение площади распространения и изменение конфигурации границ изучаемых ландшафтов. Значительные

изменения также отмечены в качественных и количественных показателях их растительной компоненты.

9. Установлено, что подводные ландшафты Чёрного моря, где доминируют *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, претерпели наименьшие изменения. Эти ландшафты регистрировали в прибрежной зоне Крымского полуострова на протяжении всего исследуемого периода. Ландшафты, где отмечены глубоководные виды водорослей (*Phyllophora crispa*, *Nereia filiformis*, *Zanardinia typus*, *Codium vermilara*, *Carradoriella elongata*), и, где обитают морские травы (*Zostera marina*, *Zostera Noltei*), оказались наиболее подверженными трансформации. Выявлено, что за изучаемый период увеличилась площадь «переходных» ландшафтов, где на одной глубине фиксируется одновременно несколько фитоценозов.

10. В соответствии с разработанной методикой оценки устойчивости подводных ландшафтов Чёрного моря крымской прибрежной зоны впервые рассчитана интегральная оценка. Выявлено, что наиболее устойчивым к природно-антропогенным воздействиям является подводный ландшафт, где зарегистрирован ерикариево-гонголариевый фитоценоз. Этот ландшафт является основной средообразующей морской геосистемой региона, выполняет буферные функции между побережьем и прибрежьем. Ландшафты, где доминируют филлофоровый или взморниковые фитоценозы характеризуются низкой интегральной оценкой. Показано, что устойчивость подводных ландшафтов Чёрного моря прибрежной зоны Крымского полуострова определяется следующим рядом природных компонентов: геолого-геоморфологическое строение → гидродинамические характеристики → донная растительность.

11. Впервые изучена ландшафтная структура береговой зоны на уровне двух подсистем (природной и хозяйственной) для наземной и аквальной частей на примере ключевых участков Крымского полуострова. Примененный подход к изучению береговой зоны является основой для определения приоритетных направлений прибрежно-морского природопользования, обоснования природоохранных мероприятий, ландшафтного планирования и функционального зонирования.

12. Впервые разработан подход к формированию экологической сети черноморской прибрежной зоны Крымского полуострова, выделены ее пространственно-функциональные элементы. Выявлено, что к ключевым природоохранным акваториям относятся ландшафты, где доминируют ерикариево-гонголариевые фитоценозы, к транзитным – ерикариево-гонголариево-филлофоровые, к восстановительным – филлофоровые альгоценозы. Полученные результаты и предложенный подход могут быть использованы для разработки экологической сети крымского побережья.

**СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ:**

Статьи в рекомендованных изданиях ВАК Минобрнауки РФ:

1. **Панкеева, Т.В.** Количественные показатели макрофитобентоса как критерии обоснования природоохранной ценности акваторий (регион Севастополя) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, С.А. Ковардаков // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 1. – С. 28–33.
2. **Новикова, А.М.** ГИС в морских исследованиях: мировой опыт и возможности его применения на примере Черноморского региона /А. М. Новикова, Е.С. Каширина, А.А. Новиков, А.Б. Полонский, **Т.В. Панкеева** //Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2017. – Т. 1, № 3. – С. 54–66.
3. **Панкеева, Т.В.** Методические аспекты изучения конфликтов природопользования побережья / Т.В. Панкеева, Е.С. Каширина, А.Ю. Панкеева //Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4(70), № 3. – С. 151–163.
4. **Панкеева, Т.В.** Пространственное распределение макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры дна в бухте Ласпи (Чёрное море) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Вестник Удмуртского ун-та. Серия Биология. Науки о Земле. – 2019. – № 29(1). – С. 111–123.
5. **Панкеева, Т.В.** Картографирование донной растительности бухты Круглая (г. Севастополь, Чёрное море) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А. Б. Новиков // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2019. – № 3. – С. 61–71. DOI: 10.22449/2413-5577-2019-3-61-71
6. **Панкеева, Т.В.** Донные природные комплексы бухты Круглая /Т. В. Панкеева, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2019. – Т. 5(71), № 2. – С. 89–100.
7. **Панкеева, Т.В.** Запасы макрофитов как показатель состояния подводных ландшафтов (Чёрное море) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2019. – № 6. – С. 102–112.
8. **Панкеева, Т.В.** Донные природные комплексы бухты Ласпи /Т. В. Панкеева, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2019. – Т. 5(15), вып. 4. – С. 319–332.
9. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтные исследования прибрежной зоны памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Джангульского оползневого побережья» / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2020. – Т. 6(72), № 1. – С. 126–143.
10. **Миронова, Н.В.** Пространственно-временные изменения макрофитобентоса бухты Круглая (Чёрное море) / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева**

// Юг России: экология, развитие – 2020. – Т. 15, № 2. – С. 125–139. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-125-139.

