

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



**СУШКОВА ЕКАТЕРИНА ГРИГОРЬЕВНА**

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

Специальность: 1.6.21. Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Научный руководитель:  
доктор географических наук,  
профессор Беспалова Л.А.

Ростов-на-Дону – 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Становление морских ландшафтно-экологических исследований в России.....	12
1.1. Ландшафтно-экологические исследования морей России.....	12
1.2. История изучения макрофитобентоса Таманского залива и Азовского моря.....	16
Глава 2. Физико-географическая характеристика Таманского залива	19
2.1. Геологическое строение, тектоника, рельеф, климатическая характеристика Таманского полуострова.....	19
2.2. Характеристика условий обитания фитобентоса (гидроклимат (течения, температура, соленость, кислород, прозрачность, биогенные вещества, донные отложения).....	23
Глава 3. Общие сведения о макрофитобентосе Таманского залива и влияние основных абиотических факторов среды на сообщества взморников.....	44
3.1. Общие сведения о макрофитобентосе Таманского залива.....	44
3.2. Влияние основных абиотических факторов среды на сообщества взморников.....	47
Глава 4. Материалы и методы исследований.....	52
4.1. Районы и сроки проведения исследований.....	52
4.2. Измерение гидрологических параметров среды и описание характера донных отложений.....	53
4.3. Сбор и анализ биологического материала (геоботанические методы).....	56
4.4. Геоэкологические методы.....	58
4.4.1. Оценка класса экологического состояния донных природных комплексов с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса.....	58

4.4.2. Оценка степени трансформации растительных сообществ в ДПК Таманского залива за полувековой период.....	62
Глава 5. Ландшафтная структура акватории Таманского залива в современный период.....	64
5.1. Анализ гидроклиматических условий.....	64
5.2. Состав и структура донных растительных сообществ.....	69
5.3. Ландшафтное профилирование и выделение донных природных комплексов.....	82
5.3.1. Ландшафтное профилирование.....	82
5.3.2. Современная ландшафтная структура акватории Таманского залива.....	85
Глава 6. Экологический статус растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива в 2020-2024 гг.....	97
Глава 7. Оценка степени трансформации растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива за полувековой период.....	109
7.1. Ретроспективный анализ состояния растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива в 1978 – 2005 гг...	109
7.1.1. Донные природные комплексы Таманского залива в период 1978–2000 гг.....	109
7.1.2. Донные природные комплексы Таманского залива в 2005 г.	115
7.2. Сравнительный анализ современной ландшафтной структуры акватории Таманского залива с таковой в 1978 – 2005 гг..	122
7.3. Оценка степени трансформации растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива и анализ возможных причин произошедших изменений.....	132
Заключение.....	138
Список литературы.....	143

## ВВЕДЕНИЕ

Таманский залив и его побережье представляют собой уникальный природный комплекс на стыке Азовского и Черного морей, характеризующийся высоким ландшафтным и биологическим разнообразием. Донная растительность данного региона 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 прибрежных экосистем.

В настоящее время акватория Таманского залива входит в особо охраняемую территорию Государственного природного зоологического заказника регионального значения "Запорожско-Таманский".

В последние десятилетия Таманский залив стал зоной интенсивного природопользования. К ключевым факторам воздействия относятся: деятельность портово-промышленного комплекса (дноуглубительные работы, повышенный судоходный трафик, риски разливов нефтепродуктов), сельское хозяйство (использование агрохимикатов, вторичное засоление), неконтролируемая рекреационная нагрузка, приводящая к механическому нарушению почвенно-растительного покрова, и расширение инфраструктуры населённых пунктов. Характер и последствия совокупного воздействия этих разнородных факторов на донную растительность изучены недостаточно полно.

Несмотря на наличие отдельных флористических и геоботанических исследований региона, отсутствуют комплексные работы, дающие целостную оценку современного состояния донных растительных сообществ Таманского залива через призму сочетанного воздействия природных и техногенных факторов. Остаются недостаточно изученными пространственные закономерности трансформации донной растительности, степень устойчивости различных синтаксонов к специфическим видам воздействия, а также

количественные показатели изменения биоразнообразия и продуктивности ценозов.

Полученные в ходе исследования данные являются научной основой для решения ряда прикладных задач. К ним относятся разработка системы экологического мониторинга, создание научно обоснованных мер по рекультивации и восстановлению нарушенных акваторий, формирование прогнозных моделей развития донных растительных сообществ в условиях планируемого расширения прибрежной хозяйственной деятельности, а также подготовка рекомендаций для органов природопользования с целью принятия эффективных управленческих решений, направленных на обеспечение экологической безопасности и сохранение природного наследия Таманского региона. Таким образом, проведение данного исследования является своевременным и научно значимым, что и определяет его актуальность.

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

**Задачи исследования:**

- проанализировать современное состояние ландшафтно-экологических и гидробиологических 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 ландшафтноклиматических условий среды обитания в антропоцене.

**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 с растительными сообществами 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 %.

### **Материалы и методы исследования**

Для решения поставленных задач в работе использовались методы картирования донных природных комплексов на основе ландшафтной классификации с использованием ГИС-технологий; метода оценки класса экологического состояния растительных сообществ в донных природных комплексах с использованием морфофункциональных показателей, метод оценки степени трансформации растительных сообществ в ДПК за период с 1978 по 2024 гг, методы анализа натуральных данных.

Данные диссертационной работы получены из экспедиционных исследований, литературных источников, информационной системы ЕСИМО.

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

- выделены донные природные комплексы на основе доминат водных растительных сообществ, определены биомасса и видовой состав макрофитобентоса в Таманском заливе в современный период;

- 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.

Впервые для акватории Таманского залива были установлены точные пространственные конфигурации и количественные параметры донных природных комплексов в современный период. На основе комплексных натуральных данных и их обработки в геоинформационных системах (ГИС) были

детально картированы и вычислены площади распространения ключевых сообществ макрофитобентоса. Для каждого выделенного ДПК была проведена количественная оценка биомассы макрофитобентоса на единицу площади и определен видовой состав доминирующих и сопутствующих видов. Это позволило перейти от общих описаний к точному учету ресурсов и создало репрезентативную основу для мониторинга.

Впервые для данной акватории была проведена оценка экологического состояния донных комплексов с применением морфофункциональных показателей макрофитобентоса. В отличие от традиционных гидрохимических методов, данный биологический подход позволил дать интегрированную оценку состояния экосистемы. Анализ заключался в изучении структурных изменений сообществ макрофитобентоса: смены доминирующих видов, упрощении видовой структуры и изменении соотношения видов с низкой/высокой удельной площадью поверхности. На основе этих критериев каждому участку дна был присвоен конкретный класс экологического состояния (от очень хорошего до очень плохого), что позволило выявить зоны наибольшего воздействия.

Впервые выполнена интегральная оценка многолетней трансформации донных экосистем залива за период с 1978 по 2024 гг. На основе ретроспективного анализа литературных данных, сопоставления разновременных картографических материалов и собственных исследований была проведена комплексная оценка изменений. В основе анализа лежало сравнение комплекса показателей (смена доминирующих видов в ДПК, сокращение площадей макрофитов в ДПК и т.д.), были выделены и визуализированы в ГИС зоны высокой, средней и низкой степени трансформации. Установлены не только направление и масштабы трансформации (сокращение площадей определенных ДПК, изменение биомассы и биоразнообразия), но и проведена дифференциация движущих сил этих изменений. Выявлена роль влияния как природных факторов (изменение солености, гидродинамического режима), так и антропогенных (рекреация, сельское хозяйство, строительство). Это позволило не только констатировать

изменения, но и определить их основные причины, что является ключевым для прогнозирования дальнейшего состояния акватории.

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

**Научная и практическая значимость работы.** Результаты исследования могут быть положены в основу мониторинга донных природных комплексов, а также мониторинга состояния макрофитобентоса замкнутых и полужамкнутых 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.

**Апробация работы.** Результаты, полученные в рамках диссертационного исследования, представлялись и обсуждались на следующих научных конференциях и семинарах: Ботаника в современном мире: Труды XIV съезда Русского ботанического общества и конференции (Махачкала, 18-24 июня 2018 г.), Всероссийская научно-практическая школа-конференция (пгт. Курортное, Феодосия, Республика Крым, РФ, 28 сентября – 02 октября 2020 г.), Международная научная конференция, посвящённая 150-летию Севастопольской биологической станции — Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», (Севастополь, 13–18 сентября 2021 г.), Всероссийская научно-практическая

конференции с международным участием (Майкоп, 15 декабря 2021 г.), Всероссийская конференция с международным участием (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 (г. Новороссийск, п.Абрау-Дюрсо, 09-13 сентября 2024 г.).

### Исходный материал и личный вклад автора

Автором диссертации совместно с научным руководителем проводилась постановка задачи, обсуждались полученные основные научные результаты и формулировались выводы. Лично автором была составлена карта донных природных комплексов, позволяющая оценивать динамику состояний макрофитов, выполнена геоэкологическая оценка современного состояния Таманского залива. Объем выполненных исследований представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Общий объем исследований

№	Виды работ	Количество
1	Построение ландшафтных профилей.	7 трансект длиной от 3 до 9 км.
	Выполнение гидробиологических исследований (ОПП, биомасса, видовое разнообразие, доминантные/сопутствующие виды)	заложено 110 станций всего собрано и обработано 440 пробы.
	Выполнение геоэкологических исследований (отбор и производство анализов на определение гранулометрического состава, содержание биогенных элементов (фосфаты/нитраты), измерение солености, температуры акватории)	55 станций, собрано и обработано 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.
	4. Карта классов экологического состояния донных природных комплексов по основным значениям $(S/W)_{3DP}$ , $(S/W)_x$ , $SI_{ph}$ , $S_{sp}$ .	1 шт.
5. Карта итоговой оценки экологического состояния	4 шт.	

растительных сообществ в донных природных комплексах	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	1 шт.

### **Структура и объем работы.**

Материал диссертации изложен на 170 страницах, включает 45 иллюстрации, 27 таблиц. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка используемой литературы, который содержит 222 наименования.

### **Благодарности.**

Автор выражает глубокую признательность и благодарность своему научному руководителю, проф. Л.А. Беспаловой, заведующему кафедрой океанологии Южного федерального университета А.Р. Иошпе, благодарит директора Института наук о Земле ЮФУ А.Н. Кузнецова за советы, данные им в процессе подготовки диссертации, доценту А.Е. Цыганковой за организацию полевых исследований Таманского залива, а также студентам кафедры океанологии за помощь в обработке первичного материала в экспедиционных работах.

## ГЛАВА 1. СТАНОВЛЕНИЕ МОРСКИХ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РОССИИ

### 1.1. Ландшафтно-экологические исследования морей России

Изучение донных ландшафтов является актуальной задачей современной географии. Теоретические основы подводного ландшафтоведения были заложены в начале XX века. В 1913 году С.А. Зернов впервые ввел понятие «фация» для выделения участков морского дна, с однородными природными условиями и характерными сообществами морских организмов [42]. В 1924 году Л.С. Берг теоретически обосновал концепцию подводного ландшафта, предложив использовать термин «мершафт» в качестве морского подводного аналога ландшафтов суши [9].

Согласно К.М. Петрову [92], в истории развития морского ландшафтоведения выделяются три этапа.

Первый этап охватывает период с конца 40-х до начала 50-х годов XX века. В данный период были рассмотрены вопросы, связанные с критериями классификации морских ландшафтов и анализом факторов, влияющих на их формирование, что нашло отражение в работах С.П. Хромова, Д.Г. Панова, А.В. Живаго и др. С.П. Хромов проводит аналогию между ландшафтом суши и моря [117]. Д.Г. Панов классифицирует подводные донные ландшафты и выделяет геоморфологические зоны на дне Мирового океана [86].

А.В. Живаго [38] предлагает определение подводного ландшафта как участка морского или океанического дна и прилегающей к нему водной оболочки, в пределах которой наблюдаются специфические, закономерно связанные и взаимообусловленные комплексы форм донного рельефа со свойственными им геологическим строением дна, физико-химическими характеристиками водной массы и формами жизни.

Если на первом этапе научные работы носили теоретический характер, то на втором этапе, охватившем период с конца 1950-х до начала 1960-х гг.,

появляются первые труды по описанию и картографированию морских ландшафтов. Практическому развитию морских ландшафтных исследований способствовало появление легководолазной техники и технологий аэрофотосъемки. В начале 60-х гг. сотрудниками Зоологического института АН СССР под руководством Е.Ф. Гурьяновой и Г.У. Линдберга [56] были составлены карты подводных ландшафтов Южного Сахалина и Южных Курильских остров. В то же время, развитие технологий аэрофотосъемки позволило повысить точность картографических материалов [33, 96].

Третий этап (1970–1980-е годы) ознаменовался бурным ростом количества океанологических изысканий на шельфе морей СССР. Формируются новые теоретические и практические подходы к исследованиям подводных ландшафтов Мирового океана, происходит кратное увеличение печатных работ [8, 54, 55, 41, 58, 19, 97, 14, 95, 3, 99].

В 1980-1990-х годах развитие получает ландшафтно-экологическое направление исследований Мирового океана, активно исследуется роль эколого-географических факторов в биогеографической регионализации океана [100, 89, 90, 23].

С 1990-х годов Н.Н. Митиной выделяется четвертый этап исследований подводных ландшафтов моря, связанный с появлением новых научных направлений, например, ландшафтной биологии моря [100, 89] и разработкой методических подходов к изучению структуры подводных ландшафтов с использованием количественных методов [73, 75].

Повышение значимости морских природных комплексов в глобальных экосистемных процессах привело к интенсивному изучению стабилизирующей роли их отдельных компонентов при антропогенных нагрузках [71, 69, 72, 70, 76]. Формируются концепции управления устойчивостью морскими экосистемами на основе эколого-географической паспортизации и экспертизы [101], проводится экологическая диагностика и оценка динамики акваторий [10].

В рамках учения о подводных ландшафтах особое внимание уделяется представлению о морфологических единицах. Эти единицы являются

непосредственным объектом морских исследований и картографирования. На основании анализа их пространственных распределений производится выделение самих ландшафтов.

Согласно концепции подводного ландшафта К.М. Петрова, морфологической единицей внутриландшафтного подразделения могут выступать донные природные комплексы: «Донные природные комплексы (ДПК), связанные с характерными формами рельефа, грунтами и группировками гидробионтов...» [91].

На сегодняшний момент в подводном ландшафтоведении в качестве базовой единицы ландшафтной структуры приняты донные природные комплексы (ДПК) [74, 82].

Развитие ландшафто-экологических методов, описанных в иностранной литературе, проходило сходные этапы. Заимствование терминологического аппарата и методов ландшафтной экологии перешло от наземных экосистем и оказалась в равной степени применимой к изучению гетерогенности в морских экосистемах [133, 134] и их картированию [160, 198, 129, 191, 155].

Ландшафтно-экологические исследования Чёрного моря были начаты К.М. Петровым [93, 94, 92]. Впоследствии эти работы продолжили О.Е. Фесюнов [114], Ю.П. Зайцев [40], Е.А. Пасынкова [88], А.Н. Тамайчук [110], Н.Н. Митина и Е.В. Чуприна [74]. В современный период детальное описание морских ландшафтов Чёрного и Азовского морей остаётся неполным, несмотря на значительное количество проведённых исследований. Наиболее подробно картирование ландшафтов до настоящего времени было выполнено лишь для отдельных участков побережья Черного моря [79, 80]. Для Азовского моря подобные исследования также представлены в ограниченном объёме [10, 11]. Для Таманского залива подобные работы нами не найдены.

Ландшафтных исследований имеют особую значимость для сохранения морских природных территориальных комплексов в границах особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Ряд исследований, направленных на картирование ландшафтной структуры для ООПТ и памятников природы

Крымского побережья выполнен под руководством Т.В. Панкеевой [81, 83]. Подводные ландшафты ООПТ Кавказского побережья были исследованы в границах заповедника «Утриш» [87].

Несмотря на то, что акватория Таманского залива относится к ООПТ заказника «Тамано-Запорожский» с 1967 г. и отличается обилием уникальных местообитаний макрофитобентоса, степень изученности акватории ООПТ ограничивается нерегулярными гидробиологическими [32, 12, 50, 59] либо гидрохимическими работами [103, 39].

При этом известно, что ландшафтно-экологический подход к долговременному мониторингу морских ООПТ позволяет определить устойчивость донных природных комплексов к негативным, в том числе и антропогенным воздействиям. Ярким примером служат выполненные ландшафтные исследования бухты Ласпи, входящей в состав природного заказника «Мыс Айя» и гидрологического памятника природы регионального значения «Природный аквальный комплекс у мыса Сарыч» [84]. Так, например, проведённый сравнительный анализ пространственно-временных трансформаций макрофитобентоса донных природных комплексов бухты Ласпи за период с 1983 по 2008 годы выявил значительные структурные изменения и деградацию растительных сообществ донных экосистем [84].

По мнению К.М. Петрова, [93] макрофиты служат показателем уникальности морфологических структур подводных ландшафтов.

Фитобентосные сообщества представляют собой осевую и одновременно наиболее уязвимую составляющую донных прибрежных комплексов. Они играют фундаментальную роль в поддержании экологического равновесия, выполняя функции биогенного фильтра, биоаккумулятора и первичного продуцента в водных экосистемах. Их высокая чувствительность к внешним воздействиям, таким как изменение гидрологических режимов, антропогенные нагрузки и климатические флуктуации, позволяет использовать донную растительность для изучения многолетней динамики ДПК.

## 1.2. История изучения макрофитобентоса Таманского залива и Азовского моря

Бентосные растительные сообщества, покрывающие около 0,1–0,2% дна Мирового океана, представляют собой высокопродуктивные экосистемы, играющие ключевую роль в прибрежной зоне. Ими определяется пищевой потенциал многочисленных биоценозов водных сообществ моря, а также обеспечиваются оптимальные условия для обитания и воспроизводства донной фауны.

История изучения биологии Южных морей России и сообществ макрофитобентоса, в частности, начинается со второй половины XIX в. Изначально такие исследования велись офицерами военно-морского флота. Позже состав экспедиций включал и гражданских ученых. В этот период исследования моря носили комплексный характер, «в изучении которого одинаково заинтересованы и физик, и химик, и зоолог» [5].

В экспедициях принимали участие известные русские учёные (Н. Книпович, А. Лебединцев, Е. Суворов и др.). Среди них — заведующий Севастопольской биологической станцией (СБС) А. Остроумов. Именно в его работах приводятся первые упоминания о водной растительности Азовского моря [77, 78]. После 1879 г. практика приглашения ученых на промерные суда была прекращена, однако следы этих изысканий (по местам находок отдельных организмов) до сих пор встречаются в обобщающих работах. Эпизодическое использование военных судов для получения биологического материала продолжалась и в 1890–1910-е годы.

С 1904 г. в течение нескольких десятилетий в Азовском море работала научно-промысловая экспедиция под руководством Н.М. Книповича. Одним из ее итогов был труд Л.И. Волкова «Материалы к флоре Азовского моря» [18], в котором приведен список из 33 видов зелёных водорослей, 16 красных, 6 бурых водорослей, 4 высших водных растений, отмечались их экологические

особенности. Отдельные сведения о водорослях-макрофитах Азовского моря встречаются в работах Мейера [64], Прошкиной-Лавренко [102], Петрова [93].

В 1951 году В.Н. Генералова осуществила детальное фитоценотическое исследование макрофитобентоса Утлюкского лимана и прилегающих к нему акваторий [20]. В рамках данной работы она значительно расширила и дополнила ранее составленный Л.И. Волковым список водных растений, включив в него 22 новых вида. Помимо этого, В.Н. Генералова предоставила ряд количественных характеристик, описывающих структуру и динамику сообществ водных цветковых растений и водорослей, что позволило более глубоко понять экосистемные процессы в исследуемом регионе.

Более системно, макрофитобентос Азовского моря и его экологическое состояние были исследованы с применением легководолазной техники (аквалангов) К.М. Петровым в 1960 году. Этот подход позволил провести детальный анализ водных экосистем, выявить распределение и биомассу макрофитов, а также оценить их роль в формировании биогеохимических циклов и поддержании экологического равновесия региона. Результаты данного исследования заложили основу для последующих научных изысканий в области морской биологии и экологии Азовского моря.

В 1965 году была опубликована фундаментальная работа М.С. Киреевой под названием «Растительные богатства морей СССР», представляющая собой солидную сводку, посвященную водной растительности морских акваторий Советского Союза [49]. В этом исследовании особое внимание было уделено водной флоре Азовского моря.

Краткую характеристику фитобентоса на локальном участке акватории Азовского моря Донецкой области приводит Р.И. Бурда [15]. В 80-х гг. XX в. пристальное внимание высшим водным растениям этого своеобразного водоема было уделено украинскими ботаниками Н.В. Дубыной, Ю.Р. Шеляг-Сосонко [121, 35].

С 1981 г. систематическое изучение фитобентоса Азовского моря с применением аквалангов проводит В.В. Громов совместно с сотрудниками

Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (АзНИИРХ) – В.П. Закутским, Е.И. Студеникиной и В.Н. Шевченко [27]. Особое внимание уделялось экологии отдельных видов растений, составу, структуре и продуктивности растительных сообществ Азовского моря, влиянию различных океанографических и экологических факторов, разных видов загрязнения на донную морскую растительность и виды, ее слагающие [28, 31]. Эти материалы позволили также составить подробное гидробиологическое описание северной части Азовского моря.

В рамках исследовательской программы Южного научного центра РАН в 2005 году был проведен комплексный анализ фитобентосных сообществ Таманского залива, с акцентом на их трансформацию в результате возведения дамбы Тузла в Керченском проливе. Исследование, выполненное коллективом под руководством Громова В.В., включало детальное изучение структуры фито- и зообентоса в условиях антропогенного воздействия [12]. Полученные данные позволили выявить некоторые изменения в видовом составе, биомассе и продуктивности донных сообществ по сравнению с ранее проведенными исследованиями.

В последние годы донные биоценозы Таманского залива, их состав и структура исследуется также сотрудниками Института океанологии РАН [59] ЮНЦ РАН [106].

Опубликованные результаты вышеперечисленных исследований носят в основном описательный характер, дающий представление о структуре и продуктивности бентосных сообществ в отдельно взятый период. Многолетняя динамика этих сообществ в этих работах, как правило, не рассматривалась. Важно подчеркнуть, что уровень изученности акватории особо охраняемой природной территории (ООПТ) Таманского залива ранее ограничивается гидробиологическими исследованиями, включающими определение видового состава, мониторинг состояния и изучение экологии морских животных и растений. Ландшафтно-экологические исследования данной акватории до настоящего времени не проводились.

## ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА

### 2.1. Геологическое строение, тектоника, рельеф, климатическая характеристика Таманского полуострова

#### *Геологическое строение, тектоника, рельеф*

Таманский полуостров представляет собой геологическую провинцию, сформированную в зоне сочленения Индо-Кубанского прогиба и Керченско-Таманской складчатой области [22, 65]. В структурном отношении территория относится к северо-западному окончанию Мегантиклинория Большого Кавказа, где выделяется серия брахиантиклинальных складок северо-западного простирания [21]. Стратиграфический разрез полуострова включает мощную толщу неоген-четвертичных отложений, представленных миоценовыми известняками и мергелями (сарматский и меотический ярусы), плиоценовыми ракушечниками и известковистыми глинами (понтический и киммерийский ярусы), а также четвертичными аллювиальными, лиманными и морскими отложениями [104].

Важнейшей особенностью региона является интенсивное развитие грязевого вулканизма, связанного с глубинными разломами и нефтегазоносными структурами [122]. На территории полуострова зарегистрировано более 30 действующих грязевых вулканов (рисунок 2.1), приуроченных преимущественно к осям антиклинальных складок, их деятельность обусловлена дегазацией земных недр и выносом на поверхность глубинного флюида с образованием характерных брекчий, состоящих из глинистой массы с включениями обломков пород различного генезиса [122, 115].



Рисунок 2.1 – Ахтанизовский грязевой вулкан (фото автора)

Современные геодинамические процессы на полуострове характеризуются активными неотектоническими движениями со скоростями поднятия до 3-5 мм/год [34], интенсивной абразионной переработкой береговой линии и продолжающейся седиментацией в лиманных комплексах. Эти процессы детально изучены в работах Южного научного центра РАН [61, 6, 112] и нашли отражение в современных геодинамических моделях региона [188].

### *Климатическая характеристика Таманского полуострова*

Таманский полуостров, являясь переходной зоной между умеренно-континентальным и субтропическим климатическими поясами, обладает уникальными климатическими особенностями. Согласно многолетним наблюдениям (Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) [36], климат здесь характеризуется как умеренно-континентальный с выраженным морским влиянием, что проявляется в мягкости температурного режима и значительной влажности воздуха.

Среднегодовая температура воздуха составляет  $+13^{\circ}\text{C}$  с четко выраженной сезонной динамикой. Летний период (июнь-август) отличается устойчивой жаркой погодой со средними температурами июля  $+26^{\circ}\text{C}$ , при этом максимальные значения могут достигать  $+32^{\circ}\text{C}$  [36]. Зимний сезон (декабрь-февраль) характеризуется мягкостью – средняя температура января составляет  $+2^{\circ}\text{C}$ , а морозы ниже  $-8^{\circ}\text{C}$  наблюдаются крайне редко и связаны с вторжениями арктических воздушных масс. Особенностью температурного режима является незначительная суточная амплитуда колебаний температур ( $5-7^{\circ}\text{C}$ ), обусловленная смягчающим влиянием окружающих морских акваторий (таблица 2.1).

Годовое количество осадков варьирует в пределах 400-500 мм с выраженным сезонным распределением. Максимум осадков приходится на зимне-весенний период (ноябрь-апрель), когда выпадает до 60% годовой нормы, тогда как летние месяцы (июль-август) отличаются засушливостью с количеством осадков всего 25-30 мм в месяц [51].

Таблица 2.1 - Данные по ГМС 99040 Тамань, многолетний месяц, температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) у берега за 1991-2020 гг. [36].

%	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Год
Среднее	1.48	-2.39	2.98	10.53	14.56	21.60	25.96	23.88	17.26	14.68	6.60	12.58
Минимум	-12.10	-15.40	-3.90	3.50	8.10	11.00	16.00	13.40	7.90	3.60	-2.00	-15.40
Максимум	10.80	10.50	13.40	22.90	22.20	30.20	32.30	32.10	23.30	24.90	14.30	32.30

Относительная влажность воздуха в течение года сохраняется на высоком уровне (70-80%), достигая максимума в зимний период.

Ветровой режим полуострова формируется под влиянием крупномасштабной циркуляции атмосферы и местных орографических условий. Преобладающими являются ветры северо-восточного (зимой) и юго-западного (летом) направлений. Среднегодовая скорость ветра составляет 3-5 м/с, увеличиваясь до 15-20 м/с в период осенне-зимних штормов [37, 118, 25]. Важной особенностью является развитие бризовой циркуляции в теплый период года, которая существенно смягчает суточные колебания температур в прибрежной зоне.

Солнечная радиация характеризуется высокими значениями – количество солнечных дней достигает 280-300 в году, а суммарная годовая радиация составляет около 5000 МДж/м<sup>2</sup> [118, 113].

Географические факторы оказывают существенное влияние на формирование микроклиматических особенностей региона. Чёрное море, обладая значительной глубиной и высокой солёностью, выступает мощным терморегулятором, предотвращающим резкие температурные колебания. В то же время мелководное Азовское море усиливает континентальность климата в северной части полуострова. Равнинный характер рельефа способствует свободной циркуляции воздушных масс, формируя относительно однородные климатические условия на всей территории.

Современные климатические изменения проявляются в постепенном увеличении среднегодовых температур (на 0,5-1,0°С за последние 30 лет) и учащении экстремальных погодных явлений [36, 113].

## **2.2 Характеристика условий обитания фитобентоса (гидроклимат (течения, температура, солёность, кислород, прозрачность, биогенные вещества, донные отложения))**

Таманский залив представляет собой мелководный лагунный водоём, который включает в себя акваторию Динского залива, расположенный в зоне сочленения Азовского и Чёрного морей, относящийся к системе Керченского пролива. Площадь акватории составляет 384 км<sup>2</sup> [17] (рисунок 2.2).

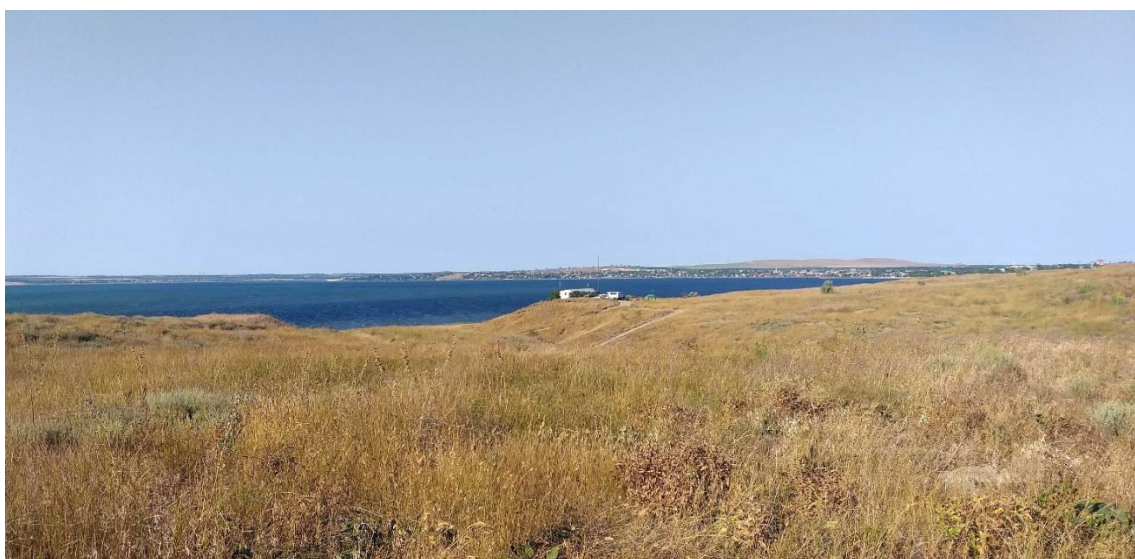


Рисунок 2.2 - Вид на северную часть пос. Сенной (фото автора)

Графически залив характеризуется выраженным субширотным простиранием, глубоко вдаваясь в тело Таманского полуострова. Лиманная часть залива ограничена аккумулятивными формами – косами Чушка и Тузла, формирующими устьевой барьер протяжённостью 6,5 км, который служит границей между собственно заливом и проливной зоной. Акватория залива характеризуется крайне ограниченным поступлением пресных вод за счёт поверхностного стока. Постоянные водотоки полностью отсутствуют, за исключением временного ручья в пределах пос. Сенной, гидрологический режим которого зависит от сезонных осадков [107] (рисунки 2.3, 2.4).



Рисунок 2.3 – Вид на временный ручей в границах пос. Сенной в период паводка  
(фото автора)

В северном секторе акватории выделяется Динской залив – полуизолированный водоём, ограниченный косой Чушка на западе и Динским полуостровом на востоке (рисунок 2.5).

Южная часть Таманского залива подразделяется на два гидрологических района: западный и восточный.



Рисунок 2.4 – Вид на устье временного ручья в пос. Сенном (фото автора)

Согласно батиметрической карте Таманского залива граница между этими районами проходит по линии, соединяющей аккумулятивные формы – косу Рубанова на севере и косу Маркитанскую на юге (рисунок 2.6).

Западный район Таманского залива представляет собой зону активного гидродинамического взаимодействия с акваторией Керченского пролива, характеризующуюся сложной системой течений и выраженной годовой изменчивостью гидрологических параметров.



Рисунок 2.5 – Вид на Динской залив со стороны пос. Батарейка (фото автора)

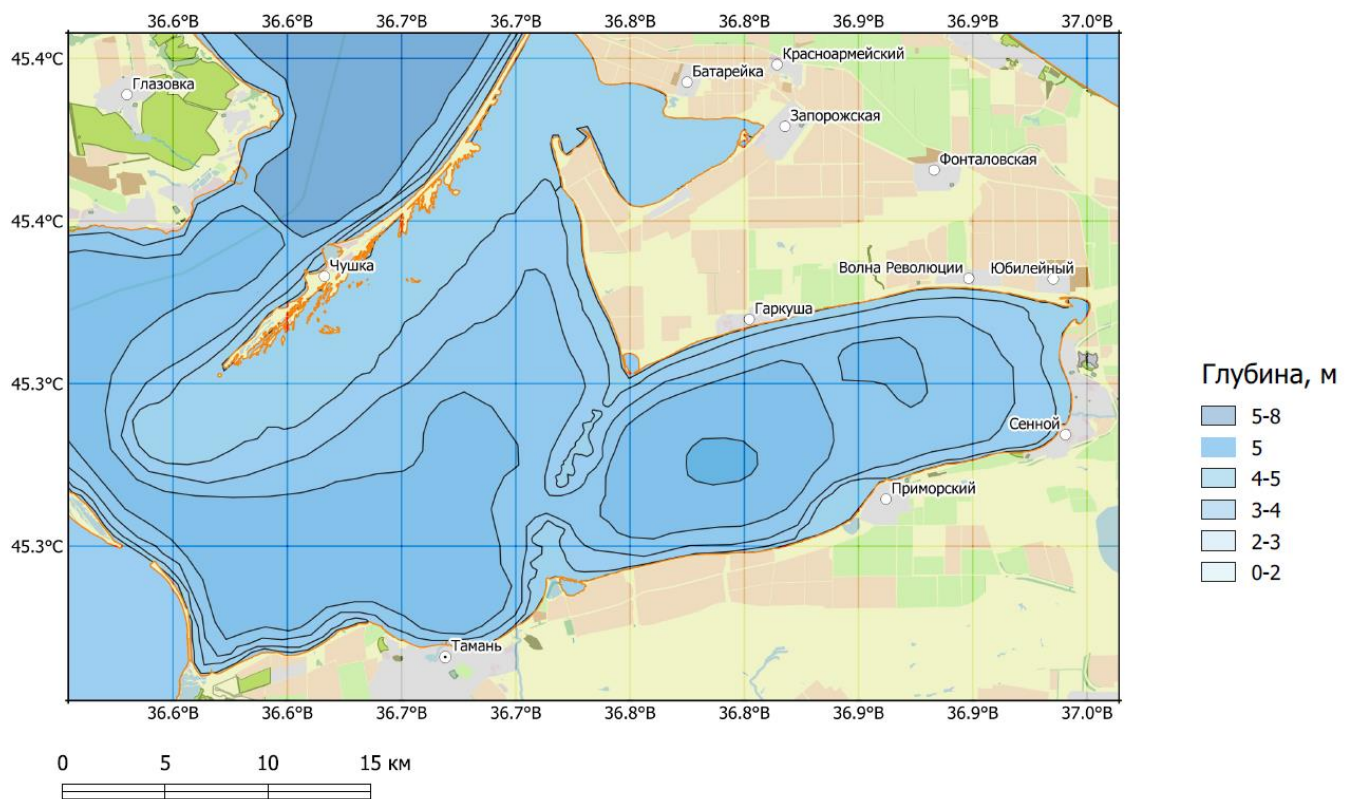


Рисунок 2.6 – Батиметрическая карта Таманского залива  
(составлена автором по данным [111])

Район отличается значительными глубинами, достигающими 6,0 м в центральной части при средних значениях 4,5-5,0 м [111, 24].

По данным, полученным на основании спутникового мониторинга, гидродинамического моделирования и натурных наблюдений, в течение года наблюдается чётко выраженная сезонная динамика скоростных характеристик течений: от зимнего максимума (декабрь-февраль) через весеннюю перестройку циркуляционной системы (март-апрель) к летнему минимуму (июнь-август) со скоростями 5-10 см/с и последующей осенней активизацией (сентябрь-ноябрь). Среднегодовая скорость течений составляет 15-20 см/с преобладающим юго-западным направлением (70% наблюдений), при этом максимальные значения до 50 см/с регистрируются в осенний период, во время действия сильных северо-восточных ветров и сгонно-нагонных явлений [123, 16].

Восточный район акватории характеризуется выраженным мелководьем с максимальными глубинами, не превышающими 4,0 м. Формирование такой особенности обусловлено комплексом взаимосвязанных факторов: наличием сходящихся кос (Маркитанской и Рубанова), препятствующих водообмену, интенсивной аккумуляцией терригенных наносов, генерируемых активной абразией береговой линии, сниженных (на 15-20% относительно медианных значений западного района) скоростей придонных течений [123]. Снижение водообмена также связано с более низкими скоростями ветра над этой частью акватории, что подтверждается спутниковыми данными [123]. Совокупное действие указанных факторов приводит к формированию устойчивой зоны седиментации в центральной области, что отражается в сглаженном профиле батиметрической кривой [109].

Фитобентос Таманского залива формируется под влиянием комплекса гидроклиматических факторов. Эти условия определяют видовой состав, продуктивность и пространственное распределение водорослей и высших водных растений, играющих ключевую роль в экосистеме залива.

### *Течения*

В Таманском заливе, расположенном между Черным и Азовским морями, течения формируются под влиянием нескольких ключевых факторов: ветрового режима и разности уровней на концах пролива, обусловленной сгонно-

нагонными процессами в смежных бассейнах водообмена [2, 16]. Своеобразие географического положения Керченского пролива и Таманского залива, расположенного в зоне контакта суши с двумя морями, создает некоторые особенности в их ветровом режиме по сравнению с Азовским морем и северо-восточной частью Черного моря [123, 16]. Так, если для Азовского моря преобладающими являются ветры восточных и северо-восточных направлений, то, ветровой режим Керченского пролива характеризуется преобладанием в течение почти всего года ветров северных направлений (их суммарная повторяемость превышает 55%). Повторяемость южных ветров в весенний период может достигать 30 – 35% [25].

Таким образом, различают три основных типа течений в проливе: устойчивый азовский — со стороны Азовского моря, устойчивый черноморский — со стороны Черного моря, неустойчивый переменный — по направлению. Преобладающий перенос водных масс в проливе отмечается из Азовского моря в Черное при ветрах северных румбов [25].

*Направления течений в Таманском заливе до постройки Тузлинской дамбы в 2003-2004 гг.*

В направленности течений в Таманском заливе до постройки Тузлинской дамбы в 2003 г. преобладало (независимо от направления генерального потока вод через пролив) циклоническое движение вод [85]. После сооружения дамбы при генеральном переносе вод через пролив из Черного моря в Азовское, траектория движения вод в Таманском заливе сменилась на антициклоническую [57] (рисунок 2.7).

Спутниковые наблюдения демонстрируют устойчивые мутьевые потоки, постоянно присутствующие у западного и восточного побережий острова и вытянутые вдоль прибрежных течений [86] (рисунок 2.8).

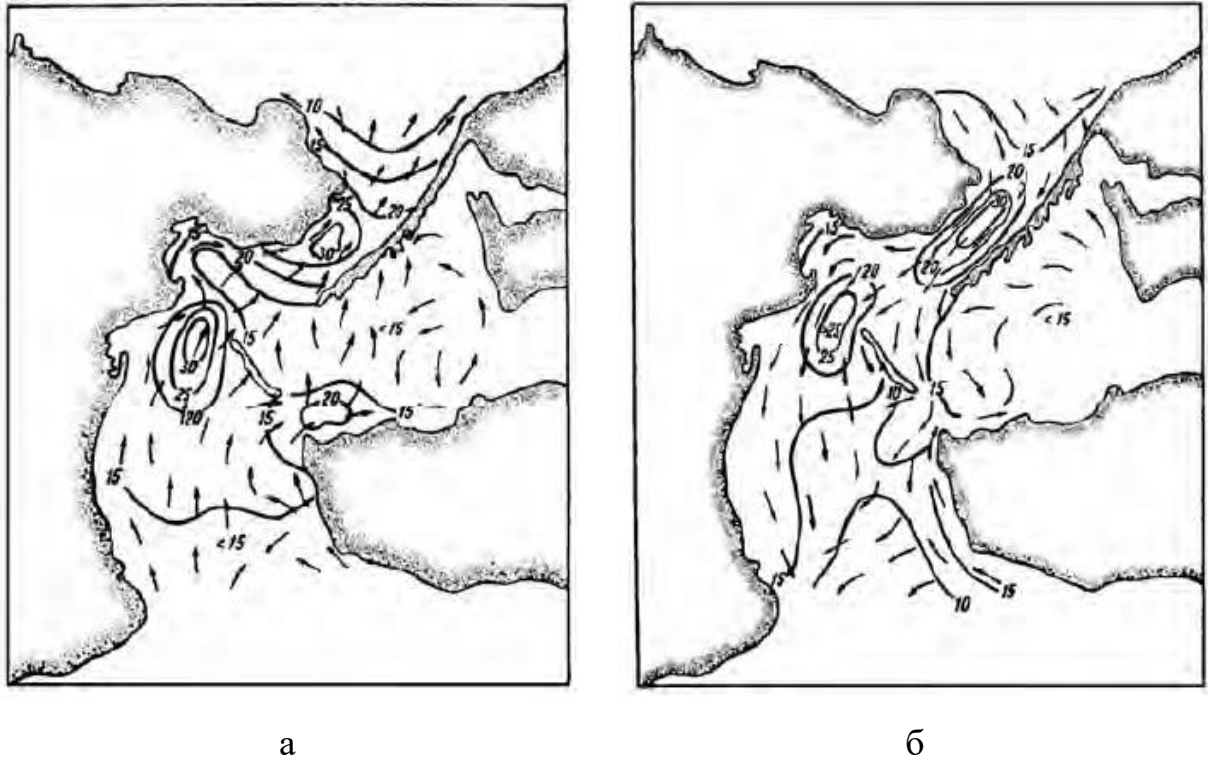


Рисунок 2.7 - Типовые схемы циркуляции вод в Керченском проливе до строительства дамбы, основанные на эмпирических данных:

а – черноморский поток, б – азовский поток [86]

До сооружения дамбы контуры острова на изображениях были чёткими, а взмученные воды в прилегающей акватории не регистрировались.

