

На правах рукописи



СУШКОВА ЕКАТЕРИНА ГРИГОРЬЕВНА

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ
ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

Специальность – 1.6.21. Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Ростов-на-Дону – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном
учреждении высшего образования «Южный федеральный университет»
(ФГАОУ ВО «ЮФУ»)

**Научный
руководитель:**

Беспалова Людмила Александровна,
доктор географических наук, доцент, профессор
кафедры океанологии Южного федерального
университета

**Официальные
оппоненты:**

Горбунов Роман Вячеславович,
доктор географических наук, и. о. директора
Института биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского РАН
Сорокина Вера Владимировна,
кандидат географических наук, старший научный
сотрудник, Южный научный центр РАН

Защита диссертации состоится «25» декабря 2025 года в 14:00 на заседании диссертационного совета ЮФУ801.01.11 по географическим наукам на базе Института наук о Земле Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 201.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке им. Ю.А. Жданова Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Р. Зорге, 21Ж и на сайте Южного федерального университета <https://hub.sfedu.ru/diss/show/1347014/>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Отзыв на автореферат в 2-х экз. (с указанием даты, полностью ФИО, учёной степени со специальностью, звания, организации, подразделения, должности, адреса, телефона, e-mail), заверенный печатью организации, просим направлять по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 208, ученому секретарю диссертационного совета ЮФУ801.01.11 Решетняк О.С., а также в формате pdf на e-mail: osreshetnyak@sfedu.ru (до отправки по почте).

Ученый секретарь
диссертационного совета, д. г. н.



Решетняк Ольга Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Таманский залив и его побережье представляют собой уникальный природный комплекс на стыке Азовского и Черного морей, характеризующийся высоким ландшафтным и биологическим разнообразием. Донная растительность данной акватории выполняет ряд критически важных функций: стабилизирует береговую линию, предотвращая абразию и эрозию, является ключевым элементом в процессах биогенной миграции элементов, служит местом обитания, воспроизводства и нагула для многочисленных видов гидробионтов, а её деградация неминуемо ведет к нарушению функционирования не только морских, но и некоторых прибрежных экосистем.

Цель исследования – оценка современного состояния растительных сообществ Таманского залива под воздействием природно-техногенных факторов.

Задачи исследования:

- проанализировать современное состояние ландшафтно-экологических и гидробиотических исследований макрофитобентоса;
- дать физико-географическую характеристику Таманского залива;
- охарактеризовать донные растительные сообщества Таманского залива и факторы влияния на их состояние;
- выполнить анализ методических решений для оценки состояния и пространственного распределения растительных сообществ Таманского залива;
- определить классы экологического состояния донных природных комплексов с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса;
- выполнить оценку степени трансформации донных природных комплексов Таманского залива на основе состояния растительных сообществ под влиянием природных и антропогенных факторов

Объект исследования – акватория Таманского залива.

Предмет исследования – экологическое состояние донных растительных сообществ.

Соответствие диссертационного исследования паспорту специальности. Тема научной работы соответствует паспорту специальности 1.6.21. Геоэкология.

В связи с изучением и оценкой состояния процессов, происходящих на объекте исследования, а также применением современных методов картирования, исследование по данной тематике полностью отвечает следующим пунктам паспорта специальности:

5. Природная среда и индикаторы ее изменения под влиянием естественных природных процессов и хозяйственной деятельности человека (химическое и радиоактивное загрязнение биоты, почв, пород, поверхностных и подземных вод), наведенных физических полей, изменения состояния криолитозоны

11. Оценка экологического состояния и управление современными ландшафтами. Глобальные и региональные изменения ландшафтно-климатических условий среды обитания в антропоцене.

Научная новизна работы заключается, в том, что впервые для Таманского залива автором:

- выделены донные природные комплексы на основе доминат водных растительных сообществ и определены их биомассы и видовой состава;
- оценено экологическое состояние донных природных комплексов с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса;
- выполнена интегральная геоэкологическая оценка степени трансформации донных природных комплексов Таманского залива на основе состояния растительных сообществ под влиянием природных и антропогенных факторов.

Практическая значимость. Результаты исследования могут быть положены в основу мониторинга донных природных комплексов, а также мониторинга состояния макрофитобентоса замкнутых и полузамкнутых акваторий в условиях природно-техногенных воздействий. Результаты интегральной геоэкологической оценки могут применяться при пространственном планировании прибрежных территорий и акваторий в целях рационального управления землепользованием и развитием инфраструктуры для снижения рисков и укрепления экологической устойчивости. Материалы диссертации могут быть использованы при чтении курса лекций по Гидрологии, Региональной океанографии, Гидробиологии для студентов Южного федерального университета.

Достоверность результатов. Достоверность результатов работы определяется использованием большого объема полевых, лабораторных и камеральных исследований за период 2020-2024 гг., применением методов, используемых в геоэкологии, гидробиологии, статистических методов обработки информации, сравнительно-географического метода, ГИС. Все исследования основаны на данных полевых исследований и ретроспективного анализа научных данных, с использованием ГИС технологии.

Исходный материал и личный вклад автора. Объем выполненных исследований представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Общий объем исследований

№	Виды работ	Количество
1	Построение ландшафтных профилей.	7 трансект
	Выполнение гидрботанических исследований (ОПП, видовой состав и т.п)	440 пробы.
	Выполнение геоэкологических исследований (гранулометрический состав грунтов, содержание биогенных элементов (фосфаты/нитраты), солености, температуры акватории)	110 проб.
2	Создание карт:	
	1. Батиметрическая карта Таманского залива.	1 шт.
	2. Карта грунтов акватории Таманского залива	1 шт.
	3. Карта донных природных комплексов Таманского залива в современный период.	1 шт. 1 шт.
	4. Карта классов экологического состояния донных природных комплексов по основным значениям $(S/W)_{3Dp}$, $(S/W)_x$, SI_{ph} , S_{sp} .	4 шт.
	5. Карта итоговой оценки экологического состояния растительных сообществ в донных природных комплексах	1 шт. 1 шт.
	6. Карта донных природных комплексов Таманского залива в период 1978-2000 гг.	1 шт.
	7. Карта донных природных комплексов Таманского залива в 2005 г	1 шт.
8. Карта геоэкологического зонирования Таманского залива по степени трансформации макрофитобентосных сообществ		

Апробация работы и публикации. По теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в ведущих рецензируемых изданиях, соответствующих перечню ВАК и Scopus – 10 работ, в том числе 3 публикации по специальности 1.6.21 - геоэкология.

Основные положения и результаты исследований докладывались на научных конференциях всероссийского и международного уровня: Ботаника в современном мире: Труды XIV съезда Русского ботанического общества и конференции. Махачкала, 18-24 июня 2018, Всероссийская научно-практическая школа-конференция «Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана» (28 сентября – 02 октября 2020 года, пгт. Курортное, Феодосия, Республика Крым, РФ), Международная научная конференция, посвящённая 150-летию Севастопольской биологической станции — Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», (13–18 сентября 2021 г., Севастополь), Всероссийская научно-практическая конференции с международным участием «Современное состояние и перспективы сохранения биоресурсов: глобальные и региональные процессы» (Майкоп, 15 декабря 2021 г.), Всероссийская конференция с международным участием «Российская

геоботаника: итоги и перспективы (к 100-летию Отдела геоботаники БИН)» (Санкт-Петербург, 26–30 сентября 2022 г.), Международная научно-практическая конференция «Экология. Экономика. Информатика. Проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования посвященная 20-летию кафедры океанологии ЮФУ» (базовой кафедры ЮНЦ РАН) и памяти первого заведующего кафедрой, члена-корреспондента РАН Дмитрия Геннадьевича Матишова (09-13 сентября 2024 года, г. Новороссийск, п. Абрау-Дюрсо).