11. **Панкеева, Т.В.** Опыт картографирования донной растительности (на примере бухты Ласпи, Чёрное море) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, Б. А. Новиков // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т.6(16), вып. 4. – С. 154–169.

12. **Позаченюк, Е.А.** Состояние особо охраняемых природных территорий города федерального значения Севастополя / Е.А. Позаченюк, **Т.В. Панкеева**, А.Ю. Панкеева, Е.В. Пизова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т. 6(16), вып. 2. – С. 161–171.

13. **Миронова, Н.В.** Распределение запасов макрофитов у Джангульского побережья Крымского полуострова / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2021. – № 3. – С. 120–131.

14. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтная структура западного побережья города Севастополя / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2021. – Т. 7(17), № 2. – С. 276–291. <https://doi.org/10.37279/2309-7663-2021-7-2-272-287>

15. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» / Т.В. Панкеева, Н. В. Миронова. А.В. Пархоменко // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2021. – Вып. 2(18). – С. 36–48. doi: 10.21072/eco.2021.18.03

16. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» (Севастополь) /Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2022. – Т. 8(18), № 1 – С. 161–175.

17. **Панкеева, Т. В.** Ландшафтная структура береговой зоны памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» / Т.В. Панкеева, Н. В. Миронова // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского-природного заповедника РАН. – 2022. – Вып. 1(21) – С. 51–60. doi: 10.21072/eco.2022.21.06

18. **Панкеева, Т.В.** Многолетняя динамика подводных ландшафтов прибрежной зоны мыс Коса Северная – мыс Толстый (Севастополь) /Т. В. Панкеева, Н.В. Миронова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2022. – № 2. – С. 70–85.

19. **Панкеева, Т.В.** Распределение донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива Крымского полуострова / Т.В. Панкеева, Н. В. Миронова, Ю.Н. Горячкин, Л.В. Харитонова // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17, № 2. – С. 62–75. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-62-75>

20. **Панкеева, Т.В.** Современные ландшафты западного побережья Севастополя / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2022. – Т. 8(74), № 1. С. 54–69.

21. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» / Т.В. Панкеева, Н. В. Миронова, А.В. Пархоменко // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2022. – Т. 7. – № 3(23). – С. 45–60. <https://doi.org/10.21072/eco.2022.23.05>

22. **Панкеева, Т.В.** Современные ландшафты береговой зоны юго-западной части города Севастополя / Т.В. Панкеева, С.В. Борисов // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2023. – Т. 9(19), № 1. – С. 305–320.

23. **Панкеева, Т.В.** Подходы к формированию экологического каркаса западного побережья Севастополя / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А. В. Пархоменко // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2023. – № 3. – С. 105–113.

24. **Каширина, Е. С.** Воздействие рекреации на почвенно-растительный покров особо охраняемых природных территорий Севастополя (на примере Большой Севастопольской тропы) / Е. С. Каширина, **Т. В. Панкеева** // Географическая среда и живые системы. – 2023. – № 4. – С. 91–107. DOI: 10.18384/2712-7621-2023-4-91-107

Монографии:

25. **Позаченюк, Е.А.** Геоэкологическая экспертиза административных территорий. Большой Севастополь. / Е.А. Позаченюк, **Т.В. Панкеева** Симферополь: Бизнес-Информ, 2008. – 296 с.

26. **Панкеева, Т.В.** Низкогорный ландшафтный уровень южного макросклона южных гор (ЮБК) / Т.В. Панкеева // Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / [монография под ред. Е.А. Позаченюк]. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. – С. 294–316.

27. **Панкеева, Т.В.** Среднегорный ландшафтный уровень / Т.В. Панкеева // Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / [монография под ред. Е.А. Позаченюк]. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. – С. 394–405.

28. Морские охраняемые акватории Крыма / Н.А. Мильчакова, В. А. Александров, Л.В. Бондарева, **Т.В. Панкеева**, Е.Б. Чернышева. – Севастополь: Ин-т мор. биол. исслед. – Симферополь: Н. Орианда, 2015. – 312 с.