На снимке отчетливо прослеживается контраст между водными массами к югу и северу от острова Тузла, которые существенно различаются по оптическим свойствам. Разница в показателях мутности достигает 15-кратного значения, что свидетельствует о значительной изоляции Таманского залива от южного участка Керченского пролива.

Данный факт указывает на негативное влияние дамбы, создающей механический барьер для водообмена и вентиляции акватории Таманского залива [86].

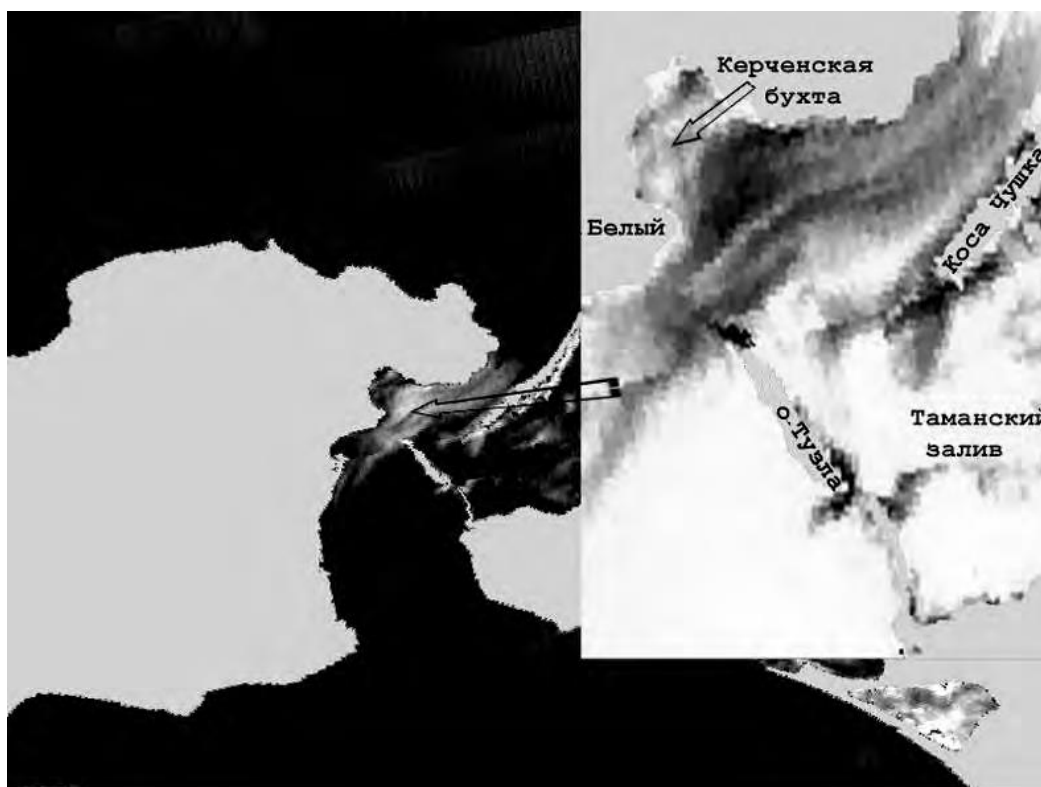
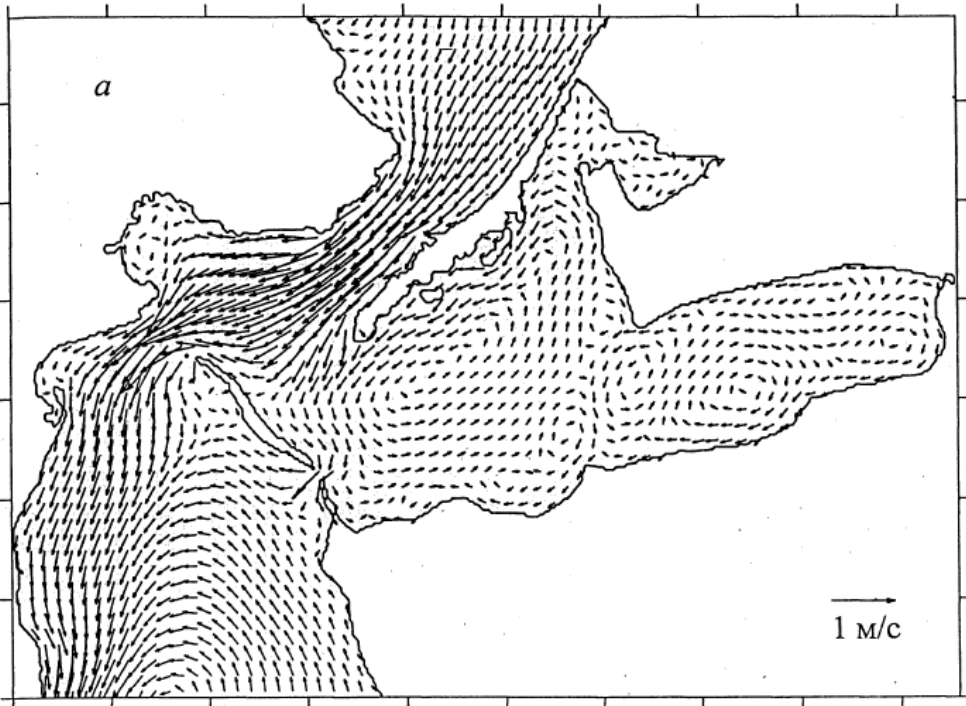


Рисунок 2.8 - Спутниковый снимок района Керченского пролива 5 мая 2005 г. (спутник TERRA) (на врезке фрагмент этого снимка в реверсном изображении)

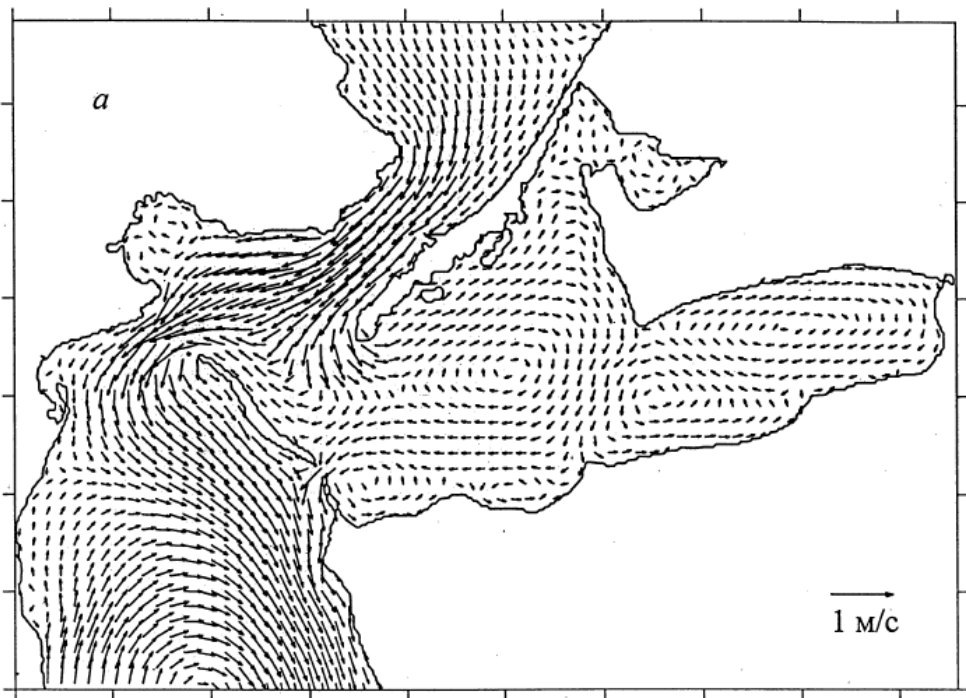
[86]

#### *Направления течений в Таманском заливе в современный период*

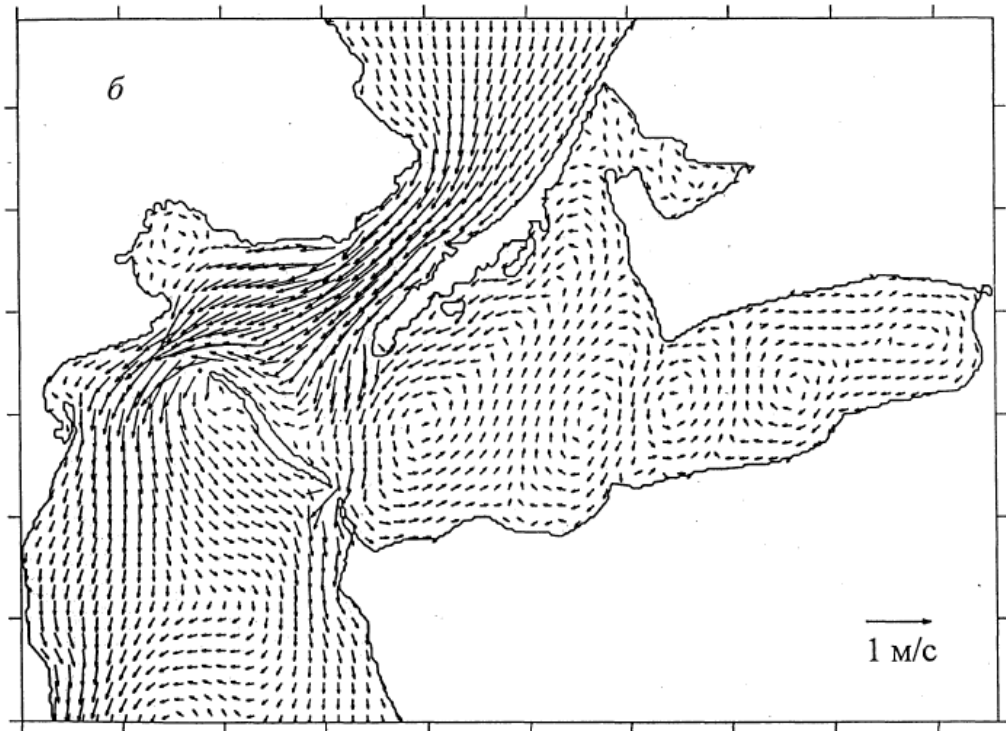
Относительно глубокая котловина (глубина 4 — 5 м) в западной части Таманского залива, определяет ряд особенностей циркуляции в этом районе. Если при северо-восточном ветре здесь возникает циклоническая циркуляция, то при северо-западном — знак циркуляции меняется на противоположный. Для ветра северного направления прослеживается два круговорота: циклонический вихрь в западной половине и антициклонический — в восточной, со сменой на противоположные направления при южных ветрах. Максимальные скорости течений 0,15 м/с отмечаются в северной части залива, у побережья косы Чушка (рисунок 2.9).



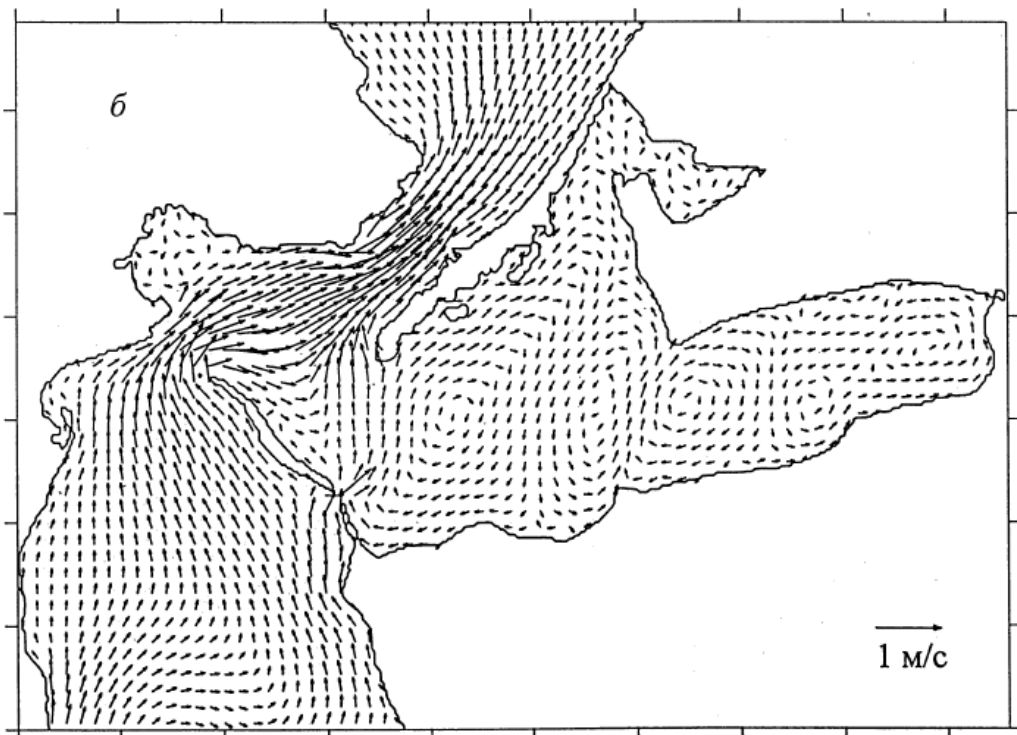
a)



b)



в)



г)

Рисунок 2.9 – Скорости (см/с) и направление средних по глубине дрейфово-градиентных течений при: северо-восточном (а), северо-западном (б), северном (в) и южном ветрах [16]

В более мелководной восточной части постоянно присутствуют две разнонаправленные области циркуляции. При северо-западных, северо-восточных и северных ветрах в кутовой части возникает антициклонический вихрь. в районе сходящихся кос – циклонический. Смена направленность течений наблюдается только при южных ветрах.

В целом в современный период преобладает поступление Азовских вод в Таманский залив, поскольку только южные ветра способствуют изменению направления течения в промоине между островом Тузла и Таманским полуостровом.

#### *Донные отложения*

Современное осадконакопление в Таманском заливе преимущественно обусловлено терригенной седиментацией. Основными поставщиками осадочного материала выступают абразионные процессы (разрушение берегов и дна), эоловый вынос, а также антропогенные источники (дноуглубление, гидротехнические работы и т.п.) [45].

Донные отложения Таманского залива на 90% состоят из современных терригенных осадков [119]. Остальная часть включает биогенный материал, незначительные хемогенные образования, продукты деятельности грязевых вулканов [98].

Характерной особенностью вещественного состава терригенного материала является его исключительно тонкозернистая структура, что связано с преобладанием в регионе лёссовидных пород. Средний размер частиц аллювиальных отложений не превышает 0,01 мм, тогда как продукты абразии характеризуются фракцией 0,03-0,04 мм. При этом доля песчаных фракций в общем объёме донных отложений составляет менее 10% [60, 120].

Современные донные осадки Таманского залива представлены песками, крупными и мелкими алевритами, глинистыми илами и смешанными разностями. Особое значение имеет биогенная составляющая осадков, по содержанию которой выделяются три основные группы: раковинный ил с содержанием ракуши от 30–50%, раковинный детрит с содержанием карбонатов

от 50–70% и ракушу — более 70% [119]. Такая дифференциация отражает особенности седиментационного процесса в акватории залива.

Несмотря на ограниченную площадь залива и низкую инерционность водной массы из-за малых глубин, распределение донных осадков подчиняется общим закономерностям вертикальной и циркумконтинентальной зональности в зависимости от гидродинамических условий, проявляясь в уменьшении фракционного размера с ростом глубины. Однако данная тенденция может нарушаться в периоды аномальных изменений ветрового и гидрохимического режимов [120, 59].

В Таманском заливе в полосе побережья на пляжах и подводном береговом склоне, на глубинах до 1–3 м распространены песчаные и песчано-ракушечные грунты. По мере увеличения глубины, они сменяются песчано-ракушечными отложениями и мелкоалевритовыми илами. Последние переходят в глинистые илы черного, темно-серого и серого цвета, которые занимают почти всю центральную часть залива на глубинах более 3,0–3,5 м, характеризующуюся наименьшей гидродинамической активностью [45, 59].

В донных отложениях с преобладанием фракции тонкого песка зафиксированы минимальные концентрации органического углерода, тогда как в илистых осадках с высоким содержанием тонкодисперсного алеврита наблюдаются его повышенные значения [59].

Среди антропогенных факторов, оказывающих влияние на процессы осадконакопления в Таманском заливе на современном этапе, особо следует выделить деятельность портов, судоходство и дноуглубительные работы, свалки и рекреационное использование побережий в основном связанное с отсыпкой пляжных зон и берегозащитой [124].

#### *Температурный режим акватории*

Температурный режим акватории Таманского залива характеризуется выраженной сезонной изменчивостью, что обусловлено комплексом природных факторов: мелководность акватории, континентальный климат региона и

влияние водных масс Черного моря через Керченский пролив. Согласно данным Экологического атласа Черного и Азовского морей [124] и Информационной системе ЕСИМО [36] (рисунок 2.10) в летний период (июнь-август) наблюдается максимальный прогрев водной поверхности со средними температурными показателями в диапазоне  $+24...+25^{\circ}\text{C}$ , при этом в прибрежных участках с глубинами менее 2 метров, температура воды может достигать  $+27...+32^{\circ}\text{C}$ . Осенний сезон (сентябрь-ноябрь) характеризуется постепенным охлаждением водных масс - если в сентябре средние температуры составляют  $+20...+24^{\circ}\text{C}$ , то к ноябрю они снижаются до  $+7...+10^{\circ}\text{C}$ . Зимой (декабрь-февраль) регистрируются минимальные температурные показатели: в январе-феврале вода охлаждается до  $+2...+4^{\circ}\text{C}$ , а в аномально холодные зимы возможно кратковременное образование ледового покрова. Весенний период (март-май) знаменуется активным прогревом и к маю температура достигает  $+16...+20^{\circ}\text{C}$ .

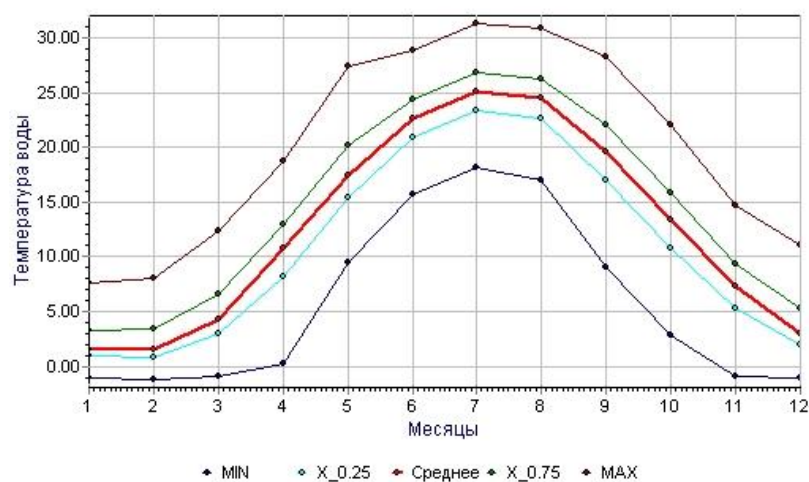


Рисунок 2.10 - Многолетний тренд средних температур воды по месяцам года (по данным ЕСИМО [36])

Для Таманского залива, как и в целом для Азовского моря характерна слабо выраженная температурная вертикальная стратификация. Однако пространственное распределение температурных показателей по акватории залива отличается значительной неоднородностью. В западной части, испытывающей большее влияние Черного моря, летние температуры воды на  $1-2^{\circ}\text{C}$  ниже по сравнению с восточным районом [124].

Согласно многолетним наблюдениям (1977-2006 гг.) метеостанции пос. Тамань [36], в тренде среднегодовых температур прослеживается устойчивая тенденция к повышению температуры воды в заливе (рисунок 2.11).

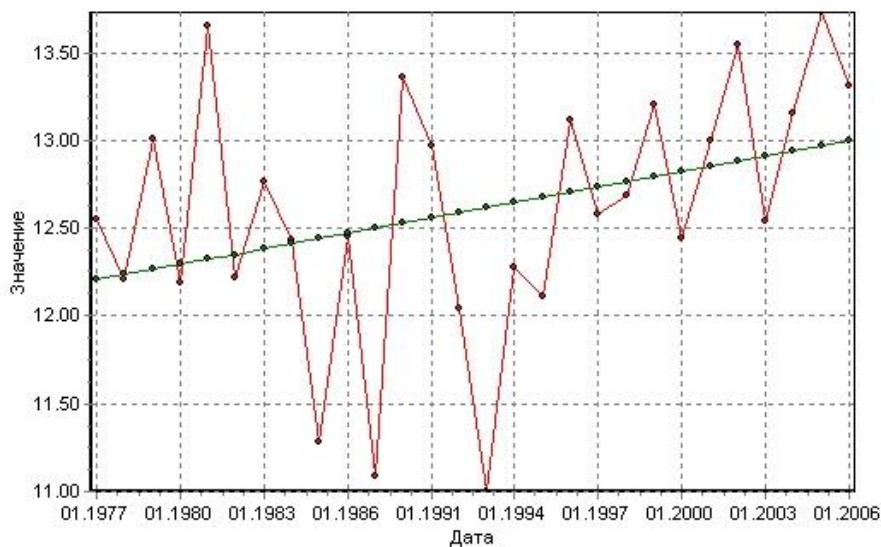


Рисунок 2.11 - Многолетний тренд среднегодовых температур воды по данным ЕСИМО [36]

В частности, летние температурные показатели увеличились в среднем на  $1,5^{\circ}\text{C}$ , а зимние минимумы стали менее выраженными, редко опускаясь ниже  $+3,0^{\circ}\text{C}$ . Эти изменения согласуются с глобальными климатическими трендами и требуют дальнейшего мониторинга для оценки их потенциального влияния на экосистему Таманского залива [124].

### *Соленость*

Согласно данным ЕСИМО, средние многолетние значения солёности в акватории Таманского залива демонстрируют выраженный градиент с увеличением показателей от северных районов к южным. В северной части залива, солёность колебалась в пределах 12-13‰, тогда как в центральных районах достигала 14-16‰. Максимальные значения (17-18‰) регистрировались в южной части, прилегающей к Керченскому проливу, что связано с интенсивным водообменом с более солёными черноморскими водами.

Согласно спутниковым данным MODIS-Aqua от 18.08.2008, солёность Таманского залива колебалась в пределах от 14 до 18 ‰ [16].

В пределах акватории Таманского залива выделяются участки с гипергалинными условиями. Одним из таких участков является лагунный водоём, соединённый с заливом посредством протоки в районе посёлка Приморский. Для данной лагуны характерна повышенная солёность, достигающая в июльский период значений 39,1‰ [4]. Автор статьи полагает, что подобные лагунные системы Таманского залива выступают в качестве областей трансформации водных масс, где вследствие интенсивного испарения и биотических процессов наблюдается не только возрастание солёности, но и значительные изменения в ионном составе вод [4].

Сезонная динамика солёности проявляется в чётко выраженном годовом цикле (рисунок 2.12). В летний период (июнь-август) наблюдается повышение солёности до максимальных значений (16-18‰), обусловленное доминированием процессов испарения над осадками и усиленным поступлением черноморских вод. В зимне-весенний сезон (декабрь-май) происходит заметное снижение солёности (до 12-14‰) за счёт совокупного действия нескольких факторов: увеличения объёма атмосферных осадков, активизации водообменных процессов и некоторого усиления влияния поверхностного стока. Амплитуда сезонных колебаний по данным ЕСИМО может достигать 3-4‰.

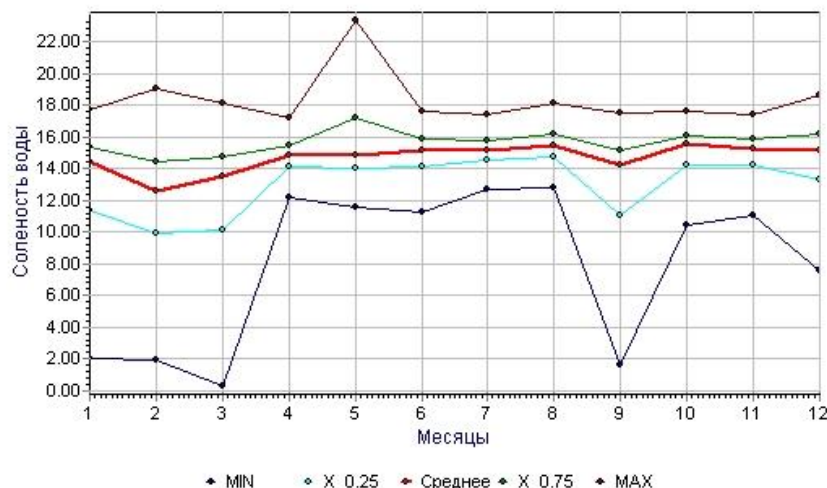


Рисунок 2.12 - Многолетний тренд среднегодовых значений солености по месяцам года (по данным ЕСИМО [36])

По многолетним данным ЕСИМО имеется устойчивая тенденция к постепенному увеличению солёности вод Таманского залива. За последние два десятилетия средние показатели возросли на 1,5-2‰, что согласуется с общими изменениями гидрологического режима Азовского моря. Основными причинами наблюдаемой тенденции являются: сокращение объёма речного стока и региональные проявления глобальных климатических изменений (таблица 2.2).

#### *Содержание кислорода*

Мелководность Таманского залива способствует хорошему перемешиванию водной толщи, что минимизирует застойные явления.

Распределение растворенного кислорода в Таманском заливе в течение периода наблюдений (1991-2020 гг.) по метеостанции Тамань характеризовалось высокими концентрациями 4,8-17,8 мл/л, что соответствует относительному содержанию 100% насыщения и более (таблица 2.3).

Максимальные концентрации растворенного кислорода наблюдались в холодный сезон (ноябрь – март), что обусловлено, главным образом, осенней штормовой активностью и снижением интенсивности биологического потребления.

Таблица 2.2 - Многолетний тренд среднегодовых значений солености (по данным ЕСИМО [36])

Год	Квартиль 0.5	Тренд квартили 0.5	Среднее	Тренд среднего
1977	15.8	14.79	15.5	14.42
1978	15.9	14.87	14.7	14.50
1979	15.5	14.95	15.4	14.59
1980	15.1	15.03	15.1	14.67
1981	14.4	15.11	14.5	14.75
1982	13.9	15.19	13.7	14.84
1983	15.3	15.27	15.2	14.92
1984	16.1	15.35	15.9	15.00
1985	15.0	15.43	13.9	15.09
1986	15.1	15.51	14.6	15.17
1987	14.0	15.59	12.8	15.25
1989	14.9	15.67	14.6	15.34
1991	14.7	15.75	14.2	15.42
2016	17.0	15.83	16.8	15.50
2017	16.0	15.91	16.2	15.59
2018	16.0	15.99	16.2	15.67
2019	16.0	16.07	16.0	15.75
2020	17.0	16.15	16.5	15.84
2021	17.0	16.23	16.4	15.92

Таблица 2.3 - Экстремумы и среднее содержание кислорода (мл/л) за многолетний период (по данным ЕСИМО [36])

мл/л	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
<b>Среднее</b>	9.6	17.6	17.8	8.0	7.1	6.9	5.5	4.8	6.8	7.1	18.0	7.6	6.4
<b>Минимум</b>	9.1	17.6	17.8	5.8	2.8	0.6	0.6	0.0	3.2	6.2	18.0	6.5	0.0
<b>Максимум</b>	10.0	17.6	17.8	9.9	9.5	9.5	10.6	10.0	11.0	8.8	18.0	9.2	11.0

Уменьшение содержания кислорода в период с мая по сентябрь связано преимущественно с активизацией процессов его биологического потребления в придонных горизонтах.

На карте приведены средние многолетние значения концентрации растворенного кислорода в акватории Азовского моря, включая Таманский залив (рисунок 2.13).

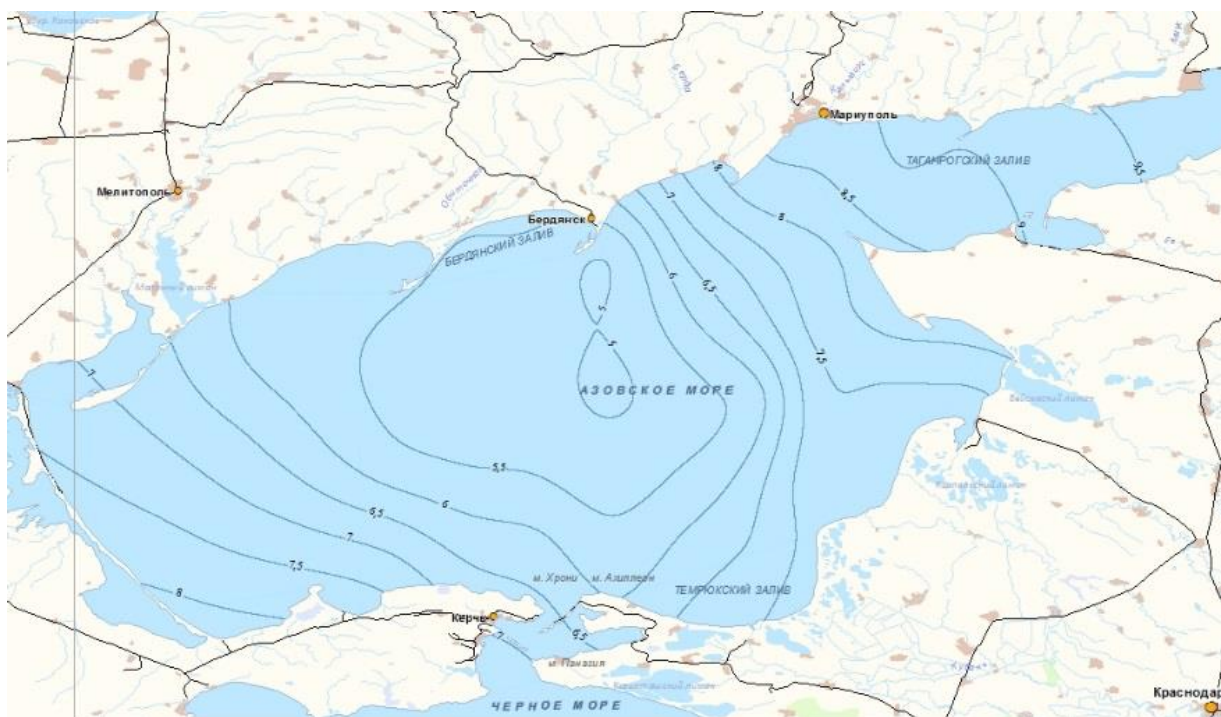


Рисунок 2.13 - Распределения содержание кислорода за многолетний период на акватории моря (по данным ЕСИМО [36])

#### *Биогенные вещества (фосфаты, нитраты)*

Отсутствие постоянного речного стока в Таманском заливе несколько снижает поступление избыточных биогенных веществ с прилегающих территорий, однако интенсивное развитие сельского хозяйства нивелирует этот фактор.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ, включая соединения биогенного происхождения, в морской воде не регламентируется единым нормативным значением. Допустимая концентрация фосфатов определяется в зависимости от целевого назначения водного объекта (рыбохозяйственное, рекреационное и пр.) и может варьироваться в соответствии с региональными экологическими стандартами.

Следует отметить, что для морских вод, используемых в рыбохозяйственных целях, установленные нормативы ПДК биогенных элементов, как правило, строже по сравнению с иными категориями водопользования.

Согласно нормативным требованиям, установленным для водных объектов рыбохозяйственного значения высшей категории, к которым относится Таманский залив, предельно допустимые концентрации (ПДК) фосфатов дифференцированы в зависимости от трофического статуса водоема.

В соответствии с Приложением к Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552, допустимые концентрации:

фосфора в составе фосфатов составляют:

- 0,2 мг/л (по Р) – для эвтрофных водоемов;
- 0,15 мг/л (по Р) – для мезотрофных;
- 0,05 мг/л (по Р) – для олиготрофных водных объектов.

нитратов в пересчёте на азот нитратов:

- 9,0 мг/л (по NO<sub>3</sub>)

нитритов в пересчёте на азот нитритов:

- 0,02 мг/л (по NO<sub>2</sub>)

#### *Средние многолетние концентрации фосфатов*

Согласно данным ЕСИМО, средние многолетние значения концентрации фосфатов в акватории Таманского залива демонстрируют устойчиво низкие значения, что связано в первую очередь с высокой скоростью его биологической адсорбции. За период наблюдения (1991-2020 гг.) предельно допустимые концентрации (ПДК) фосфатов не превышены даже в пиковых значениях (ЕСИМО) (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Содержание фосфатов (мкг/л) в Таманском заливе. Экстремумы за многолетний период (по данным ЕСИМО [36])

мкг/л	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
<b>Среднее</b>	8.6	17.6	17.8	22.1	31.2	13.8	18.5	8.6	9.3	12.5	18.0	9.0	15.1
<b>Минимум</b>	8.6	17.6	17.8	9.6	5.7	0.6	1.2	0.8	0.0	5.0	18.0	9.0	0.0
<b>Максимум</b>	8.6	17.6	17.8	39.0	128.2	74.9	71.4	55.0	45.0	31.1	18.0	9.0	128.2

Сезонная динамика концентрации фосфатов определяется прежде всего активацией биологических процессов в теплый период года (с мая по сентябрь) и их постепенным затуханием в холодный (октябрь-апрель). Средний многолетний максимум составляет 128,2 мкг/л (0,1282 мг/л), что не превышает ПДК.

*Средние многолетние концентрации нитратов*

Согласно данным ЕСИМО, средние многолетние значения концентрации нитратов в акватории Таманского залива не превышают ПДК (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Содержание нитратов (мкг/л) в Таманском заливе. Экстремумы за многолетний период (по данным ЕСИМО [36])

Нитраты	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднее	8.6	17.6	17.8	37.7	38.1	10.1	28.6	32.5	12.3	36.6	18.0	9.0	20.2
Минимум	8.6	17.6	17.8	6.3	11.0	0.0	10.1	5.0	2.1	15.4	18.0	9.0	0.0
Максимум	8.6	17.6	17.8	107.5	116.6	81.4	85.6	64.0	89.7	145.5	18.0	9.0	145.5

Средний многолетний максимум составляет 145,5 мкг/л (0,1455 мг/л), что не превышает ПДК (9,0 мг/л).

Таким образом, в целом, за последние десятилетия отмечается ряд изменений в гидроклиматической системе Таманского залива, вызванных как ростом среднегодовых температур и солености воды (климатический фактор), так и антропогенными воздействиями, в частности, изменением направлений генеральных течений вследствие строительства Тузлинской дамбы в 2003–2004 гг.

Следует отметить, что 11 ноября 2007 г. и 15 декабря 2024 г. в районе Керченского пролива, относительно недалеко от акватории Таманского залива, произошли крупные аварии нефтетанкеров, сопровождавшиеся разливом значительного количества нефтепродуктов. Однако, аварии не вызвали повышения концентраций нефтепродуктов в заливе до критических для макрофитобентоса показателей [63, 62, 48, 52, 1], в результате аварии в декабре 2024 г. поступления нефтепродуктов в залив не зафиксировано [1, 53]. Какие-

либо долговременные последствия разливов на структуру и состав макрофитобентоса Таманского залива не описаны [63, 61, 48, 52, 1]. Отчасти это могло быть связано с тем, что аварии произошли в период окончания вегетации высших водных растений и водорослей. В акватории залива присутствовали в основном отмершие естественным путем части высшей водной растительности и водорослей, которые выступили в роли природных сорбентов и способствовали очищению акватории от нефтепродуктов [63, 61, 48, 52, 105].

### ГЛАВА 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАКРОФИТОБЕНТОСЕ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА И ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА СООБЩЕСТВА ВЗМОРНИКОВ

#### 3.1. Общие сведения о макрофитобентосе Таманского залива

Распределение донной растительности Азовского моря в целом и Таманского залива в частности, в значительной степени определяется литолого-геоморфологическими характеристиками субстрата, спецификой конфигурации прибрежных зон, а также аллохтонным материалом, поступающим в результате атмосферных осадков и речного стока [26].

В большинстве районов Азовского моря вода недостаточно прозрачна, что затрудняет распространение подводной растительности на глубинах более двух метров. Однако в Таманском заливе мутность водной толщи за счет повышенной солености, отсутствию речного стока и притоку черноморских вод ниже, чем в других частях Азовского моря [26, 86]. Этот гидрологический фактор, в сочетании с благоприятными гидрохимическими условиями, способствует формированию оптимальных условий для развития сообществ макрофитобентоса на всей площади донной поверхности залива на глубинах от 0,2 до 6,0 м.

В структуре фитобентосных сообществ Таманского залива традиционно доминируют высшие водные растения, относящиеся к семействам взморниковых (*Zostera marina* L., *Nanozostera noltei* Toml. & Posl., рупиевых (*Ruppia maritima* L. и рдестовых (*Stuckenia filiformis* (Pers.) Börner). Взморники Таманского залива, как известно из ранее проведенных исследований, традиционно занимают доминирующее положение в структуре донных сообществ, как с точки зрения площади распространения, так и по биомассе [32]. Также в этих сообществах представлены зеленые, красные, бурые и харовые водоросли.

Взморники относятся к семейству *Zosteraceae*. Для этого рода характерны однодомные виды с моноподиальными ползучими многолетними корневищами

[137, 210]. Для побегов зостеры характерны как вегетативные листья, так и стебли с половыми репродуктивными органами в виде колосовидных соцветий с однополыми цветками. Высота репродуктивных побегов варьируется в зависимости от вида. Большинство взморников являются мономеристематическими (листопадными) видами [202] (рисунок 3.1).