Защищаемые положения:

1. Для современного периода установлены классы экологического состояния растительных сообществ в донных природных комплексах (ДПК) с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса. На долю донных природных сообществ в хорошем экологическом состоянии приходится 35 % площади акватории залива, в удовлетворительном – 9 %, в неудовлетворительном – 56 %.

2. Ретроспективный анализом установлено, что под влиянием природных и техногенных воздействий произошли существенные изменения в экосистеме Таманского залива, что обусловило смену доминант донных растительных сообществ, снижение биомасс ранее доминировавших взморников и уменьшение ландшафтного разнообразия залива (число ДПК сократилось по сравнению с 1978 г. к настоящему времени практически в 2 раза).

3. Интегральной геоэкологической оценкой установлено, что на долю с низким проявлением трансформационных процессов в современный период приходится 21 % площади акватории залива, средним – 23 %, высоким – 56 %.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 170 страниц. Текст сопровождается 45 рисунками и 27 таблицами. Список использованной литературы включает 222 наименования.

Благодарности. Автор выражает глубочайшую благодарность своему научному руководителю Л.А. Беспаловой за помощь в работе и ценные рекомендации, благодарит директора Института наук о Земле ЮФУ А.Н. Кузнецова за советы, данные им в процессе подготовки диссертации, выражает признательность А.Е. Цыганковой и студентам кафедры океанологии, которые помогали автору в полевых исследованиях.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обозначена актуальность темы, представлены цели и задачи диссертационного исследования, раскрывается научная новизна, практическая значимость работы, ее апробация и положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрено современное состояние ландшафтно-экологических и гидробиотических исследований макрофитобентоса на основе литературных данных (Громов, 1983, Беспалова, 2006, Петров, 2020, Панкеева, 2022; и т.д.).

Во второй главе диссертационной работы рассмотрены природные условия Таманского залива, географическое положение, геология и рельеф территорий климат региона, а также гидроклимат (Федоров, 2012, Матишов, 2018, Телегин, 2018 и т.д.)

В третьей главе описаны доминирующие донные растительные сообщества и основные факторы, влияющие на их состояние (температура, освещенность, биогенные вещества, соленость, гранулометрический состав) (Duarte, 1991, Batiuk 1992, Short, 2021 и т.д.).

В четвертой главе диссертации представлены этапы исследования:

1. *Ландшафтное профилирование и картирование донных природных комплексов.* Для изучения пространственно-временных изменений макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры дна использовали материалы исследований, проведенных в Таманском заливе (включая Динской залив) в весенне-летний период 2020-2024 гг (Сушкова, 2024). Работы проводили на основе общепринятых методов подводных ландшафтных и гидробиотических исследований (Громов, 1973; Петров, 1989; Блинова и др., 2005; Игнатов и др., 1982). В заливе были заложены ландшафтные профили, пересекающие залив от берега к берегу, а также ряд точечных станций (рис. 1).

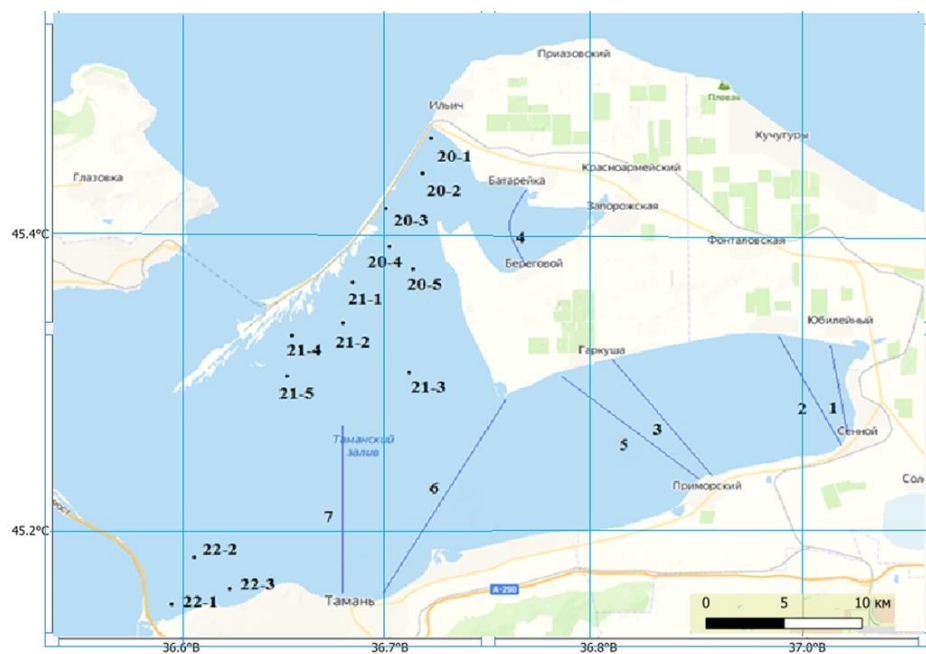


Рисунок 1 - Карта-схема работ в Таманском заливе в 2020-2024 гг.

На каждой станции, в том числе вдоль профиля, измеряли прозрачность, глубину, соленость, поверхностную и придонную температуру, отбирали пробы воды на определение содержания биогенных веществ (фосфатов, нитратов, нитритов), пробы донных отложений и макрофитобентоса. Данные объединяли в интерпретационные таблицы.

Для создания ландшафтной карты использовали программный пакет QGIS версии 3.32.3 и электронную основу карты Таманского залива. Географическую привязку границ фитоценозов и определение их площади осуществляли с помощью программы QGIS версии 3.32.3 и ресурса kosmosnimki.ru.

2. *Оценка современного состояния растительных сообществ в донных природных комплексах по морфофункциональным характеристикам.* Для сбора и обработки данных по оценке класса экологического состояния (КЭС) донных природных комплексов с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса использовалось «Руководство по мониторингу Черного моря: Макрофитобентос» (Minicheva et al., 2015). Для оценки класса экологического состояния (КЭС) были использованы четыре морфофункциональных показателя макрофитов: величина удельной поверхности популяции первых трех доминантов фитоценоза (S/W_{3DP}), средняя величина удельной поверхности для всех видов сообщества – $(S/W)_x$, индекс поверхности фитоценоза (SI_{ph}) и процент чувствительных видов во флористическом составе сообществ макрофитобентоса (S_{sp}).

Для оценки категорий КЭС на основе морфофункциональной организации сообществ макрофитов была использована схема классификации для прибрежных и шельфовых местообитаний Черного моря с соленостью 12–17 ‰ (Minicheva et al., 2015) (табл. 2).