29. Особо охраняемые природные территории Севастополя / Гл. упр. природ. ресурсов и экологии города Севастополя; редкол.: Ю.А. Гаврилова (пред.), Е.И. Голубева, Е.А. Позаченюк. Симферополь: Ариал, 2020. 140 с. Авт. текстов и ил.: Горалевич К.Г., Горшков Е.И., Губанов В.В., Евсеенков, П. Е. Епихин Д.В., Исаев В.С., Каширина Е.С., Кузьмина А.В., Лямина Н.В., Миронова Н.В., Новиков А.А., **Панкеева Т.В.**, Прокопов Г.А., Прыгунова И.Л., Пышкин В.Б., Рубцова С.И., Соколова М.С., Шамрей Д.В.

30. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтное разнообразие / Т.В. Панкеева, Е.С. Каширина // История Севастополя: в 3 томах / под общ. ред.: Ю.А. Петров, Е.Б. Алтабаева. – Москва: ИстЛит. 2021. Т. I: Юго-Западный Крым с древнейших времен до 1774 года. – С. 83–89.

31. **Панкеева, Т.В.** Почвы / Т.В. Панкеева, Е.С. Каширина // История Севастополя: в 3 томах / под общ. ред.: Ю.А. Петров, Е.Б. Алтабаева. – Москва: Ист. Лит. 2021. Т. I: Юго-Западный Крым с древнейших времен до 1774 года. – С. 67–69.

Статьи в других рецензируемых изданиях:

32. **Миронова, Н.В.** Пространственное распределение макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры юго-западной части региона Севастополя / Н. В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Экосистемы. – 2018. – Вып. 14(44). – С. 20–30.

33. **Миронова, Н.В.** Долговременные изменения пространственного распределения запасов макрофитов в бухте Ласпи (Чёрное море) / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Экосистемы. – 2018. – Вып. 16(46). – С. 33–46.

34. **Панкеева, Т.В.** Организация и оптимизация территориальной структуры природного заказника «Ласпи» (г. Севастополь) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Биота и среда заповедных территорий. – 2018. – № 4. – С. 124–139.

35. **Миронова, Н.В.** Ландшафтный подход к оценке запасов макрофитов юго-западной части Гераклеийского полуострова (Чёрное море, регион Севастополя) / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Вопросы современной альгологии. – 2018. – № 3(18). <http://algology.ru/1375>

36. **Pankeeva, T.V.** Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea) / T.V. Pankeeva, N.V. Mironova // Oceanology, 2019. – Vol. 59, iss. 1. – P. 86–98. doi:10.1134/S0001437019010168

37. **Миронова, Н.В.** Пространственное распределение запасов макрофитов в бухте Круглой (Черное море) / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Экосистемы. – 2019. – Вып. 19. – С. 16–26.

38. **Mironova, N.V.** Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos in the Coastal Zone of Karanskii Nature and Landscape Reserve (Sevastopol, Black Sea) / N. V. Mironova, **T.V. Pankeeva** // Biology Bulletin. – 2021. – Vol. 48, no. 10. – P. 1941–1949. <https://doi.org/10.1134/S1062359021100320>

39. **Панкеева, Т.В.** Пространственно-временные изменения макрофитобентоса в прибрежных ландшафтах у мыса Коса Северная (Севастополь) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – № 2. – С. 66–72. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-066-072>

40. **Миронова, Н.В.** Распределение запасов макрофитов в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Экосистемы. – 2023. – № 33. – С. 88–96. <http://ekosystems.cfuv.ru/распределение-запасов-макрофитов-в-а/>

41. **Миронова, Н.В.** Запасы макрофитов в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» / Н.В. Миронова, **Т. В. Панкеева** // Биоразнообразии и устойчивое развитие. – 2023. – Т. 8, № 2(26). – С. 26–35. <https://doi.org/10.21072/eo.2023.26.03>

42. *Миронова, Н.В.* Запасы макрофитов в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» / Н.В. Миронова, **Т. В. Панкеева** // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. – Т. 9, № 3. – С. 151–164. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54904068>

43. *Миронова, Н.В.* Ресурсы макрофитов памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Экосистемы. – 2023. – № 36. – С. 171–180. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10377157>

Статьи в нерецензируемых изданиях:

44. *Мильчакова, Н.А.* Критерии оценки состояния макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры (Крым, Чёрное море) / Н.А. Мильчакова, **Т.В. Панкеева**, Н.В. Миронова // Гидробиотаника 2015: материалы VIII Всерос. конф. с междунар. участием по водным растениям (п. Борок, 16–20 окт. 2015 г.) / Федеральное агентство научных организаций России, РАН, ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина» РАН. – Ярославль, 2015. – С. 184–187.