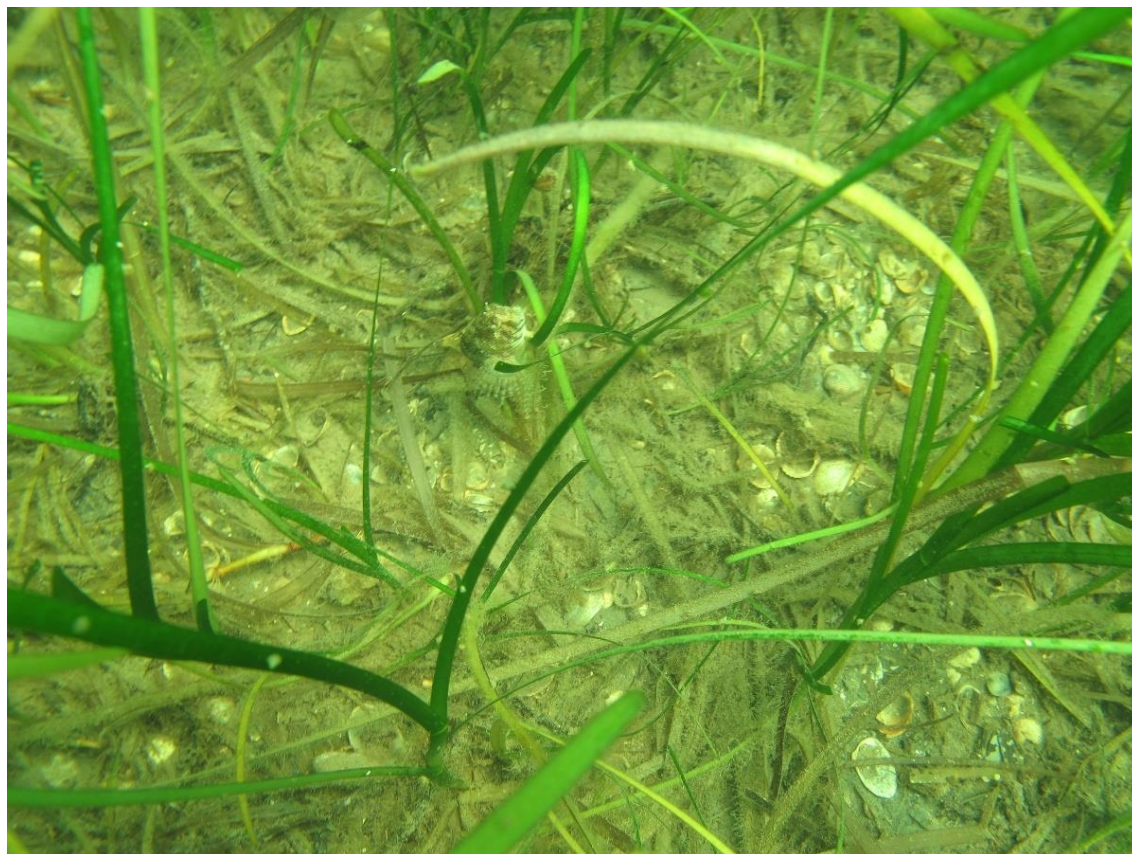


Рисунок 3.1 – *Zostera marina* на глубине 1,8 м коса Рубанова (фото автора)

На морфологические характеристики *Zostera spp.* влияет множество физических факторов среды обитания, включая тип субстрата, глубину произрастания, температуру водной толщи, волнение, освещённость и доступность питательных веществ, а также режимы приливов и отливов.

Зостеры (взморники) формируют обширные заросли, которые занимают весь диапазон условий обитания, от приливной зоны до сублиторали, от защищённых участков до открытых побережий. Взморники формируют преимущественно моновидовые сообщества на большей части своих ареалов,

хотя и сосуществует с различными видами. В центральной части Атлантического побережья США они встречается вместе с *Ruppia maritima* или *Halodule wrightii* [186, 144]. В восточной части Северной Атлантики и Средиземноморья *Zostera marina* встречается вместе с *Nanozostera noltei*, где обе доминируют в приливных и мелководных субприливных зонах [220, 170, 152, 147].

В прибрежных зонах мелководья Таманского залива zostеры формируют полиморфные сообщества, в которых кроме них присутствуют также сопутствующие виды, такие как *Ruppia maritima* и *Stuckenia filiformis*, в сочетании с разнообразными водорослями (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – *Ruppia maritima* и *Zostera marina* в районе пос. Сенной  
(фото автора)

На глубинах, превышающих 2,0-3,0 метра, наблюдается тенденция к образованию монодоминантных сообществ zostер, что подтверждается результатами наших исследований [107].

### 3.2. Влияние основных абиотических факторов среды на сообщества взморников

#### *Гранулометрический состав грунтов, прибойность, глубина*

На распределение фитоценозов и размерно-массовую структуру популяции zostер большое влияние оказывает состав донных осадков. Общие закономерности, выявленные рядом исследователей, заключаются в увеличении длины и численности побегов растений при возрастании доли мелкодисперсных песков в составе грунтов. Так, выявлена зависимость длины и численности побегов zostеры от процентного содержания песчаной фракции в донных грунтах [157]. Увеличение в грунте крупноразмерных фракций песка, а также доли ракушки приводило к снижению размеров растений и числа дочерних побегов [157]. Схожие закономерности были установлены в работах Мильчаковой Н.А. при анализе структуры фитоценозов и популяций zostер в акваториях Севастопольской бухты, Керченского пролива и бухты Ласпи [66].

Наиболее чувствительным видом zostер по отношению к фракционному составу грунтов является *Zostera marina* [66], занимающая, как правило, удаленные от прибойной зоны участки с глубинами более 1,5 м [108]. Сходные требования к составу грунтов и уровню волновой активности предъявляют и другие высшие водные растения, входящие в состав zostеровых ассоциаций: *Ruppia maritima* и *Stuckenia pectinata* L. Вöerner [170].

Мелководную прибойную зону занимают сообщества другого вида zostер – *Nanozostera noltei*, которая имеет более разветвленную корневую систему по сравнению с *Zostera marina*, что позволяет растению удерживаться в грунтах с крупноразмерными частицами грунтов (как песчаных, так и ракушечных) [152]. Суженные листовые пластинки, позволяет противостоять активной волновой турбулентности [152]. Ассоциации с доминированием *Nanozostera noltei* в Таманском заливе занимают мелководные участки с глубинами от 0,2 до 1,5 м [108].

Ассоциации харовых водорослей в Таманском и Динском заливах занимают промежуточное положение и предпочитают песчанно-ракушечные грунты на глубинах от 0,5 до 1,0 м [108].

*Световая обеспеченность, температура и биогенные вещества*

Продуктивность высших водных растений регулируется физиологическими процессами, а также различными биотическими и абиотическими факторами, которые влияют на метаболизм растений. Хотя на рост морских трав могут влиять многие факторы, продуктивность, как важный экологический критерий, в основном регулируется температурой, подводной освещенностью и доступностью питательных веществ [190, 218, 139, 164, 166, 177].

*Температурный фактор*

Продуктивность высшей водной растительности обычно характеризуется отчетливыми сезонными колебаниями, с весенне-летним максимумом и осенне-зимним минимумом [190, 215, 164]. Поскольку температура существенно влияет на биохимические процессы, участвующие в фотосинтезе и дыхании, она считается основным фактором, контролирующим сезонный рост высших водных растений [190, 164].

При этом отмечается, что биомасса и температура воды положительно коррелируют только весной и осенью, когда температура воды находится ниже оптимальных значений. Однако в летние месяцы при превышении температурного оптимума отмечается отрицательная корреляция в результате торможения роста [154].

Поскольку виды высших водных растений умеренного пояса обычно подвергаются воздействию более низких температур воды (по сравнению с тропическими / субтропическими), и являются более к ним адаптированными, они имеют ограниченную устойчивость к высоким температурам. Оптимумом для zostер умеренного пояса является диапазон 11,5-26 °C [161, 165].

*Освещенность*

Рост морских трав зависит от количества и качества света, доступного для фотосинтеза [221]. Уменьшение интенсивности подводного освещения из-за антропогенных и природных нарушений часто приводит к сокращению площадей высшей водной растительности [203]. Интенсивность подводного освещения экспоненциально уменьшается с глубиной воды в соответствии с законом Бугера – Ламберта – Бера. Однако ослабление света с увеличением глубины также связано с поглощением и рассеянием светового потока за счет взвешенных и растворенных веществ, фитопланктона, эпифитного обрастания [217, 172, 193, 146].

Температура воды и освещенность часто коррелируют и демонстрируют схожие сезонные тенденции в отношении роста и продукции высших водных растений [158, 159, 127].

Отмечается, что морские травы, растущие в условиях низкой освещенности, имеют более низкие оптимальные температуры для фотосинтеза, чем растения в условиях высокой освещенности. Растениям при более высоких температурах требуется больше света для поддержания положительного углеродного баланса, чем растениям при более низких температурах [154]. Таким образом, фотосинтетические процессы морских трав более восприимчивы в негативном ключе к высокой температуре воды при пониженной освещенности. Следовательно, снижение уровня освещенности в летний период, являющийся наиболее продуктивной фазой развития высших водных растений, может оказывать на них значительное негативное воздействие [154].

Следует отметить, что минимальные требования к освещенности для морских трав (2-37% от уровня освещенности на поверхности воды) намного выше, чем у макрофитобентоса и фитопланктона (около 1-3%) [206, 169, 196, 143, 171, 141]. Следовательно, в условиях снижения освещенности до критических для высших водных растений значений, может наблюдаться смена сообществ морских трав на сообщества водорослей, имеющие более низкие требования к световой обеспеченности [169, 196, 143].

*Соленость*

Взморники относятся к эвригалинным видам, которые существуют при солености от 7-8‰ до 35‰ [137]. При этом, они предъявляют специфические требования к солености. Длительный мониторинг в Чесапикском заливе выявил тенденцию к увеличению необходимого светового потока, достигающего поверхности листьев взморников, по мере повышения солености водной среды [128, 141] (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Требование к световой обеспеченности взморников в зависимости от режима солености [128, 141]

Режим солености	Минимальная световая обеспеченность (% от освещения на поверхности водоема)
Мезогалинный $\geq 5-18$ ‰	<15
Полигалинный $\geq 18$ ‰	>15

#### *Биогенные вещества*

Высшие водные растения обладают высокой продуктивностью. Морские травы способны усваивать большое количество биогенных веществ. Исследования по обогащению водной среды биогенными веществами показали, что их добавление может стимулировать рост высших растений, а ограничение приводит к снижению их продуктивности [185, 151, 156, 140, 200, 189, 178, 219, 162]. Биогенными веществами, которые чаще всего ограничивают рост морских трав, являются азот (N) и фосфор (P) [142, 194]. Высшие водные растения могут усваивать питательные вещества через как надземные, так и подземные ткани [156, 208, 204, 205, 207, 148, 179].

Основные источники азота, доступные для морских трав, включают  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$  в толще воды, и  $\text{NH}_4^+$  в поровых водах донных отложений. Основным источником фосфора являются ионы  $\text{PO}_4^{3-}$  как в водной толще, так и в донных отложениях. При этом, концентрации питательных веществ в толще воды обычно низкие ( $< 3 \mu\text{M}$  для  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$ , и  $< 3 \mu\text{M}$   $\text{PO}_4^{3-}$ ), за исключением районов, характеризующихся интенсивным речным стоком [209, 153, 195, 165].

В поровой воде донных отложений концентрации питательных веществ намного выше, чем в водном слое [140, 163, 207, 159]. Концентрации  $\text{NH}_4^+$  в поровой воде обычно колеблются от 20  $\mu\text{M}$  до 1000  $\mu\text{M}$ , а концентрация  $\text{PO}_4^{3-}$  составляют более 20  $\mu\text{M}$  [212, 211, 165, 201].

Из-за более высоких концентраций питательных веществ в донных отложениях по сравнению с вышележащими водами, поровые воды часто считаются основным источником питательных веществ для морских трав [156, 204, 222].

Повышение концентрации биогенных веществ до определенного уровня в толще и поровых водах донных отложений, обычно приводит к увеличению биомассы, продуктивности и размера побегов [132, 125, 212, 162].

Хотя морские травы могут использовать питательные вещества из водной толщи, повышенный уровень биогенных веществ в водной толще может отрицательно сказаться на высших водных растениях из-за стимуляции роста фитопланктона, эпифитов и макроводорослей [151, 197, 135, 199, 216]. «Цветение» конкурирующих первичных продуцентов, вызванное обогащением водной толщи биогенными веществами, часто приводит к уменьшению световой обеспеченности высших водных растений на дне и их последующей элиминации [151, 214, 131, 147, 209, 213, 216].

Результаты проведенных исследований указывают на наличие системной взаимосвязи между основными гидроклиматическими характеристиками (солёность, температура, световой режим, содержание биогенных веществ) и состоянием макрофитобентоса, при этом наиболее выраженная зависимость между требованием к световой обеспеченности, температуре и солёности наблюдается у высших водных растений.

## ГЛАВА 4. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1. Районы и сроки проведения исследований

Для изучения пространственно-временных изменений макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры дна использовали материалы исследований, проведенных в Таманском заливе в весенне-летний период 2020-2024 гг. Карта-схема работ в акватории заливов представлена на рисунке 4.1.

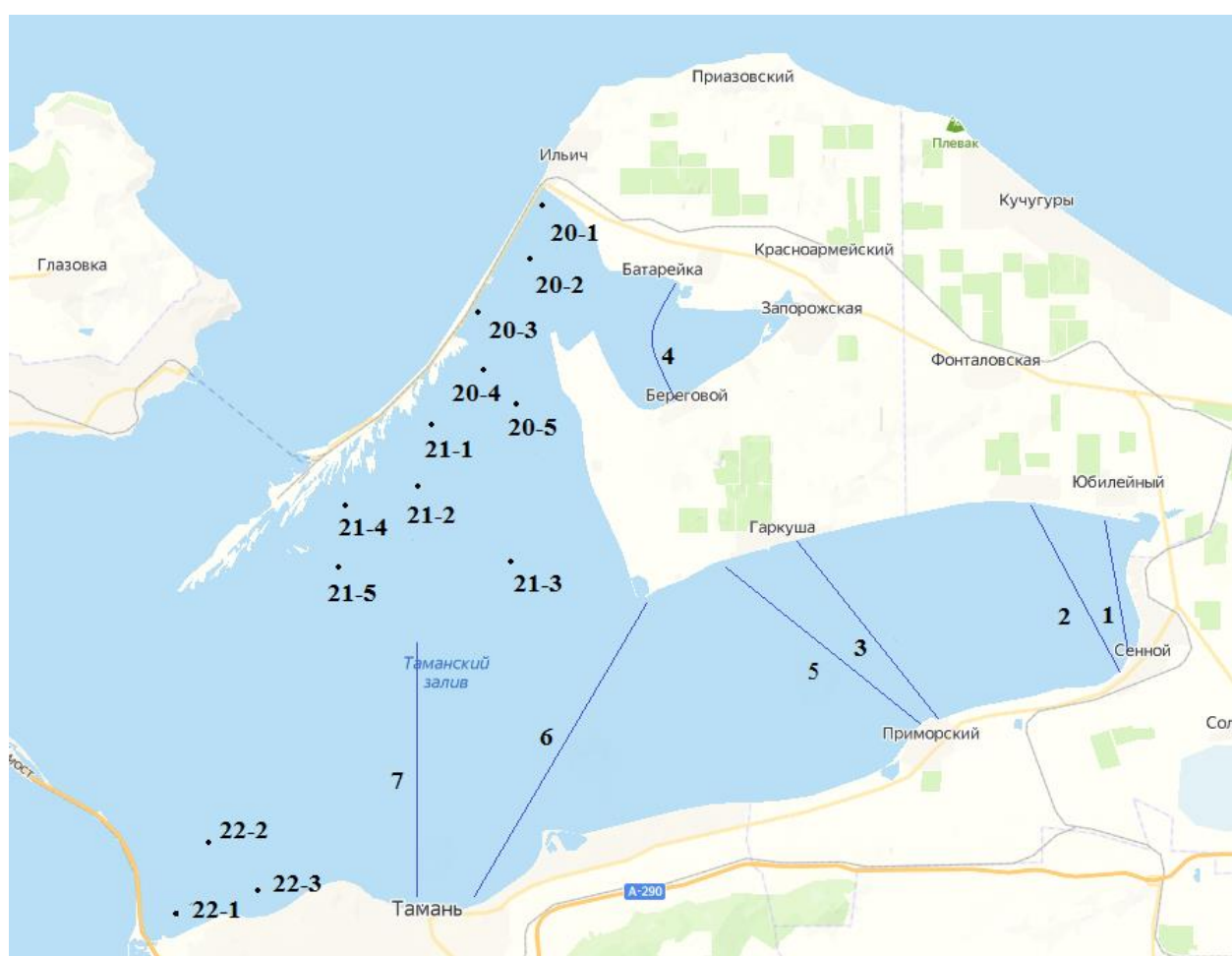


Рисунок 4.1 - Карта-схема работ в Таманском заливе в 2020-2024 гг.

В ретроспективном анализе использованы литературные материалы, опубликованные Громовым В.В. с соавт. за период с 1978 по 2005 гг. [29, 32, 12].

#### 4.2. Измерение гидрологических параметров среды и описание характера донных отложений

Работы в Таманском заливе проводили на основе методов подводных ландшафтных исследований с борта маломерного судна с применением легководолазной техники [92, 13, 46].

В заливе были заложены ландшафтные профили, пересекающие залив от берега к берегу и охватывающие все типы ландшафтов, а также станции № 20-1-20-5, 21-1-21-5 и 22-1-22-2 (рисунок 4.2, таблицы 4.1, 4.2).



Рисунок 4.2 – Подготовка маломерного судна к выполнению работ  
(фото Цыганковой А.Е.)

Вдоль профиля отмечали смены ландшафтов, определяли глубину, тип грунта и доминирующую растительность.

Координаты трансект ландшафтных профилей и станций определяли при помощи портативного GPS-приемника.

Таблица 4.1 - Координаты крайних точек ландшафтных профилей Таманского и Динского заливов

№ профиля	Наименование населенного пункта	Координаты	
		Северная широта	Восточная долгота
1	п. Сенной	45°28'70"	39°98'87"
	п. Юбилейный	45°32'47"	36°97'92"
2	п. Сенной	45°28'15"	39°97'90"
	п. Волна Революции	45°32'83"	36°95'02"
3	п. Приморский	45°27'10"	39°91'22"
	п. Гаркуша	45°31'65"	36°85'14"
4	п. Батарейка	45°35'82"	36°81'38"
	п. Береговой	45°38'74"	36°81'25"
5	п. Приморский	45°30'63"	36°81'28"
	отель Антик	45°31'65"	36°85'14"
6	п. Тамань	45°21'91"	36°73'71"
	коса Рубанова	45°30'08"	36°79'94"
7	п. Тамань	45°21'88"	36°72'78"
		45°28'55"	36°72'32"

Таблица 4.2. Координаты отдельных станций, заложенных в Таманском и Динском заливах

№ станции	Координаты	
	Северная широта	Восточная долгота
20-1	45°40'80"	36°76'31"
20-2	45°39'47"	36°75'66"
20-3	45°37'61"	36°73'91"
20-4	45°35'85"	36°73'07"
20-5	45°34'55"	36°74'95"
21-1	45°33'89"	36°69'53"
21-2	45°32'77"	36°69'03"
21-3	45°32'04"	36°74'12"
21-4	45°31'41"	36°66'82"
21-5	45°30'20"	36°65'30"
22-1	45°22'03"	36°62'89"
22-2	45°23'11"	36°64'42"
22-3	45°22'19"	36°66'22"

Начиная от берега на каждой трансекте, велось сплошное визуальное наблюдение. ОПП определяли при визуальном обследовании площадки дна размером 100 м<sup>2</sup> на каждой станции.

На основе классификации морских обломочных осадков по гранулометрическому составу, разработанной Безруковым и Лисициным [7] визуально описывали донные отложения. Параллельно на каждой станции выполнялся отбор проб грунтов мерным металлическим стаканом емкостью 1 дм<sup>3</sup>. Грунты обрабатывались согласно ГОСТ 12536-79 ситовым методом. При картировании грунтов также использовали материалы современных исследований гранулометрического состава грунтов Таманского залива [59]. Карту фракционного распределения грунтов в акватории Таманского залива составляли по обобщенным материалам полевых исследований автора, проведенным в 2020-2024 гг., и современных литературных данных [59].

На каждой станции производилось измерение придонной и поверхностной температуры и солености, отбиралась вода из среднего горизонта для последующего определения содержания биогенных веществ. Для определения концентраций исследуемых биогенных веществ использовали колориметрические тесты для определения содержания нитратов (NO<sub>3</sub>), нитритов (NO<sub>2</sub>) и фосфатов (PO<sub>4</sub>) фирмы Red Sea Algae Control.

Результаты, полученные в ходе подводного наблюдения, оформляли графически в виде ландшафтного профиля. В основе ландшафтного профиля лежит батиметрическая кривая, составленная в результате анализа GPS координат и промеров, выполненных при работе на станциях. На батиметрической кривой условными обозначениями представлены типы донных осадков и массовые виды макрофитобентоса [107].

Методология исследования ландшафтной структуры включала выделение морфологических единиц донного ландшафта (донные природные комплексы – ДПК) путем интеграции данных по ключевым компонентам: рельефу, литологическим характеристикам донных отложений, гидрологическим параметрам и показателям донных фитоценозов (флористический состав, ценотическая структура, проективное покрытие). На основе данных отдельных станций осуществлена экстраполяция характеристик на пространственно-однородные участки [108, 109].

Ландшафтное картирование акватории Таманского залива осуществляли на основе составленных профилей и интерпретационных таблиц. 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 и ресурса kosmosnimki.ru [107].

#### **4.3 Сбор и анализ биологического материала (геоботанические методы)**

При изучении состава и структуры донных фитоценозов на глубинах от 0,5 до 6,0 м на каждой станции с помощью квадратных рамок закладывали по четыре учетные площадки, на каждой площадке осуществляли отбор проб макрофитобентоса, фиксировали высоту полога (рисунок 4.3, 4.4).

Из рамки отбирали все водоросли-макрофиты для определения видов и их биомассы в лаборатории. Пробы помещались в газовые мешки, снабженные бирками с указанием даты, глубины, номера учетной площадки. Водоросли идентифицировали с использованием определителей [43, 149]. Номенклатура водорослей дана в соответствии с AlgaeBase [150]. Сапробность видов приведена по неопубликованным данным А.А. Калугиной-Гутник.

Для оценки сырой биомассы видов, водоросли промокали фильтровальной бумагой до воздушно-сухого состояния и взвешивали (рисунок 4.5).

Полученные результаты пересчитывали на 1,0 м<sup>2</sup> [30]. Анализировалась биомасса водорослей «на заросли» (без учета общего проективного покрытия) и общая биомасса с учетом общего проективного покрытия (ОПП) [173].



Рисунок 4.3 – Отбор проб с помощью рамки в Таманском заливе



Рисунок 4.4 – Отбор проб с помощью рамки в мелководной части залива

Выделение фитоценозов проводили согласно доминантной классификации [47].



Рисунок 4.5 – *Ruppia maritima* перед осушением фильтровальной бумагой  
(фото автора)

Всего за период экспедиционных исследований заложено 110 станций, всего собрано и обработано 440 проб количественных и качественных макрофитобентоса.

На основе полученных данных, в ходе ландшафтных и гидробиологических исследований была построена ландшафтная карта типов донных природных комплексов (ДПК) с указанием их границ.

#### **4.4. Геоэкологические методы**

##### ***4.4.1. Оценка класса экологического состояния донных природных комплексов с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса***

Сообщества макрофитов выполняют основную экологическую функцию в прибрежных экосистемах – создают первичное органическое вещество, с которого начинается круговорот веществ и энергии в трофических цепях. В зависимости от интенсивности экологических процессов в морских прибрежных системах структурно-функциональная организация погруженной водной

растительности (ПВР) существенно различается. Соответственно, параметры состояния сообществ макроводорослей и водных покрытосеменных растений могут рассматриваться в качестве биологических критериев оценки качества водной среды [173]. Высокие индикативные свойства ПВР были подтверждены в ходе разработки методов оценки степени эвтрофикации водных объектов. Для морских прибрежных экосистем средняя достоверность ПВР (0,64) выше, чем у физико-химических условий (0,57) и бентосных беспозвоночных (0,30) [126].

В настоящее время предложены несколько подходов и индикаторов, позволяющих использовать данные о сообществах макрофитобентоса для оценки класса экологического состояния (КЭС) прибрежных экосистем морей Европы. Так, например, при выражении оценочных индексов экологического состояния с использованием структурных показателей макрофитов (флористический состав, проективное покрытие, биомасса) предложено учитывать особенности видов в соответствии с теорией r- и k-стратегий [192]. Для оценки класса экологического состояния в восточном средиземноморье широко используется метод разделения макрофитов на две экологические группы: ESG I – позднесукцессионные и ESG II – оппортунистические, с учетом их вклада в структуру бентосных сообществ [180, 181, 183, 184, 187]. Позднее этот подход был усовершенствован, и было предложено разделить их на пять подгрупп [182].

На основе изучения структурно-функциональных групп бентосных морских макроводорослей [167, 168] и особенностей их метаболизма, влияющих на формирование структуры морских макрофитов [116], было создано новое направление – морфофункциональная экология макрофитов [67, 68, 176]. На основе морфофункциональных показателей макрофитобентоса предложены метод, индикаторы и шкалы для оценки КЭС экосистемы Черного моря [173, 174]. В последнее десятилетие оба подхода успешно применены для оценки классов экологического состояния побережий всех стран Черного моря [130, 138, 175].

В настоящей работе, для сбора и обработки данных по оценке класса экологического состояния (КЭС) донных природных комплексов с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса использовалось руководство «Руководство по мониторингу Черного моря: Макрофитобентос», одобренное Черноморской экологической комиссией [173]. Для оценки класса экологического состояния (КЭС) были использованы четыре морфофункциональных показателя макрофитов (табл. 2).

Величина удельной поверхности популяции (отдельного вида –  $(S/W)_p$  или средняя для всех видов сообщества –  $(S/W)_x$ ) является показателем экологической активности макроводорослей. Величина индекса поверхности фитоценоза ( $SI_{ph}$ ) отражает интенсивность автотрофного процесса, который обеспечивается макрокомпонентами донной растительности. При росте в экосистеме уровня первично-продукционного процесса (как правило, это следствие антропогенного эвтрофирования прибрежных экосистем) преимущество развития получают виды с более высокими показателями  $S/W_p$ , при этом увеличиваются значения  $SI_{ph}$ . В наших расчетах для макрофитобентоса Таманского залива для некоторых видов значение  $S/W_p$  получали посредством расчета измеряемых морфологических параметров по унифицированным алгоритмам [67], для других – по уже имеющимся данным, опубликованным в литературе [67, 173]. Еще один показатель макрофитобентоса, с помощью которого можно оценить класс экологического состояния – процент чувствительных видов во флористическом составе сообществ макрофитобентоса ( $S_{sp}$ ). При этом, чувствительными видами, по сути являющимися  $k$ -стратегами, являются виды с  $S/W_p = 5-25 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Их аналогом являются виды группы ESG I (позднесукцессионные) по классификации С. Орфанидиса [180, 181, 183]. Толерантными считаются виды, у которых  $S/W_p \geq 25 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Это  $r$ -стратеги или виды группы ESG II (оппортунистические), по классификации С. Орфанидиса.

Перечень использованных нами морфофункциональных показателей макрофитов для оценки класса экологического состояния донных природных

комплексов и формулы, по которым проводился их расчет, приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Морфофункциональные показатели макрофитов, используемые для оценки экологического состояния морских прибрежных экосистем и их расчет [по 67, 173]

Показатель	Смысловое значение	Формула
Экологическая активность трех доминантов, $S/W_{3DP}$	Среднее значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов фитобентоса	$S/W_{3DP} = \frac{\sum 3(S/W)_{pi}}{3ni}$ <p>где: <math>S/W_{pi}</math> – удельная поверхность популяций доминантов</p>
Средняя экологическая активность видов, $S/W_x$	Среднее значение удельной поверхности популяций всех видов фитобентоса	$S/W_{xcom} = \frac{\sum (S/W)_{pi}}{ni}$ <p>где: <math>S/W_{pi}</math> – удельная поверхность популяций фитобентоса</p>
Индекс поверхности фитоценоза, $SI_{ph}$	Суммарная величина фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза с разной удельной поверхностью популяций	$SI_{ph} = \sum (B_{pi} \times (S/W)_{pi})$ <p>де: <math>S/W_{pi}</math> – удельная поверхность популяций фитоценоза; <math>B_{pi}</math> – биомасса популяций, полученная в полевых исследованиях</p>
Чувствительные виды ( $S_{sp}$ )	Процент чувствительных видов ( $k$ -стратегов) ( $S/W_p \leq 25 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) от общего количества видов флористического состава	$S_{sp} = \frac{N_{sensitive\ sp.} * 100 \%}{N_{total\ sp.}}$ <p>где: <math>N_{sensitive\ sp.}</math> – количество видов, имеющих <math>S/W_p \leq 25 \text{ м}^2/\text{кг}</math>; <math>N_{total\ sp.}</math> – общее количество видов</p>

Коэффициент доминантности вида для определения первых трех доминантов рассчитывался как квадратный корень из произведения частоты встречаемости вида в сообществе на индекс поверхности его популяции [173].

В настоящей работе использовали подход, рекомендованный «Руководством...»: оценку класса экологического состояния (КЭС) на основе пяти категорий. 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‰ [173] (таблица 4.4).

Таблица 4.4 - Классификация морфофункциональных экологических индексов оценки макрофитов для оценки класса экологического состояния (КЭС) прибрежных районов Черного моря с соленостью выше 12‰ [по 173]

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

Оценка класса экологического состояния проводилась для каждого ДПК на основании усреднения биологических данных натурных исследований (биомасса, проективное покрытие) по отдельным станциям согласно «Руководству...» [173]. Для итоговой оценки результаты по всем использованным индексам сводились в отдельную таблицу.

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 высокому классу по всем индексам (сумма – 4 балла), самое плохое экологическое состояния – 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 состояния, от 11 до 15 – удовлетворительное, от 16 до 20 – неудовлетворительное.

#### ***4.4.2. Оценка степени трансформации растительных сообществ в ДПК Таманского залива за полувековой период***

Геоэкологическая оценка степени трансформации ДПК Таманского залива проводилась по двум критериям: изменение/сохранение состава доминирующих

и субдоминирующих видов и изменение биомассы донных растительных сообществ.

Степень трансформации ДПК по критерию изменения/сохранения видового состава доминантов и субдоминантов в фитоценозах 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.

Исходя из данных по площадям распространения основных фитоценозов в исторический (по литературным источникам) и современный (по данным наших полевых исследований) периоды, были рассчитаны доли площадей ДПК, затронутых каждой степенью трансформации.

Таким образом, для решения задач диссертационного исследования был применен комплексный подход, сочетающий традиционные ландшафтно-экологические и гидрботанические методы с современными системами оценки экологического состояния акватории, основанными на определении класса экологического состояния макрофитобентоса. Проведенный ретроспективный анализ литературных данных позволил выявить общую тенденцию трансформационных процессов в экосистеме Таманского залива.

## ГЛАВА 5. ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА АКВАТОРИИ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

### 5.1. Анализ гидроклиматических условий

Донная поверхность Таманского залива в отсутствие твердых субстратов имеет довольно однородное строение без четких оформленных границ. Типы рельефов дна коррелируют в большей степени с глубиной их простирания. Согласно батиметрической карте Таманского залива описано три типа форм рельефа: мелководная отмель с глубинами до 1,7 м, мелководный береговой склон – 1,7–3,0 м и слабонаклоненная подводная равнина – от 3,0 до 5,5 м (таблица 5.1).

Распределение донных осадков Таманского залива имеет выраженный концентрический характер. По гранулометрическому составу донных отложений выделено три области. Первая зона включает станции на глубинах от 3,5 до 5,5 м локализованных в центральных частях Таманского залива, где преобладающими грунтами выступают тонкодисперсные пелитовые илы (<0,01 мм). Вторая зона содержит группу станций на глубинах от 2,0 до 3,2 м с донными отложениями песчано-илистой фракции (0,1–0,01 мм) с незначительной долей ракуши. Третья зона мелководья с глубинами порядка 0,3–1,7 м, включала станции, с высоким содержанием крупных фракций песка (1–0,1 мм) со значительной долей ракушки (таблица 5.1) [107].

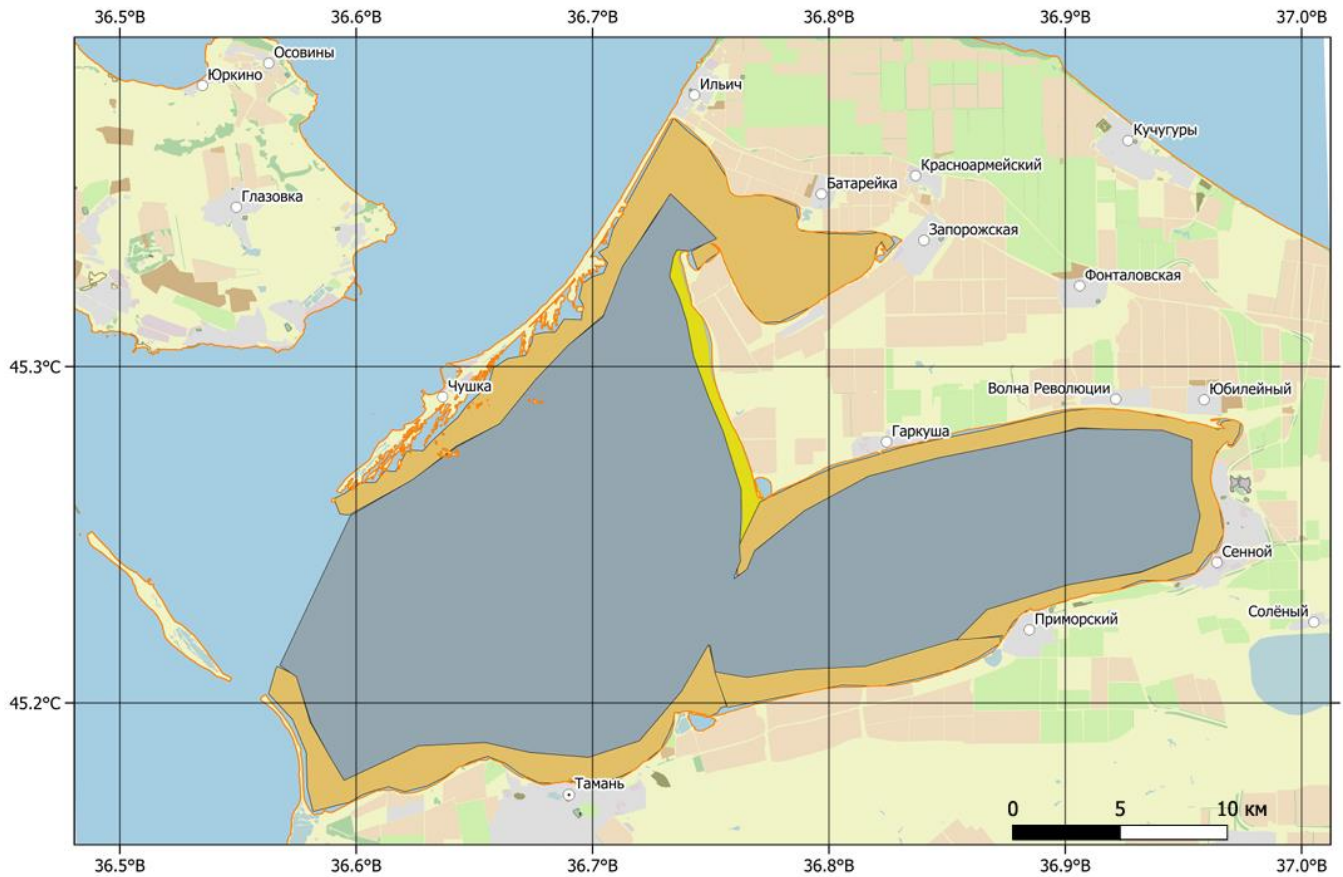
Обобщенная карта фракционного распределения грунтов в акватории Таманского залива представлена на рисунке 5.1.

Таблица 5.1 – Усредненные данные по гидроклиматическим условиям за период наблюдений в 2020-2024 гг.

№ разреза/станции	Тип донных отложений	Глубина, м	Прозрачность, м	Соленость/плотность, ‰	Температура воды, С°		Конц. PO <sub>3</sub> , мг/л	Конц. Нитрат/нитритов, мг/л	
					Поверхность	Дно		NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
1_1	песчано-илистые с незначительной долей ракушки	1,0	1,0	19,0/1,014	29,9	27,0	0,01	0	0
1_2		1,5	1,5	19,0/1,014	29,5	26,0	0,01	0	0
1_3	песчано-илистые	1,7	1,7	19,0/1,014	29,1	26	0,01	0	0
1_4		2,5	2,5	18,0/1,013	28,3	26	0,0	0	0
1_5		2,3	2,3	17,0/1,012	28,2	26	0,04	0	0
1_6		2,3	2,3	17,0/1,012	27,9	26	0,03	0	0
1_7		2,0	2,0	17,0/1,012	28,3	26	0,01	0	0
1_8	песчано-илистые с незначительной долей ракушки	1,3	1,3	18,0/1,013	28,2	26,5	0,02	0	0
2_1		0,65	0,65	17,0/1,012	28,2	26,0	0,0	0	1
2_2	песчано-илистые	1,45	1,45	15,0/1,012	27,8	26,5	0,02	0	1
2_3		1,75	1,75	15,0/1,012	27,8	26	0,02	0	0
2_3а		2,3	2,3	15,0/1,012	27,6	26	0,02	0	0
2_4	Илистые, тонкодисперсные	3,0	3,0	15,0/1,011	28,1	26	0,01	0	0
2_5		3,3	3,3	16,0/1,012	28,3	25,5	0,01	0	0
2_6		4,0	4,0	18,0/1,013	28,1	27,8	0,02	0	0
2_7		3,5	3,5	18,0/1,013	28	27,8	0,08	0	0
2_8	песчано-илистые	1,75	1,75	19,0/1,014	28,8	28	0,02	0	0
2_9	песчано-илистые с незначительной долей ракушки	1,0	1,0	19,0/1,014	29,4	29	0,04	0	0
3_1		0,50	0,50	19,0/1,014	28,9	28,9	0,02	0	0
3_2	песчано-илистые	1,6	1,6	19,0/1,014	28,9	28,9	0,02	0	0
3_3		2,0	2,0	19,0/1,014	28,5	28,5	0,02	0	0
3_4	Илистые, тонкодисперсные	4,0	4,0	19,0/1,014	28,4	28,3	0,04	0	0
3_5		4,1	3,9	18,0/1,013	28,1	27,6	0,01	0	0
3_6	песчано-илистые	3,0	2,0	18,0/1,013	28,1	27,3	0,01	0	0

3_7		2,4	2,4	18,0/1,013	28,3	27,9	0,01	0	0
3_8	песчано-илистые с незначительной долей ракушки	1,5	1,0	19,0/1,014	28,3	27,9	0,02	0	0
4_1		0,30	0,30	20,0/1,015	23,9	23,9	0,01	0	0
4_2		0,75	0,75	20,0/1,015	24,5	24,3	0,01	0	0
4_3		1,0	1,0	20,0/1,015	24,8	24,7	0,02	0	0
4_4		2,0	2,0	20,0/1,015	24,8	24,7	0	0	0
5_1		0,50	0,50	18,0/1,013	25,9	25,5	0,02	0	0
5_2		1,5	1,5	18,0/1,013	25,7	25,9	0,01	0	0
5_3		песчано-илистые	2,1	2,1	18,0/1,013	25,5	25,5	0,02	0
5_4	Илистые, тонкодисперсные	4,0	4,0	18,0/1,013	25,5	25,3	0,01	0	0
5_5		4,2	3,5	18,0/1,013	25,6	25,3	0,01	0	0
5_6		3,0	3,0	19,0/1,014	25,1	25,1	0,01	0	0
5_7	песчано-илистые	2,5	2,5	19,0/1,014	24,7	24,7	0,01	0	0
5_8		1,6	1,6	18,0/1,013	25,2	25,2	0,02	0	0
5_9	песчано-илистые с незначительной долей ракушки	0,50	0,50	18,0/1,013	25,7	25,7	0,0	0	0
6_1		1,20	1,20	19,0/1,014	24,3	24,7	0,02	0	0
6_2	песчано-илистые	2,0	2,0	19,0/1,014	24,9	24,9	0,02	0	0
6_3		2,5	2,0	18,0/1,013	24,4	24,4	0,02	0	0
6_4	Илистые, тонкодисперсные	3,2	3,2	19,0/1,014	25,1	25,1	0,01	0	0
6_5		3,0	3,0	19,0/1,014	24,7	24,7	0,01	0	0
6_6	песчано-илистые	2,0	2,0	19,0/1,014	25,2	25,2	0,02	0	0
6_7	песчано-илистые с незначительной долей ракушки	1,50	1,50	18,0/1,013	26,4	26,4	0,02	0	0
6_8		1,20	1,20	19,0/1,014	26,4	26,4	0,02	0	0
7_1		0,8	0,8	19,0/1,014	26,7	26,7	0,02	0	0
7_2	Илистые, тонкодисперсные	3,0	3,0	18,0/1,013	25,2	25,2	0,02	0	0
7_3		3,5	3,5	18,0/1,013	25,1	25,1	0,01	0	0
20-1	песчано-илистые с незначительной долей ракушки	1,20	1,20	19,0/1,014	26,4	26,4	0,02	0	0
20-2		0,8	0,8	19,0/1,014	26,7	26,7	0,02	0	0
20-3		1,50	1,50	18,0/1,013	26,4	26,4	0,02	0	0

20-4		2,1	2,1	18,0/1,014	26,2	26,2	0,03	0	0
20-5	песчано-илистые	2,2	2,1	18,0/1,014	25,9	25,7	0,01	0	0
21-1		1,5	1,5	18,0/1,013	25,1	25,1	0,01	0	0
21-2		2,2	2,2	18,0/1,013	25,9	25,5	0,02	0	0
21-3	Илистые, тонкодисперсные	2,7	2,7	19,0/1,013	25,4	25,1	0,01	0	0
21-4	песчано-илистые	2,0	2,0	18,0/1,013	26,5	25,5	0,02	0	0
21-5		2,3	2,3	18,0/1,013	25,1	25,0	0,01	0	0
22-1	песчано-илистые	2,0	2,0	19,0/1,014	24,1	23,5	0,01	0	0
22-2	Илистые, тонкодисперсные	4,1	4,0	19,0/1,014	24,0	23,1	0,01	0	0
22-3	песчано-илистые	2,5	2,5	19,0/1,014	24,0	23,1	0,01	0	0



Условные обозначения:

	песчано-ракушечные
	песчано-илистые
	илистые, тонкодисперсные

Рисунок 5.1 – Распределение основных фракций грунтов в акваториях Таманского залива в современный период

*Гидрологические условия*

В период исследований летом 2020-2024 гг. соленость в Таманском заливе колебалась в пределах 15-20‰. В Динском заливе соленость составляла около 20‰ (таблица 5.1). Как правило, повышенные значения солености отмечались на прибрежных станциях наблюдения и были связаны в первую очередь с интенсивным испарением.