Таблица 2 - Схема классификации для прибрежных и шельфовых местообитаний Черного моря с соленостью 12–17 ‰ (Minicheva et al., 2015)

КЭС	Оценочный индекс экологического состояния			
	$(S/W)_{3DP}, м^2/кг$	$(S/W)_x, м^2/кг$	$SI_{ph}, ед.$	$S_{sp}, \%$
Очень хороший	$(S/W)_{3DP} < 15$	$(S/W)_x < 60$	$SI_{ph} < 25$	$100 \geq (S_{sp}, \%) > 86$
Хороший	$15 \leq (S/W)_{3DP} \leq 30$	$60 \leq (S/W)_x \leq 80$	$25 \leq SI_{ph} \leq 40$	$85 \geq (S_{sp}, \%) > 51$
Средний	$31 \leq (S/W)_{3DP} \leq 45$	$81 \leq (S/W)_x \leq 120$	$41 \leq SI_{ph} \leq 55$	$50 \geq (S_{sp}, \%) > 21$
Плохой	$46 \leq (S/W)_{3DP} \leq 60$	$121 \leq (S/W)_x \leq 200$	$56 \leq SI_{ph} \leq 90$	$20 \geq (S_{sp}, \%) > 1$
Очень плохой	$(S/W)_{3DP} > 60$	$(S/W)_x > 200$	$SI_{ph} > 90$	$(S_{sp}, \%) = 0$

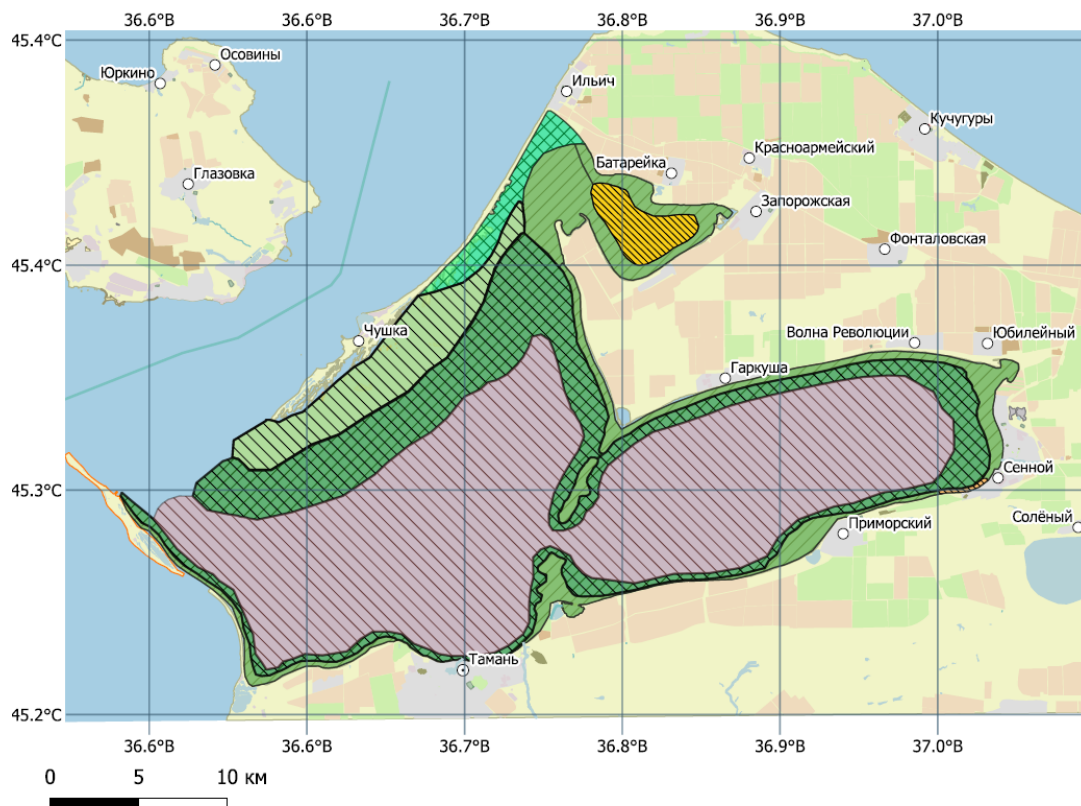
Для классов экологического состояния по каждому отдельному оценочному индексу присваивались следующие баллы: очень хороший – 1 балл, хороший – 2, средний – 3, плохой – 4, очень плохой – 5 баллов. Баллы по всем индексам суммировались. Таким образом, самое лучшее состояние макрофитобентоса соответствовало «очень хорошему» классу по всем индексам (сумма – 4 балла), самое плохое экологическое состояние – «очень плохому» классу по всем индексам (сумма – 20 баллов). Для итоговой трехуровневой оценки экологического состояния приняли следующую шкалу: от 4 до 10 баллов – хорошее экологическое состояние, от 11 до 15 – удовлетворительное, от 16 до 20 – неудовлетворительное.

3. Оценка степени трансформации растительных сообществ в ДПК во временном периоде с 1978 по 2024 гг. В ретроспективном анализе использованы литературные материалы, опубликованные Громовым В.В. с соавт. за период с 1978 по 2005 гг. (Громов, 1998; Громов и др., 2002; Бирюкова и др., 2016). Геоэкологическая оценка степени трансформации ДПК Таманского залива проводилась по двум критериям: изменение/сохранение состава доминирующих и субдоминирующих видов и изменение биомассы макрофитобентоса.

Степень трансформации ДПК была ранжирована следующим образом. Низкая степень трансформации подразумевала сохранение в ДПК всех доминирующих и субдоминирующих видов; средняя степень – сохранение доминирующих видов, но сокращение количества субдоминантных; высокая степень предполагала полную смену как доминирующих, так и субдоминирующих видов.

Степень трансформации ДПК по критерию изменение биомассы донных растительных сообществ оценивалась следующим образом. Сокращение биомассы ассоциаций от 0 до 33% считалось низкой степенью трансформации, от 34 до 66% – средней, от 67 до 100% – высокой.

В пятой главе «Ландшафтная структура акватории Таманского залива в современный период» приводится анализ батиграфии, карт литологического состава и данных гидрботанических съемок, на основе которых была произведена экстраполяция участков дна со сходными параметрами для выделения однотипных участков морского дна (донных природных комплексов), что получило отражение в ландшафтной карте Таманского залива (рис. 2).



Условные обозначения:







- № ДПК
- 1  - мелководная отмель, сложенная крупнозернистыми песками с примесью ракуши с фитоценозами *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* – *Ulva intestinalis*-*Chaetomorpha linum* (ОПП – 80–100 %)
 - 2  мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с зарослями фитоценозов *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* (ОПП – 60–70 %);
 - 3  мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с битой ракуши с зарослями фитоценозов *Nanozostera noltei* + *Zostera marina* + *Cladophora siwaschensis* (ОПП – 80–90 %);
 - 4  мелководный береговой склон, сложенный песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала с фитоценозом *Zostera marina* (ОПП – 70–100 %)
 - 5  слабонаклонная подводная равнина, сложенные песчано-илистыми отложениями с фитоценозами *Chara baltica* + *Lamprothamnium papulosum* + *Chondria tenuissimum* + *Zannichellia major* + *Ceramium tenuissima* (ОПП – 40–70%)
 - 6  слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с фитоценозом *Pterothamnion plumula* (ОПП – 60–100%)

Рисунок 2 - Ландшафтная карта акватории Таманского залива

Согласно полученным данным, ландшафтная структура Таманского залива состоит из шести ДПК.

К области мелководной отмели, пролегающей вдоль всей береговой линии Таманского залива на глубинах до 2,0 м, с отложениями, представленными крупнозернистыми песками со значительной долей ракушки, приурочен пояс с фитоценозами *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* – *Ulva intestinalis* – *Chaetomorpha linum* (ДПК 1, общее проективное покрытие (далее – ОПП) – 80–100 %) (Сушкова и др., 2024).

В западной части акватории Динского залива, прилегающей к косе Чушка, на песчано-илистых отложениях, на глубинах до 1,2 м, преобладают фитоценозы *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* (ДПК 2, ОПП – 60–70 %). На лежащей южнее части акватории вдоль к. Чушка на отмелях до 1,3 м, с преобладанием песчано-илистых отложений с ракушкой доминирует смешанное сообщество *Nanozostera noltei* + *Zostera marina* + *Cladophora siwaschensis* с отдельными полупогруженными куртинами тростника (ДПК 3, ОПП – 80–90 %).

На участках вдоль береговой линии Таманского залива с глубинами 1,7 – 3,0 м, сложенных песчано-илистыми отложениями представлен доминирующий фитоценоз *Zostera marina* (ДПК 4, ОПП – 70–100 %).