45. *Ковардаков, С.А.* Донная растительность севастопольской зоны южного берега Крыма (б. Ласпи) и ее роль в процессах самоочищения / С.А. Ковардаков, Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева**, В. Г. Рябогина // Гидробиотаника 2015: материалы VIII Всерос. конф. с междунар. участием по водным растениям (п. Борок, 16–20 окт. 2015 г.) / Федеральное агентство научных организаций России, РАН, ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина» РАН. – Ярославль, 2015. С. 144–147.

46. *Александров, В.В.* Экспертная оценка природоохранной ценности макрофитобентоса морских охраняемых акваторий г. Севастополя / В. В. Александров, Л.В. Бондарева, С.А. Ковардаков, Н.А. Мильчакова, Н. В. Миронова, **Т.В. Панкеева**, В. Г. Рябогина // III Феодосийские научные чтения: тр. междисциплинарной науч.-практ. конф., 21–22 мая 2015 г. – Феодосия, 2015. – С. 76–79.

47. *Панкеева, Т. В.* Методические аспекты оценки состояния сети особо охраняемых природных территорий (на примере Большого Севастополя) / Т. В. Панкеева, Н.В. Миронова, В.Г. Рябогина // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий: сб. ст. 2-й Всерос. науч.-практ. конф. (2–4 дек., 2015 г., Сочи). – Сочи, 2015. – С. 209–216.

48. *Миронова, Н. В.* Многолетние изменения запасов макрофитов и их связь с ландшафтной структурой дна (Бухта Ласпи, Крым, Чёрное море) / Н. В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч. школы-конф., посвящ. 115-летию со дня рождения А. А. Уранова (Пенза, 10–14 мая 2016 г.) / под ред. Н. А. Леоновой. – Пенза, 2016. – С. 389–392.

49. **Панкеева, Т. В.** Биомасса макрофитов как показатель конфликтного природопользования особо охраняемых природных объектов г. Севастополя / Т. В. Панкеева, Н.В. Миронова // Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 4–8 апреля 2016 г.). – Уфа, 2016. – С. 275–282.

50. **Миронова, Н.В.** Запасы макрофитов как показатель экологического состояния береговой зоны региона Севастополя / Н.В. Миронова, **Т.В. Панкеева** // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 2. – С. 306–309.

51. **Панкеева, Т.В.** Функциональное зонирование береговой зоны юго-западной части региона Севастополя / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий: сб. ст. III Всерос. науч.-практ. конф. (30 ноября–2 декабря, 2016 г., Сочи). – Сочи, 2016. – Т. 3. – С. 162–168.

52. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтная структура донных природных комплексов бухты Ласпи / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Заповедники Крыма–2016: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление: тез. VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Симферополь, 28–30 апр. 2016 г.). – Симферополь, 2016. – С. 155–157.

53. **Панкеева, Т.В.** Современное состояние донных природных комплексов заказника «Мыс Айя» / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Природное наследие России: сб. науч. ст. Междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию национального заповедного дела и Году экологии в России (Пенза, 23–25 мая 2017 г.) / под ред. д.б.н., проф. Л.А. Новиковой – Пенза: Изд-во ПГУ, 2017. – С. 310–312.

54. **Панкеева, Т.В.** Природоохранная ценность донных природных комплексов бухты Ласпи (Чёрное море) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, С. А. Ковардаков // Крым – эколого-экономич. регион. Пространство ноосферного развития: материалы I Междунар. экологич. форума в Крыму (Севастополь, 20–24 июня 2017 г.). – Севастополь: Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе, 2017. – С. 211–214.

55. **Каширина, Е.С.** Конфликты природопользования в береговой зоне на примере Крыма / Е.С. Каширина, Т.В. Панкеева // Рациональное природопользование: традиции и инновации: материалы II Междунар. конф., Москва, МГУ, 17–18 ноября 2017 г. – Москва: ООО «Издат. дом КДУ», 2017. – С. 107–110.

56. **Панкеева, Т.В.** Роль морских охраняемых акваторий в сохранении донных природных комплексов (г. Севастополь) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко // ЭКОБИО–2018: Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами: сб. материалов V науч.-практ. молодежной конф. (Севастополь, 8–11 октября 2018 г.) – Севастополь: Филиал МГУ в г. Севастополе, 2018. – С. 124–127.

57. **Панкеева, Т.В.** Распределение запасов макрофитов и их связь с ландшафтной структурой прибрежной зоны региона Севастополя / Т.В. Панкеева,

Н.В. Миронова // *Ландшафтная география в XXI веке: материалы междунар. науч. конф. «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова»*, Симферополь, 11–14 сентября, 2018 г. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 430–433.