Температурные градиенты в Таманском заливе были выражены слабо, температуры воды менялись в летний период в пределах 29,9-24,0°C. Разница в

температурном режиме между поверхностным слоем и придонным не превышала 2,3°C и имела место только для станций с глубинами более 2,0 м (таблица 5.1).

Прозрачность в заливе менялась в достаточно широких пределах, достигая в отдельных районах 4 м. Наименьшая прозрачность отмечалась в мелководной зоне в условиях интенсивного взмучивания донных отложений и на станциях глубже 3,8-4,0 м (таблица 5.1).

#### *Биогенные вещества*

Концентрации биогенных веществ в акватории Таманского залива в период наблюдений не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Концентрации фосфатов колебались в пределах 0,01-0,08 мг/л, нитратов/нитритов – находились ниже пределов чувствительности тест-системы (таблица 5.1).

### **5.2. Состав и структура донных растительных сообществ**

В целом в Таманском заливе в период проведения наших исследований в составе макрофитобентоса нами было обнаружено 40 видов, в том числе, 4 вида высших водных растений (*Magnoliophyta*, *Liliopsida*) и 36 видов макроводорослей, относящихся к 4 группам: зеленые водоросли (*Chlorophyta*) – 17 видов, красные водоросли (*Rhodophyta*) – 16 видов и внутривидовых таксонов; харовые водоросли (*Charophyta*) – 2 вида, желто-зеленые водоросли (*Ochromytha*, *Xanthophyceae*) – 1 вид.

Усредненные характеристики доминирующих фитоценозов по видовому составу, общему проективному покрытию (ОПП), биомассе (только для видов с массой  $\geq 1$  г/м<sup>2</sup>), высоте полога, представлены в таблице 5.2. Для точечных станций указаны только ОПП и биомасса доминирующего вида.

Таблица 5.2 – Усредненные показатели развития фитоценозов в Таманском заливе в 2020-2024 гг.

№ разреза/станции	Глубина, м	ОПП, %	Покрытие ВВР, %			Высота полога, см	Покрытие водорослей литофитов, %		Покрытие водорослей эпифитов, %	Виды, обнаруженные на станции	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
			<i>Zostera marina</i>	<i>Nanozostera noltei</i>	<i>Ruppia maritima</i>		Общее	Харовые			
<b>Разрез №1 Сенной-Юбилейный</b>											
1_1	1,0	100	2,5	85,0	-	45,0	3,5	-	7,5	<i>Nanozostera noltei</i>	440,2
										<i>Zostera marina</i>	11,8
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
										<i>Chondria capillaris</i>	3,75
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	17,5
										<i>Ulva intestinalis</i>	30,5
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,1
1_2	1,5	95	8,0	65,0	8,0	34,5	2,0	-	3,0	<i>Nanozostera noltei</i>	412,9
										<i>Zostera marina</i>	12,7
										<i>Pterotamnion plumula</i>	0,1
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	27,5
										<i>Ulva intestinalis</i>	22,5
										<i>Ceramium sp.</i>	2,5
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,1
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
<i>Chondria capillaris</i>	177,5										
1_3	1,7	85,0	45,0	30,0	4,5	37,0	1,0	-	5	<i>Zostera marina</i>	653,8
										<i>Nanozostera noltei</i>	56,3
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,1

										<i>Cladophora siwaschensis</i>	15
										<i>Ulva intestinalis</i>	7,5
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	5,1
										<i>Chondria capillaris</i>	447,5
1_4	2,5	100	67,5	-	7,5	65	-	-	7,5	<i>Zostera marina</i>	701,5
										<i>Pterotamnion plumula</i>	352,5
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	5,2
1_5	2,3	100	80	30	5	40	2,5	-	1,5	<i>Zostera marina</i>	688,9
										<i>Chondria capillaris</i>	62,5
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	582,5
										<i>Ulva intestinalis</i>	217,5
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	<0,1
1_6	2,3	100	47,5	8,2	2,5	45	-	-	6	<i>Nanozostera noltei</i>	12,3
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	1
										<i>Zostera marina</i>	1190,2
										<i>Pterotamnion plumula</i>	5,1
1_7	2	90	25	66,0	3	30	4	-	6,5	<i>Zostera marina</i>	712,3
										<i>Chondria capillaris</i>	85,5
										<i>Pterotamnion plumula</i>	12,5
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	45,1
										<i>Ulva intestinalis</i>	51,3
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
1_8	1,3	88,5	1,5	85	-	15	8,6	-	12	<i>Nanozostera noltei</i>	475,1
										<i>Zostera marina</i>	31,9
										<i>Pterotamnion plumula</i>	40,0
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1

										<i>Cladophora siwaschensis</i>	117,5
										<i>Ulva intestinalis</i>	385,5
										<i>Chaetomorpha linum</i>	<0,1
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	<0,1
<b>Разрез №2 Сенной-Волна Революции</b>											
2_1	0,65	75	-	67,5	-	15	22,5	-	2,5	<i>Chondria capillaris</i>	11,7
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,1
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,1
										<i>Ulva sp.</i>	0,3
										<i>Nanozostera noltei</i>	409,6
2_2	1,45	95,0	-	8,0	-	7,0	86,2	70,0	-	<i>Chara baltica</i>	165,0
										<i>Chondria tenuissimum</i>	8,6
										<i>Nanozostera noltei</i>	88,2
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	37,1
										<i>Ulva intestinalis</i>	26,3
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
2_3	1,75	67,5	38,0	26,5	5,0	36,2	11,6	-	15,0	<i>Zostera marina</i>	832,2
										<i>Ceramium tenuissimum</i>	17,5
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	2,5
										<i>Ulva intestinalis</i>	137,5
										<i>Chondria tenuissimum</i>	10,5
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
2_3a	2,3	97,5	37,5	-	3,0	65	-	-	27,5	<i>Ceramium tenuissimum</i>	0,6
										<i>Pterotamnion plumula</i>	0,1
										<i>Chondria tenuissimum</i>	0,4
										<i>Zostera marina</i>	724,1
2_4	3	100	-	-	-	5	-	-	-	<i>Pterotamnion plumula</i>	612,9
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1

2_5	3,3	100	-	-	-	5	-	-	-	<i>Pterotamnion plumula</i>	663,6
2_6	4	50	-	-	-	5	-	-	-	<i>Chondria capillaris</i>	3,4
										<i>Pterotamnion plumula</i>	586,1
2_7	3,5	100	50	-	-	37,5	-	-	5	<i>Vertebrata reptabunda</i>	<0,1
										<i>Pterotamnion plumula</i>	652,7
										<i>Chondria tenuissimum</i>	5,2
2_8	1,75	100	61,2	38	6,5	30	6,2	-	12,5	<i>Zostera marina</i>	699,1
										<i>Pterotamnion plumula</i>	5,7
										<i>Chondria tenuissimum</i>	71,2
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,1
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
2_9	1	72,5	-	72,5	-	16,7	-	-	15,6	<i>Nanozostera noltei</i>	615,8
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
										<i>Pterotamnion plumula</i>	0,9
										<i>Chondria tenuissimum</i>	0,1
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,1
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	0,1
										<i>Ulva intestinalis</i>	5,2
										<i>Chara baltica</i>	10,4
<b>Разрез №3 Приморский -Гаркуша</b>											
3_1	0,50	60	-	60,0	-	17,5	4,8	-	2,0	<i>Chondria capillaris</i>	7,2
										<i>Ulva intestinalis</i>	3,4
										<i>Ulva linza</i>	0,1
										<i>Ulva miotica</i>	0,3
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,1

										<i>Nanozostera noltei</i>	457,3
3_2	1,6	96,2	1,5	94,0	2,0	37,5	1,5	-	9,2	<i>Chondria capillaris</i>	1,3
										<i>Chondria tenuissimum</i>	4,4
										<i>Ulva intestinalis</i>	0,5
										<i>Ulva miotica</i>	0,4
										<i>Zostera marina</i>	7,8
										<i>Nanozostera noltei</i>	703,4
										<i>Chondria tenuissimum</i>	6,7
3_3	2	95,2	47,5	48,7	1,3	27,5	4,8	-	6,3	<i>Zostera marina</i>	845,9
3_4	4	95,2	-	-	-	5,6	-	-	100	<i>Pterotamnion plumula</i>	589,9
3_5	4,1	100	-	-	-	6,2	-	-	100	<i>Pterotamnion plumula</i>	680,4
3_6	3	35,5	-	-	-	-	-	-	12,5	<i>Pterotamnion plumula</i>	25,6
										<i>Chondria tenuissimum</i>	30,4
										<i>Zostera marina</i>	708,7
3_7	2,4	70	30	40	-	42,5	17,5	-	5	<i>Chondria capillaris</i>	145,6
										<i>Pterotamnion plumula</i>	9,6
										<i>Cladophora liniformis</i>	1,6
										<i>Chaetomorpha linum</i>	16,0
										<i>Zostera marina</i>	677,2
3_8	1,5	65	20	40	-	20	8,5	-	6	<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,1
										<i>Pterotamnion plumula</i>	12,5
										<i>Chondria tenuissimum</i>	42,5
										<i>Cladophora linum</i>	2,5
										<i>Ceramium tenuissima</i>	2,5
										<i>Pterotamnion plumula</i>	12,5
										<i>Ulva intestinalis</i>	2,5
<i>Zostera marina</i>	37,1										

										<i>Nanozostera noltei</i>	581,7
<b>Разрез №4 Батарейка-Береговой</b>											
4_1	0,30	38,1	-	37,5	-	6,0	6,0	6,0	4,0	<i>Nanozostera noltei</i>	540,2
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,1
										<i>Ceramium tenuissimum</i>	2,6
										<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,3
4_2	0,75	56,25	0	48,75	7,5	10	5,875	3,375	16,25	<i>Nanozostera noltei</i>	465,0
										<i>Chondria tenuissimum</i>	72,5
										<i>Chaetomorpha linum</i>	2,5
										<i>Ceramium deslonngchampsii</i>	22,5
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	77,5
<i>Vertebrata reptabunda</i>	2,5										
4_3	1,0	70,0	0,0	0,0	35,0	10,0	40	40	20	<i>Lamprotamnion papulosum</i>	115,0
										<i>Chara baltica</i>	102,5
										<i>Chondria tenuissimum</i>	13,9
										<i>Ceramium tenuissimum</i>	2,5
										<i>Chaetomorpha linum</i>	2,5
4_4	2,0	55	0	10,0	10,0	10	25	25	0	<i>Lamprotamnion papulosum</i>	75,0
										<i>Chara baltica</i>	95,8
										<i>Chondria tenuissimum</i>	37,5
										<i>Chaetomorpha linum</i>	16,3
										<i>Nanozostera noltei</i>	15,4
4_5	0,8	45	-	30	-	10	-	-	17,5	<i>Chondria tenuissimum</i>	10,5
										<i>Ceramium tenuissimum</i>	10,5
										<i>Nanozostera noltei</i>	481,8
<b>Разрез № 5 Приморский – отель Антик</b>											

5_1	0,50	60	-	60,0	-	17,5	5	-	1,5	<i>Nanozostera noltei</i>	498,0
										<i>Chondria capillaris</i>	28,6
										<i>Ulva linza</i>	0,9
										<i>Ulva miotica</i>	0,1
										<i>Cladophora liniformis</i>	3,2
										<i>Ulva intestinalis</i>	0,7
5_2	1,6	95,5	1,2	95,0	2,2	36,5	2,0	-	11,0	<i>Nanozostera noltei</i>	640,2
										<i>Chondria tenuissimum</i>	14,4
										<i>Ulva sp.</i>	1,1
										<i>Chondria capillaris</i>	17,2
										<i>Zostera marina</i>	16,4
5_3	2	93,0	60,0	32,0	3,0	27,5	3	-	12,5	<i>Zostera marina</i>	732,2
										<i>Chondria tenuissimum</i>	6,9
										<i>Nanozostera noltei</i>	14,7
										<i>Ruppia maritima</i>	7,6
5_4	4	70	-	-	-	-	-	-	100	<i>Pterotamnion plumula</i>	690,5
5_5	3,0	55,0	25,0	10,0	17,5	15,0	4	0	15	<i>Zostera marina</i>	718,8
										<i>Chondria tenuissima</i>	10,1
										<i>Pterotamnion plumula</i>	86,5
										<i>Cladophora liniformis</i>	5,6
										<i>Cladophora linum</i>	1,4
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	0,1
										<i>Nanozostera noltei</i>	12,5
										<i>Ruppia maritima</i>	9,6
										<i>Ceramium tenuissimum</i>	5,6
5_6	2,5	57,0	25,0	18,0	14,5	15,0	3,5	-	12,5	<i>Zostera marina</i>	660,3

										<i>Nanozostera noltei</i>	19,5
										<i>Ruppia maritima</i>	11,6
										<i>Cladophora liniformis</i>	2,8
										<i>Cladophora linum</i>	5,1
										<i>Cladophora siwaschensis</i>	1,4
										<i>Pterotamnion plumula</i>	3,6
										<i>Chondria tenuissima</i>	1,6
										<i>Ceramium tenuissimum</i>	1,3
5_7	1,6	70	40,0	30,0	0,0	30,0	3,0	0,0	4,0	<i>Zostera marina</i>	628,5
										<i>Nanozostera noltei</i>	119,8
										<i>Ceramium tenuissimum</i>	0,1
										<i>Chaetomorpha linum</i>	1,2
										<i>Chaetomorpha linum</i>	1,2
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Chondria tenuissima</i>	0,1
5_8	0,50	90	0	70,0	0	15,0	5	0	5	<i>Nanozostera noltei</i>	430,6
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,9
										<i>Ulva intestinalis</i>	0,1
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,1
<b>Разрез №6 Коса Рубанова – Тамань</b>											
6_1	1,20	62,5	-	62,5	-	20,5	-	-	1,5	<i>Nanozostera noltei</i>	521,9
										<i>Chaetomorpha linum</i>	1,1
										<i>Ulva intestinalis</i>	2,0
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,5
6_2	2	70	40,0	30,0	-	30,0	3,0	-	4,0	<i>Zostera marina</i>	1253,1
										<i>Nanozostera noltei</i>	89,5
										<i>Chondria tenuissima</i>	0,1

											<i>Chaetomorpha linum</i>	0,2
											<i>Chaetomorpha linum</i>	0,2
											<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
											<i>Ceramium tenuissimum</i>	0,1
											<i>Pterotamnion plumula</i>	0,3
6_3	3,0	55,0	25,0	30,0	27,5	15,0	4	-	15		<i>Zostera marina</i>	505,4
											<i>Nanozostera noltei</i>	59,7
											<i>Pterotamnion plumula</i>	7,5
											<i>Cladophora liniformis</i>	5,2
											<i>Cladophora linum</i>	12,5
											<i>Chondria tenuissima</i>	0,1
											<i>Ceramium tenuissimum</i>	0,1
6_4	3,2	55,0	25,0	30,0	27,5	15,0	4	0	15		<i>Zostera marina</i>	521,7
											<i>Nanozostera noltei</i>	51,7
											<i>Pterotamnion plumula</i>	86,7
											<i>Cladophora liniformis</i>	6,8
											<i>Cladophora linum</i>	1,1
											<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
											<i>Cladophora siwaschensis</i>	1,3
											<i>Ceramium tenuissimum</i>	1,5
											<i>Chondria tenuissima</i>	12,0
6_5	2,5	45,0	25,0	5,0	-	20,0	4	-	-		<i>Zostera marina</i>	615,1
											<i>Nanozostera noltei</i>	5,7
											<i>Chaetomorpha linum</i>	1,0
											<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,5
											<i>Cladophora siwaschensis</i>	0,8
											<i>Pterotamnion plumula</i>	3,95

										<i>Chondria tenuissimum</i>	4,9
6_7	2,0	70,0	32,5	30,0	-	30,0	7,5	-	12,5	<i>Zostera marina</i>	719,6
										<i>Pterotamnion plumula</i>	21,6
										<i>Chaetomorpha linum</i>	1,6
										<i>Chondria tenuissimum</i>	4,4
6_8	1,20	55	10,5	45,0	-	40,0	15	-	15	<i>Zostera marina</i>	675,3
										<i>Nanozostera noltei</i>	12,7
										<i>Pterotamnion plumula</i>	0,6
										<i>Cladophora liniformis</i>	1,2
										<i>Chaetomorpha linum</i>	5,5
										<i>Ulva intestinalis</i>	3,1
										<i>Chondria tenuissimum</i>	22,3
<i>Ceramium tenuissima</i>	7,6										
<b>Разрез № 7 пос. Тамань</b>											
8_1	1,50	62,2	-	62,2	-	22,5	-	-	1,5	<i>Nanozostera noltei</i>	541,2
										<i>Cladophora liniformis</i>	0,5
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,1
										<i>Ulva intestinalis</i>	0,6
8_2	3	70	40,0	30,0	-	30,0	3,0	-	4,0	<i>Zostera marina</i>	649,8
										<i>Pterotamnion plumula</i>	76,9
										<i>Chaetomorpha linum</i>	0,2
										<i>Chaetomorpha ligustica</i>	0,1
										<i>Chondria tenuissima</i>	1,6
<i>Ceramium tenuissimum</i>	1,2										
8_3	4,2	100,0	-	-	-	-	-	-	100	<i>Pterotamnion plumula</i>	949,5
<b>Станции</b>											
20-1	0,8	96,0	36,0	60,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	640,7

20-2	1,5	85,0	20,0	65,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	545,8
20-3	0,5	65,0	-	65,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	588,3
20-4	1,2	95,0	20,0	75,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	420,3
20-5	1,8	100,0	70,0	30,0	-	-	-	-	-	<i>Zostera marina</i>	667,5
21-1	1,5	100,0	25,0	75,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	315,6
21-2	2,2	98,0	23,0	75,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	422,4
21-3	1,8	94,0	64,0	30,0	-	-	-	-	-	<i>Zostera marina</i>	627,5
21-4	1,3	87,0	77,0	10,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	278,4
21-5	2,5	95,0	70,0	25,0	-	-	-	-	-	<i>Nanozostera noltei</i>	493,8
22-1	2,1	95,0	75,0	25,0	-	-	-	-	-	<i>Zostera marina</i>	638,3
22-2	2,0	87,0	77,0	10,0	-	-	-	-	-	<i>Zostera marina</i>	623,1
22-3	3,8	85,0	85,0	-	-	-	-	-	-	<i>Zostera marina</i>	680,3

Среди доминирующих видов макрофитов Таманского залива выявлены как высшие водные растения (*Zostera marina*, *Nanozostera noltei*), так и водоросли (*Chara baltica* и *Pterothamnion plumula* (= *Antithamnion plumula*)). Отмечено поясное распределение растительных сообществ. Полог фитоценозов имеет сплошной характер в мелководной части и мозаичный начиная с глубин более 2,5 м [108, 109].

Распределение доминирующих фитоценозов по характеристикам донных отложений и глубине представлено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Распределение доминирующих фитоценозов по глубине и типу донных отложений

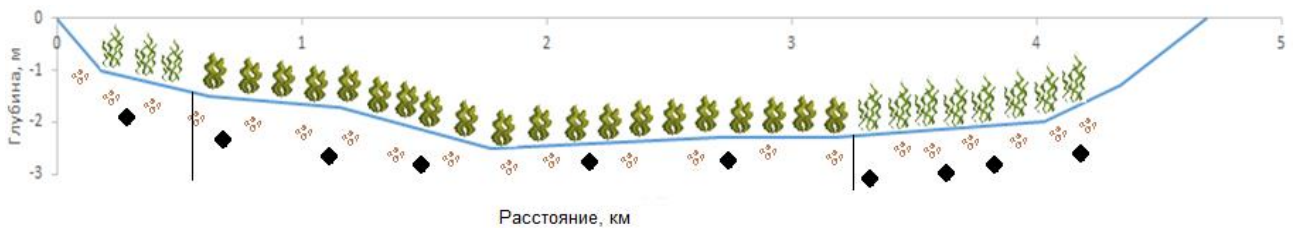
Форма рельефа	Тип отложений	Фракция, мм	Глубина, м	Доминирующий вид макрофитов
мелководная отмель	песчано-илистые с ракушей	1-0,1	0,3-1,7	<i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i>
			0,3-1,2	<i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>
			0,3-1,2	<i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> – <i>Ulva intestinalis</i> – <i>Chaetomorpha linum</i>
мелководный береговой склон	песчано-илистые	0,1-0,01	1,7-3,0	<i>Zostera marina</i>
			1,2-2,0	<i>Chara baltica</i>
слабонаклоненная подводная равнина	пелитовые илы	<0,01	3,0-5,5	<i>Pterothamnion plumula</i>

Из таблицы следует, что нами выделено 6 основных типов сообществ с доминированием, как высших водных растений, так и водорослей. При этом, сообщества располагаются на разных глубинах и приурочены к разным типам донных отложений и формам рельефа.

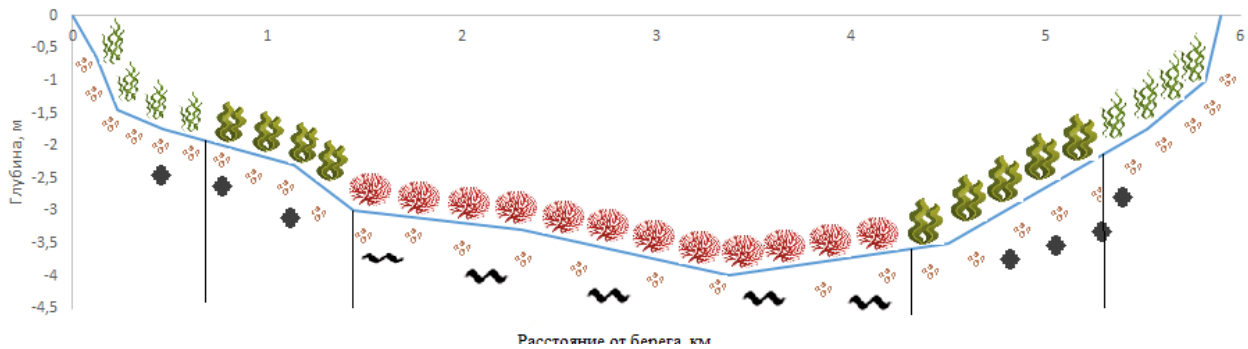
### 5.3. Ландшафтное профилирование и выделение донных природных комплексов

#### 5.3.1. Ландшафтное профилирование

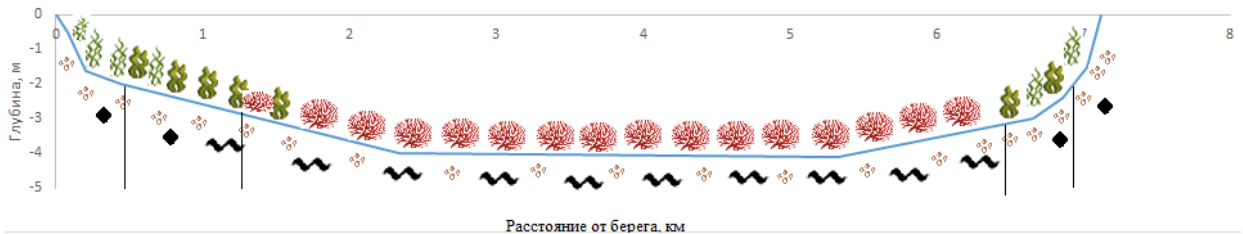
Анализ полученных данных, позволил построить семь ландшафтных профилей (ЛП №1-7) (рисунок 5.2), на которых выделены границ донных природных комплексов (ДПК) с указанием типа донных отложений и доминирующих видов макрофитов [108, 109].



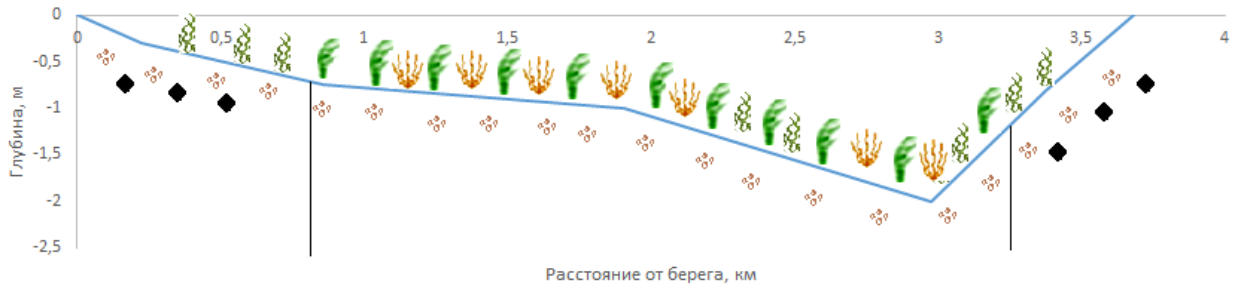
Ландшафтный профиль №1 п. Сенной-п. Юбилейный



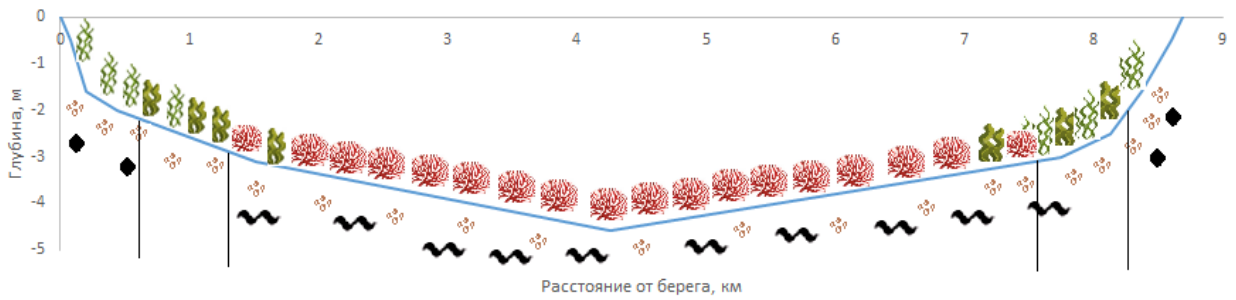
Ландшафтный профиль №2 п. Сенной-п. Волна Революции



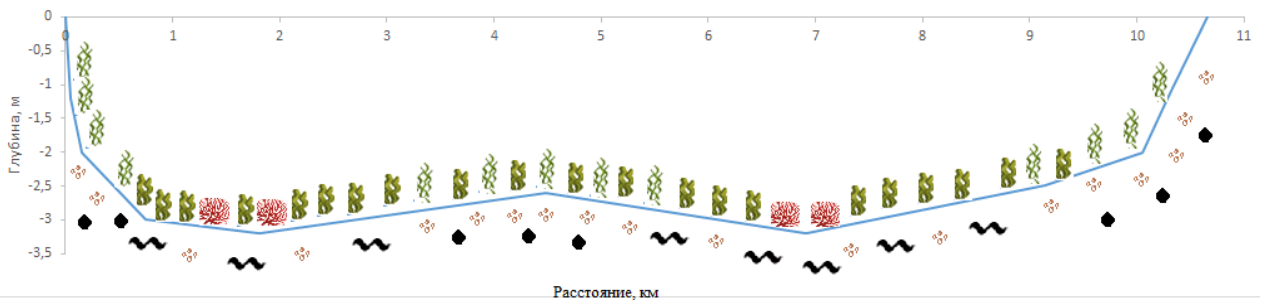
Ландшафтный профиль №3 п. Приморский-п. Гаркуша



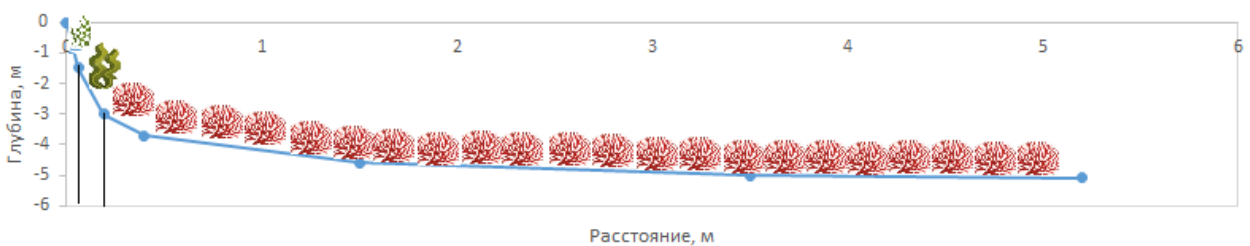
Ландшафтный профиль №4 п. Батарейка-п. Береговой (Динской залив)



Ландшафтный профиль №5 Приморский-г.к. Антик



Ландшафтный профиль №6 п. Тамань-коса Рубанова



Ландшафтный профиль №7 п. Тамань

Условные обозначения:



*Zostera marina*



*Chara baltica*



*Nanozostera noltei*



ракушка



*Pterothamnion plumula*



ИЛЫ



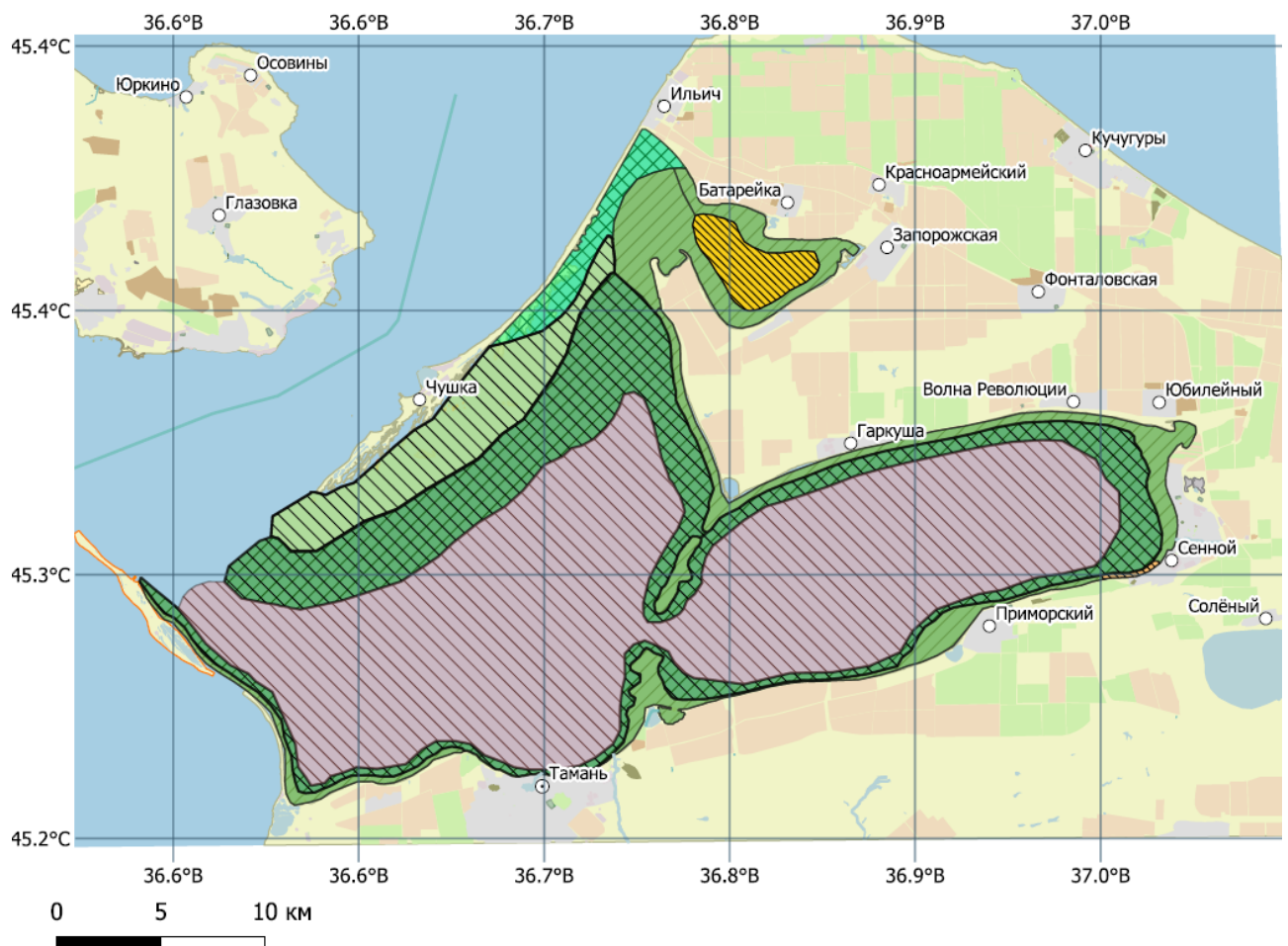
*Rupia maritima*





песок

Рисунок 5.2 - Ландшафтные профили Таманского и Динского заливов

Анализ батиграфии, карт литологического состава и данных гидробиотических съемок позволил провести экстраполяцию участков дна со сходными параметрами для выделения однотипных участков морского дна (донных природных комплексов), приуроченные к одной мезоформе рельефа, имеющие одинаковые по происхождению и составу донные осадки и характерные фитоценозы [107, 108, 109]. Результаты отражены на ландшафтной карте Таманского залива (рисунок 5.3).



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 песчанно-илистыми отложениями с битой ракуши с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> (ОПП – 80–90%);  |
| 4 |  | мелководный береговой склон, сложенный песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала с фитоценозом <i>Zostera marina</i> (ОПП – 70–100%)   |
| 5 |  | слабонаклонная подводная равнина, сложенные песчанно-илистыми отложениями с фитоценозами <i>Chara baltica</i> + <i>Lamprothamnium papulosum</i> + <i>Chondria tenuissimum</i> + <i>Zannichellia major</i> + <i>Ceramium tenuissimum</i> (ОПП – 40–70%) |
| 6 |  | слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с фитоценозом <i>Pterothamnion plumula</i> (ОПП – 60–100%)  |

Рисунок 5.3 - Ландшафтная карты акватории Таманского залива

### 5.3.2. Современная ландшафтная структура акватории Таманского залива

В ландшафтной структуре акватории Таманского залива по полученным в период с 2020 по 2024 гг. материалам, выделено 6 типов ДПК, с участием следующих ключевых видов макрофитов: взморников (*Zostera marina* и *Nanozostera noltei*) и водорослей *Chara baltica*, *Cladophora sp.* и *Pterothamnion plumula* (рис.5.3).

**ДПК 1. Сообщества *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* + *Ulva intestinalis* – *Chaetomorpha linum* на прибрежной отмели, сложенной илистыми отложениями с ракушей** (рисунок 5.4). Выделенный ДПК занимает самые прибрежные и мелководные части акватории Таманского залива и Динского залива вдоль его северного берега. ДПК расположен на глубинах от 0,6 до 2,0 м и представлен смешанными фитоценозами *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* + *Ulva intestinalis* – *Chaetomorpha linum* с ОПП 80–100 %. Площадь ДПК – 3763,6 га.



Рисунок 5.4 – Сообщество *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* + *Ulva intestinalis* – *Chaetomorpha linum* (ДПК 1). Пос. Сенной, глубина 1,8 м  
(фото автора)

**ДПК 2. Сообщества *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* на мелководной отмели, сложенной песчанно-илистыми отложениями** (рисунок 5.5). Выделенный ДПК простирается узкой полосой вдоль северной части косы Чушка. ДПК расположен на небольших глубинах и представлен сообществами *Nanozostera noltei* и *Cladophora siwaschensis* с ОПП 60–70%. Площадь ДПК – 750,3 га.



Рисунок 5.5 – Сообщество *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* (ДПК 2).  
Северная часть косы Чушка, глубина 0,8 м (фото автора)

**ДПК 3. Сообщества *Nanozostera noltei* + *Zostera marina* + *Cladophora siwaschensis* на мелководном подводном склоне, выполненном песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала (рисунок 5.6).** ДПК фиксируется вдоль северо-западных берегов Таманского залива на глубинах 1,2 до 2,0 м. Здесь доминируют смешанные сообщества *Nanozostera noltei* + *Zostera marina* с отдельными полупогруженными куртинами тростника с ОПП 80 – 90%. Площадь ДПК составляет 2330,6 га.



Рисунок 5.6 – Сообщество *Nanozostera noltei* + *Zostera marina* + *Cladophora siwaschensis* (ДПК 3). Коса Чушка, глубина 1,7 м (фото автора)

**ДПК 4. Сообщества *Zostera marina* на подводном склоне с песчано-илистыми отложениями** (рисунки 5.7, 5.8, 5.9). ДПК опоясывает Таманский залив по периметру, исключая акваторию Динского залива на глубинах 1,7–3,0 м. В современный период сообщества образуют практически полностью сомкнутый полог высокотравной растительности с ОПП 70–100 % (таблица 5.4). Площадь, занятая ДПК равна 7452,2 га.



Рисунок 5.7 – *Zostera marina* (ДПК 4). Пос. Юбилейный, глубина 1,7 м (фото автора)

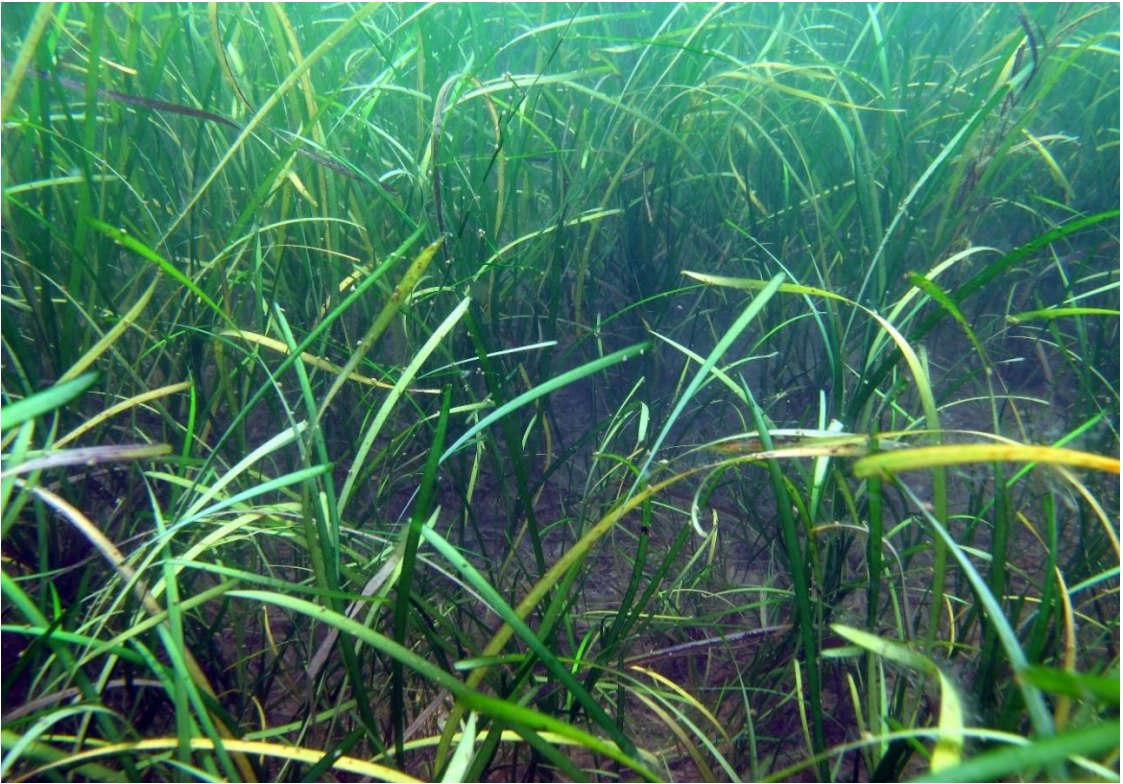


Рисунок 5.8 – Сообщество *Zostera marina* (ДПК 4).  
Пос. Приморский, глубина 2,0 м (фото автора)



Рисунок 5.9 – Сообщество *Zostera marina* (ДПК 4). Пос. Тамань, глубина 3,0 м  
(фото автора)

**ДПК 5. Сообщества с доминированием *Chara baltica* на подводном склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями** (рисунки 5.10, 5.11, 5.12). В современный период ДПК расположен в центральной части Динского залива, с глубинами до 2,0 м, а также располагается на мелководье Таманского залива у юго-западной оконечности пос. Сенной в сторону научного центра «Фанагория». В ДПК доминирует *Chara baltica*, в качестве субдоминантов выступают *Lamprothamnium papulosum* (Wallroth) J.Groves, *Chondria tenuissimum*, *Zannichellia major*, *Ceramium tenuissima*. ОПП – 40-50%. Площадь – 725,6 га.