В центральной части Динского залива с глубинами до 2,0 м, сложенной песчано-илистыми отложениями со значительной долей ракушки, преобладает фитоценоз *Chara baltica*, в котором субдоминантами являются *Lamprothamnium papulosum*, *Chondria tenuissimum*, *Zannichellia major*, *Ceramium tenuissima* (ДПК 5, ОПП – 40–70%). Этот же ДПК встречается узкой полосой вдоль берега в отдельных районах, в частности у пос. Сенной.

В центральной части Таманского залива с преобладающими глубинами от 3,0 до 6,0 м, на участках дна, сложенных тонкодисперсными илами, доминирует моновидовое сообщество свободнолежащей на грунте красной водоросли *Pterothamnion plumula*, с толщиной слоя до 20–30 см (ДПК 6, ОПП – 60–100%).

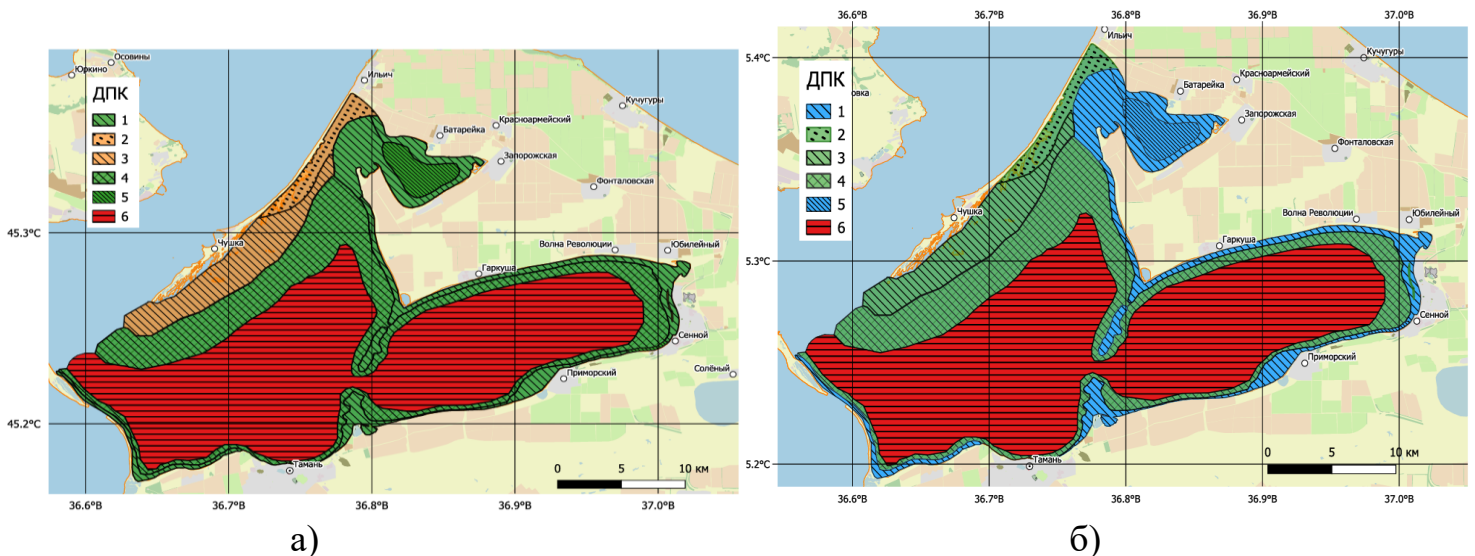
Для каждого донного природного комплекса в Таманском заливе были рассчитаны площади распространения и общие запасы макрофитобентоса.

В главе 6 «Экологический статус растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива в 2020-2024 гг.» был определен экологический статус растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива для каждого выделенного ДПК (табл. 3).

Таблица 3 - Оценка классов экологического состояния растительных сообществ в ДПК Таманского залива в современный период

ДПК	Категории, соответствующие значениям морфофункциональных индикаторов							
	$(S/W)_{3DP}$ м ² /кг	КЭС	$(S/W)_x$, м ² /кг	КЭС	SI_{ph} , ед.	КЭС	S_{sp} , %	КЭС
1	21,7	хороший	33,7	очень хороший	17,7	очень хороший	54	хороший
2	56,4	плохой	62,9	хороший	59,6	плохой	40	средний
3	56,0	плохой	60,9	хороший	25,1	хороший	40	средний
4	21,7	хороший	60,1	хороший	25,5	хороший	36	средний
5	26,9	хороший	32,4	очень хороший	11,7	очень хороший	55	хороший
6	301,1	очень плохой	301,1	очень плохой	204,8	очень плохой	0	очень плохой

Выполнено соответствующее картирование состояния растительных сообществ в ДПК Таманского залива в современный период по классам экологического состояния по показателям $(S/W)_{3DP}$ (а), $(S/W)_x$ (б), SI_{ph} (в), S_{sp} (г) (рис3 а-г).



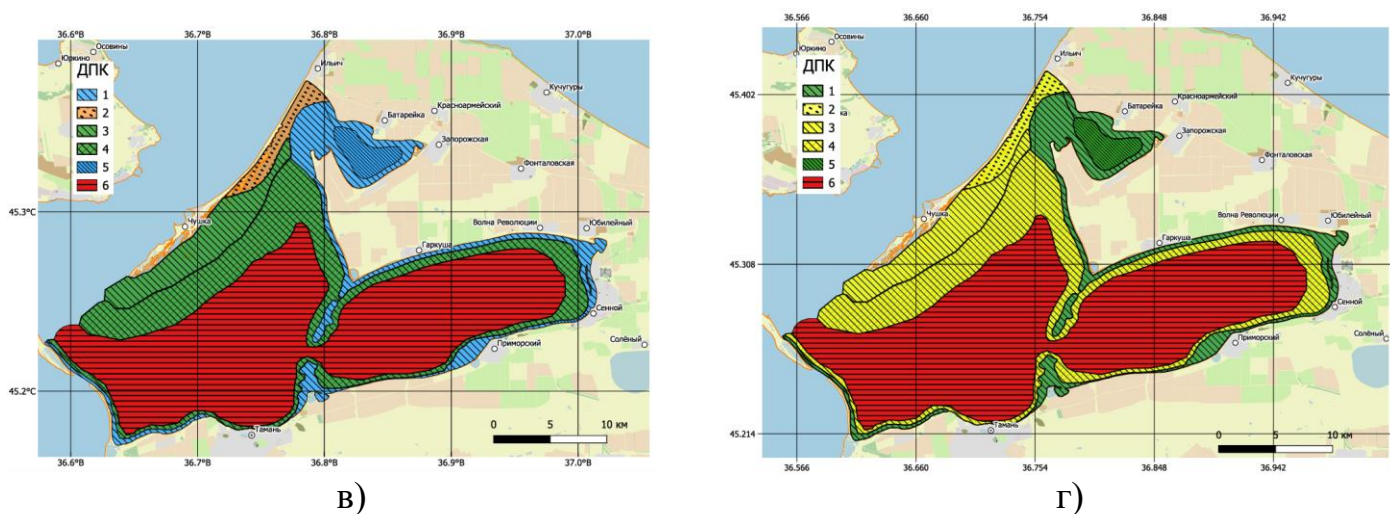


Рисунок 3 – Классы экологического состояния макрофитобентоса в ДПК Таманского залива по показателям $(S/W)_{здp}$ (а), $(S/W)_x$ (б), S_{Iph} (в), S_{sp} (г), (синий цвет – очень хороший, зеленый – хороший, желтый – средний, оранжевый – плохой, красный – очень плохой)

Для оценки экологического состояния макрофитобентоса в ДПК Таманского залива в 2020-2024 гг., было выполнено суммирование итоговых баллов по каждому морфофункциональному индикатору (таблица 4).