58. **Панкеева, Т.В.** Морские ландшафты: проблемы и перспективы изучения (Чёрное море, Крым) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // *Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Междунар. ландшафтной конф. (Воронеж, 14–17 мая 2018 г.)* / ред.: В.Б. Михно [и др.]. – Воронеж: ИСТОКИ, 2018. – Т. 2. – С. 107–109.

59. **Панкеева, Т.В.** Природный заказник «Спилия» как новый объект ООПТ Севастополя / Т.В. Панкеева, Е.С. Каширина, Н.В. Миронова, А.А. Новиков // *Заповедники – 2019: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (Симферополь, 9–11 октября 2019 г.)*. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ». – 2019. – С. 79–84.

60. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтная структура бухт Севастополя / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко // *Ландшафтоведение и ландшафтная экология: коадаптация ландшафта и хозяйственной деятельности: материалы междунар. науч.-практ. конф. «Четвертые ландшафтно-экологические чтения, посвященные Г.Е. Гришанкову»*, Симферополь, 22–25 сентября 2020 г. / ред. Е.А. Позаченюк [и др.]. – Симферополь: Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, 2020. – С. 284–288.

61. **Новиков, А.А.** ГИС-анализ распространения охраняемых видов растений на Крымском полуострове / А.А. Новиков, Е.С. Каширина, Т.В. **Панкеева**, М. Д. Анкудинова // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф.* – Москва: Изд-во Московского ун-та, 2021. – Т. 27, ч. 3. – С. 242–255. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-3-27-242-255>

62. **Панкеева, Т.В.** Макрофитобентос мелководной зоны Каркинитского залива / Н.В. Миронова, Т.В. Панкеева // *Морские исследования и образование (MAREDU-2021): труды X Междунар. науч.-практ. конф., 25–29 октября 2021 г.* – Москва, РФ. – Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. – Т. 2(III). – С. 152–155.

63. **Панкеева, Т.В.** Картографирование биотопов донной растительности Джангульского побережья с использованием ГИС / Т.В. Панкеева, А. В. Дрыгваль, Н.В. Миронова // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф.* – М.: Изд-во Московского ун-та, 2022. – Т. 28, ч. 2. – С. 614–631. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-614-631>

64. **Панкеева, Т.В.** Ландшафты западного побережья Севастополя: охрана и пути оптимизации природопользования / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А. В. Пархоменко // *Природа и общество: интеграционные процессы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Пятые ландшафтно-экологические чтения, посвященные Г.Е. Гришанкову»*, 12–16 сентября 2022 г., Севастополь, РФ. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2022. – С. 74–78.

65. **Пархоменко, А.В.** Пути оптимизации особо охраняемых природных территорий юго-западной части города Севастополя / А.В. Пархоменко,

Т. В. Панкеева, Н.В. Миронова // Моря России: вызовы отечественной науки: тез. докл. Всерос. науч. конф., 26–30 сентября 2022 г., Севастополь, РФ. – Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ, 2022. – С. 339–341.

Опубликованные тезисы докладов

66. *Каширина, Е.С.* Картографическое обеспечение исследований подводных ландшафтов на примере бухты Ласпи / Е.С. Каширина, **Т. В. Панкеева** // Системы контроля окружающей среды-2016: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Севастополь, 24–27 октября 2016, ИПТС. – Севастополь, 2016. – С. 193.

67. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтная структура прибрежной зоны Юго-западного Крыма / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Ломоносовские чтения 2017 года: сб. материалов науч. конф. (Севастополь, 22 марта 2017 г.). – Севастополь: Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе, 2017. – С. 85.

68. **Панкеева, Т.В.** Ландшафтная структура бухты Круглой / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко // Ломоносовские чтения: материалы ежегод. науч. конф. МГУ, 3–5 апреля 2019 года, г. Севастополь. К 20-летию со дня основания Филиала МГУ в г. Севастополе. – Севастополь: Филиал МГУ в г. Севастополе, 2019. – С. 215–216.

69. **Панкеева, Т.В.** Использование БПЛА для изучения донной растительности (Чёрное море, Севастополь) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова, Б. А. Новиков // Ломоносовские чтения: материалы ежегод. науч. конф., МГУ, 22–24 апреля 2020 года, г. Севастополь / под ред. О.А. Шпырко. – Севастополь: Филиал МГУ в г. Севастополе, 2020. – С. 34–35.

70. **Панкеева, Т.В.** Пространственное распределение макрофитобентоса в ландшафтах заказника «Караньский» / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон (XXVIII Береговая конференция : тез. докл. Всерос. науч. конф., г. Севастополь 21–25 сентября 2020. – г. Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ, 2020. – С. 451–453.