Рисунок 5.10 – Сообщество харовых водорослей (ДПК 5).

Пос. Сенной, глубина 1,5 м (фото автора)

**ДПК 6. Сообщество *Pterothamnion plumula* на слабонаклонной подводной равнине, сложенной илистыми отложениями** (рисунок 5.13). ДПК расположен на глубинах от 3,0 (3,5) до 6,0 м. Донные отложения представлены тонкодисперсными илами с включением раковинного материала. В границах ДПК доминирует моновидовое сообщество свободнолежащей на дне красной водоросли *Pterothamnion plumula*, слой которой достигает 20–30 см.



Рисунок 5.11 – Сообщество харовых водорослей (ДПК 5).  
пос. Береговой, глубина 0,8 м (фото автора)



Рисунок 5.12 – Сообщество харовых водорослей (ДПК 5).  
пос. Береговой, глубина 0,7 м (фото автора)

ОПП сообщества достигает 60–100%. Площадь всего ДПК составляет 18165,9 га.

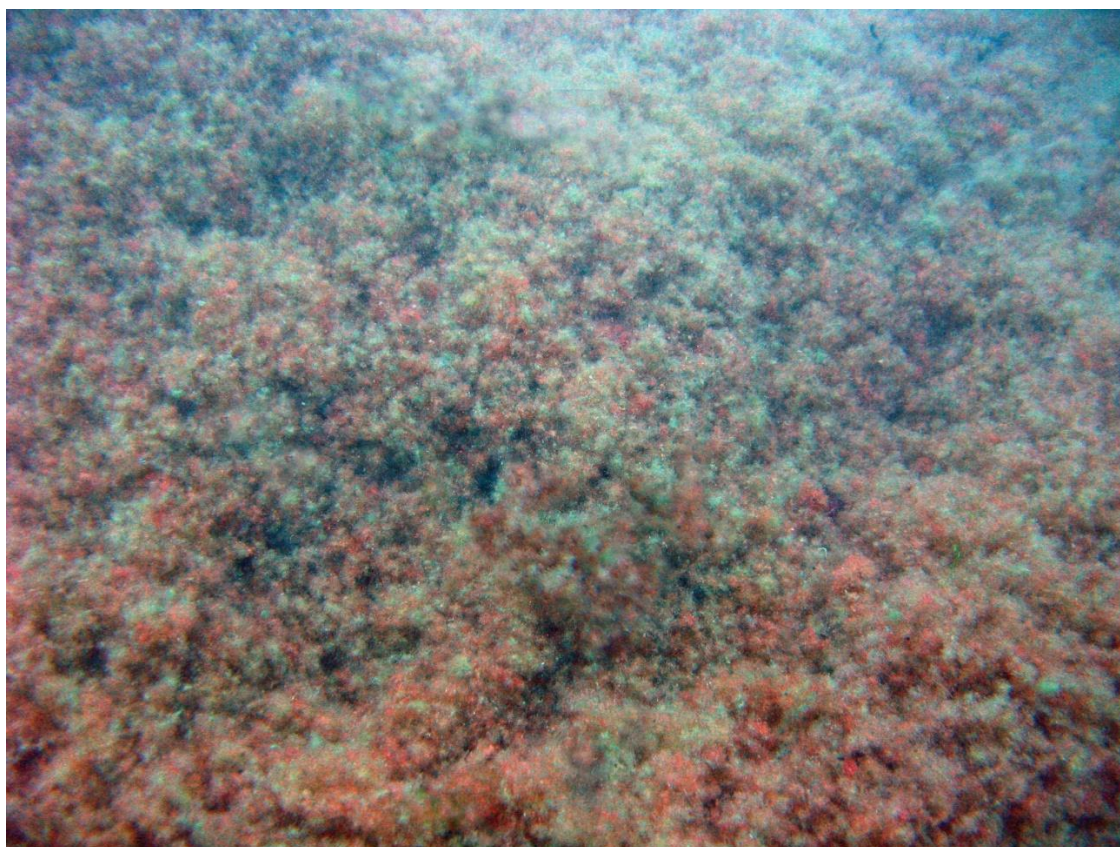


Рисунок 5.13 – Сообщество *Pterothamnion plumula* (ДПК 6).

Пос. Тамань, глубина 4,5 м (фото автора)

Таблица 5.4 - Площади ДПК, ОПП, сопутствующие виды водорослей в акватории Таманского залива в период 2020-2024 гг.

№ ДПК	ОПП, %	Глубина, м	Биомасса доминирующего вида, г/м <sup>2</sup>	Субдоминантные виды	Площадь, га
Сообщества с доминированием <i>Nanozostera noltei</i>					
1	60-100	до 2,0	498,75	<i>Cladophora siwaschensis</i> , <i>Ulva intestinalis</i> , <i>Chaetomorpha linum</i>	3763,6
2	60-70	до 1,2	591,6	<i>Cladophora siwaschensis</i>	750,3
3	80-90	до 1,3	386,12	<i>Zostera marina</i>	2330,6
Сообщества с доминированием <i>Zostera marina</i>					
4	70-100	1,7-3,0	725,27	отсутствуют	7452,2
Сообщества с доминированием <i>Chara baltica</i>					
5	40-50	0,6-2,5	101,82	<i>Chondria tenuissimum</i> , <i>Zannichellia major</i> , <i>Ceramium tenuissima</i>	725,6
Сообщества <i>Pterothamnion plumula</i>					
6	60-100	3-5,5	678,15	отсутствуют	18165,9

Таким образом, согласно полученным данным, ландшафтная структура Таманского и Динского заливов состоит из 6 типов ДПК. Донные ландшафты имеют поясное простирание с размытыми границами, смена донных природных комплексов наблюдается с ростом глубины, по мере ослабления волновой активности и снижения световой обеспеченности.

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 ракуши, приурочен пояс с фитоценозами *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* – *Ulva intestinalis* – *Chaetomorpha linum* (ДПК 1, ОПП – 80–100%) [107].

В западной части акватории Динского залива, прилегающей к косе Чушка, на песчанно-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 песчанно-илистых отложений с битой ракуши 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 песчанно-илистыми отложениями представлен доминирующий фитоценоз *Zostera marina* (ДПК 4, ОПП – 70–100%).

В центральной части Динского залива с глубинами до 2,0 м, сложенной песчанно-илистыми отложениями со значительной долей ракуши, 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 5,0 м, на участках дна, сложенных тонкодисперсными илами, доминирует

моновидовое сообщество *Pterothamnion plumula* который образует сплошные заросли с толщиной слоя до 20–30 см (ДПК 6, ОПП – 60–100%).

Для каждого донного природного комплекса были рассчитаны общие запасы макрофитобентоса Таманского залива [107] (таблицы 5.5, 5.6).

Таблица 5.5 – Общая характеристика ДПК и запасы макрофитобентоса в Таманском заливе в период исследований

№ ДПК	Площадь, га	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Биомасса, т/га	Запасы, т
1	3763,6	498,8	4,988	18772,9
2	750,3	591,6	5,916	4438,6
3	2330,6	386,1	3,861	8998,4
4	7452,2	725,3	7,253	54050,9
5	732,3	101,8	1,018	745,5
6	18165,9	678,2	6,782	123201,3

В результате проведенного исследования были выявлены ДПК с максимальной плотностью биомассы макрофитобентоса, составляющие 7,2 т/га, на участках дна с глубинами от 1,7 до 3,0 метров (ДПК 4) с доминирующим фитоценозом *Zostera marina*, который формирует практически полностью сомкнутый полог с ОПП, достигающим 100%.

В центральной части залива, на глубинах порядка 3,0-3,2 м и более, в структуре донных отложений наблюдалось увеличение содержания фракции тонкодисперсных илов. Параллельно отмечена смена zostеровых ассоциаций на моновидовое сообщество красных водорослей *Pterothamnion plumula* (ДПК 6). При этом плотность биомассы макрофитобентоса в этом ДПК также находится на достаточно высоком уровне – около 6,8 т/га.

Промежуточное положение по плотности биомассы сообществ (5,9-3,8 т/га) занимают мелководные участки на глубинах 0,5–1,7 м с песчано-ракушечными и песчано-илистыми грунтами (ДПК 1–3). Фитоценозы мелководной части представлены взморниками с доминированием *Nanozostera noltei* и значительной долей зеленых водорослей.

Минимальные значения плотности биомассы характерны для сообществ с доминированием харовых водорослей на глубинах от 0,2 до 1,0 м (1,0 т/га) (ДПК 5).

Максимальные площади (18,2 тыс. га) и запасы макрофитобентоса характерны для ДПК 6. Запасы представлены одним видом красных водорослей – *Pterothamnion plumula*, общая биомасса которой в заливе достигает 123,2 тыс. тонн. На втором месте по занятым площадям (7,5 тыс. га) и запасам – ДПК 4 с общей биомассой *Zostera marina* 54,1 тыс. тонн. Минимальные площади (0,7 тыс. га) и запасы макрофитобентоса (0,75 тыс. тонн) характерны для ДПК 5 с доминирующими харовыми водорослями.

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 всего 37,2% от общей площади акватории заливов и 43,1% от площадей распространения фитобентосных сообществ. Площадь ДПК с доминированием водорослевых сообществ составила 56,9% от всей площади распространения сообществ фитобентоса.

Распределение и биомасса донной растительности в акватории Таманского залива определяются комплексом факторов, куда входят не только морфология подводного рельефа и литологический состав донных осадков, но и глубина распространения макрофитов. Комплексный анализ выявленных взаимосвязей позволяет установить ключевые механизмы, формирующие структуру и динамику фитоценозов в заливе [107].

Таблица 5.6 – Сводная характеристика ДПК Таманского залива в современный период

ДПК	Форма рельефа	Тип отложений	Фракция, мм	Глубина, м	Доминирующий вид макрофитов	Площадь, га	Биомасса, кг/га
1	мелководная отмель	песчано-илистые с ракушей	1-0,1	0,5-1,7	<i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i>	3763,6	4 987,5
2		песчано-илистые		0,3-1,2	<i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> – <i>Ulva intestinalis</i> - <i>Chaetomorpha linum</i>	750,3	5 915,9
3		песчано-илистые		0,3-1,2	<i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>	2330,6	3 861,2
4	мелководный береговой склон	Песчано-илистые	0,1-0,01	1,7-3,0	<i>Zostera marina</i>	7452,2	7 252,7
5	мелководный береговой склон			1,2-2,0	<i>Chara baltica</i>	732,3	1 018,2
6	слабонаклоненная подводная равнина	пелитовые илы	<0,01	3,0-5,5	<i>Pterothamnion plumula</i>	18165,9	6 781,5

## ГЛАВА 6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ДОННЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА В 2020-2024 ГГ.

Экологический статус донных природных комплексов Таманского залива оценивался нами для каждого выделенного ДПК с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса (таблица 6.1).

Среднее значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов фитобентоса в ДПК 1–6 в Таманском и Динском заливах менялась от 21,7 м<sup>2</sup>/кг (ДПК 1 и 4 с доминированием *Nanozostera noltei* и *Zostera marina* соответственно) до 301,1 м<sup>2</sup>/кг (ДПК 6 с доминированием *Pterothamnion plumula*) (что соответствует классам экологического состояния от «хорошего» до «очень плохого») (таблица 6.1, рисунок 6.1).

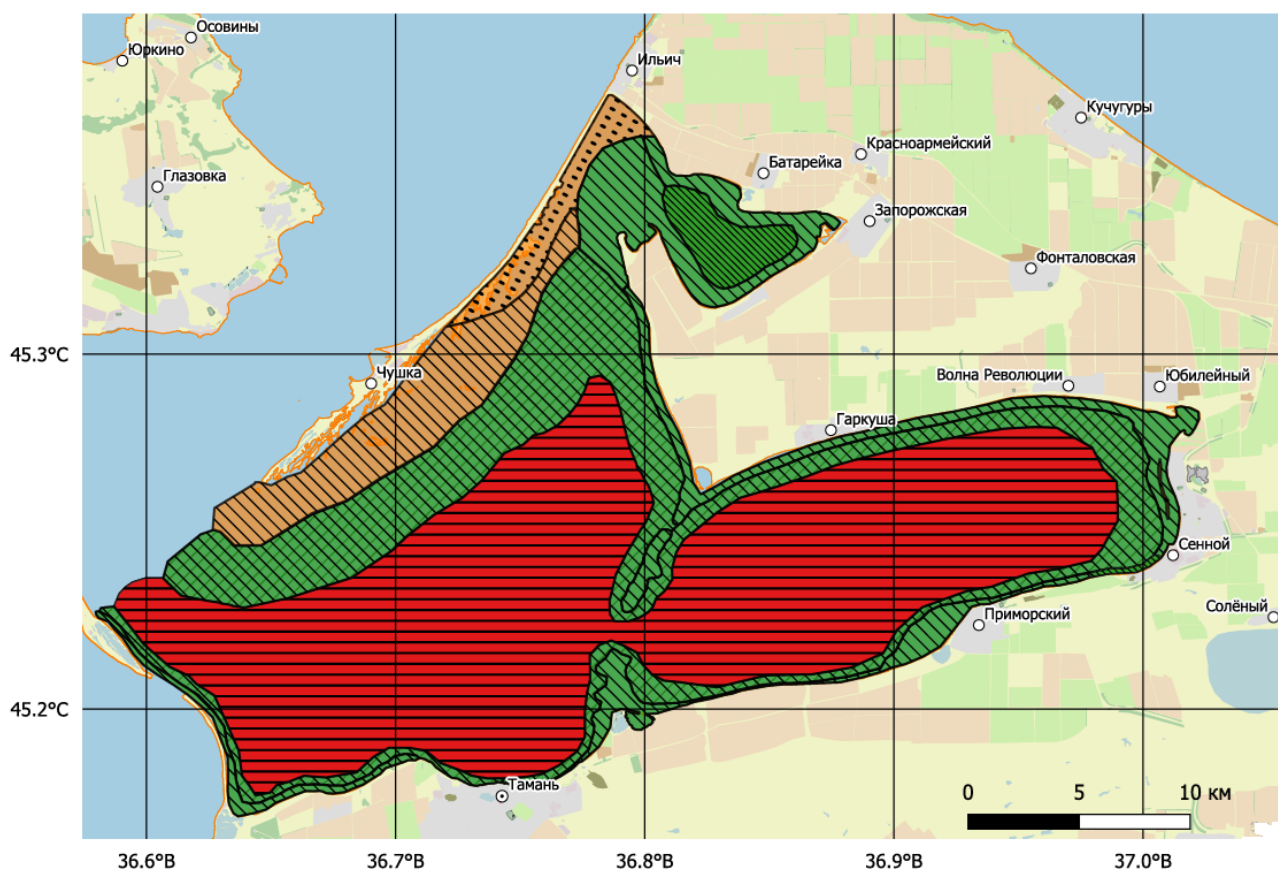
Согласно этому морфофункциональному индикатору, ДПК 5 (с доминированием *Chara baltica* на глубинах около 1 м в районах, удаленных от интенсивной хозяйственной деятельности), также может быть отнесен к классу хорошего экологического состояния. ДПК 2 и 3 (с доминированием *Nanozostera noltei* и нескольких видов рода *Cladophora* в прогреваемых мелководьях со слабой гидродинамикой) относятся к классу плохого экологического состояния.

Среднее значение удельной поверхности популяций всех видов макрофитобентоса в ДПК 1-6 менялась от 32,4 до 301,1 м<sup>2</sup>/кг (что соответствует экологическому статусу от «очень хорошего» до «очень плохого»). При этом, экологический класс ДПК 1 и 5 оценивался как «очень хороший», ДПК 2, 3 и 4 – как «хороший», и ДПК 6 – как «очень плохой» (таблица 6.1, рисунок 6.2).

Суммарная величина фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза с разной удельной поверхностью популяций составляла от 11,7 ед. (м<sup>2</sup> площади поверхности фитоценоза / 1м<sup>2</sup> площади дна) до 204,8 ед., что соответствует классу экологического состояния от «очень хорошего» до «очень плохого».

Таблица 6.1 - Оценка классов экологического состояния ДПК Таманского залива с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса в современный период

ДПК	Категории, соответствующие значениям морфофункциональных индикаторов							
	$(S/W)_{3Dp}$ , м <sup>2</sup> /кг	КЭС	$(S/W)_x$ , м <sup>2</sup> /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



Условные обозначения:







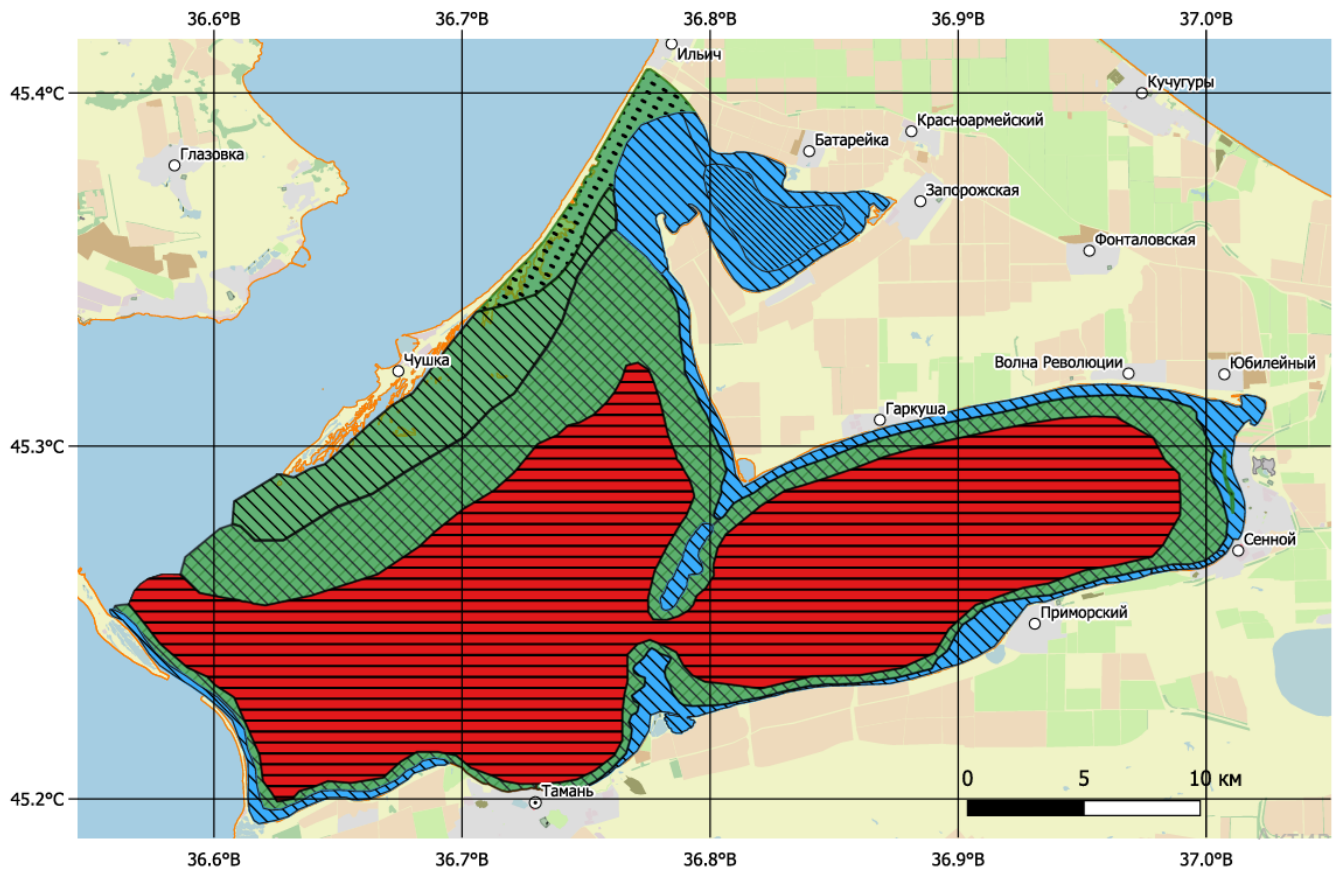
№ ДПК		
1		мелководная отмель, сложенная крупнозернистыми песками с примесью ракушки с фитоценозами <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> – <i>Ulva intestinalis</i> - <i>Chaetomorpha linum</i>
2		мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>
3		мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с битой ракушки с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>
4		мелководный береговой склон, сложенный песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала с фитоценозом <i>Zostera marina</i>
5		слабонаклонная подводная равнина, сложенные песчано-илистыми отложениями с фитоценозами <i>Chara baltica</i> + <i>Lamprothamnium papulosum</i> + <i>Chondria tenuissimum</i> + <i>Zannichellia major</i> + <i>Ceramium tenuissima</i>
6		слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с фитоценозом <i>Pterothamnion plumula</i>

Рисунок 6.1 – Классы экологического состояния ДПК Таманского залива по значению удельной поверхности популяций первых трех доминантов  $(S/W)_{здр}$  макрофитобентоса (зеленый цвет – хороший, оранжевый – плохой, красный – очень плохой)

При этом, состояние ДПК 1 и 5 оценивается, как очень хорошее, ДПК 3 и 4, как хорошее, ДПК 2, как плохое, ДПК 6 – как очень плохое (таблица 6.1, рисунок 6.3).



### Условные обозначения:







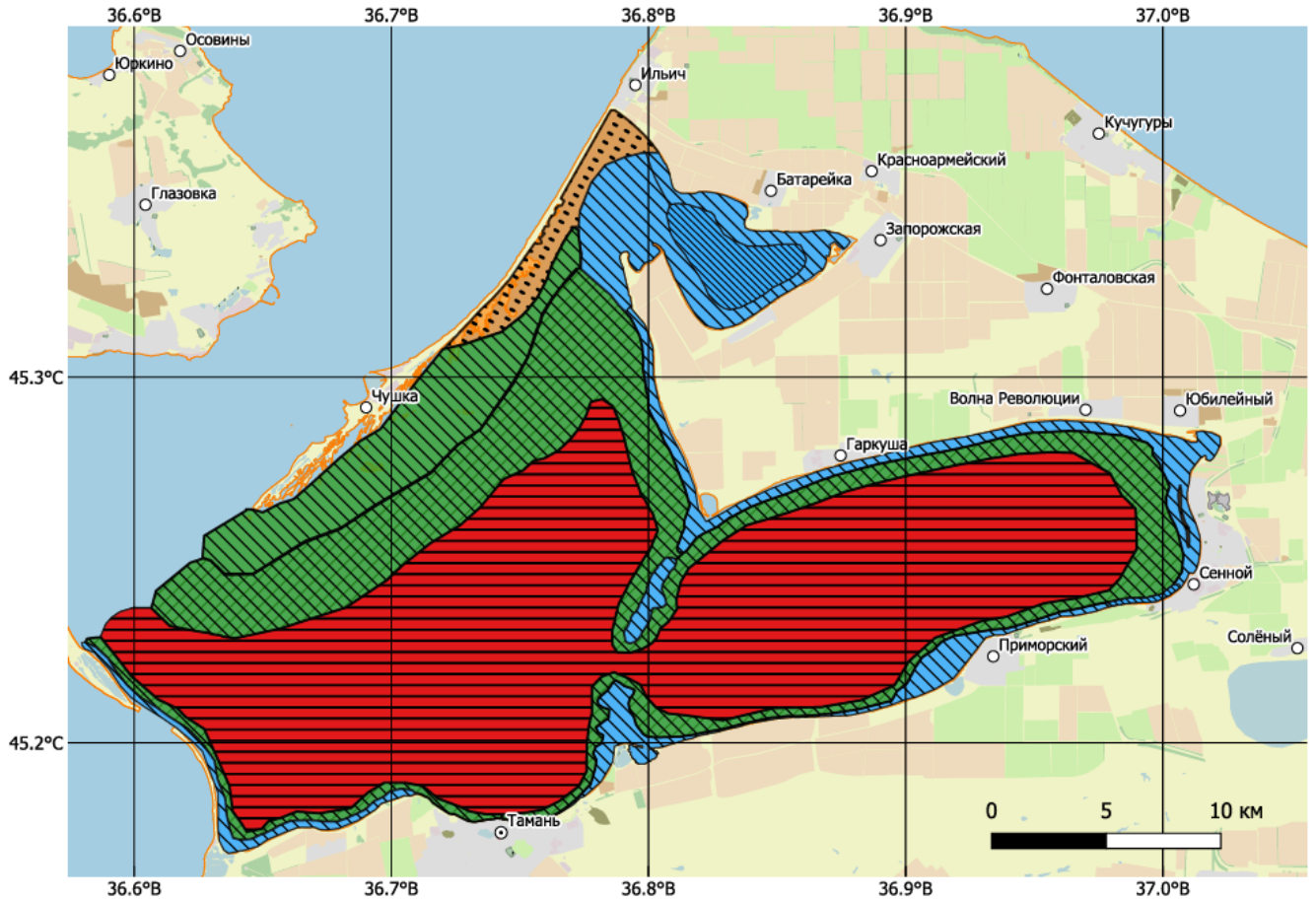
№ ДПК		
1		- мелководная отмель, сложенная крупнозернистыми песками с примесью ракушки с фитоценозами <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> – <i>Ulva intestinalis</i> - <i>Chaetomorpha linum</i>
2		мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>
3		мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с битой ракушки с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>
4		мелководный береговой склон, сложенный песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала с фитоценозом <i>Zostera marina</i>
5		слабонаклонная подводная равнина, сложенные песчано-илистыми отложениями с фитоценозами <i>Chara baltica</i> + <i>Lamprothamnium papulosum</i> + <i>Chondria tenuissimum</i> + <i>Zannichellia major</i> + <i>Ceramium tenuissima</i>
6		слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с фитоценозом <i>Pterothamnium plumula</i>

Рисунок 6.2 – Классы экологического состояния ДПК Таманского залива по удельной поверхности популяций всех видов (S/W)<sub>x</sub> макрофитобентоса (синий цвет – очень хороший, зеленый – хороший, красный – очень плохой)

Доля чувствительных видов в фитоценозах Таманского залива в разных ДПК составляет от 0 до 55% (экологический статус от «хорошего» (ДПК 1 и 5) и «среднего» (ДПК 2, 3 и 4) до «очень плохого» (ДПК 6) (таблица 6.1, рисунок 6.4).



### Условные обозначения:

№ ДПК







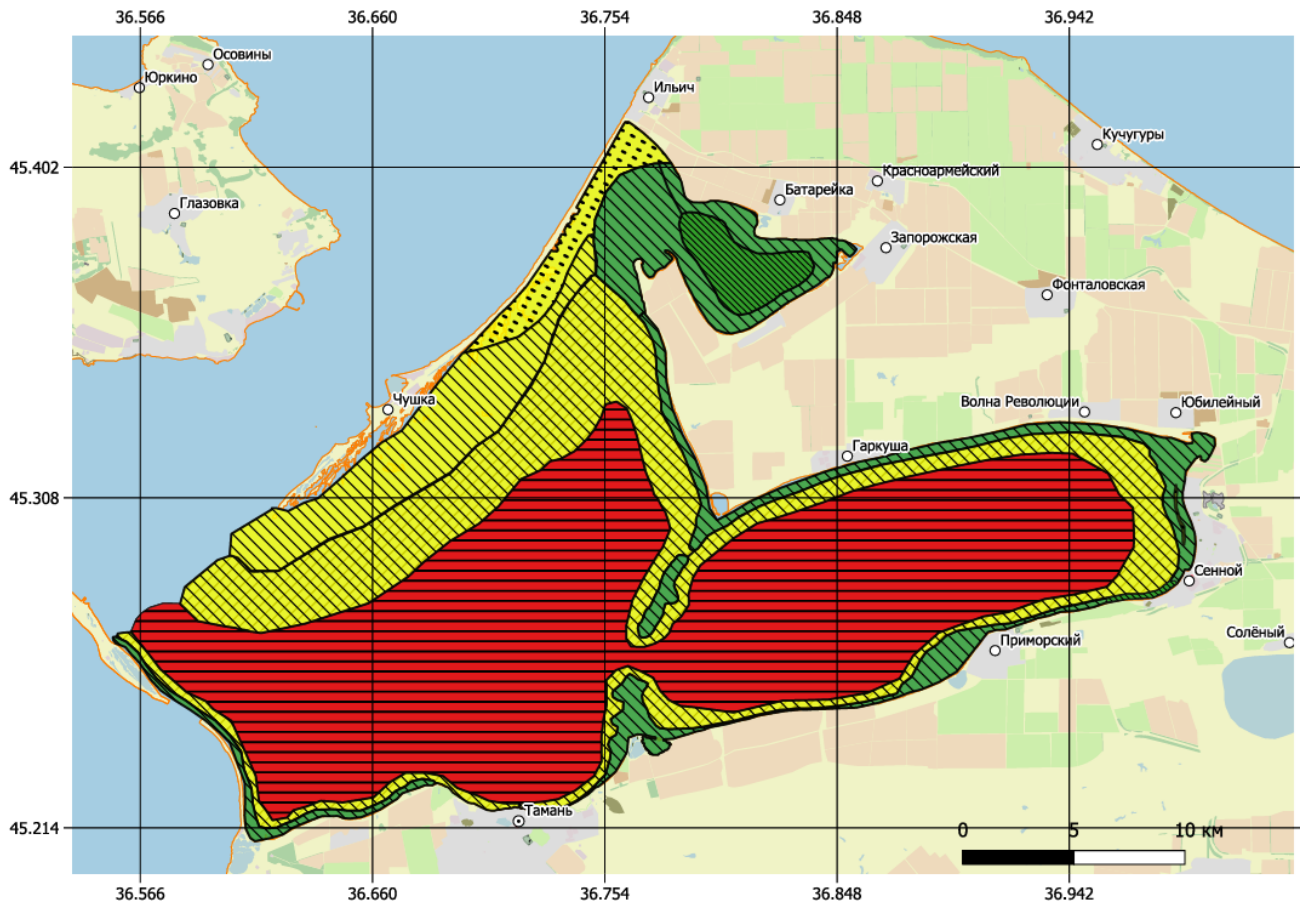
- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1 |  | - мелководная отмель, сложенная крупнозернистыми песками с примесью ракушки с фитоценозами <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> – <i>Ulva intestinalis</i> - <i>Chaetomorpha linum</i>                           |
| 2 |  | мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>  |
| 3 |  | мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с битой ракушки с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>  |
| 4 |  | мелководный береговой склон, сложенный песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала с фитоценозом <i>Zostera marina</i>   |
| 5 |  | слабонаклонная подводная равнина, сложенные песчано-илистыми отложениями с фитоценозами <i>Chara baltica</i> + <i>Lamprothamnium papulosum</i> + <i>Chondria tenuissimum</i> + <i>Zannichellia major</i> + <i>Ceramium tenuissimum</i> |
| 6 |  | слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с фитоценозом <i>Pterothamnion plumula</i>  |

Рисунок 6.3 – Классы экологического состояния ДПК Таманского залива по суммарной величине фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза  $SI_{рн}$  макрофитобентоса (синий цвет – очень хороший, зеленый – хороший, оранжевый – плохой, красный – очень плохой)



Условные обозначения:

№ ДПК







- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1 |  | - мелководная отмель, сложенная крупнозернистыми песками с примесью ракушки с фитоценозами <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> – <i>Ulva intestinalis</i> - <i>Chaetomorpha linum</i>                          |
| 2 |  | мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>   |
| 3 |  | мелководная отмель, сложенная песчано-илистыми отложениями с битой ракушки с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>   |
| 4 |  | мелководный береговой склон, сложенный песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала с фитоценозом <i>Zostera marina</i>  |
| 5 |  | слабонаклонная подводная равнина, сложенные песчано-илистыми отложениями с фитоценозами <i>Chara baltica</i> + <i>Lamprothamnium papulosum</i> + <i>Chondria tenuissimum</i> + <i>Zannichellia major</i> + <i>Ceramium tenuissima</i> |
| 6 |  | слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с фитоценозом <i>Pterothamnion plumula</i>   |

Рисунок 6.4 – Классы экологического состояния ДПК Таманского залива по доле чувствительных видов  $S_{sp}$  в фитоценозах (зеленый – хороший, желтый средний, красный – очень плохой)

Таким образом, согласно полученным данным, состояние ДПК 1 с доминированием *Nanozostera noltei* по критериям использованных морфофункциональных индикаторов соответствует «очень хорошему» (по индикаторам «Средняя экологическая активность видов» и «Индекс поверхности

фитоценоза») или «хорошему» (по индикаторам «Экологическая активность трех доминантов» и «Чувствительные виды») классам экологического состояния. ДПК 1 включает 6 видов с высокой частотой встречаемости и с удельной поверхностью ( $S/W_p$ ) менее  $25 \text{ м}^2/\text{кг}$ , которые являются аналогами группы ESG I (позднесукцессионные) по классификации С. Орфанидиса [180, 181, 183], в том числе несколько видов высших водных растений. Среднее значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов фитобентоса ДПК 1 составило  $21,7 \text{ м}^2/\text{кг}$ , среднее значение удельной поверхности популяций всех видов фитобентоса ДПК 1 –  $33,7 \text{ м}^2/\text{кг}$ , суммарная величина фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза с разной удельной поверхностью популяций – 17,7 ед.

Аналогичная оценка экологического состояния («очень хорошее» по индикаторам «Средняя экологическая активность видов» и «Индекс поверхности фитоценоза» и «хорошее» по индикаторам «Экологическая активность трех доминантов» и «Чувствительные виды») сделана для ДПК 5 с доминированием харовых водорослей. ДПК 5 также включает 6 чувствительных видов с высокой частотой встречаемости и с удельной поверхностью ( $S/W_p$ ) менее  $25 \text{ м}^2/\text{кг}$ , в том числе несколько видов высших водных растений и харовые водоросли. Среднее значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов фитобентоса ДПК 5 составило  $26,9 \text{ м}^2/\text{кг}$ , среднее значение удельной поверхности популяций всех видов фитобентоса ДПК 1 –  $32,4 \text{ м}^2/\text{кг}$ , суммарная величина фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза с разной удельной поверхностью популяций – 11,7 ед.

Состояние ДПК 4 с доминированием *Zostera marina* по критериям использованных морфофункциональных индикаторов соответствует «хорошему» (по индикаторам «Экологическая активность трех доминантов», «Средняя экологическая активность видов» и «Индекс поверхности фитоценоза») или «среднему» (по индикатору «Чувствительные виды») классам экологического состояния. ДПК 4 включает 5 чувствительных видов с высокой частотой встречаемости и с удельной поверхностью ( $S/W_p$ ) менее  $25 \text{ м}^2/\text{кг}$ , в том числе

несколько видов высших водных растений. Среднее значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов фитобентоса ДПК 4 составляет 21,7 м<sup>2</sup>/кг, среднее значение удельной поверхности популяций всех видов фитобентоса ДПК 4 – 60,1 м<sup>2</sup>/кг, суммарная величина фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза с разной удельной поверхностью популяций – 25,5 ед.

Состояние ДПК 3 с доминированием *Nanozostera noltei* и нескольких видов рода *Cladophora* в прогреваемых мелководьях со слабой гидродинамикой по критериям использованных морфофункциональных индикаторов соответствуют «хорошему» (по индикаторам «Средняя экологическая активность видов» и «Индекс поверхности фитоценоза») «среднему» (по индикатору «Чувствительные виды») или «плохому» («Экологическая активность трех доминантов») классам экологического состояния. ДПК 3 включает всего 4 чувствительных вида с высокой частотой встречаемости и с удельной поверхностью (S/Wp) менее 25 м<sup>2</sup>/кг, в том числе высших водные растения рода *Zostera* s.l. Среднее значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов фитобентоса ДПК 3 гораздо больше, чем у предыдущих ДПК и составляет уже 56,0 м<sup>2</sup>/кг, среднее значение удельной поверхности популяций всех видов фитобентоса – 60,9 м<sup>2</sup>/кг, суммарная величина фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза с разной удельной поверхностью популяций – 25,1 ед. Такое высокое значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов связано с появлением в ДПК отдельных матов свободнолежащей на дне кладофоры (преимущественно, *Cladophora siwaschensis*), появление которой может свидетельствовать о эвтрофикации акватории. Действительно, ДПК распространен на мелководьях вдоль районов с выраженной техногенной, либо рекреационной нагрузки.

Аналогичная оценка экологического состояния («хорошее» по индикатору «Средняя экологическая активность видов», «среднее» по индикатору «Чувствительные виды» и «плохое» по индикаторам «Экологическая активность трех доминантов» и «Индекс поверхности фитоценоза») сделана для ДПК 2,

сходного по распространению и структуре с ДПК 3. ДПК 2 также включает 4 чувствительных вида с высокой частотой встречаемости и с удельной поверхностью ( $S/W_p$ ) менее 25 м<sup>2</sup>/кг. Среднее значение удельной поверхности популяций первых трех доминантов фитобентоса ДПК 2 составляет 56,4 м<sup>2</sup>/кг, среднее значение удельной поверхности популяций всех видов фитобентоса ДПК 1 – 62,9 м<sup>2</sup>/кг, суммарная величина фитоповерхности, образованная вкладом всех видов фитоценоза с разной удельной поверхностью популяций – 59,6 ед. Таким образом, ДПК 2 отличается от ДПК 3 большей биомассой видов с высокой удельной площадью поверхности, что может отражать более высокий уровень антропогенной нагрузки.

Наконец, ДПК 6 с единственным видом красных водорослей *Pterothamnion plumula* свободнолежащим на грунте в наиболее глубоких районах в центральных частях залива, по всем критериям использованных морфофункциональных индикаторов соответствует «очень плохому» классу экологического состояния. ДПК 6 не имеет чувствительных видов, единственным видом является водоросль *Pterothamnion plumula* с тонкорассеченным слоевищем и очень большой удельной поверхностью популяции: 301,1 м<sup>2</sup>/кг. Это типичный *r*-стратег или виды группы ESG II (оппортунистический) по классификации С. Орфанидиса [180, 181, 183]. Средняя суммарная величина фитоповерхности популяции *Pterothamnion plumula* в ДПК составляет 204,8 ед. Все это свидетельствует, что в центральных частях залива скапливается и включается в биологических круговорот очень большое количество биогенных веществ. Это находит выражение в том, что виды с низкой удельной площадью поверхности (как высшие водные растения, так и водоросли), проигрывают конкуренцию видам с высокой интенсивностью роста и развития, в данной случае быстроразвивающейся *Pterothamnion plumula*. Дополнительным фактором исчезновения зарослей зостер на такой глубине является снижение интенсивности освещения из-за снижения прозрачности в результате повышения трофности акватории и обильного развития *Pterothamnion plumula* и высокой температуры воды (известно, что требования к низкой температуре воды у зостер повышаются при снижении освещенности).

Итоговые баллы морфофункциональных индикаторов, сведенные для оценки экологического состояния ДПК Таманского залива в 2020-2024 гг., представлены в таблице 6.2.