Таблица 4 - Итоговая оценка экологического состояния макрофитобентоса в ДПК Таманского залива в современный период

ДПК	Сумма баллов морфофункциональных индикаторов	Экологическое состояние
1	6	хорошее
2	13	удовлетворительное
3	11	удовлетворительное
4	9	хорошее
5	6	хорошее
6	20	неудовлетворительное

По результатам итоговой оценки выполнено картирование экологического состояния макрофитобентоса в заливе (рисунок 4).

Показано, что растительные сообщества в шести ДПК, выделенных в Таманском заливе, в настоящее время в хорошем состоянии находятся ДПК 1, 4 и 5. Макрофитобентос в ДПК 2 и 3 с доминированием *Nanozostera noltei* и нескольких видов рода *Scladophora* находятся в удовлетворительном состоянии. Макрофитобентос в ДПК 6

находится в неудовлетворительном экологическом состоянии и занимает всю центральную часть Таманского залива с глубинами 3-6 м.

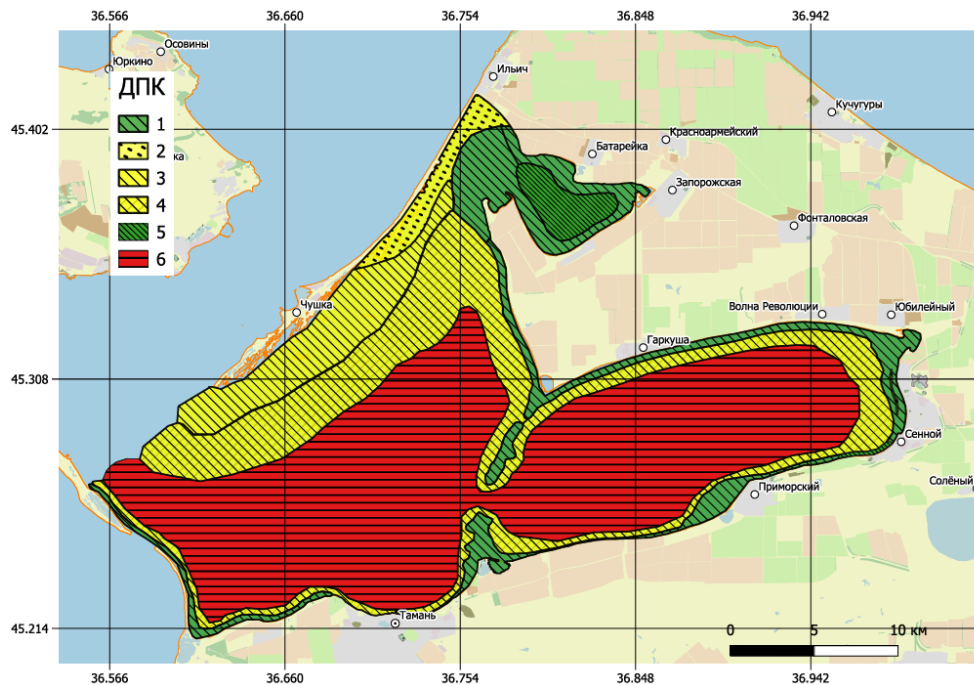
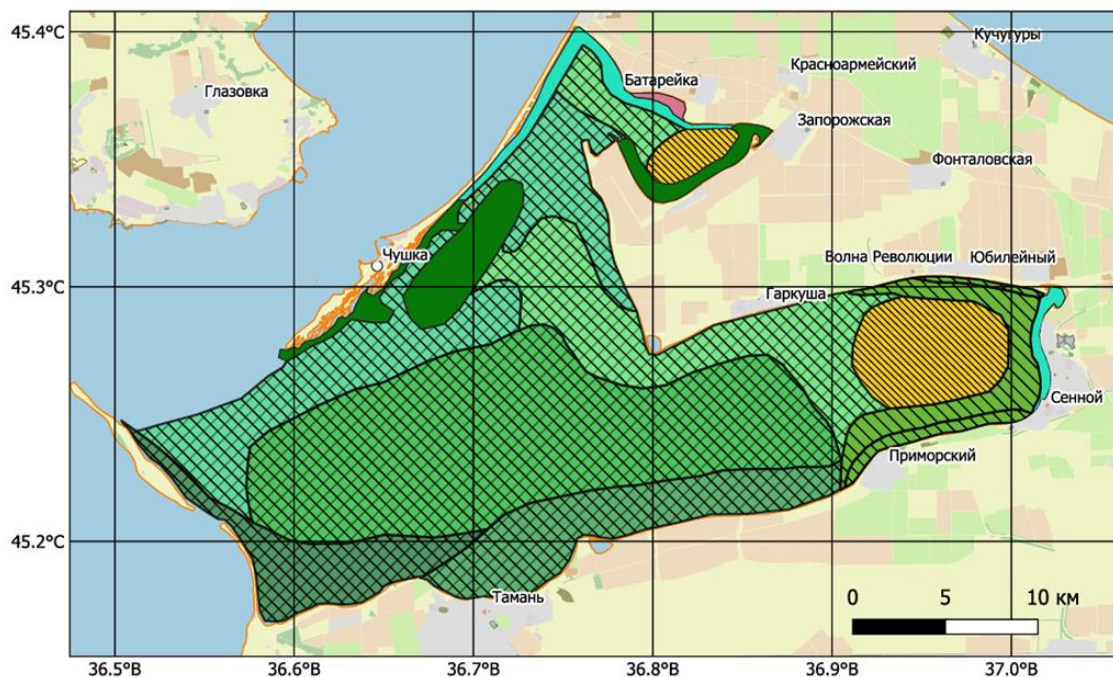


Рисунок 4 – Зонирование акватории Таманского залива по экологическому состоянию макрофитобентоса в ДПК в современный период (зеленый цвет – хорошее экологическое состояние, желтый – удовлетворительное, красный – неудовлетворительное)

В целом, на долю макрофитобентоса, находящегося в хорошем экологическом состоянии в современный период приходится всего 35 % площади акватории заливов, удовлетворительном – 9 %. Более половины площади заливов (56 %) заняты сообществами, состав и структура которых свидетельствует о неудовлетворительном экологическом состоянии.

В главе 7 «Оценка степени трансформации растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива за полувековой период» выполнено сравнение современного распределения донных природных комплексов с таковым в исторический период. Для этого использовались результаты ранее опубликованных исследований в Таманском заливе, проведенных под руководством проф. В.В. Громова в период с 1978 по 2005 гг.

Для каждого периода было выполнено картирование донных природных комплексов (рисунок 5, 6).