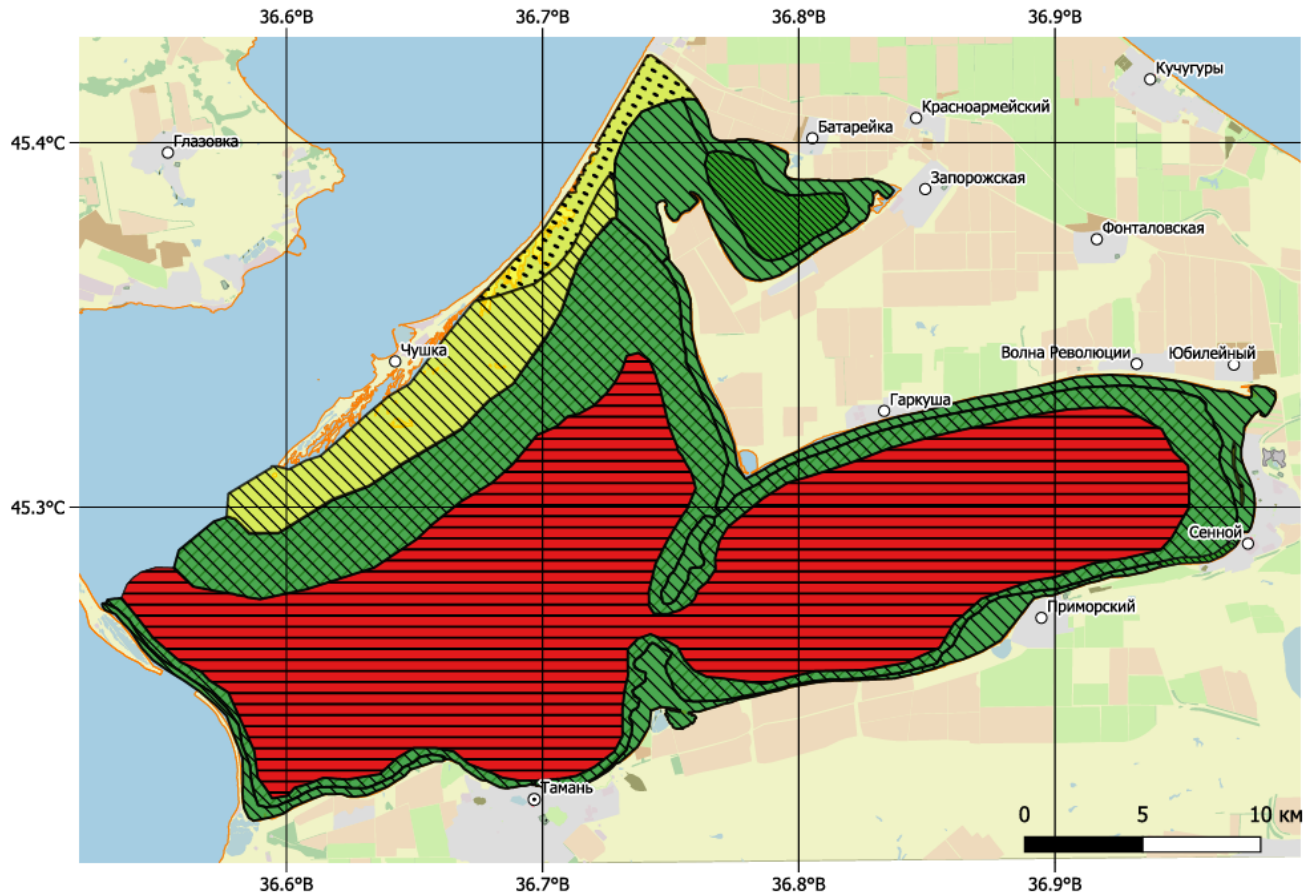
Таблица 6.2 - Итоговая оценка экологического состояния ДПК Таманского залива в современный период

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

Карта экологического состояния залива, оцененного по итоговой сумме исследованных индикаторов, представлена на рисунке 6.5.

Из представленных результатов видно, что из 6 ДПК, выделенных в Таманском и Динском заливах, в настоящее время в хорошем состоянии находятся ДПК 1, 4 и 5, т.е. ДПК с доминированием высших водных растений рода *Zostera s.l.* и харовых водорослей. Все эти ДПК находятся в акваториях, удаленных от районов с интенсивной техногенной, сельскохозяйственной и рекреационной нагрузкой и занимают глубины от 0,5 до 2-3 м. Таким образом, ДПК 1, 4 и 5, находящиеся в хорошем экологическом состоянии, с разрывами окружают узкими концентрическими кругами Таманский залив по контуру и занимают часть Динского залива.

ДПК 2 и 3 с доминированием *Nanozostera noltei* и нескольких видов рода *Cladophora* в прогреваемых мелководьях со слабой гидродинамикой находятся в удовлетворительном состоянии.



### Условные обозначения:

№ ДПК	Характеристика ДПК:
1	- мелководная отмель, сложенная крупнозернистыми песками с примесью ракушки с фитоценозами <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i> – <i>Ulva intestinalis</i> - <i>Chaetomorpha linum</i>
2	мелководная отмель, сложенная песчанно-илистыми отложениями с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>
3	мелководная отмель, сложенная песчанно-илистыми отложениями с битой ракушки с зарослями фитоценозов <i>Nanozostera noltei</i> + <i>Zostera marina</i> + <i>Cladophora siwaschensis</i>
4	мелководный береговой склон, сложенный песчанно-илистыми отложениями с включением раковинного материала с фитоценозом <i>Zostera marina</i>
5	слабонаклонная подводная равнина, сложенные песчанно-илистыми отложениями с фитоценозами <i>Chara baltica</i> + <i>Lamprothamnium papulosum</i> + <i>Chondria tenuissimum</i> + <i>Zannichellia major</i> + <i>Ceramium tenuissima</i>
6	слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с фитоценозом <i>Pterothamnion plumula</i>

Рисунок 6.5 – Итоговая оценка экологического состояния ДПК Таманского залива с использованием морфофункциональных показателей макрофитобентоса в современный период (зеленый – хорошее, желтый – удовлетворительное, красный – неудовлетворительное)

Эти ДПК прилегают к районам с выраженной техногенной, либо рекреационной нагрузкой и занимают в основном кутовые и слабопроточные участки в Динском заливе, вдоль косы Чушка, у пос. Сенной.

ДПК 6 находится в неудовлетворительном экологическом состоянии и занимает всю центральную часть Таманского залива с глубинами 3-5 м.

В целом, на долю донных природных комплексов, находящихся 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 акватории (рисунок 6.6).

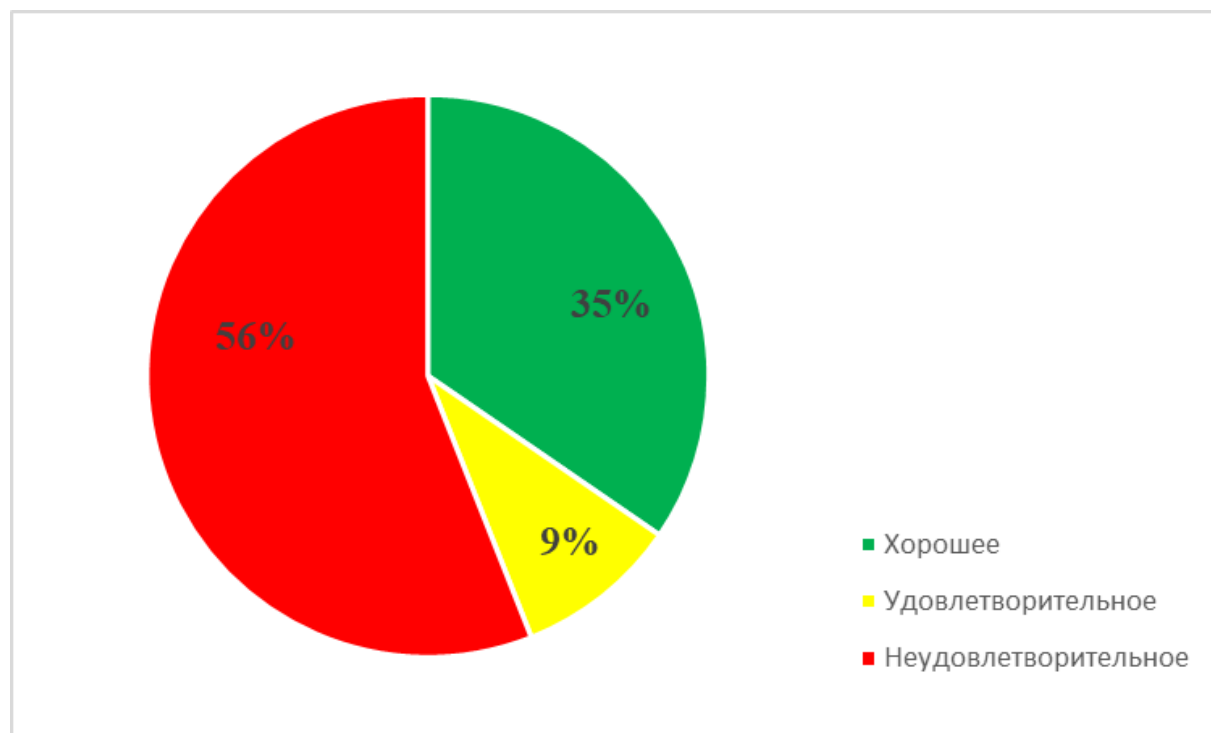


Рисунок 6.6 – Площади зон экологического состояния ДПК Таманского залива в современный период на основе морфофункциональных показателей макрофитобентоса

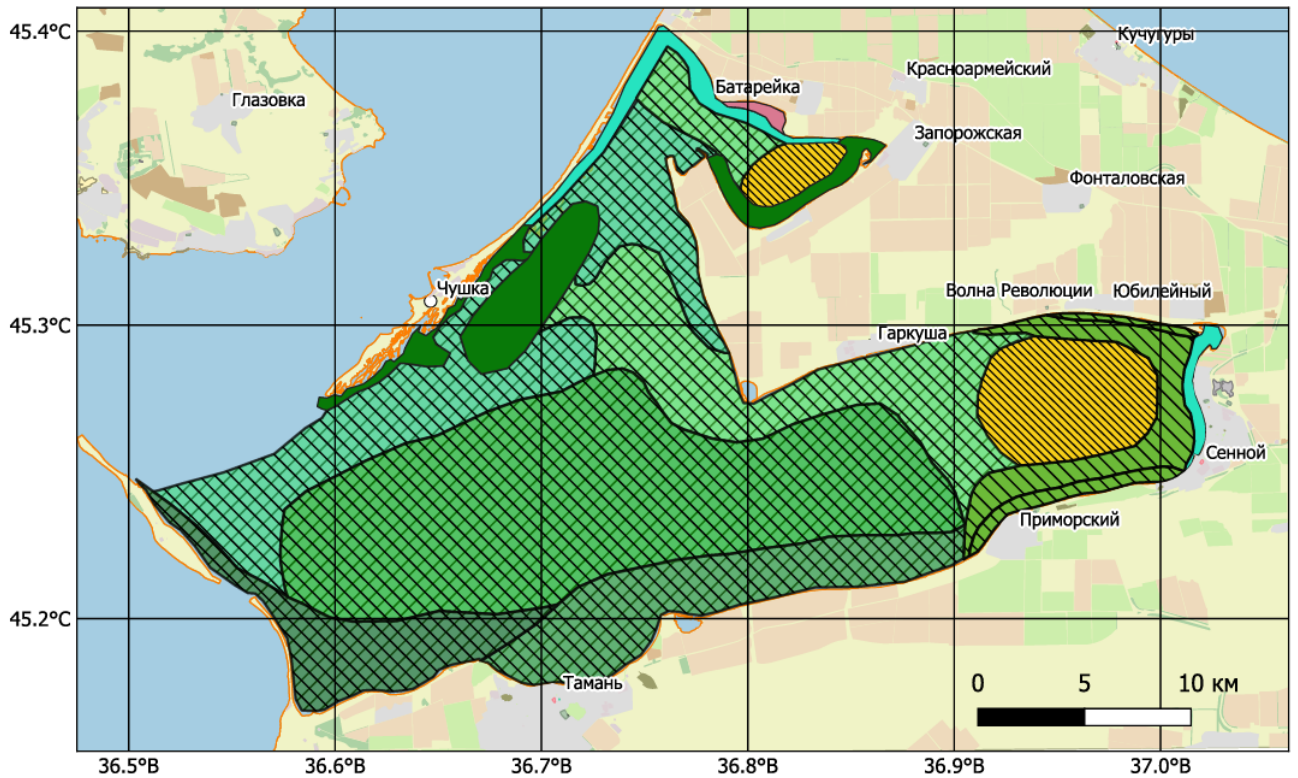
## **ГЛАВА 7. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В ДОННЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА ЗА ПОЛУВЕКОВОЙ ПЕРИОД**

### **7.1. Ретроспективный анализ состояния растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива в 1978 – 2005 гг.**

Для оценки степени трансформации ДПК Таманского залива необходимо сравнить современное распределение ДПК с таковым в исторический период. Это можно сделать, если, используя ранее опубликованные работы, попытаться на их основе выделить ДПК. Такие работы проводились в Таманском заливе под руководством проф. В.В. Громова в период с 1978 по 2005 гг. Результаты этих работ достаточно подробно опубликованы в ряде статей.

#### ***7.1.1. Донные природные комплексы Таманского залива в период 1978–2000 гг.***

На основе материалов В. В. Громова [32], собранных в период с 1978 по 2000 гг., нами картированы сообщества макрофитобентоса заливов и с использованием ландшафтной классификации выделены девять типов донных природных комплексов с участием ключевых видов макрофитов (рисунок 7.1). Названия ассоциаций макрофитобентоса приводятся в авторском стиле. Нумерация ДПК дана с литерой «Г», по первой букве фамилии первого автора статьи, откуда были почерпнуты сведения, послужившие основанием для выделения ДПК.



#### 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 7.1 - Донные природные комплексы Таманского залива по обобщенным данным Громова В.В. [32] за период 1978-2000 гг.

**ДПК 1Г. Асс. *Zosteretum marinae noltii zosterosum* на мелководном подводном склоне, сложенном илисто-песчаными отложениями с включением раковинного материала.** ДПК 1Г располагался вдоль всей береговой линии от дистали косы Тузла до пос. Тамань на глубинах от 0,5 до 3,5 м. Площадь ДПК 1Г составляла 2045,5 га. Общее проективное покрытие дна макрофитами имело максимальные значения в самых глубоких частях, а по мере приближения к берегу значительно снижалось (ОПП – 20–90%). Биомасса фитоценоза колебалась в широком интервале, при этом наибольшие количественные величины отмечены на глубинах 3,0-3,5 м, наименьшие – 0,5–1,5 м (таблица 7.1). Проективное покрытие (ПП) доминантного вида в донном природном комплексе – *Zostera marina* – составляло 75%. Сопутствующие виды – *Ruppia maritima* и *Nanozostera noltei* – занимали второй ярус с ПП 25 и 15% соответственно. По мере продвижения в сторону пос. Приморский от пос. Тамань в ассоциации постепенно снижалась доля субдоминантов, в фитоценозе увеличивалась степень доминирования *Zostera marina* (таблица 7.1, рисунок 7.1).

**ДПК 2Г. Асс. *Zosteretum marinae purum* на мелководном береговом склоне, сложенном песчано-илистыми отложениями с ракушей.** Донный природный комплекс был вытянут вдоль береговой линии от пос. Тамань до пос. Приморский и располагался на глубинах от 1,5 до 3,5 м. Его площадь составляла 2981,5 га. Общее проективное покрытие дна макрофитами достигало 100% в самых удаленных от берега частях (таблица 7.1). Для ассоциации, приуроченной к ДПК 2Г, были отмечены высокие значения биомассы доминирующего вида (3140,0 г/м<sup>2</sup>). Фитоценоз был практически моновидовым (таблица 7.1).

**ДПК 3Г. Асс. *Zosteretum marinae potamo noltii zosterosum* на подводном склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями.** Донный природный комплекс включал центральные части Таманского залива, вдольбереговую полосу, огибающую косу Рубанова, и далее распространялся на север к Динскому заливу, до его центральной части (таблица 7.1). ДПК 3Г располагался на глубинах от 2,8 до 3,5 м. Его площадь составляла 4727,8 га. Общее проективное покрытие дна макрофитами было относительно невелико

(таблица 7.1). Наибольшая биомасса фитоценоза отмечалась на глубинах 3,0–3,5 м. Сопутствующие вид – *Stuckenia filiformis* – занимал второй ярус с высокой долей в биомассе сообщества, достигавшей 40 % от общей (таблица 7.1, рисунок 7.1).

**ДПК 4Г. Асс. *Zosteretum marinae polysiphoniosum* на подводном склоне, сложенном илесто-песчаными отложениями с ракушкой.** Донный природный комплекс располагался на выходе из Таманского залива, на глубинах от 2,8 до 6,0 м. Площадь донного природного комплекса составляла 5165,8 га. Общее проективное покрытие дна макрофитами колебалось в широких пределах (таблица 7.1). Биомасса фитоценоза принимала наибольшие количественные величины на глубинах более 3,0 м. Доля zostеры в донном природном комплексе была значительна как по проективному покрытию, так и по биомассе. Для ассоциации, приуроченной к ДПК 4Г, были отмечены максимальные значения биомассы доминирующего вида (3600,0 г/м<sup>2</sup>). Сопутствующие виды – *Polysiphonia brodiaei* (Zanardiniex A.De Toni), *Gracilaria dura* (C. Agardh), *Ceramium virgatum* (Roth.) – занимали второй ярус с невысокой долей в биомассе сообщества (таблица 7.1, рисунок 7.1).

**ДПК 5Г. Асс. *Zosteretum marinae filiformi potametosum* на слабонаклонной подводной равнине, сложенной пелитовыми илами.** Донный природный комплекс занимал центральную и наибольшую по площади часть залива с глубинами от 3,5 до 6,0 м. Его площадь составляла 10982,4 га. На ряде участков отмечалось чередование полос и пятен как моновидовых сообществ *Zostera marina* и *Stuckenia filiformis*, так и двухъярусных ассоциаций *Zosteretum marinae filiformi potametosum* диффузного строения (таблица 7.1). Ввиду мозаичного распределения фитобентоса ОПП и биомасса фитоценоза колебалась в очень широком диапазоне. Проективное покрытие zostеры местами достигало 60%, рдеста – 25–30%. К сопутствующим видам относились *Gracilariopsis longissima* (S.G. Gmelin) Steentoft, L.M. Irvine & Farnham), *Ceramium virgatum*, *Stilophora tenella* (Esper) P.C. Silva, *Polysiphonia opaca* (C. Agardh), *Cladophora sp* (таблица 7.1, рисунок 7.1).

**ДПК 6Г. Асс. *Zostera nana purum* и асс. *Ruppium noltii zosterosum* на мелководном подводном склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями.** Донный природный комплекс занимал вдольбереговую мелководную полосу от пос. Приморский до пос. Волна Революции таким образом огибая всю восточную часть Таманского залива, на глубинах до 0,6 м. На илистых и илисто-песчаных отложениях в наиболее мелководной области преобладала ассоциация *Zostera nana purum* с практически полным доминированием zostеры, которая по мере удаления от берега, на глубинах более 0,6 м, сменялась ассоциацией *Ruppium noltii zosterosum*, с равными долями zostеры и рупии в сообществе. К сопутствующим видам относились *Zostera marina*, *Ruppia maritima*, *R. spiralis*, в значительных количествах присутствовали неприкрепленные водоросли, в основном зеленые: *Cladophora albida* (Nees), *Cladophora sericea* (Hudson) Kützing, *Ulva prolifera* (O F Müller), *U. intestinalis* (L.). Площадь выделенного ДПК 6Г составляла 1882,7 га (таблица 7.1, рисунок 7.1).

**ДПК 7Г. Асс. *Charetum purum* и асс. *Charetum subpurum* на подводном склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями.** Донный природный комплекс, занимал центральную часть в кутовых областях Таманского и Динского заливов на глубинах до 0,6-1,5 м. Общее проективное покрытие дна макрофитами достигало 100%. Площадь, занятая этим комплексом, была довольно значительна – 2520,1 га. Из сопутствующих видов отмечались *Nanozostera noltei* и *Cladophora albida*.

**ДПК 8Г. Асс. *Cladophoretum oscillatorium* и асс. *Cladophoretum enteromorphosum* на прибрежной отмели, сложенный илистыми отложениями на глубинах от 0,3 до 0,6 м.** Выделенный донный природный комплекс занимал самую прибрежную и мелководную часть акваторий Таманского залива в районе пос. Сенной и Динского залива вдоль его северного берега. На илистых грунтах ассоциация *Cladophoretum oscillatorium* была представлена неприкрепленными водорослями с доминирующим видом *Cladophora albida*. В качестве сопутствующих видов выступали *Cl. sericea*, *Ulva prolifera*, *U. intestinalis*, а также синезеленые водоросли – *Lyngbya sordida* (Gomont.), *Oscillatoria margaritifera*

(Kützing ex Gomont). Общее проективное покрытие сообществ фитобентоса достигало 100%. Площадь, занятая донным природным комплексом, составляла 786,9 га (таблица 7.1, рисунок 7.1).

**ДПК 9Г. Ассоциация гелофита – тростника обыкновенного *Phragmites australis* на прибрежной отмели, сложенной алевритовыми илами на глубинах до 0,5 м.** ДПК 9Г располагался вдоль восточного берега косы Чушка от ее южной оконечности в сторону пос. Ильич, а также опоясывал Динской залив от пос. Береговой до ст. Запорожской. Донный природный комплекс образовывали как монодоминантные, так смешанные ценозы с другими видами растений. Площадь, занятая тростником, составляла около 1476,2 га (таблица 7.1, рисунок 7.1).

Таблица 7.1 - Площади ДПК, ОПП, биомассы доминирующих макрофитов и сопутствующие виды водорослей в акватории Таманского залива в 1978–2000 гг. (по обобщенным данным Громова В.В. [32])

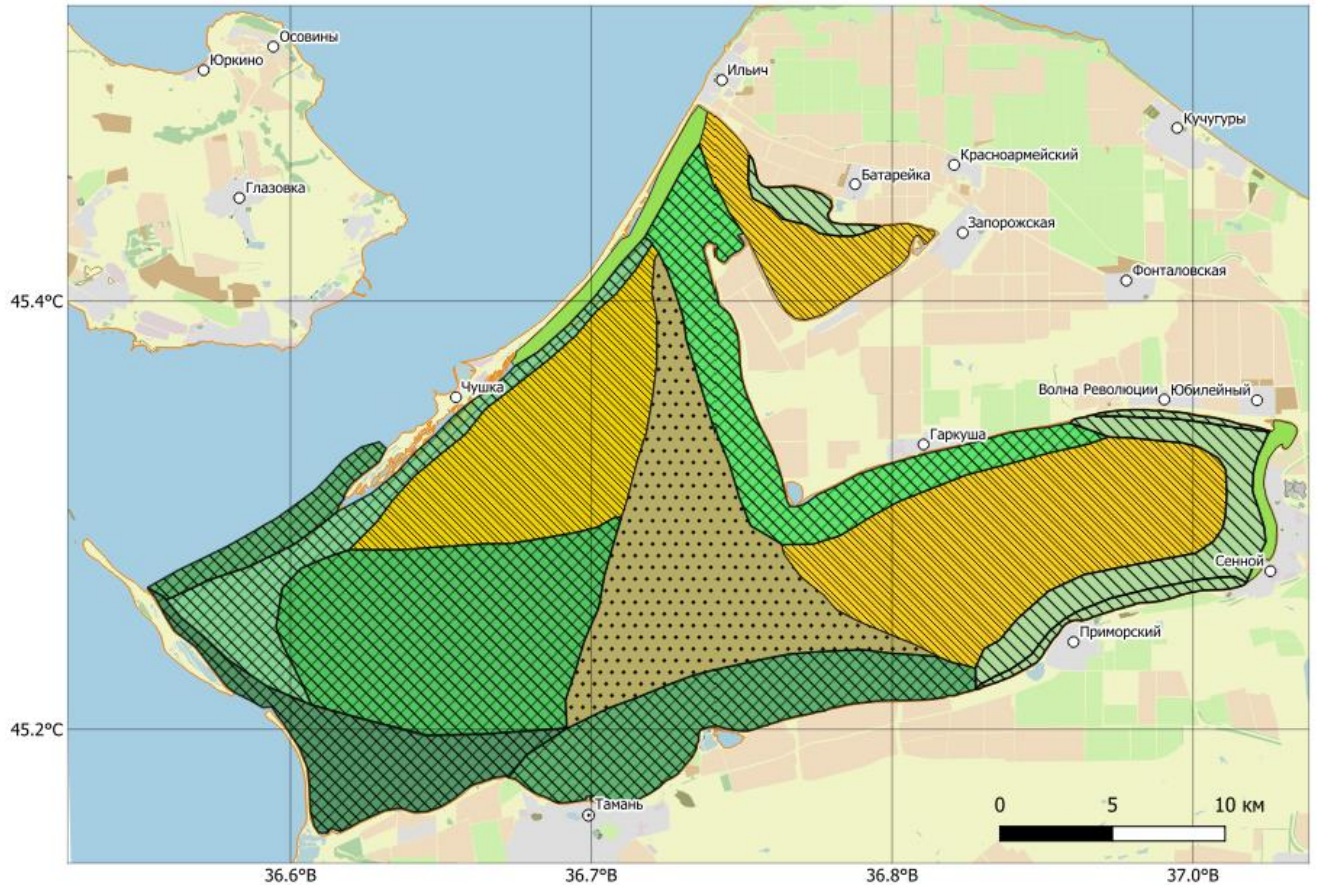
№ ДПК	ОПП, %	Глубина, м	Биомасса ассоциации, г/м <sup>2</sup>	Биомасса доминирующего вида, г/м <sup>2</sup>	Субдоминантные виды	Площадь, га
Сообщества с доминированием <i>Zostera marina</i>						
1Г	20-90	0,5-3,5	120,0-3140,0	1223,0	<i>Nanozostera noltei</i>	2045,5
2Г	90-100	0,5-3,5	3140,0	3140,0	-	2981,5
3Г	30-40	2,8-3,0	1780,0	960,0	<i>Stuckenia filiformis</i>	4727,8
4Г	10-100	2,8-6,0	4960,0	3600,0	<i>Polysiphonia brodiae</i>	5165,8
5Г	25-100	3,5-6,0	280,0-5000,0	1600,0	<i>Stuckenia filiformis</i>	10982,4
Сообщества с доминированием <i>Nanozostera noltei</i>						
6Г	35-100	0,3-0,6	40,0-2366,0	840,0	<i>Chaetomorpha aerea</i>	1882,7
Сообщества с доминированием <i>Chara baltica</i>						
7Г	100	0,6-1,5	840,0-2320,0	<i>Chara baltica</i> <i>Nitella gracilis</i>	<i>Cladophora albida</i> <i>Nanozostera noltii</i>	2520,1
Сообщества с доминированием <i>Cladophora albida</i>						
8Г	90-100	0,1-0,3	720,0-880,0	810,0	<i>Cl. sericea</i>	786,9
Сообщества с доминированием <i>Phragmites australis</i>						
9Г	40-100	до 0,5	нет данных	4026,0	-	1476,2

Таким образом, в период 1978–2000 гг. (таблица 7.1, рисунок 7.3), в Таманском и Динском заливах порядка 72,4% общей площади акватории и 85,1% от площадей распространения фитобентосных сообществ занимали шесть ДПК (1Г–6Г) с доминированием взморников *Zostera marina* и *Nanozostera noltei*. На два ДПК 7Г и ДПК 8Г с доминированием водорослевых сообществ приходилось 8,6% и 10,1% соответственно (рисунок 7.3).

### ***7.1.2. Донные природные комплексы Таманского залива в 2005 г.***

На основе материалов, собранных под руководством В.В. Громова в 2005 г., нами картированы сообщества макрофитобентоса заливов и с использованием ландшафтной классификации выделены девять типов донных природных комплексов с участием ключевых видов макрофитов (рисунок 7.2). Названия ассоциаций макрофитобентоса приводятся в авторском стиле. Нумерация ДПК дана с литерой «Б», по первой букве фамилии первого автора статьи [12], откуда были почерпнуты сведения, послужившие основанием для выделения ДПК.

В ландшафтной структуре акватории Таманского залива по данным Бирюковой С.В. с соавт. [12] в 2005 г. наибольшее распространение имели ассоциации *Z. marina* и харовых водорослей.



### 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>Charetum purum</i> и асс. <i>Charetum 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
10	асс. <i>Chondrietum ceramiosum</i> на подводном склоне, с илистыми и илисто-песчаными отложениями, на глубинах от 1,5 до 2,5 м

Рисунок 7.2. Донные природные комплексы Таманского залива по данным Бирюковой С.В. с соавт. [12] в 2005 г.

**ДПК 1Б. Асс. *Zosteretum marinae algosum* на подводном склоне, сложенном песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала.** ДПК 1Б более или менее соответствует ДПК 1Г, выделенному для периода 1978–2000 гг. В 2005 г. этот донный природный комплекс располагался в том же районе, вдоль берега от крайних точек косы Тузла до пос. Тамань и в устье залива на глубинах от 2,8 до 3,0 м. Площадь комплекса составляла 2074,8 га, что незначительно отличается от предыдущего рассмотренного периода. Общее проективное покрытие дна макрофитами колебалось в широких пределах – от 10 до 100% и имело максимальные значения в самых глубоких акваториях (таблица 7.2). Сопутствующими видами были *Stuckenia filiformis*, *Ericaria crinita* (Duby), *Ulva rigida* Ag., *C. albida*, *C. sericea* (Huds.) Kütz., *Ch. aerea*, *Stilophora tenella*, *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn). В целом рассматриваемый донный природный комплекс во временном аспекте демонстрировал устойчивость в плане видового состава сообществ фитобентоса без сокращения площадей распространения.

**ДПК 2Б. Асс. *Zosteretum marinae purum* на мелководном подводном склоне, сложенном песчано-илистыми отложениями с ракушей.** ДПК 2Б соответствует ранее выделенному ДПК 2Г. ДПК был вытянут вдоль береговой линии от пос. Тамань до пос. Приморский на глубинах от 1,5 до 3,5 м. Площадь донного природного комплекса составляла 2829,9 га. Общее проективное покрытие дна макрофитами достигало 100% в самых удаленных от берега частях (таблица 7.2). Фитоценоз был практически моновидовым. Для выделенного ДПК 2Б к 2005 г. в целом не отмечено существенных сокращений площадей и смены видового состава ассоциации, по сравнению с аналогичным ДПК 2Г, выделенным ранее.

**ДПК 3Б. Асс. *Zosteretum marinae filiformi potametosum* и асс. *Ruppium noltii zosterosum* на мелководном береговом склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями.** ДПК 3Б более или менее соответствует ранее выделенному ДПК 3Г. Занимал вдольбереговую мелководную полосу от пос. Волна Революции до устьевой части Динского залива, на глубинах от 0,5 м

до 2,5 м. Площадь выделенного донного природного комплекса составляла 2837,6 га. Сопутствующие виды – *Stuckenia filiformis*, *Nanozostera noltei*, *Ruppia maritima*. По сравнению с предыдущим периодом, отмечено уменьшение площади комплекса в 1,7 раз, в первую очередь в центральных районах залива. В целом этот ДПК сместился в более мелководные районы.

**ДПК 4Б. Асс. *Zosteretum marinae purum* и асс. *Zosteretum noltii* на подводном склоне, сложенном илисто-песчаными отложениями.** ДПК 4Б, как и условно аналогичный ДПК 4Г, выделенный ранее, располагался на выходе из Таманского залива, на глубинах от 1,3 до 6,0 м. Площадь донного природного комплекса составляла 2488,5 га. Сопутствующими видами указаны *Zannichellia palustris* (Wahlenb. & Rosen), *Acrochaetium thuretii* (Born.) Coll. и *P. opaca* (Бирюкова и др., 2016). По сравнению с предыдущим периодом отмечено сокращение площади комплекса в 1,8 раз со смещением его в сторону устья залива при сохранении площадей прибрежной отмели вдоль косы Чушка. При этом видовой состав донных растительных сообществ комплекса демонстрировал достаточную устойчивость, однако в его составе были отмечены новые виды, в частности *Acrochaetium thuretii* (Bornet) Collins & Hervey).

**ДПК 5Б. Асс. *Zosteretum marinae filiformi potametosu* на слабонаклонной подводной равнине, сложенной пелитовыми отложениями.** ДПК 5Б соответствует ранее выделенному ДПК 5Г. В 2005 г. этот комплекс занимал центральную область в западной части Таманского залива с глубинами от 3,5 до 6,0 м. Площадь донного природного комплекса составляла 5207,3 га. Значения общего проективного покрытия колебались в широких пределах, ввиду мозаичности распределения сообществ фитобентоса (таблица 7.2). Среди сопутствующих видов зафиксированы *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf., *Ceramium tenuissimum* (Roth), *Stilophora rhizodes* (Ehrh. Ag.), *Polysiphonia opaca* (Ag.) Zanard), *Cladophora albida* (Huds.) Kutz.), *Cl. vadorum* (Aresch.) Kutz.), *Chaetomorpha aerea* (Month.) Kutz. По сравнению с предыдущим периодом заметны значительные (более чем в 2 раза) сокращения площадей этого донного

природного комплекса, при этом в ряде районов отмечено замещение сообществ zostеры на сообщества харовых водорослей.

**ДПК 6Б. Асс. *Zosteretum marinae noltii zosterosum* и асс. *Zostera nana purum* на прибрежной отмели, сложенной илистыми отложениями.** ДПК 6Б аналогичен ранее выделенному ДПК 6Г. В 2005 г. этот донный природный комплекс занимал вдольбереговую, наиболее мелководную, полосу от пос. Приморский до пос. Волна Революции, и огибал всю куттовую часть Таманского залива на глубинах от 0,6 м до 2,5 м, а также прибрежную часть северного берега Динского залива на глубинах до 0,6 м. К сопутствующим видам ценозов относились *Ruppia maritima*, *R. spiralis* и неприкрепленные, в основном зеленые, водоросли: *Cladophora albida*, *Cl. serica*, *U. prolifera*, *U. Intestinalis*, встречающиеся здесь в значительных количествах. Площадь выделенного ДПК 6Б составляла 2286,8 га. По сравнению с предыдущим периодом, отмечено расширение площадей этого комплекса при сохранении видового состава ассоциаций (таблица 7.2).

**ДПК 7Б. Асс. *Charetum purum* на подводном склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями и асс. *Charetum subpurum* на подводном склоне, сложенном илисто-песчаными отложениями с ракушкой.** ДПК 7Б аналогичен ранее выделенному ДПК 7Г. Как и ранее, этот комплекс был приурочен к куттовым зонам Таманского и Динского заливов, однако площадь его к 2005 г. существенно расширилась (более чем в 2,5 раза), за счет вытеснения zostеровых сообществ, как в Динском заливе, так и в Таманском. Общее проективное покрытие дна макрофитами этого донного природного комплекса достигало 100%. Площадь ДПК 7Б в этой части своего ареала составляла 6700,5 га. Ассоциация *Charetum subpurum*, кроме того, развивалась в 2005 г. и вдоль косы Чушка на глубинах до 0,6-2,5 м, заместив здесь площади, ранее занятые ассоциацией *Zosteretum marinae-polisiphoniosum* (ДПК 4Г). Площадь ДПК 7Б здесь составляла 3953,4 га. Из сопутствующих видов отмечались *Zostera marina*, *Nanozostera noltei*, *Cladophora albida*.

**ДПК 8Б. Асс. *Cladophoretum oscillatorium* на прибрежной отмели, сложенной илистыми отложениями.** Выделенный ДПК 8Б занимал самую прибрежную и мелководную часть акватории Таманского залива в районе пос. Сенной и Динского залива вдоль его северного берега и полностью соответствовал ранее выделенному ДПК 8Г. На илистых грунтах ассоциация *Cladophoretum oscillatorium* была представлена неприкрепленными водорослями с доминированием *Cladophora albida*. В качестве сопутствующих видов выступали *Cl. serica*, *U. prolifera*, *U. intestinalis*, а также цианобактерии *Lyngbya sordida*, *Oscillatoria margaritifera*. Общее проективное покрытие сообществ достигало 100%. Площадь, занятая этим донным природным комплексом в 2005 г. составляла 485,0 га. Его площадь сократилась по сравнению с предыдущим периодом (1978-2000 гг.) в 1,6 раза за счет вытеснения из прибрежных районов в Динском заливе сообществами харовых водорослей.

Аналогов ДПК 9Г в 2005 г. в анализируемой работе не описано, из-за чего мы пропускаем этот номер в описании ДПК.

**ДПК 10Б. Асс. *Chondrietum ceramosum* на подводном склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями.** Аналогов этому ДПК в работах В.В. Громова за 1978–2000 гг. не упоминается [32]. Этот донный природный комплекс в 2005 г. занимал центральную часть Таманского залива, на глубинах от 1,5 до 2,5 м, ранее занятую ассоциациями *Zosteretum marinae filiformi potametosum* (ДПК 5Г) и асс. *Zosteretum marinae potamo-noltii zosterosum* (ДПК 3Г). При этом zostера в этих районах перешла из разряда доминирующего вида в сопутствующие (была представлена в виде отдельных экземпляров). Площадь, занятая ДПК 10Б составляла 4887,7 га.

При сравнении данных за периоды 1978–2000 гг. и 2005 г. отмечена тенденция к расширению площадей донных природных комплексов с водорослевыми ассоциациями и сокращение площадей, ранее занятых ДПК с доминированием высших водных растений.

Таблица 7.2 -Площади ДПК, ОПП, сопутствующие виды водорослей в акватории Таманского залива в 2005 гг. (по данным [12])

№ ДПК	ОПП, %	Глубина, м	Биомасса ассоциации, г/м <sup>2</sup>	Биомасса доминирующего вида, г/м <sup>2</sup>	Субдоминантные виды	Площадь, га
Сообщества с доминированием <i>Zostera marina</i> , <i>Nanozostera noltei</i>						
1	10-100	2,8-6,0	-*	-*	<i>Polisiphonia brodiae</i>	2074,8
2	-*	2,0-6,0	-*	-*	отсутствуют	2829,9
3	-*	0,6-2,5	-*	-*	<i>Stuckenia filiformis</i> , <i>Nanozostera noltei</i> , <i>Ruppia maritima</i>	2837,6
4	-*	2,8-6,0	-*	-*	<i>Nanozostera noltei</i> <i>Zannichellia palustris</i>	2488,5
5	25-100	3,5-6,0	-*	-*	<i>Stuckenia filiformis</i>	5207,3
6	-*	0,3-2,5	-*	-*	<i>Zostera marina</i> , <i>Ruppia maritima</i> , <i>Cladophora albida</i>	2286,8
Сообщества с доминированием <i>Chara baltica</i>						
7	20-100	0,6-2,5	-*	-*	<i>Cladophora albida</i> <i>Nanozostera noltei</i>	10653,9
Сообщества с доминированием <i>Cladophora albida</i>						
8	90-100	0,1-0,3	720,0-880,0	810,0	<i>Cl. sericea</i>	485,0
Сообщества асс. <i>Chondrietum ceramiosum</i>						
10	-*	1,5-2,5	-*	-*	<i>Zostera marina</i> , <i>Nanozostera noltei</i>	4887,7

\* - нет данных

В 2005 г., согласно картографическим материалам (рисунок 7.2.), в Таманском и Динском заливах ДПК с доминирование морских трав *Zostera marina* и *Nanozostera noltei* занимали порядка 46,2% от общей площади акватории заливов и 52,2% от площадей распространения фитобентосных сообществ. На донные природные комплексы с доминированием водорослевых сообществ приходилось 41,7% и 47,2% соответственно.

Смена видового состава в донных природных комплексах сохраняла зависимость от глубины и типа донных отложений.

## **7.2. Сравнительный анализ современной ландшафтной структуры акватории Таманского залива с таковой в 1978 – 2005 гг.**

В период с 2020 по 2024 гг. в ландшафтной структуре Таманского и Динского заливов нами были выделены шесть донных природных комплексов (рисунок 5.3). Большая часть из них, не имеет точных площадных совпадений с ДПК, выделенных в предыдущие годы.