Условные обозначения:










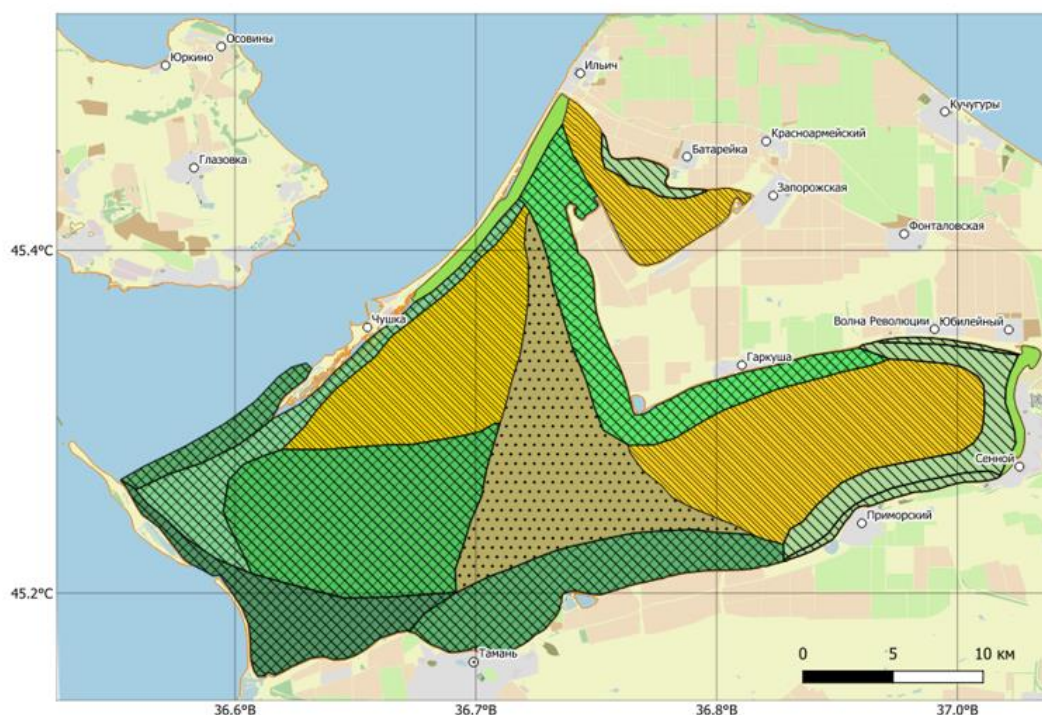
№ ДПК	Характеристики ДПК:
1Г	 - асс. <i>Zosteretum marinae noltii zosterosum</i> на мелководном подводном склоне, с илесто-песчаными отложениями с включением раковинного материала на глубинах от 0,5 до 3,5 м.
2Г	 - асс. <i>Zosteretum marinae purum</i> на мелководном береговом склоне, с песчано-илистыми отложениями с ракушкой на глубинах от 1,5 до 3,5 м.
3Г	 - асс. <i>Zosteretum marinae potamo noltii zosterosum</i> на подводном склоне, с илистыми и илесто-песчаными отложениями на глубинах от 2,8 до 3,5 м.
4Г	 - асс. <i>Zosteretum marinae polysiphoniosum</i> на подводном склоне, с илесто-песчаными отложениями с ракушкой на глубинах от 2,8 до 6,0 м
5Г	 - асс. <i>Zosteretum marinae filiformi potametosum</i> на слабонаклонной подводной равнине, с пелитовыми илами на глубинах от 3,5 до 6,0 м.
6Г	 - асс. <i>Zostera nana purum</i> и асс. <i>Ruppium noltii zosterosum</i> на мелководном подводном склоне, с илистыми и илесто-песчаными отложениями на глубинах до 0,6 м.
7Г	 - асс. <i>Charetum purum</i> и асс. <i>Charetum subpurum</i> на подводном склоне, с илистыми и илесто-песчаными отложениями на глубинах до 0,6-1,5 м.
8Г	 - асс. <i>Cladophoretum oscillatorium</i> и асс. <i>Cladophoretum enteromorphosum</i> на прибрежной отмели, с илистыми отложениями на глубинах от 0,3 до 0,5 м.
9Г	 - ассоциация гелофита – тростника обыкновенного <i>Phragmites australis</i> на прибрежной отмели, с алевритовыми илами на глубинах до 0,5 м.

Рисунок 5 – Донные природные комплексы Таманского залива по обобщенным данным Громова В.В. (Громов и др., 2000) за период 1978-2000 гг.



Условные обозначения:










№ ДПК	Характеристики ДПК:
1Б	 - асс. <i>Zosteretum marinae algosum</i> на подводном склоне, с песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала на глубинах от 2,8 до 3,8 м.
2Б	 - асс. <i>Zosteretum marinae purum</i> на мелководном подводном склоне, с песчано-илистыми отложениями с ракушкой на глубинах от 1,5 до 3,5 м.
3Б	 - асс. <i>Zosteretum marinae filiformi potametosum</i> и асс. <i>Ruppium noltii zosterosum</i> на мелководном береговом склоне, с илистыми и илисто-песчаными отложениями, на глубинах от 0,5 м до 2,5 м.
4Б	 - асс. <i>Zosteretum marinae purum</i> и асс. <i>Zosteretum noltii</i> на подводном склоне, с илисто-песчаными отложениями, на глубинах от 2,8 до 6,0 м
5Б	 - асс. <i>Zosteretum marinae filiformi potametosum</i> на слабонаклонной подводной равнине, с пелитовыми илами на глубинах от 3,5 до 6,0 м.
6Б	 - асс. <i>Zosteretum marinae noltii zosterosum</i> и асс. <i>Zostera nana purum</i> на прибрежной отмели, сложенной илистыми отложениями на глубинах от 0,6 м до 2,5 м.
7Б	 - асс. <i>Chara purum</i> и асс. <i>Chara subpurum</i> на подводном склоне, с илистыми и илисто-песчаными отложениями на глубинах до 0,6-2,5 м.
8Б	 - асс. <i>Cladophoretum oscillatorium</i> и асс. <i>Cladophoretum enteromorphosum</i> на прибрежной отмели, с илистыми отложениями на глубинах от 0,3 до 0,5 м.
10Б	 - асс. <i>Chondria ceramiosum</i> на подводном склоне, с илистыми и илисто-песчаными отложениями, на глубинах от 1,5 до 2,5 м,

Рисунок 6 – Донные природные комплексы Таманского залива по данным Бирюковой С.В. с соавт. (Бирюкова и др., 2016) в 2005 г.

ДПК 1 и 2, выделенные нами в современный период, с доминированием сообществ *Nanozostera noltei* частично сходны с выделенным по литературным данным ДПК 6Г и 6Б и находятся в границах, ранее занятыми ДПК 6Г, 6Б, 8Г и 8Б. Площадь этих сообществ расширилась в 1,5 раза, по сравнению с ранее наблюдаемыми периодами за счет мелководных участков, прежде занятых сообществами *Zostera marina*.

Выделенный нами ДПК 3 с доминированием *Nanozostera noltei* и *Zostera marina* более или менее аналогичен выделенному для 1978-2005 гг. ДПК 6Г и 6Б. Отмечается сокращение площадей сообществ зостер в 2,2 и 1,1 раза в настоящее время, по сравнению с 1978–2000 гг. и 2005 г. соответственно.

Ближайшим аналогом выделенного нами ДПК 4 – сообщества *Zostera marina* – являются выделенные для 1978–2005 гг. ДПК 2Г и ДПК 2Б. Нынешний ДПК 4 располагается в границах бывших ДПК 1Г и 1Б, 2Г и 2Б, 3Г и 3Б, 4Г и 4Б и 6Г и 6Б, выделенных в 1978–2000 и 2005 гг. и ДПК 7Б, выделенного в 2005 г. При этом зафиксировано существенное (в 3,5 раза) сокращение площадей распространения сообществ с доминированием *Zostera marina* относительно периода 1978–2000 гг.

Аналогом выделенного нами в 2020–2024 гг. ДПК 5 – сообществ с доминированием харовых водорослей – являются ДПК 7Г и 7Б, выделенные для 1978–2005 гг. В современный период этот ДПК расположен практически только в центральной части в Динского залива и узкой полосой вдоль берега Таманского залива у пос. Сенной. На сегодняшний день ареалы сообществ с доминирование харовых водорослей в Таманском заливе практически утеряны.

Аналогов выделенного нами в 2020-2024 гг. ДПК 6 – сообщество *Pterothamnion plumula* – ранее не существовало. Наряду с полной заменой зостеровых и харовых ассоциаций, ранее располагавшихся в центральных частях Таманского залива, моновидовым сообществом *Pterothamnion plumula*, отмечается быстрое расширение этого ДПК за счет вытеснения морских трав и харовых водорослей в прибрежных районах залива.

Анализ многолетних данных о структуре и распространении донной растительности Таманского залива за несколько последних десятилетий выявил существенную трансформацию донных природных комплексов, сокращение площадей ДПК и ранее доминировавших сообществ, а также появление новых ДПК.

В 1978–2000 гг. 85 % площадей распространения сообществ фитобентоса принадлежала ДПК с доминированием высших водных растений – взморников, которые занимали, в том числе, центральные районы залива с глубинами более 3,0 м (рисунок 7). К 2005 г. отмечено вытеснение зостер из наиболее глубоководных районов залива и смена доминирующих видов в ДПК на глубинах 1,5–2,5 м. В 2020–2024 гг., согласно

полученным нами данным, в Таманском и Динском заливах на ДПК с доминированием морских трав *Zostera marina* и *Nanozostera noltei* приходилось уже всего 43,1 % от площадей распространения фитобентосных сообществ. Площадь ДПК с доминированием водорослевых сообществ значительно возросла по сравнению с 1978-2000 гг. до 56,9 % от площадей распространения фитобентосных сообществ.

По результатам интегральной геоэкологической оценки степени трансформации макрофитобентосных сообществ Таманского залива, были выявлены три зоны: с высокой (5 и более баллов), средней (3–4 балла) и низкой (2 балла) степенью проявления трансформационных процессов (рисунок 7).

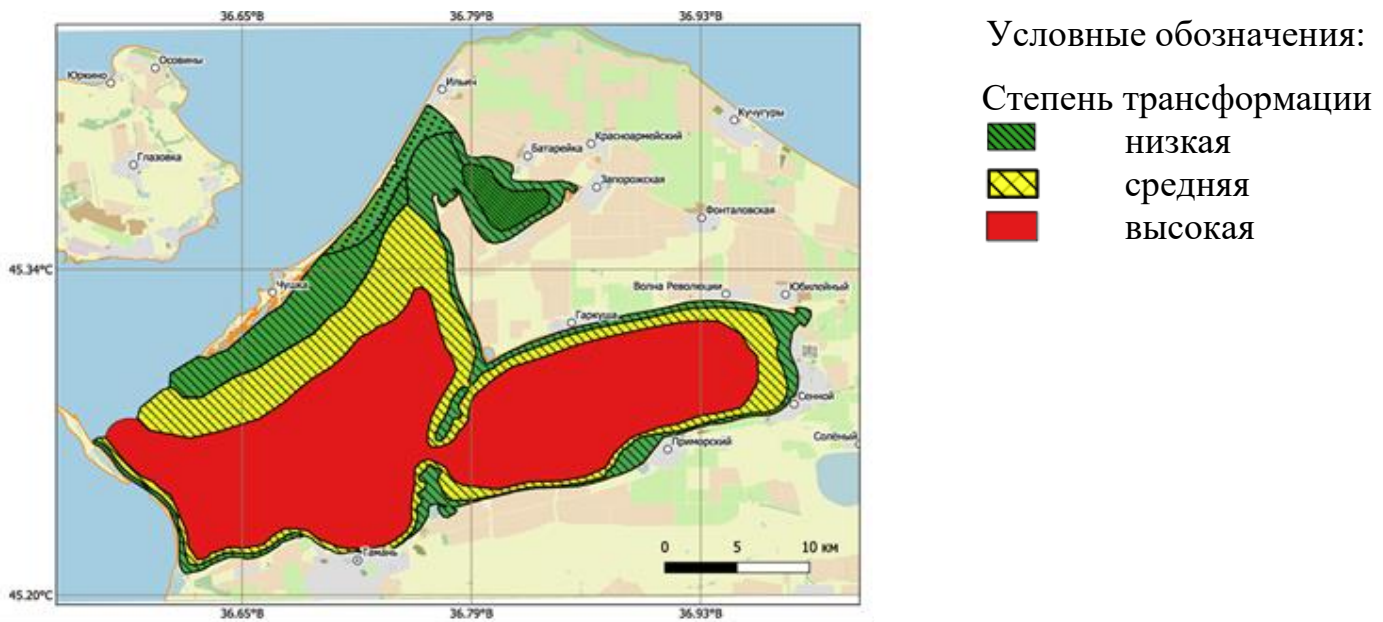


Рисунок 7 - Геоэкологическое зонирование Таманского залива по степени трансформации макрофитобентосных сообществ

На долю площадей с высоким проявлением трансформационных процессов в современный период приходится 56 % площади акватории, средним – 23 %, низким – 21 % (Сушкова и др., 2025).

Таким образом за период с 1978 по 2024 гг. произошла существенная перестройка ДПК Таманского залива. Наиболее существенная трансформация макрофитобентоса в ДПК отмечена в период с 2005 г. по настоящее время на глубинах 3–6 м. По всей акватории залива выявлено снижение ландшафтного разнообразия.

Итоговый обзор основных природно-техногенных факторов и оценка их возможного влияния на растительные сообщества Таманского залива приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные факторы природно-техногенного воздействия на растительные сообщества и экосистему Таманского залива

Факторы	Влияние факторов и последствия
Природные	
Повышение температуры воды (по данным ЕСИМО на 1,5-2,0 °С за последние 30 лет)	Превышение верхней границы физиологического оптимума для взморников в вегетационный период (11,5-26,0 °С) на 6,0 °С, угнетение роста и развития взморников, повышение требований к интенсивности освещения
Повышение солёности воды (по данным ЕСИМО на 2,0 ‰ за последние 20 лет)	Повышение требований к интенсивности освещения
Абразия берегов, сложенных суглинками и глинами	Поступление тонкодисперсных взвешенных частиц в акваторию, повышение мутности, снижение прозрачности вод, заиление
Техногенные	
Гидротехнические работы (возведение Тузлинской дамбы)	Ухудшение водообмена залива с Чёрным морем. Накопление взвешенных частиц, интенсификация заиления, появление зон с текучими илами, препятствующие закреплению корневищ взморников (Любимов и др., 2023)
	Снижение поступления прохладных черноморских вод в период вегетации взморников, превышение верхней границы физиологического оптимума для взморников
	Накопление биогенных веществ, интенсификация вегетации красных водорослей – индикаторов повышения трофности вод на глубинах более 3 м, деградация глубоководных сообществ взморников, снижение ландшафтного разнообразия
Интенсификация хоз. деятельности (рекреация, сельское хоз-во)	Повышение концентрации биогенов в акватории залива, «цветение» красных водорослей с высокой удельной поверхностью слоевища, как признак экологического неблагополучия, вытеснение сообществ взморников с глубин более 3 м, снижение ландшафтного разнообразия
Авария нефтетанкеров 11 ноября 2007 г.	Авария произошла в период окончания вегетации высших водных растений и водорослей, выявлено локальное воздействие на прибрежные биотопы залива; долговременных последствий на структуру и состав макрофитобентоса залива не описано (Матишов и др., 2007, 2013, Керченская..., 2008, Кузнецов и др., 2011, Аварии..., 2025)
Авария нефтетанкеров 15 декабря 2024 г.	Поступления нефтепродуктов в залив не выявлено (Аварии..., 2025, Лаврова и др., 2025)

Полученные результаты подчеркивают необходимость дальнейшего мониторинга донных растительных сообществ исследованной акватории.