ДПК 1 и 2 с доминированием сообществ *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* + *Ulva intestinalis* – *Chaetomorpha linum* на прибрежной отмели, сложенной илистыми отложениями с ракушей и *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* на мелководной отмели, сложенной песчано-илистыми отложениями, выделенные нами в современный период, 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* на мелководном подводном склоне, выполненном песчано-илистыми отложениями с включением раковинного материала, более или менее аналогичен выделенному для 1978-2005 гг. ДПК 6Г и 6Б. При сравнении построенных нами карт ДПК за разные периоды, 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* на подводном склоне с песчано-илистыми отложениями – 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 *Chara baltica* на подводном склоне, сложенном илистыми и илисто-песчаными отложениями – 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. По сравнению с более ранним периодом, на сегодняшний день ареалы сообществ с доминирование харовых водорослей в Таманском заливе практически утеряны, за исключением незначительных по площади участков. При этом стоит отметить, что в 2005 г. отмечалось двукратное расширение площади данных сообществ в центральных частях залива, по сравнению с 1978–2000 гг. а также вытеснение харовыми водорослями zostеровых ассоциаций в этих районах с глубин более 3 м.

Аналогов выделенного нами в 2020–2024 гг. ДПК 6 – сообщество *Pterothamnion plumula* на слабонаклонной подводной равнине, сложенной илистыми отложениями – ранее не существовало. Наряду с полной заменой zostеровых 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.

Таким образом, 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 настоящий период отмечена глубокая перестройка структуры фитобентосных сообществ заливов с формированием ранее не описанных донных природных комплексов, при сокращении ландшафтного разнообразия за счет структурных изменений растительных сообществ. Обобщенные результаты за период исследований с 1978 по 2024 гг. представлены в таблице 7.3, 7.4 и на рисунке 7.3.

Таблица 7.3 - Динамика площадей ДПК и биомассы макрофитобентоса в период 1978–2024 гг. [107]

Годы	Доминирующие высшие водные растения		Доминирующие виды водорослей			
	<i>Zostera marina</i> <i>Nanozostera noltei</i>		<i>Chara baltica</i>		<i>Pterothamnion plumula</i>	
	Площадь, га	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Площадь, га	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Площадь, га	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
1978-2000	27785,8	120-5000	2520,1	840,0-2320,0	0	0
2005	17725,0	нет данных	10653,9	нет данных	0	0
2020-2024	14296,7	386,1-725,3	725,6	101,8	18165,9	678,2

Таблица 7.4 - Количественные показатели ДПК в период 1978-2020 гг.

Наблюдаемый период	Количество ДПК
1978-2000 гг.	9
2005 г.	10
2020-2024 гг.	6

В целом, в период наблюдений с 1978 по 2000 гг. Таманский залив характеризовались высокой степенью разнообразия подводных ландшафтов с максимальными значениями биомассы растительной компоненты в донных природных комплексах, что позволяет сделать вывод о равновесном состоянии экосистемы заливов в тот период. Подтверждением экологического благополучия служит тот факт, что самые глубоководные части заливов были заняты zostеровыми ассоциациями [32], имеющие повышенные, по сравнению с водорослями, требования к световой обеспеченности. Очевидно, что прозрачность вод в то время была достаточной и позволяла донным сообществам достигать значительных показателей биомассы.

Несмотря на то, временной разрыв между предыдущими и последующими периодами наблюдений (1978–2000 и 2005 гг.) невелик, однако, из таблицы 4 и рисунка 4 следует, что за этот промежуток времени произошли достаточно значительные изменения в структуре донных природных комплексов заливов, сопровождавшиеся сокращением площадей зарослей взморников. К 2005 г.

зафиксировано появление новых, ранее не описанных ДПК с доминированием хондрии, а также отмечено расширение границ сообществ с доминированием харовых водорослей за счет площадей, ранее занятых сообществами взморников (рисунки 7.2, 7.3). При этом в 1978–2005 гг. ДПК с доминированием сообществ зостер, расположенные на небольших глубинах, демонстрировали достаточно высокое постоянство состава, структуры и площадей распространения на протяжении более чем 25 лет.

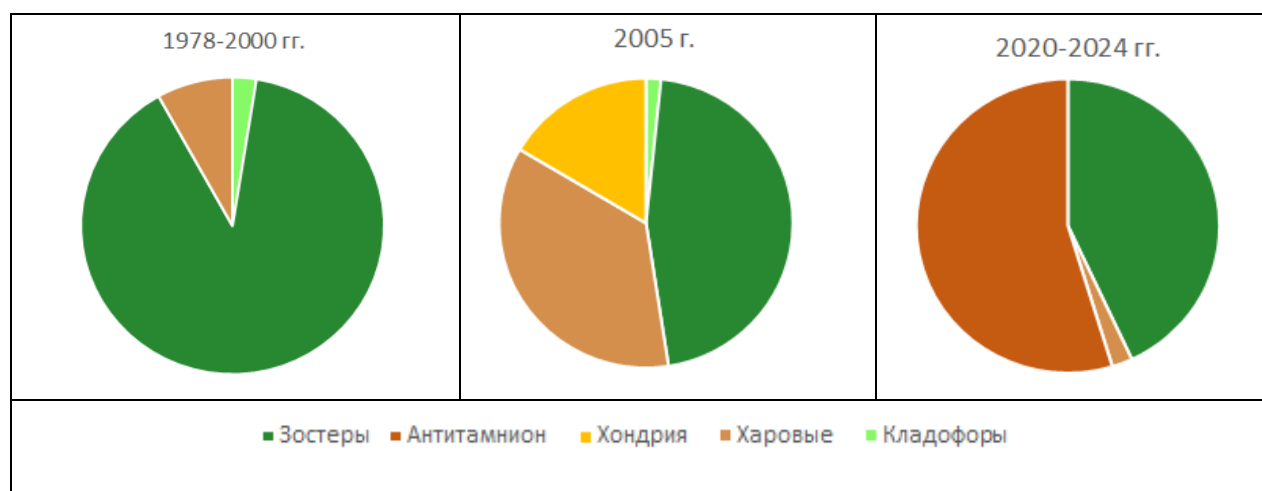


Рисунок 7.3 – Динамика площадей ДПК с доминированием сообществ зостер и водорослей в Таманском заливе в период с 1978 по 2024 гг.

Однако, уже в период с 2005 г. по 2020–2024 гг. произошла полная деградация фитоценозов взморников в центральной части залива, отмечено полное вытеснение сообществ зостер и сообществ харовых водорослей с глубин более 2,5–3,0 м с формированием нового ДПК с доминированием красной оппортунистической короткоциклической водоросли *Pterothamnion plumula*.

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 7.1). 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 заливе на ДПК с доминированием морских трав *Zostera marina* и *Nanozostera noltei* приходилось всего 37,2% от общей площади акватории заливов и 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.

Пояс ДПК с доминированием zostеровых ассоциаций к 2020–2024 гг. был оттеснен в прибрежные зоны, площади их распространения сократились на 48,5% по сравнению с 1978-2000 гг. и на 19,3% – с 2005 г. Сокращение площадей распространения харовых ассоциаций за период 1978-2024 гг. составило 71,2%, однако, при этом в 2005 г. отмечалось кратковременное расширение областей, занимаемых данными сообществами.

### **7.3. Оценка степени трансформации растительных сообществ в донных природных комплексах Таманского залива и анализ возможных причин произошедших изменений**

Геоэкологическая оценка степени трансформации ДПК проводилась по таким показателям, как сохранение доминирующих/субдоминирующих видов в сообществах, а также биомассы сообществ макрофитобентоса.

Степень трансформации ДПК по критерию изменения/сохранения доминирующих и субдоминирующих видов в фитоценозах, вместе с указанием доминантов и субдоминантов растительных сообществ в ДПК заливов с 1978 по 2024 гг. приведена в таблице 7.5.

Из таблицы следует, что доминанты и субдоминанты сообществ макрофитобентоса в Таманском заливе на глубинах до 3,5 м с 1978 г. практически не изменились и представлены двумя видами взморников, харовыми водорослями, несколькими видами кладофор и тростником.

Таблица 7.5 - Основные доминирующие виды в акватории Таманского залива в 1978–2024 гг.

Глубины	Доминирующие виды/субдоминанты			Степень трансформации ДПК
	1978-2000 гг. (по [32])	2005 г. (по [12])	2020-2024 гг. (по собственным данным)	
0,2-2,0	<i>Nanozostera noltei</i> , <i>Chara baltica</i> , <i>Phragmites australis</i> <i>Cladofora sp.</i>	<i>Nanozostera noltei</i> , <i>Chara baltica</i> , <i>Phragmites australis</i> <i>Cladofora sp.</i>	<i>Nanozostera noltei</i> , <i>Chara baltica</i> , <i>Phragmites australis</i> <i>Cladofora sp.</i>	низкая
2,0-3,5	<i>Zostera marina</i>	<i>Zostera marina</i>	<i>Zostera marina</i>	низкая
3,5-6,0	<i>Zostera marina</i> , <i>Chara baltica</i> ,	<i>Zostera marina</i> , <i>Chara baltica</i> , <i>Chondria capillaris</i>	<i>Pterothamnion plumula</i>	высокая

Соответственно, для этих глубин степень трансформации ДПК по этому критерию может быть оценена, как низкая. В то же время, на глубинах 3,5–6,0 м с 1978 по 2024 гг. произошла полная смена доминантов. Вместо *Zostera marina* и харовых водорослей в 1978-2005 гг., сейчас здесь доминирует красная оппортунистическая водоросль *Pterothamnion plumula*. Соответственно, можно говорить о высокой степени трансформации ДПК Таманского залива на глубинах свыше 3,5 м. Следует отметить, что, по мнению некоторых авторов, на глубинах 5-6 м в центральной части Таманского залива заросли zostеры ранее развивались слабо или не развивались вовсе [59]. Однако такая оценка противоречит публикациям В.В. Громова, проводившего исследования заливов на протяжении более чем 25 лет [32, 12]. Не вдаваясь в подробности этой полемики, мы, тем не менее, отметим, что это никак не влияет на наши оценки степени трансформации ДПК на этих глубинах. Действительно, даже при слабом развитии или полном отсутствии zostеры на глубинах 5-6 м в центральной части залива в 1978-2005 г., в любом случае можно говорить о существенной трансформации ДПК, т.к. теперь эти участки полностью заняты сообществом свободнолежачей на грунте красной оппортунистической водоросли *Pterothamnion plumula*.

По критерию изменения биомассы сообществ макрофитобентоса, степень трансформации ДПК в заливах можно оценить следующим образом. В течение анализируемого периода (1978–2024 гг.) отмечалось сокращение биомассы

сообществ во всех диапазонах глубин: на участках с глубинами 0,2-2,0 м – в среднем на 207,6 г/м<sup>2</sup>, на участках с глубинами 2,0-3,5 – на 2152,2 г/м<sup>2</sup>, на участках с глубинами 3,5-6,0 – на 921,8 г/м<sup>2</sup> (таблица 7.6).

Таблица 7.6 - Биомассы основных сообществ Таманского залива в 1978–2024 гг. (г/м<sup>2</sup>)

Доминирующие виды	Глубины, м	Биомасса в 1978-2000 гг., г/м <sup>2</sup> (по [32])	Биомасса в 2020-2024 гг., г/м <sup>2</sup> (по собственным данным)	Изменение с 1978 по 2024 гг., г/м <sup>2</sup>	Степень трансформации ДПК
<i>Nanozostera noltei</i> , <i>Chara baltica</i> , <i>Phragmites australis</i> <i>Cladofora sp.</i>	0,2-2,0	1194,3	986,7	207,6 (17,4%)	низкая
<i>Zostera marina</i>	2,0-3,5	2877,5	725,3	2152,2 (74,8%)	высокая
В 1978-2005 гг. – <i>Zostera marina</i> , <i>Chara baltica</i> , в 2020-2024 гг. – <i>Pterothamnion plumula</i>	3,5-6,0	1600	678,2	921,8 (57,6%)	средняя

Согласно приведенным данным, на глубинах до 2 м средняя биомасса макрофитобентоса снизилась на 17,4%, что по принятой нами шкале эквивалентно низкой степени трансформации ДПК. На больших глубинах степень трансформации была выше: на глубинах 2,0-3,5 м средняя биомасса макрофитобентоса снизилась на 74,8% (высокая степень трансформации), на глубинах 3,5-6,0 м – на 57,6% (средняя степень трансформации).

Итоговая геоэкологическая оценка степени трансформации ДПК Таманского залива выполнялась с использованием ранжирования по интенсивности проявления изменений показателей, принятых в анализ (таблица 7.7).

Таблица 7.7 - Интегральная геоэкологическая оценка степени трансформации макрофитобентоса в ДПК Таманского залива в 1978–2024 гг.

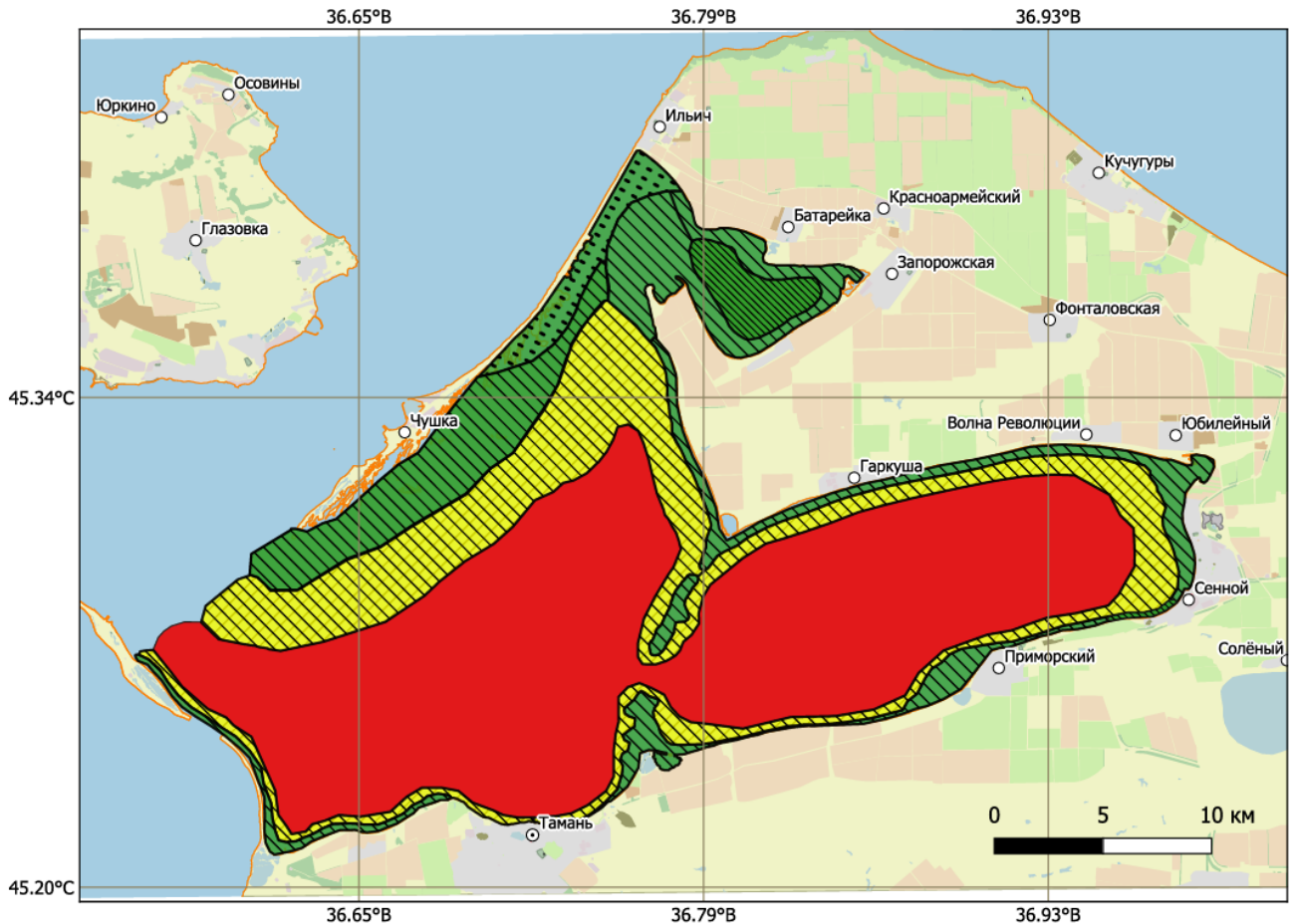
Доминирующие виды	Глубины, м	Критерий трансформации	Степень трансформации /балл	Сумма баллов	Итоговая оценка степени трансформации
<i>Nanozostera noltei</i> , <i>Chara baltica</i> , <i>Phragmites australis</i> <i>Cladofora sp</i>	0,2-2,0	видовой состав	низкая / 1	2	низкая
		биомасса	низкая / 1		
<i>Zostera marina</i>	2,0-3,5	видовой состав	низкая / 1	4	средняя
		биомасса	высокая / 3		
В 1978-2005 гг. – <i>Zostera marina</i> , <i>Chara baltica</i> , в 2020-2024 гг. – <i>Pterothamnion</i> <i>plumula</i>	3,5-6,0	видовой состав	высокая / 3	5	высокая
		биомасса	средняя / 2		

По результатам интегральной геоэкологической оценки степени трансформации макрофитобентосных сообществ Таманского залива, выполненной по комплексу показателей (изменение/сохранение доминирующих и субдоминирующих видов в сообществах и изменение биомассы сообществ макрофитобентоса), были выявлены три зоны: с высокой (5 и более баллов), средней (3–4 балла) и низкой (2 балла) степенью проявления трансформационных процессов (рисунок 7.4).

Как следует из рисунка, к 2024 г. в наибольшей степени трансформация ДПК по растительной составляющей зафиксирована в центральных областях залива на глубинах от 2,5–3,0 м до глубины 6,0 м, что соответствует сделанным нами ранее выводам.

Исходя из многолетних данных по площадям распространения основных фитоценозов (таблица 7.8) определена доля каждой из выделенных зон трансформации в современный период.

На долю площадей с высоким проявлением трансформационных процессов в современный период приходится 56 % площади акватории, средним – 23%, низким – 21% [108, 109] (рисунок 7.5).



Условные обозначения:

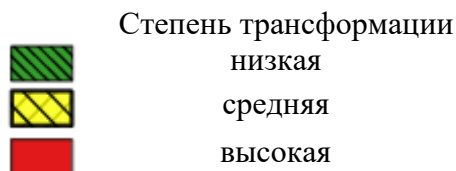


Рисунок 7.4 - Геоэкологическое зонирование Таманского залива по степени трансформации макрофитобентосных сообществ

*Зона с низкой степенью проявления трансформационных процессов* (наиболее стабильные во времени участки растительного покрова) расположена на глубинах от 0,2 до 2,0 м. В геоморфологическом отношении этот участок представляет собой мелководную отмель.

Донные отложения здесь представлены песчано-илистыми грунтами с повышенным содержанием ракушечного материала [108, 109].

Таблица 7.8 - Площади распространения доминирующих фитоценозов в акватории Таманского залива в 1978–2024 гг. (составлено по собственным и литературным данным)

Доминирующие фитоценозы	Глубины	1978-2000 гг.	2005 г.	2020-2024 гг.
<i>Nanozostera noltei</i> , <i>Chara baltica</i> , <i>Phragmites australis</i> <i>Cladofora sp.</i>	0,2-2,0	4614,9 (14,17%)	5124,4 (18,26%)	6819,8 (21,02%)
<i>Zostera marina</i>	2,0-3,5	14920,6 (45,82%)	11346,6 (40,44)	7452,2 (22,97%)
<i>Zostera marina</i> , <i>Chara baltica</i> , (1978-2005 гг.) <i>Pterothamnion plumula</i> (2020-2024 гг.)	3,5-6,0	13033,4 (40,02%)	11588,2 (41,30%)	18165,9 (56,00%)

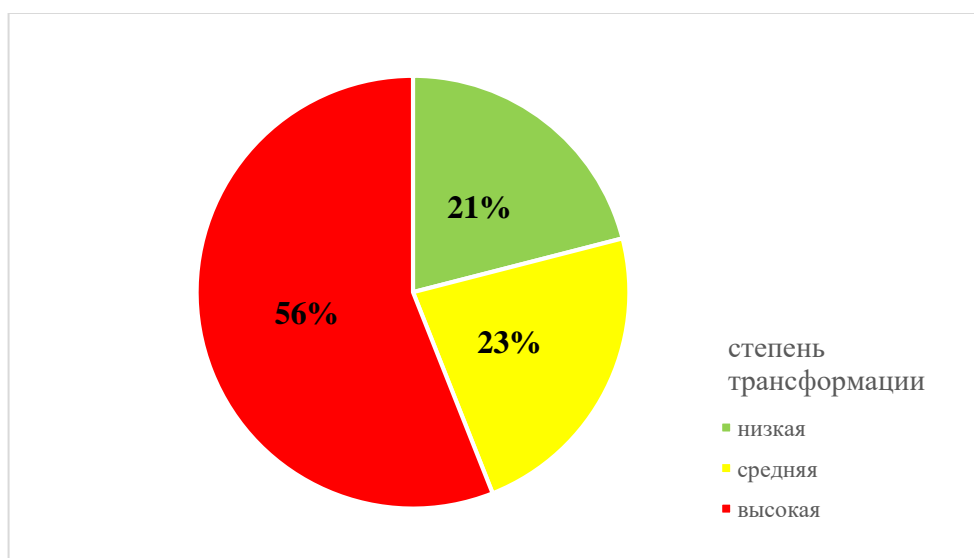


Рисунок 7.5 - Доля площади зон трансформации растительных сообществ в современный период

В фитоценозах на этих глубинах почти повсеместно доминирует *Nanozostera noltei*. В центральной части Динского залива и местами на отдельных участках в районе пос. Сенной на этих глубинах преобладают фитоценозы с доминированием харовых водорослей (*Chara baltica*, *Lamprothamnium papulosum*). Сообщества аналогичных глубин, в состав которых входит тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), расположены в виде узкой полосы в восточной части Динского залива и вдоль косы Чушка. В прибрежных районах у

городского пляжа пос. Сенной, в основании косы Чушка и на некоторых других участках эти глубины заняты сообществами, в которых, помимо взморника малого, значительную роль играют виды рода *Cladofora*. В качестве субдоминантов в этих сообществах часто выступают как высшие водные растения (*Stuckenia filiformis*, *Ruppia maritima*), так и водоросли (*Polysiphonia brodiae*, *Chaetomorpha aerea*, *Cladophora albida*, *Cl. sericea*, *Ulva prolifera*, *U. intestinalis*) (Сушкова и др., 2025).

Донные растительные сообщества этой зоны демонстрируют достаточно высокую степень устойчивости во времени. Отмечено в целом относительно небольшое изменение границ отдельных сообществ внутри этой зоны в современный период по сравнению с предыдущим периодом (1978–2005 гг.), среднее сокращение биомассы сообществ на этих глубинах составило всего 17,4% (таблица 7.8). При этом проведённые исследования подтверждают относительную стабильность видового состава всех растительных сообществ этой зоны на протяжении всего анализируемого периода (таблица 7.8). Уменьшение биомассы и сдвиг границ распространения ассоциаций преимущественно обусловлено сокращением ареала тростниковых сообществ. Последнее, вероятнее всего, связано с ростом солёности в заливе. Так, согласно многолетним данным службы ЕСИМО, солёность в Таманском заливе в период 1977–1991 гг. составляла 14,2‰ [36]. В 2008–2009 гг. она менялась от 14 до 18‰ [16, 59], в современный период (2020–2024 гг.) по данным наших собственных наблюдений она составила 16–20‰ [108, 109].

Зона с умеренной степенью проявления трансформационных процессов охватывает глубины 2,0–3,0 м. В геоморфологическом отношении зона представляет собой подводную слабонаклонную равнину с незначительными перепадами абсолютных отметок дна. Донные отложения здесь представлены илисто-песчаными грунтами, что свидетельствует об умеренной гидродинамической активности и преобладании осадочных процессов в условиях мелководной шельфовой зоны [108, 109].

На этих глубинах доминируют сообщества с доминированием *Zostera marina*, в качестве субдоминантов выступают в основном высшие водные растения (*Nanozostera noltei*, *Stuckenia filiformis*, *Ruppia maritima*), реже – водоросли (*Polysiphonia brodiae*).

С 1978 по 2024 гг. на этих глубинах зарегистрировано существенное снижение биомассы фитоценоза *Zostera marina* (с 2877,5 г/м<sup>2</sup> в 1978–2000 гг. до 725,3 г/м<sup>2</sup> в 2020–2024 гг. (т.е. на 74,8%). Однако, при выраженной негативной динамике биомассы, таксономический состав доминантов и субдоминантов растительных сообществ остался прежним [108, 109].

Зона с высокой степенью проявления трансформационных процессов располагается на глубинах от 2,5–3,0 до 6,0 м. В геоморфологическом отношении зона представляет собой подводную слабонаклонную равнину. Донные отложения здесь представлены илистыми тонкодисперсными грунтами, что является следствием низкой гидродинамической активности и преобладании осадочных процессов [108, 109].

В настоящее время здесь формируется монодоминантное сообщество, представленное одним видом сводобнолежащих на грунте красных оппортунистических короткоцикловых водорослей *Pterothamnion plumula*.

В течение исследуемого периода (с 1978 по 2024 гг.) на этих глубинах произошло исчезновение доминирующего фитоценоза *Zostera marina* (таблица 7.8). Причем сначала (к 2005 г.) в глубоководной западной части Таманского залива отмечалось появление области, занятой сообществами с доминированием красной водоросли *Chondria capillaris* (Hudson) M.J. Wynne, а в восточной части – расширение ареала сообществ с доминированием харовых водорослей. А затем, в период между 2005 г. и 2020–2024 гг. на глубинах 3,5–6,0 м произошла полная утрата фитоценозов с доминированием *Zostera marina* и *Chara baltica*, а на глубинах 2,5–3,5 м – их частичное вытеснение. Согласно проведенным исследованиям, площадь зоны с высокой степенью интенсивности трансформационных процессов в настоящий момент составляет 18,2 тыс. га [108, 109].

Таким образом, проведенное нами исследование свидетельствует о значительных структурных и пространственных изменениях сообществ макрофитобентоса Таманского залива, наблюдавшихся в период с 1978 по 2024 годы. Степень трансформации сообществ в заливе имеет четкую зависимость от глубины их локализации. 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). На глубинах 2,5–3,0 м зарегистрировано существенное сокращение площадей произрастания сообществ макрофитобентоса, хотя видовой состав доминантов (а в некоторых случаях, и субдоминантов) остался практически неизменным. Наиболее выраженные трансформационные процессы зафиксированы в центральной части залива, где произошла полная смена доминирующих сообществ [108, 109].

В связи с произошедшими изменениями в распространении, составе и структуре макрофитобентоса Таманского залива весьма актуальной является попытка объяснения причин описанных трансформаций. Из наиболее масштабных антропогенных и естественных изменений, которые затронули рассматриваемые акватории, являются строительство Тузлинской дамбы в 2003–2004 гг., постепенное потепление и осолонение Азовского моря в целом и Таманского залива в частности. Известно, что масштабные гидротехнические и строительные работы в 2003–2004 гг. на м. Тузла и косе Тузла привели к изменениям в направлении и скорости течений в Таманском заливе [86, 39]. Отсыпка Тузлинской дамбы перекрыла доступ холодных и прозрачных черноморских вод в залив, снизила интенсивность водообмена залива с Азовским и Черным морями и, как следствие, уменьшила «промываемость» залива [86, 39]. Негативные последствия строительства Тузлинской дамбы были предсказаны Ивановым В.А. в 2004 г на основе математического моделирования течений в Керченском проливе [44].

Перекрытие, вкупе с размывом материала отсыпки дамбы, привело к

повышению мутности и образованию зон заиления в акватории залива, формированию на некоторых участках дна восстановительных условий, повышению количества органического вещества в донных отложениях за счет значительного количества отлагающейся мелкодисперсной взвеси, препятствующей поступлению кислорода, как в придонный слой вод, так и в донные отложения [12, 59]. Одновременно в последние годы значительно увеличилась интенсивность рекреационного и сельскохозяйственного освоения земель полуострова, что привело, очевидно, и к повышению количества поступающих в воды залива биогенов, в первую очередь соединений азота и фосфора. Как следствие, трофность воды в заливе увеличилась, что нашло отражение в интенсификации вегетации короткоцикловых, оппортунистических видов водорослей с тонкорассеченным талломом и высокими показателями удельной площади поверхности слоевища. Поскольку водоросли могут довольствоваться меньшей световой обеспеченностью, по сравнению с высшими водными растениями, предъявляющими к ней наиболее высокие требования [136], то повышение мутности воды (за счет эвтрофикации и снижения водообмена залива) в первую очередь привело к замене сообществ zostер на сообщества красной водоросли *Pterothamnion plumula* на глубинах 3,0-6,0 м. Следует отметить, что постепенное потепление и осолонение вод также, вероятно, внести вклад в наблюдаемые изменения. Известно, что zostеры весьма требовательны к высокой световой обеспеченности, причем, чем выше температура и соленость вод, тем выше должна быть световая обеспеченность [136]. Однако, потепление, напротив, приводит теперь к большему прогреванию плохо «промываемых» вод залива в течение вегетационного сезона (рост среднегодовых температур подтверждается данными системы ЕСИМО [36]), что, при одновременном осолонении, существенно увеличивает потребности zostер в световой обеспеченности, тогда как увеличение мутности вод, напротив, снижает освещенность придонных горизонтов водной толщи. Все эти факторы в своей совокупности, очевидно, и могут являться причиной деградации сообществ zostер наиболее глубоководных районов Таманского залива.

Итоговый обзор основных природно-техногенных факторов и оценка их возможного влияния на растительные сообщества Таманского залива приведены в таблице 7.9.

Таблица 7.9 – Основные факторы природно-техногенного воздействия на растительные сообщества и экосистему Таманского залива

Факторы	Влияние факторов и последствия
<b>Природные</b>	
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
<b>Техногенные</b>	
Гидротехнические работы (возведение Тузлинской дамбы)	Ухудшение водообмена залива с Черным морем. Накопление взвешенных частиц, интенсификация заиления, появление зон с текучими илами, препятствующие закреплению корневищ взморников [59]
	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; долгосрочных последствий на структуру и состав макрофитобентоса залива не описано [62, 63, 48, 52]
Авария нефтетанкеров 15 декабря 2024 г.	Поступления нефтепродуктов в залив не выявлено [1, 53])

Концептуальная схема возможных причинно-следственных связей трансформаций макрофитобентоса Таманского залива в XXI в. приведена на рисунке 7.6.



Рисунок 7.6 – Концептуальная схема возможных причинно-следственных связей трансформаций макрофитобентоса Таманского залива в XXI в.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Акватория Таманского залива включает уникальные донные природные комплексы с доминированием высших водных растений и харовых водорослей, которые больше нигде на кавказском побережье Черного моря не встречаются. Акватория заливов входит в особо охраняемую территорию Государственного природного зоологического заказника регионального значения "Запорожско-Таманский".

Несмотря на охраняемый статус, на протяжении длительного времени Таманский залив подвергались интенсивному хозяйственному освоению, включающему прогрессирующее сельскохозяйственное использование прибрежных территорий, увеличивающуюся рекреационную нагрузку, строительство гидротехнических сооружений (Тузлинской дамбы) и дноуглубительные работы. Все вышеуказанное, вместе с региональными проявлениями глобальных климатических изменений (в первую очередь, потепление, осолонение и, возможно, снижение ветровой активности), привело к существенной перестройке структуры донных природных комплексов заливов.

Применение комплексного геоэкологического подхода к оценке акватории Таманского залива позволило установить закономерности современного пространственного распределения основных донных природных комплексов и фитоценозов, рассчитать площади донных природных комплексов, оценить биомассу растительных ценозов, сравнить современные структуру и распределение донных сообществ с тем, что были описаны ранее и оценить степень трансформации сообществ.

Нами показано, что за период с 1978 по 2024 гг. произошла существенная перестройка ДПК Таманского залива. Наиболее существенная трансформация ДПК отмечена в период с 2005 г. по настоящее время на глубинах 3–6 м. По всей акватории залива выявлено снижение ландшафтного разнообразия. Биомасса и проективное покрытие фитоценозов с доминированием *Zostera marina* и

*Nanozostera noltei* и харовых водорослей снизились, в глубоководных частях Таманского залива эти фитоценозы полностью исчезли и были заменены на сообщества оппортунистической короткоциклической красной водоросли *Pterothamnion plumula*, являющейся индикатором повышения трофности водоема. Современный состав фитоценозов центральной части залива косвенно свидетельствует о снижении световой обеспеченности донных сообществ на глубинах более 3 м при одновременном усилении степени эвтрофирования изучаемой акватории. Учитывая, что зостеры требовательны к солености, достаточно низкой температуре воды и высокой освещенности (причем, чем выше температура и соленость воды, тем выше должна быть световая обеспеченность), то одновременное потепление, осолонение и снижение уровня освещенности в придонных горизонтах в результате увеличения трофности в заливе, скорее всего и являются причинами наблюдаемых изменений. Наиболее вероятно, что их основной причиной является сочетание увеличившейся рекреационной нагрузки и сельскохозяйственного освоения земель полуострова и строительство Тузлинской дамбы в 2003–2004 гг., перекрывшей поступление холодных и прозрачных черноморских вод в Таманский залив и снизившей интенсивность водообмена в заливе. В результате трофность залива увеличилась, снизилась прозрачность воды, вода в заливе стала солонее и стала прогреваться сильнее, что в итоге привело к деградации глубоководных зарослей зостер и началу интенсивной вегетации оппортунистических водорослей.

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

В контексте современных экологических вызовов и необходимости сохранения биоразнообразия морских экосистем, следует отметить также, что текущий заповедный статус акватории Таманского залива вероятно является недостаточным для эффективного сохранения и восстановления особо ценных природных комплексов. С нашей точки зрения, необходимо расширение охраняемых участков и оптимизация рекреационной деятельности с обязательным учетом ценности и уязвимости донных природных комплексов.

Также важно учесть необходимость интеграции научного подхода в процесс принятия управленческих решений, что позволит обеспечить долгосрочную устойчивость экосистем Таманского залива и минимизировать негативное воздействие на них.

**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 ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аварии и последствия танкерной перевозки мазута (Керченский пролив - 2007 г., г. Анапа - 2024 г.) / Г. Г. Матишов, А. В. Клещенко, В. В. Кулыгин, С. В. Бердников ; Федеральный исследовательский центр, Южный научный центр Российской академии наук. - Ростов-на-Дону : ЮНЦ РАН, 2025. - 139 с. ISBN 978-5-4358-0269-6.
2. Азовское море: океанография, физическая география, гидробиология в научных трудах академика Г.Г. Матишова. Репринтное воспроизведение статей 1998-2017 гг. акад. Г.Г. Матишова и соавторов: сборник статей. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного научного центра РАН, 2018. – 552 с.
3. Айзатулин, Т.А. Океан как глобальная система / Т.А. Айзатулин, В.Л. Лебедев. – в «Физическая география мирового океана». – Ленинград: Издательство «Наука», 1980. – С. 283-312.
4. Андрулионис, Н.Ю. Основной ионный состав вод Керченского пролива и прилегающих акваторий / Н.Ю. Андрулионис, И.Б. Завьялов, С.А. Рождественский // Морской гидрофизический журнал. – 2024. – Т. 40. – №. 1 (235). – С. 87-107.
5. Андрусов, Н.И. О необходимости глубоководных исследований в Черном море / Н.И. Андрусов // Известия Русского географического общества. – 1890. – Т. 26. – №. 2. – С. 171-185.
6. Атлас по результатам бурения кос и береговой зоны Азовского моря (2018–2024) / под ред. Г.Г. Матишова, В.В. Польшина. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2024. – 312 с.
7. Безруков, П.Л. Классификация осадков современных морских водоемов / П.Л. Безруков, А.П. Лисицын //Труды ИО АН СССР. – 1960. – Т. 32. – С. 3-14.
8. Беклемишев, К.В. Биотопы морских биоценозов / К.В. Беклемишев // из сборника статей «Проблемы биоценологии» [под ред. Е.М. Лавренко, Т.А. Работнова]. – Москва: Издательство «Наука», 1973. – С.23-37.

9. Берг, Л.С. Фации, географические аспекты и географические зоны / Л.С. Берг // Известия Всесоюзного географического общества. – 1945. – Т. 77. – №. 3. – С. 162-164.
10. Беспалова, Л.А. Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря / Л.А. Беспалова. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета ООО «ЦВВР», 2006. – 271 с.
11. Беспалова, Л.А. Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря: автореферат дис. ... доктора географических наук: 25.00.23 / Беспалова Людмила Александровна. – Санкт-Петербург. –2007. – 32 с.
12. Бирюкова, С.В. Состояние донных сообществ Таманского залива после постройки дамбы Тузла в Керченском проливе / С.В.Бирюкова, В.Л. Сёмин, В.В. Громов // Наука Юга России. – 2016. – Т. 12. – №. 2. – С. 53-67.
13. Блинова, Е.И. Методические рекомендации по учету запасов промысловых морских водорослей прибрежной зоны / Е.И. Блинова, О.А. Пронина, В.А. Штрик // Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи. – 2005. – С. 80-127.
14. Богданов, Д.В. География Мирового океана / Д.В. Богданов. – Москва: Издательство «Наука», Академия наук СССР, 1978. – 192 с.
15. Бурда, Р.И. Высшие водные растения Азовского моря и их охрана в Донецкой области /Р.И. Бурда. – из сборника «Всесоюзная конференция по высшим водным и прибрежно-водным растениям. Тезисы докладов»: материалы Всесоюзной конференции по высшим водным и прибрежно-водным растениям, пос. Борок, Ярославская обл, 1977 / Институт биологии внутренних вод АН СССР, Институт гидробиологии АН УССР, Институт озераведения АН СССР, Научный совет АН СССР по проблемам гидробиологии, ихтиологии и использования биол. ресурсов водоемов. – Борок: Издательство Института биологии внутренних вод АН СССР, 1977. – С. 39-41.

16. Василенко, Н.В. Распространение черноморских вод в акватории Азовского моря по спутниковым данным и модели NEMO / Н.В. Василенко, А.А. Алескерова, А.А. Кубряков, А.И. Мизюк, С.В. Станичный // Морской гидрофизический журнал. – 2023. – Т. 39. – №. 4 (232). – С. 528-552.
17. Водно-болотные угодья России. Т. 3: Водно-болотные угодья, внесенные в Перспективный список Рамсарской конвенции / под общей редакцией В.Г. Кривенко. – Москва: Wetlands International Global Series, 2000. – 490 с.
18. Волков, Л.И. Материалы к познанию флоры Азовского моря / Л. И. Волков. – из «Сборник в честь Н.М. Книповича». – Москва: Издательство «Наука», 1927. – С. 235-240.
19. Гембель, А.В. Общая география Мирового океана: учебное пособие для географических специальностей вузов / А.В. Гембель. – Москва: Издательство «Высшая школа», 1979. – 215 с.
20. Генералова, В.Н. Водная растительность Утлюкского лимана и Арабатской стрелки в Азовском море / В.Н. Генералова // Труды АзЧерНИРО. – 1951. – №. 15. – С. 21-37.
21. Геологическое строение Кавказа. Очерки региональной геологии СССР, Выпуск 8 / Е.Е. Милановский, В.Е. Хаин [под ред. А.А. Богданова, М.В. Муратова, Н.С. Шатского]. – Москва: Издательство Московского университета, 1963. – 357 с.
22. Геология СССР. Т. IX. Северный Кавказ/ под ред. А.В. Сидоренко, В.Л. Андрущука, А.Я. Дубинского, В.Е. Хаина. – Москва: Издательство «Недра», 1968. – 760 с.
23. Гершанович, Д.Е. Морское ландшафтоведение – новый подход к изучению природы океана / Д.Е. Гершанович, В.В. Федоров [под ред. Е.С. Короткевича, С.С. Сальникова и др.]. – из сборника «Географические аспекты изучения Мирового океана: тезисы докладов секции - III на VIII съезде Географического общества СССР»: тезисы докладов секции III на VIII съезде Географического общества СССР, Киев, октябрь, 1985 г. / АН СССР,

- Географическое общество СССР. – Ленинград: Издательство Географического общества СССР, 1985. – 151 с.
24. Гидрометеорологический справочник Азовского моря / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Управление гидрометеорологической службы УССР. Гидрометеорологическая обсерватория Черного и Азовского морей [под ред. А.А. Аксенова]. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1962. – 856 с.
25. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 4. Черное море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. / под ред. Э.Н. Альтмана, А.И. Симонова. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1991. – 429 с.
26. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 5. Азовское море / под ред. И.П. Гоптарева, А.И. Симонова, Б.М. Затучной, Д.Е. Гершановича. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1991. – 236 с.
27. Громов, В.В. Бентосная растительность / В.В. Громов. – из сборника «Тезисы докладов областной научной конференции по итогам работы АзНИИРХа за 25 лет»: тезисы докладов областной научной конференции, Ростов-на-Дону, 30 сентября 1983 г./ АзНИИРХ. – Ростов-на-Дону: Издательство АзНИИРХ, 1983. – С. 28-30.
28. Громов, В.В. Водная растительность как индикатор санитарно-гидробиологического состояния водоемов Нижнего Дона / В.В. Громов, В.Н. Шевченко. – из сборника «Материалы научно-практической конференции по проблемам окружающей среды»: материалы научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 1989 г. / Ростов-на-Дону. – С. 25-27.
29. Громов, В.В. Донная растительность верхних отделов шельфа южных морей России: автореф. дисс. ... докт. биол.н. 03.00.05 / Громов Валентин Валентинович. – Санкт-Петербург. – 1998. – 45 с.
30. Громов, В.В. Методика подводных фитоценологических исследований / В.В. Громов – из сборника «Гидробиологические исследования северо-восточной части Чёрного моря». – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского государственного университета, 1973. – С. 69–72.