Полученные в ходе исследования результаты позволили сформулировать следующие **выводы**:

- современное состояние учения о подводных ландшафтах Мирового океана, согласно результатам проведенного анализа теоретических и практических разработок в области ландшафтоведения, переживает этап формирования, интенсивного развития и внедрения новых идей и методов, а также быстрого расширения площадей акваторий, включаемых в ландшафтные исследования.

- Таманский залив представляет собой мелководный полузамкнутый лагунный водоём, расположенный в зоне сочленения Азовского и Чёрного морей, относящийся к системе Керченского пролива. Район исследований является переходной зоной между умеренно-континентальным и субтропическим климатическими поясами, что обуславливает его уникальные климатические характеристики.

- в современный период отмечается интенсификация антропогенной деятельности в акватории и в прибрежной зоне Таманского залива, что наряду со значительными климатическими сдвигами отражается на количественных и качественных показателях развития традиционно доминирующих фитобентосных сообществ высших водных растений.

- оптимальным для районирования полузамкнутой акватории Таманского залива является использование ландшафтного подхода с применением ГИС-технологий;

- современная ландшафтная структура Таманского залива включает 6 донных природных комплексов, каждый из которых располагается на определенных глубинах, приурочен к определенным формам рельефа и донным отложениям и характеризуется доминированием разных видов высших водных растений и водорослей; максимальные площади (18,2 тыс. га) и запасы макрофитобентоса (123,2 тыс. тонн) характерны для ДПК 6 с доминированием *Pterothamnion plumula*; на втором месте по занятым площадям (7,5 тыс. га) и запасам (54,1 тыс. тонн) – ДПК 4 с доминированием *Zostera marina*. Минимальные площади (0,7 тыс. га) и запасы макрофитобентоса (0,75 тыс. тонн) характерны для ДПК 5 с доминированием харовых водорослей;

- наибольший по площади ДПК 6 с доминированием красной водоросли *Pterothamnion plumula*, занимающий центральную часть Таманского залива, по всем использованным морфофункциональным критериям фитобентоса соответствует «очень плохому» классу экологического состояния; ДПК 1 и 5 с доминированием взморников и харовых водорослей, по всем использованным критериям соответствует «хорошему» и

«очень хорошему» классам экологического состояния; остальные ДПК занимают промежуточное положение.

- на долю макрофитобентоса в донных природных комплексах, находящихся в хорошем экологическом состоянии в современный период, приходится всего 35 % площади акватории заливов, удовлетворительном – 9 %. Более половины площади залива (56 %, центральная часть Таманского залива с глубинами более 3 м) заняты сообществами, состав и структура которых свидетельствует о неудовлетворительном экологическом состоянии акватории;

- с 1978 по 2024 гг. произошли значительные изменения в структуре сообществ макрофитобентоса Таманского залива. Наиболее выраженные трансформационные процессы зафиксированы в центральной части залива, на глубинах 3,5–6,0 м, где произошла полная смена доминирующих сообществ: фитоценозы с доминированием *Zostera marina* и *Chara baltica* были полностью утрачены и замещены на сообщества красной водоросли *Pterothamnion plumula*. При этом на мелководных участках с глубинами до 1,5 м отмечается более или менее высокая устойчивость преобладающих фитоценозов, которые сохраняют как количественные показатели развития (биомасса, проективное покрытие), так и качественные характеристики (области распространения сообществ, видовой состав). Причинами произошедших изменений могло явиться сочетание нескольких факторов, как антропогенных (строительство Тузлинской дамбы в 2003–2004 гг., снизившей интенсивность водообмена в заливе, интенсификация рекреации и сельскохозяйственного освоения земель), так и природно-климатических (потепление и осолонение вод Таманского залива).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Всего по теме диссертации опубликовано 23 научные работы. Ниже перечислены основные наиболее значимые работы.

Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК:

1. Сушкова, Е. Г. Геоэкологическое зонирование Таманского залива по степени трансформации сообществ макрофитобентоса / Е. Г. Сушкова, Д. Ф. Афанасьев, Л. А. Беспалова // Успехи современного естествознания. – 2025. – № 9. – С. 48-54. – DOI 10.17513/use.38428. – EDN CMCUTZ. K2
2. Сушкова, Е. Г. Ландшафтно-экологический подход к картированию фитобентоса заливов Таманского полуострова / Е. Г. Сушкова, Д. Ф. Афанасьев, Л. А. Беспалова // Окружающая среда и энерговедение. – 2025. – № 2(26). – С. 77-91. – DOI 10.24412/2658-6703-2025-2-77-91. – EDN VIQLFW. K3

3. Сушкова, Е. Г. Анализ пространственной структуры распределения фитобентосных сообществ Таманского залива / Е. Г. Сушкова, Д. Ф. Афанасьев, Л. А. Беспалова // Успехи современного естествознания. – 2024. – № 11. – С. 78-84. – DOI 10.17513/use.38336. – EDN BPIDFY. K2

Статьи в научных изданиях, входящих в базы данных Scopus, Web of Science:

4. Межэкотопические различия в видовом составе растительных сообществ с низким и высоким участием доминирующих видов / В. В. Акатов, Т. В. Акатова, Д. Ф. Афанасьев [и др.] // Растительность России. – 2023. – № 47. – С. 13-23. – DOI 10.31111/vegrus/2023.47.13. – EDN JEDZWI. K1.

5. Воздействие доминантов на видовое богатство растительных сообществ в контексте энергетической гипотезы / В. В. Акатов, Т. В. Акатова, Д. Ф. Афанасьев [и др.] // Журнал общей биологии. – 2022. – Т. 83, № 5. – С. 336-345. – DOI 10.31857/S0044459622040030. – EDN MPMELA. K2.

6. Afanasyev, D. F. The Impact of *Zostera marina* Linnaeus 1753 and *Zostera noltei* Hornemann 1832 (Alismatales: Monocots) on the Species Richness and Coenotic Diversity of the Macrophythobentos of the Taman Bay of the Sea of Azov / D. F. Afanasyev, E. G. Sushkova, V. V. Akatov // Russian Journal of Marine Biology. – 2022. – Vol. 48, No. 3. – P. 166-174. – DOI 10.1134/S1063074022030026. – EDN LOKEKI. K2.

7. Small-scale species richness of plant communities with similar biomass: the influence of habitat types in the context of historical hypothesis (Western Caucasus and Ciscaucasia, Black and Azov Seas, Russia) / V. V. Akatov, D. F. Afanasyev, T. V. Akatova [et al.] // Botanica Pacifica. – 2022. – Vol. 11, No. 1. – P. 3-14. – DOI 10.17581/bp.2022.11106. – EDN FRJOYE. K1.

8. Result of Impact of Dominants on Species Richness of Plant Communities: Ordered or Random Species Loss? / V. V. Akatov, S. G. Chefranov, T. V. Akatova [et al.] // Russian Journal of Ecology. – 2021. – Vol. 52, No. 4. – P. 257-266. – DOI 10.1134/S1067413621040032. – EDN KDSSEL. K1.

9. The Nature of Correlation between the Degree of Dominance and Species Richness in Plant Communities of Different Types: Are the Processes Biological or Stochastic? / V. V. Akatov, N. M. Sazonets, S. G. Chefranov [et al.] // Russian Journal of Ecology. – 2019. – Vol. 50, No. 5. – P. 422-430. – DOI 10.1134/S1067413619040039. – EDN UTIHR. K1.

10. The Seasonal Dynamics of *Cystoseira crinita* Duby, 1830 (Fucales: Phaeophyceae)-Dominated Communities in the Northeastern Black Sea / D. F. Afanasyev, E. G. Sushkova, A. N. Kamnev, D. V. Seskova // Russian Journal of Marine Biology. – 2017. – Vol. 43, No. 6. – P. 425-435. – DOI 10.1134/S1063074017060025. – EDN NAPILI. K2.