31. Громов, В.В. Морская водная растительность в ихтиологическом аспекте / В.В. Громов, В.Н. Шевченко – из сборника «Современные проблемы рекреационных зон юго-европейской части СССР». – Тбилиси, 1990. – С. 23-24.
32. Громов В.В. Фитобентос Таманского залива и Керченского пролива / В.В. Громов, В.Н. Шевченко, Д.Ф. Афанасьев. – из сборника «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна» [отв. ред С.П. Воловик, ред. Гвозденко С.И., Макаров Э.В., Тютина Ю.Е.]. – Москва: Издательство «Вопросы рыболовства», 2002. – С. 170-176.
33. Гурьева, З.И. Геолого-геоморфологическое изучение морских мелководий и берегов по материалам аэрофотосъемки: методическое руководство / З.И. Гурьева, К.М. Петров, Н.С. Рамм, В.В. Шарков. – Ленинград: Издательство «Наука», Ленинградское отделение, 1968. – 371 с.
34. Данные GPS-мониторинга ИФЗ РАН за 2010-2020 гг. [Электронный ресурс]. – Москва. – Режим доступа: <https://portal.ifz.ru/> (дата обращения 20.08.2025).
35. Дубына, Д.В. Плавни Причерноморья / Д.В. Дубына, Ю.Р. Шеляг-Сосонко // Киев: Издательство «Наукова думка», 1989. – 272 с.
36. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) [Электронный ресурс]. – Центр океанографических данных ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД. – Режим доступа: [http://www.esimo.ru/atlas/spravochnik\\_azov](http://www.esimo.ru/atlas/spravochnik_azov).
37. Ефимов, В.В. Климатические характеристики изменчивости поля ветра в черноморском регионе численный реанализ региональной атмосферной циркуляции / В.В. Ефимов, А.Е. Анисимов // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 47. – №. 3. – С. 380-392.
38. Живаго, А.В. [Рецензия] / А.В. Живаго. – Текст: непосредственный // Известия АН СССР, серия: географическая и геофизическая. – 1951. – №2. – С. 81 - 84. – Рецензия на статью: О подводных ландшафтах Мирового океана

- / Д.Г. Панов. Известия Всесоюзного географического общества. – 1950. – Т. 82. – №. 6. – С. 110-121.
39. Жугайло, С.С. Динамика содержания взвешенных веществ в Керченском проливе в период 2007-2016 гг. / С.С. Жугайло, Т.М. Авдеева, М.Н. Пугач, Э.Н. Аджиумеров – из сборника «Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона»: материалы IX Международной научно-практической конференции, Керчь, Крым, 06 октября 2017 года / ЮгНИРО. – Керчь: Издательство Керченского филиала ("ЮгНИРО") федерального государственного бюджетного научного учреждения «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», 2017. – С. 9-13.
40. Зайцев, Ю.П. Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины (обзор) / Ю.П. Зайцев // Гидробиологический журнал. – 1992. – Т. 28. – №. 4. – С. 3-18.
41. Зенкевич, Л.А. Избранные труды: в 2 т. Том 1: Биология северных и южных морей СССР / Л.А. Зенкевич [редкол. М.Е. Виноградов и др.]. – Москва: Издательство «Наука», 1977. – 339 с.
42. Зернов, С.А. К вопросу об изучении жизни Черного моря / С.А. Зернов // Записки Императорской Академии наук по физико-математическому отделению. – 1913. – Т. 32. – № 1. – С. 299.
43. Зинова, А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР / А.Д. Зинова. – Москва, Ленинград: Издательство «Наука», Ленинградское отделение, 1967. – 398 с.
44. Иванов, В. А. Моделирование течений в Керченском проливе / В. А. Иванов, Н. Б. Шапиро // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2004. – № 10. – С. 207-232. – EDN YMTPIX.
45. Ивлиева, О.В. Особенности осадконакопления в Азовском море во второй половине XX века: [монография] / О.В. Ивлиева. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2009. – 320 с.

46. Игнатов, Е.И. Методика исследований донных комплексов мелководной части шельфа / Е.И. Игнатов, Н.П. Митина, В.Г. Папунов // Подводные гидробиологические исследования, 1982. – С. 80-83.
47. Калугина-Гутник, А.А. Фитобентос Черного моря / А.А. Калугина-Гутник. – Киев: Издательство «Наукова думка», 1975. – 247 с.
48. Керченская авария: последствия для водных экосистем / С. А. Агапов, Д. Ф. Афанасьев, З. В. Александрова [и др.]. – Ростов-на-Дону : Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 2008. – 232 с. – ISBN 978-5-904063-04-7. – EDN LLWDZY.
49. Киреева, М.С. Растительные богатства морей Советского Союза / М.С. Киреева // Растительные ресурсы. – 1965. – Т. 1. – №. 3. – С. 323-335.
50. Копий, В.Г. Макрозообентос мелководья Керченского пролива и прибрежной зоны Таманского полуострова (Азово-Черноморский бассейн) / В.Г. Копий, Л.В. Бондаренко, В.А. Тимофеев, Д.В. Подзорова, М.А. Ковалёва // Экосистемы. – 2022. – №. 30. – С. 69-83.
51. Кубанский гидрометеоцентр [Электронный ресурс] – Краснодарский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ "Северо-Кавказское УГМС". – Режим доступа: <https://www.kubanmeteo.ru> (дата обращения 20.08.2025).
52. Кузнецов, А. Н. О результатах трехлетнего мониторинга разлива мазута в Керченском проливе / А. Н. Кузнецов, Ю. А. Федоров, К. А. Заграничный // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 4(164). – С. 90-95. – EDN OETZLB.
53. Лаврова, О. Ю. Последствия аварий танкеров в черноморском керченском предпроливье 15 декабря 2024 г.: комплексный анализ спутниковых и метеорологических данных / О. Ю. Лаврова, Е. А. Лупян, А. Г. Костяной // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2025. – Т. 22, № 2. – С. 282-299. – DOI 10.21046/2070-7401-2025-22-2-282-299. – EDN WQJKUT.

54. Леонтьев, О.К. Основы физической географии Мирового океана / О.К. Леонтьев. – Москва: Издательство МГУ, 1974. – 111 с.
55. Леонтьев, О.К. Физическая география Мирового океана / О.К. Леонтьев. – Москва: Издательство МГУ, 1982. – 200 с.
56. Линдберг, Г.У. Атлас океанографических основ рыбопоисковой карты Южного Сахалина и Южных Курильских островов. Т.2. «Карты подводных ландшафтов» / Г.У. Линдберг, Е.Ф. Гурьянова, З.И. Кобякова, Г.М. Бирюлин, Л.А. Жуков [отв. ред. Е.Н. Павловский]. – Ленинград: Издательство Зоологического института АН СССР – ТИНРО, 1956. – 58 с.
57. Ломакин, П.Д. Характеристика современного состояния системы течений в Керченском проливе на базе спутниковых и контактных наблюдений / П.Д. Ломакин, Р.В. Боровская // Исследование Земли из космоса. – 2006. – №. 6. – С. 65-72.
58. Лымарев, В.И. Основные проблемы физической географии океана / В.И. Лымарев. – Москва: Издательство «Мысль», 1978. – 248 с.
59. Любимов, И.В. Донные биоценозы Таманского залива Азовского моря / И.В. Любимов, Г.А. Колючкина, У.В. Симакова, А.Б. Басин // Океанология. –2023. –Т. 63. – № 6. – С. 936-949.
60. Мамыкина, В.А. Береговая зона Азовского моря / В.А. Мамыкина, Ю.П. Хрусталева. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1980. – 174 с.
61. Материалы экспедиций ЮНЦ РАН 2015-2019 гг. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018.
62. Матишов, Г. Г. Воздействие на среду и биоту аварийного разлива нефтепродуктов в Керченском проливе в ноябре 2007 г / Г. Г. Матишов, Ю. И. Инжебейкин, Р. М. Савицкий // Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40, № 3. – С. 259. – DOI 10.7868/S0321059613020041. – EDN PYSKPH.
63. Матишов, Г. Г. Экосистемный мониторинг и оценка воздействия разливов нефтепродуктов в Керченском проливе : Аварии судов в ноябре 2007 г / Г. Г.

- Матишов, С. В. Бердников, Р. М. Савицкий. – Ростов-на-Дону : Южный научный центр РАН, 2008. – 80 с. – EDN VYSDJT.
64. Мейер, К.И. Сиваш и его флора / К.И. Мейер // Естествознание и география. – 1916. – Т. 21. – №. 1-2. – С. 1-19.
65. Милановский, Е.Е. Геологическое строение Кавказа / Е.Е. Милановский, В.Е. Хаин [под ред. М.В. Муратова]. – Москва: Издательство Московского университета, 1963. – 357 с.
66. Мильчакова, Н.А. Статистический анализ влияния гранулометрического состава донных осадков на численность и размерную структуру популяций *Zostera marina* L. в Черном море / Н.А. Мильчакова // Экология моря. – 1989. – Т. 32. – С. 59-63.
67. Миничева, Г.Г. Методические рекомендации по определению комплекса морфофункциональных показателей одноклеточных и многоклеточных форм водной растительности / Г.Г. Миничева, А.Б. Зотов, М.Н. Косенко. – Одесса: Издательство «ГЭФ ПРООН Проект по восстановлению экосистемы Черного моря», 2003. – 37 с.
68. Миничева, Г.Г. Морфофункциональные основы формирования морского фитобентоса: дис. ... доктора биологических наук: 03.00.18 / Миничева Галина Григорьевна. – Севастополь, 1998. – 353 с.
69. Митина, Н.Н. Геоэкологические исследования ландшафтов морских мелководий / Н.Н. Митина [отв. ред. Т.И. Моисеенко]. – Москва: Издательство «Наука», 2005. – 197 с.
70. Митина, Н.Н. Динамика гидрометеорологических показателей северного Каспия / Н.Н. Митина, Б.М. Малашенков // Наука в России. – 2009. – №. 4. – С. 17.
71. Митина, Н.Н. Методы оценки природного ресурсного потенциала и подводных ландшафтов водохранилищ озерно-речного типа / Н.Н. Митина // Известия Российской академии наук. «Серия географическая». – 2003. – №. 2. – С. 72-82.

72. Митина, Н.Н. Обоснование геоэкологического мониторинга нефтегазодобывающих структур на морском шельфе / Н.Н. Митина, Б.М. Малашенков // Известия Российской академии наук, серия географическая. – 2006. – №. 2. – С. 92-102.
73. Митина, Н.Н. Оценка ресурсного потенциала донных природных комплексов морских мелководий Японского моря / Н.Н. Митина // Водные ресурсы. – 1996. – №. 4. – С. 504-507.
74. Митина, Н.Н. Подводные ландшафты Черного и Азовского морей: структура, гидроэкология, охрана / Н.Н. Митина, Е.В. Чуприна. – Москва: Издательство ФГУП "Типография" Россельхозакадемии, 2012. – 320 с.
75. Митина, Н.Н. Принципы количественной оценки ресурсного потенциала донных природных комплексов морских мелководий / Н.Н. Митина // Известия Российской академии наук, серия географическая. – 1998. – №. 2. – С. 107-112.
76. Митина, Н.Н. Природные и антропогенные факторы воздействия на уровень Каспийского моря / Н.Н. Митина, Б.М. Малашенков // Вода: химия и экология. – 2013. – №. 3. – С. 3-8.
77. Остроумов, А. Научные результаты экспедиции «Атманая» / А. Остроумов // Известия Российской академии наук, серия математическая. – 1896. – Т. 4. – № 4. – С. 389-408.
78. Остроумов, А. О драгировках лейтенанта А. М. Бухтеева в Азовском море: Чит. в заседании Физ.-мат. отд-ния Акад. 27 окт. 1893 г. / [Соч.] Д-ра А. Остроумова. — Санкт-Петербург: тип. Акад. наук, 1893.
79. Панкеева, Т.В. Многолетняя динамика подводных ландшафтов бухты Ласпи (г. Севастополь) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова. – из сборника «Труды XII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2023)»: материалы XII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование», Москва, 23–27 октября 2023 г. / «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова». – Тверь: Издательство ООО «ПолиПРЕСС», 2024. – С. 359-362

80. 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. – № 1(21). – С. 51-60.
81. 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. – № 2(18). – С. 36-48.
82. Панкеева, Т.В. Ландшафтная структура памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у скалы Дива и горы Кошка» (Чёрное море) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2024. – Т. 10. – №. 1. – С. 190-201.
83. Панкеева, Т.В. Ландшафтные исследования памятника природы "Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического" (г. Севастополь) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2022. – Т. 8. – №. 1. – С. 161-175.
84. Панкеева, Т.В. Пространственно-временные изменения макрофитобентоса акватории бухты Ласпи (Крым, Черное море) / Т.В. Панкеева, Н.В. Миронова // Океанология. – 2019. – Т. 59. – № 1. – С. 93-107.
85. Панов, Б.Н. Океанографическая оценка последствий современного антропогенного воздействия на экосистему Керченского пролива / Б.Н. Панов, П.Д. Ломакин, С.С. Жугайло, Т.М. Авдеева, Е.О. Спиридонова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2011. – Т. 24. – №. 1. – С. 109-120.
86. Панов, Д.Г. О подводных ландшафтах Мирового океана / Д.Г. Панов // Известия Всесоюзного географического общества. – 1950. – Т. 82. – №. 6. – С. 110-121.
87. Папунов, В.Г. Подводные ландшафты заповедника «Утриш» / В.Г. Папунов, П.Г. Макалова. – из сборника «Наземные и морские экосистемы полуострова Абрау: история, состояние, охрана: Научные труды». – Анапа, Федеральное

- государственное бюджетное учреждение "Государственный природный заповедник "Утриш". – 2021. – Т.5. – С. 207-216.
88. Пасынкова Л.А. Геологические процессы как факторы формирования глубоководных ландшафтов континентального склона Черного моря: автореф. дисс. ... канд. геол. н. 1.05.03.01 / Пасынкова Лариса Алексеевна. – Киев. – 2002. – 22 с.
89. Петров, К.М. Биogeография океана. Биологическая структура мирового океана глазами географа: учебное пособие / К.М. Петров. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ, 1999. – 232 с.
90. Петров, К.М. Биoномия океана / К.М. Петров. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ, 2004. – 241 с.
91. Петров, К.М. Концепция подводного ландшафта / К.М. Петров // Известия Русского географического общества. – 2020. – Т. 152. – №. 3. – С. 3-16.
92. Петров, К.М. Подводные ландшафты: теория, методы, исследования / К.М. Петров [отв. ред. Е.С. Короткевич]. – Ленинград: Издательство «Наука», Ленинградское отделение, 1989. – 126 с.
93. Петров, К.М. Подводные ландшафты черноморского побережья Северного Кавказа и Таманского полуострова / К.М. Петров // Известия Всесоюзного географического общества. – 1960. – Т. 92. – №. 5. – С. 302-405.
94. Петров, К.М. Подводная растительность черноморского побережья Северного Кавказа и Таманского полуострова. Сообщение I / К.М. Петров // Вестник Ленинградского университета, серия геология и география. – 1960. – № 18.
95. Петров, К.М. Система единиц физико-географического районирования морских мелководий / К.М. Петров // Известия Всесоюзного географического общества. – 1975. – Т. 107. – №. 2. – С. 97-104.
96. Петров, К.М. Теоретические основы ландшафтного картографирования дна морских мелководий / К.М. Петров. – из сборника статей «Картирование шельфов» [под ред. К.М. Петрова, В.Б. Ляцкого, Л.И. Сенчура, А.И.

- Сорокина, Д.А. Туголесова]. – Ленинград: Издательство Географического общества СССР, 1974. – С. 6-30.
97. Плахотник, А.Ф. Структура наук об океане / А.Ф. Плахотник. – Москва: Издательство «Мысль», 1981. – 144 с.
98. Польшин, В.В. Донные отложения позднего голоцена Азовского моря / В.В. Польшин. – из сборника «Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова "Геология, география и экология океана"»: материалы международной научной конференции, Ростов-на-Дону, 08-11 июня 2009 г./ Российская Академия Наук, Российский Фонд Фундаментальных Исследований, Институт Океанологии им. П.П. Ширшова РАН, ФГУНПП «СевМорГео». – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2009. – С. 269-272.
99. Преображенский, Б.В. Ландшафт как характеристика экосистемы / Б.В. Преображенский. – из сборника «Методы комплексного картирования экосистемы шельфа» [отв. ред. Б.В. Поярков]. – Владивосток: Издательство ДВНЦ РАН, 1980. – С. 23-28.
100. Преображенский, Б.В. О принципах организации прибрежно-морского природопользования / Б.В. Преображенский, Б.В. Поярков – в «Географические аспекты изучения Мирового океана» [под ред. Е.С. Короткевича, С.С. Сальникова и др.]. – Ленинград: Издательство Географического Общества СССР, 1989. – С. 125-130.
101. Преображенский, Б.В. Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами) / Б.В. Преображенский, В.В. Жариков, Л.В. Дубейковский [под ред. А.Н. Киселёва]. – Владивосток: Издательство «Дальнаука», 2000. – 352 с.
102. Прошкина-Лавренко, А.И. Диатомовые водоросли планктона Азовского моря / А.И. Прошкина-Лавренко. – Москва, Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1963. – 190 с.
103. Сапожников, В.В. Комплексные экологические исследования Керченского пролива и Таманского залива после катастрофы танкера с мазутом (2007-

- 2010 гг.) / В.В. Сапожников, Н.В. Аржанова, Н.М. Лапина, А.И. Агатова, Н.И. Торгунова, Н.М. Зозуля, Л.Г. Бондаренко, С.Л. Вишневский, С.В. Радченко, В.И. Рой, С.И. Столярский, В.Е. Полонский // Труды ВНИРО. – 2013. – Т. 150. – С. 65-77.
104. Стратиграфический кодекс России / ответственный редактор А.И. Жамойда. – третье издание, исправленное и дополненное. – Санкт-Петербург: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. – 96 с.
105. Степаньян, О. В. Концептуальная схема реакции сообществ макрофитов на воздействие нефтяного загрязнения / О. В. Степаньян // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2020. – № 3(294). – С. 26-32. – DOI 10.33285/2411-7013-2020-3(294)-26-32. – EDN OQQLIO.
106. Степаньян, О. В. Макроводоросли и травы южных морей России в экологическом мониторинге нефтегазовых компаний / О. В. Степаньян // Фундаментальные исследования, инновационные технологии и передовые разработки в интересах долгосрочного развития Юга России : материалы Международного научного форума, посвященного 20-летию ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, 08–10 февраля 2023 года. – Ростов-на-Дону: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук", 2023. – С. 194-197. – EDN VIXWJZ.
107. 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.
108. 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. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38428> (дата обращения: 05.10.2025). DOI: <https://doi.org/10.17513/use.38428>

109. Сушкова, Е.Г. Ландшафтно-экологический подход к картированию фитобентоса заливов Таманского полуострова / Е.Г. Сушкова, Д.Ф. Афанасьев, Л.А. Беспалова // Окружающая среда и энергоснабжение. – 2025. – №. 2. – С. 77-91.
110. Тамайчук, А.Н. Особенности пространственной структуры северо-западной части Черного моря / А.Н. Тамайчук // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2009. – Т. 22. – № 2. – С. 139-147.
111. Телегин, В.А. Особенности использования навигационной РЛС X-диапазона в условиях Таманского залива для определения высоты ветрового волнения / В.А. Телегин, В.А. Гарбацевич, Д.В. Ивонин, А.В. Ермошин, С.А. Мысленков, А.Г. Зацепин – из сборника "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса": тезисы докладов шестнадцатой Всероссийской открытой конференции, Москва, 12–16 ноября 2018 года / Институт космических исследований Российской академии наук. – Москва: Издательство Института космических исследований Российской академии наук, 2018. – С. 325.
112. Труды Южного научного центра Российской академии наук. Том IX. Исследования молодых ученых ЮНЦ РАН / гл. ред. Г.Г. Матишов, отв. ред. С.В. Бердников. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2021. – 200 с.
113. Феномен Азовского моря в эпоху маловодья: океанография, физическая география, гидробиология, ихтиология (в научных трудах академика Г.Г. Матишова и сотрудников ЮНЦ РАН). Том IV. (2022–2024 гг.) / отв. ред. Г.Г. Матишов. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН, 2024. – 478 с.
114. Фесюнов, О.Е. Геоморфологические и экологические особенности зоны гипоксии северо-западного шельфа Черного моря / О.Е. Фесюнов, М.Ф. Назаренко // Экология моря. – 1991. – Т. 37. – С. 20-26.
115. Федоров Ю.А. Особенности мониторинга, контроля и прогноз деятельности подводных грязевых вулканов. // Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей. М.: Триумф, – 2012. С. 22–32.

116. Хайлов, К.М. Иерархическая регуляция структуры и функции морских растений / К.М. Хайлов, В.П. Парчевский. – Киев: Издательство «Наукова думка», 1983. – 256 с.
117. Хромов, С.П. Есть ли ландшафтные зоны в океане? / С.П. Хромов // Известия Всесоюзного географического общества. – 1949. – Т.81. – №2. – С. 250-251.
118. Хромов, С.П. Метеорология и климатология: учебник / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – Москва: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2012. – 584 с.
119. Хрусталеv, Ю.П. Закономерности осадконакопления во внутриконтинентальных морях аридной зоны / Ю.П. Хрусталеv [отв. ред. А.П. Лисицын]. – Ленинград: Издательство «Наука», Ленинградское отделение, 1989. – 261 с.
120. Хрусталеv, Ю.П. Роль техногенного материала в седиментогенезе Азовского моря / Ю.П. Хрусталеv, Л.А. Беспалова, О.В. Ивлиева // Литология и полезные ископаемые. – 1999. – №. 1. – С. 3.
121. Шеляг-Сосонко, Ю.Р. Государственный заповедник "Дунайские плавни" / Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Д.В. Дубына. – Киев: Издательство «Наукова думка», 1984. – 287 с.
122. Шнюков, Е.Ф. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области: атлас/ Е.Ф. Шнюков, Ю.В. Соболевский, Г.И. Гнатенко. – Киев: Издательство «Наукова думка», 1986. – 152 с.
123. Щербак, С.С. Возможности спутникового дистанционного зондирования для изучения влияния атмосферных процессов на формирование течений в Керченском проливе / С.С. Щербак, О.Ю. Лаврова, М.И. Митягина // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2007. – Т. 4. – №. 4. – С. 376-383.
124. Экологический атлас. Черное и Азовское моря / В.О. Мокиевский, А.Б. Цетлин, Е.И. Игнатов, В.Н. Белокопытов, А.Г. Зацепин, А.С. Зернов, С.А. Литвинская, И.А. Репина, А.И. Исаченко, Д.Г. Илюшин, Р.В. Гончаров, П.Г. Михайлюкова, А.А. Ермолов, А.И. Кизяков, Е.Г. Арашкевич, Л.М.

- Сафронова, Д.Ф. Афанасьев, Г.А. Колючкина, У.В. Симакова, В.Л. Семин, В.А. Лужняк, С.А. Букреев, Т.О. Барабашин, В.В. Краснова, Р.А. Беликов, В.В. Миненкова, М.Б. Астапов, С.М. Фазлуллин, П.А. Тильба, Д.Р. Загретдинова, М.И. Семенова, М.А. Глебова, Т.М. Гизатулин, М.А. Жукова, Т.А. Матвеева, О.В. Максимова, Д.Ю. Назаров, А.М. Амелина, Р.Е. Лазарева, Л.А. Живоглядова, Н.Б. Ескин, А.С. Валиева. –Москва: Издательство Фонд «НИР», 2019. – 464 с.
125. Agawin, N.S.R. Nutrient limitation of Philippine seagrasses (Cape Bolinao, NW Philippines): in situ experimental evidence / N.S.R. Agawin, C.M. Duarte, M.D. Fortes // *Marine Ecology Progress Series*. – 1996. – Т. 138. – С. 233-243.
126. Andersen, J.H. A simple method for confidence rating of eutrophication status classifications / J.H. Andersen, C. Murray, H. Kaartokallio, P. Axe, J. Molvær // *Marine Pollution Bulletin*. – 2010. – Т. 60. – №. 6. – С. 919-924.
127. Barber, B.J. Effects of elevated temperature on seasonal in situ leaf productivity of *Thalassia testudinum* Banks ex König and *Syringodium filiforme* Kützing / B.J. Barber, P.J. Behrens // *Aquatic Botany*. – 1985. – Т. 22. – №. 1. – С. 61-69.
128. Batiuk, R.R. Submerged Aquatic Vegetation Habitat Requirements and Restoration Targets: A Technical Synthesis. Chesapeake Bay Program. / Batiuk, R., R. Orth, K. Moore, J.C. Stevenson, W. Dennison, L. Staver, V. Carter, N. Rybicki, R. Hickman, S. Kollar and S. Bieber. Annapolis, Maryland. 1992.
129. Bell, S.S. Seagrass ecology: New contributions from a landscape perspective / S.S. Bell, M. Fonseca, N.B. Stafford. – In «Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation» [eds. W.D. Anthony, R.O. Larkum, C.M. Duarte]. – New York: Springer, 2006. – С. 625-645.
130. Berov, D. Benthic macroalgal communities as Ecological Quality Indicator of Bulgarian Black Sea coastal water / D. Berov, V. Karamfilov, V. Vasilev, G. Hiebaum // *Journal of Balkan Ecology*. – 2010. – Т.13. – № 2. – С. 161-171.
131. Borum, J. Development of epiphytic communities on eelgrass (*Zostera marina*) along a nutrient gradient in a Danish estuary / J. Borum // *Marine biology*. – 1985. – Т. 87. – №. 2. – С. 211-218.

132. Bulthuis, D.A. Effects of in situ nitrogen and phosphorus enrichment of the sediments on the seagrass *Heterozostera tasmanica* (Martens ex Aschers.) den Hartog in Western Port, Victoria, Australia / D.A. Bulthuis, W.J. Woelkerling // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 1981. – T. 53. – №. 2-3. – C. 193-207.
133. Chefaoui, R.M. Dramatic loss of seagrass habitat under projected climate change in the Mediterranean Sea / R.M. Chefaoui, C.M. Duarte, E.A. Serrão // *Global change biology*. – 2018. – T. 24. – №. 10. – C. 4919-4928.
134. Coffey, M.M. Providing a framework for seagrass mapping in United States coastal ecosystems using high spatial resolution satellite imagery / M.M. Coffey, D.D. Graybill, P.J. Whitman, B.A. Schaeffer, W.B. Salls, R.C. Zimmerman, V.H. Lebrasse, M. Cindy, J. Li, D.J. Keith, J. Kaldy, P. Colarusso, G. Raulerson, D. Ward, W. J. Kenworthy // *Journal of environmental management*. – 2023. – T. 337. – C. 117669.
135. Coleman, V.L. Community structure and productivity of epiphytic microalgae on eelgrass (*Zostera marina* L.) under water-column nitrate enrichment / V.L. Coleman, J.A.M. Burkholder // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 1994. – T. 179. – №. 1. – C. 29-48.
136. Collier, C.J. Thermal tolerance of two seagrass species at contrasting light levels: implications for future distribution in the Great Barrier Reef / C.J. Collier, S. Uthicke, M. Waycott // *Limnology and Oceanography*. – 2011. – T. 56. – №. 6. – C. 2200-2210.
137. Den Hartog, C. *The sea-grasses of the world*/ C. Den Hartog. – London, Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1970. – 275 c.
138. Dencheva, K. State of macrophytobenthic communities and ecological status of the Varna Bay, Varna lakes and Burgas Bay / K. Dencheva // *Phytologia balcanica*. – 2010. – T. 16. – №. 1. – C. 43-50.
139. Dennison, W.C. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation: habitat requirements as barometers of Chesapeake Bay health / W.C. Dennison,

- R.J. Orth, K.A. Moore, J. Court Stevenson, V. Carter, S. Kollar, P.W. Bergstrom, R.A. Batiuk // *BioScience*. – 1993. – T. 43. – №. 2. – C. 86-94.
140. Dennison, W.C. Sediment ammonium availability and eelgrass (*Zostera marina*) growth / W.C. Dennison, R.C. Aller, R.S. Alberte // *Marine Biology*. – 1987. – T. 94. – №. 3. – C. 469-477.
141. Dennison, W.C. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. Habitat requirements as barometers of Chesapeake Bay health. / W.C. Dennison, , R.J. Orth, K.A. Moore, J.C. Stevenson, V. Carter, S. Kollar, P.W. Bergstrom and R.A. – Batiuk. *Bioscience*, 1993 – C. 86-94.
142. Duarte C.M. Seagrass nutrient content / C.M. Duarte // *Marine ecology progress series*. – 1990. – T. 67. – C. 201-207.
143. Duarte, C.M. Seagrass depth limits / C.M. Duarte // *Aquatic botany*. – 1991. – T. 40. – №. 4. – C. 363-377.
144. Ferguson, R.L. Flowering of the seagrass *Halodule wrightii* in North Carolina, USA / R.L. Ferguson, B.T. Pawlak, L.L. Wood // *Aquatic Botany*. – 1993. – T. 46. – №. 1. – C. 91-98.
145. Fonseca, M.S. Influence of physical setting on seagrass landscapes near Beaufort, North Carolina, USA / M.S. Fonseca, S.S. Bell // *Marine Ecology Progress Series*. – 1998. – T. 171. – C. 109-121.
146. Gallegos, C.L. Modeling spectral diffuse attenuation, absorption, and scattering coefficients in a turbid estuary / C.L. Gallegos, D.L. Correll, J.W. Pierce // *Limnology and Oceanography*. – 1990. – T. 35. – №. 7. – C. 1486-1502.
147. Giesen, W. Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea / W. Giesen, M.M. Van Katwijk, C. Den Hartog // *Aquatic Botany*. – 1990. – T. 37. – №. 1. – C. 71-85.
148. Gras, A.F. Phosphorus uptake kinetics of a dominant tropical seagrass *Thalassia testudinum* / A. F. Gras, M. S. Koch, C. J. Madden // *Aquatic Botany*. – 2003. – T. 76. – №. 4. – C. 299-315.
149. Green seaweeds of Britain and Ireland / Eds. J. Brodie, C.A. Maggs, D.M. John. – London: British Phycological Society, 2007. – 250 c.

150. Guiry, M. D. AlgaeBase. World-wide electronic publication [Электронный ресурс] / Guiry M. D., Guiry G. M // National University of Ireland, Galway. – Режим доступа: <http://www.algaebase.org>.
151. Harlin, M.M. Nutrient enrichment of seagrass beds in a Rhode Island coastal lagoon / M. M. Harlin, B. Thorne-Miller // *Marine Biology*. – 1981. – Т. 65. – №. 3. – С. 221-229.
152. Harrison, P.G. Variations in demography of *Zostera marina* and *Z. noltii* on an intertidal gradient / P.G. Harrison // *Aquatic Botany*. – 1993. – Т. 45. – №. 1. – С. 63-77.
153. Hemminga, M.A. Leaf production and nutrient contents of the seagrass *Thalassodendron ciliatum* in the proximity of a mangrove forest (Gazi Bay, Kenya) / M.A. Hemminga, P. Gwada, F.J. Slim, P. De Koeyer, J. Kazungu // *Aquatic Botany*. – 1995. – Т. 50. – №. 2. – С. 159-170.
154. Hillman, K. Productivity and nutrient limitation/ K. I.W.D. Hillman, D.I. Walker, A.W.D. Larkum, A.J. McComb. – In «Biology of seagrasses: A treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian region» [eds. A.W.D. Larkum, A.J. McComb, S.A. Shepherd]. – Amsterdam: Elsevier Science Pub., 1989. – С. 635-685.
155. Hossain, M.S. The application of remote sensing to seagrass ecosystems: an overview and future research prospects / M.S. Hossain, J.S. Bujang, M.H. Zakaria, M. Hashim // *International Journal of Remote Sensing*. – 2015. – Т. 36. – №. 1. – С. 61-114.
156. Iizumi, H. Growth and organic production of eelgrass (*Zostera marina* L.) in temperate waters of the Pacific coast of Japan. III. The kinetics of nitrogen uptake / H. Iizumi, A. Hattori // *Aquatic Botany*. – 1982. – Т. 12. – С. 245-256.
157. Jacobs, R. Distribution and aspects of the production and biomass of eelgrass, *Zostera marina* L., at Roscoff, France / R. Jacobs // *Aquatic Botany*. – 1979. – Т. 7. – С. 151-172.
158. Kaldy, J.E. Ontogenetic photosynthetic changes, dispersal and survival of *Thalassia testudinum* (turtle grass) seedlings in a sub-tropical lagoon / J.E. Kaldy,

- K.H. Dunton // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 1999. – T. 240. – №. 2. – C. 193-212.
159. Kaldy, J.E. Production ecology of the non-indigenous seagrass, dwarf eelgrass (*Zostera japonica* Ascher. & Graeb.), in a Pacific Northwest estuary, USA / J.E. Kaldy // *Hydrobiologia*. – 2006. – T. 553. – №. 1. – C. 201-217.
160. Kelly, M.G. Remote sensing of seagrass beds / M.G. Kelly. – In «Handbook of seagrass biology: An ecosystem perspective» [ed. R.C. Phillips, C.P. McRoy]. – New York: Garland STPM Press, 1980. – C. 69–85.
161. Kenworthy, W.J. Evidence for the influence of seagrasses on the benthic nitrogen cycle in a coastal plain estuary near Beaufort, North Carolina (USA) / W.J. Kenworthy, J.C. Zieman, G.W. Thayer // *Oecologia*. – 1982. – T. 54. – №. 2. – C. 152-158.
162. Lee, K.S. Effects of nitrogen enrichment on biomass allocation, growth, and leaf morphology of the seagrass *Thalassia testudinum* / K.S. Lee, K. H. Dunton // *Marine Ecology Progress Series*. – 2000. – T. 196. – C. 39-48.
163. Lee, K.S. Inorganic nitrogen acquisition in the seagrass *Thalassia testudinum*: development of a whole-plant nitrogen budget / K.S. Lee, K.H. Dunton // *Limnology and Oceanography*. – 1999. – T. 44. – №. 5. – C. 1204-1215.
164. Lee, K.S. Production and carbon reserve dynamics of the seagrass *Thalassia testudinum* in Corpus Christi Bay, Texas, USA / K.S. Lee, K.H. Dunton // *Marine Ecology Progress Series*. – 1996. – T. 143. – C. 201-210.
165. Lee, K.S. Production dynamics of the eelgrass, *Zostera marina* in two bay systems on the south coast of the Korean peninsula / K.S. Lee, S.R. Park, Y.K. Kim // *Marine Biology*. – 2005. – T. 147. – №. 5. – C. 1091-1108.
166. Lee, K.S. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: a review / K.S. Lee, S.R. Park, Y.K. Kim // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 2007. – T. 350. – №. 1-2. – C. 144-175.
167. Littler, M.M. Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: functional-form groups of marine macroalgae / M.M. Littler, D.S. Littler, P.R. Taylor // *Journal of Phycology*. – 1983. – T. 19. – №. 2. – C. 229-237.

168. Littler, M.M. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model / M.M. Littler, D.S. Littler // *The American Naturalist*. – 1980. – T. 116. – №. 1. – С. 25-44.
169. Luning, K. Continuous underwater light measurement near Helgoland (North Sea) and its significance for characteristic light limits in the sublittoral region / K. Luning, M.J. Dring // *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*. – 1979. – T. 32. – №. 4. – С. 403-424.
170. Marba, N. Growth patterns of Western Mediterranean seagrasses: species-specific responses to seasonal forcing / N. Marba, J. Cebrian, S. Enriquez, C.M. Duarte // *Marine Ecology Progress Series*. – 1996. – T. 133. – С. 203-215.
171. Markager, S. Light requirements and depth zonation of marine macroalgae / S. Markager, K. Sand-Jensen // *Marine Ecology Progress Series*. – 1992. – С. 83-92.
172. McPherson, B.F. The vertical attenuation of light in Charlotte Harbor, a shallow, subtropical estuary, south-western Florida / B.F. McPherson, R.L. Miller // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 1987. – T. 25. – №. 6. – С. 721-737.
173. Minicheva, G. Black Sea monitoring guidelines. Macrophytobenthos. Secretariat of commission on protection of the Black Sea against pollution. [Электронный ресурс] / G. Minicheva, D. Afanasyev, A. Kurakin. – Istanbul. – 2015 – 76 с. – Режим доступа: [http://emblasproject.org/wpcontent/uploads/2013/12/Manual\\_macrophytes\\_EMBL\\_AS\\_ann.pdf](http://emblasproject.org/wpcontent/uploads/2013/12/Manual_macrophytes_EMBL_AS_ann.pdf).
174. Minicheva, G.G. Use of the macrophytes' morphofunctional parameters to assess ecological status class in accordance with the EU WFD / G.G. Minicheva // *Морський екологічний журнал*. – 2013. – Т. 12. – № 3. – С. 5-21.
175. Minicheva, G. State of the macrophytobenthos / G. Minicheva, O. Maximova, N. Moruchkova, U. Simakova, A. Sburlea, K. Dencheva, Y. Aktan, M. Sezgin. – In *State of the Environment of the Black Sea (2001-2006/7)*. – Armenia: BSC Publications, 2008. – С. 218-242.

176. Minicheva, G. Theoretical and practical possibilities of morphofunctional approach at research of algae community / G. Minicheva // *Algology*. – 1999. – №. 2. – C. 89-90.
177. Moore, K.A. *Zostera marina* (eelgrass) growth and survival along a gradient of nutrients and turbidity in the lower Chesapeake Bay / K.A. Moore, H.A. Neckles, R.J. Orth // *Oceanographic Literature Review*. – 1997. – T. 4. – №. 44. – C. 375.
178. Murray, L. Nitrogen versus phosphorus limitation for growth of an estuarine population of eelgrass (*Zostera marina* L.) / L. Murray, W.C. Dennison, W.M. Kemp // *Aquatic Botany*. – 1992. – T. 44. – №. 1. – C. 83-100.
179. Nielsen, O.I. *Thalassia testudinum* phosphate uptake kinetics at low in situ concentrations using a <sup>33</sup>P radioisotope technique / O.I. Nielsen, M.S. Koch, H.S. Jensen, C.J. Madden // *Limnology and Oceanography*. – 2006. – T. 51. – №. 1. – C. 208-217.
180. Orfanidis, S. An insight to the ecological evaluation index (EEI) / S. Orfanidis, P. Panayotidis, N. Stamatis // *Ecological indicators*. – 2003. – T. 3. – №. 1. – C. 27-33.
181. Orfanidis, S. Benthic macrophyte communities as bioindicators of transitional and coastal waters: relevant approaches and tools / S. Orfanidis, V. Papathanasiou, L. Sabetta, M. Pinna, V. Gigi, S. Gounaris, E. Tsiagga, K. Nakou, Th. Theodosiou // *Transitional Waters Bulletin*. – 2007. – T. 3. – C. 45-49.
182. Orfanidis, S. Ecological Evaluation Index continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values / S. Orfanidis, P. Panayotidis, K. Ugland // *Mediterranean marine science*. – 2011. – T. 12. – №. 1. – C. 199-232.
183. Orfanidis, S. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes-based model / S. Orfanidis, P. Panayotidis, N. Stamatis // *Mediterranean marine science*. – 2001. – T. 2. – №. 2. – C. 45-66.
184. Orlando-Bonaca, M. Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: the case of Slovenian coastal waters / M. Orlando-

- Bonaca, L. Lipej, S. Orfanidis // *Marine pollution bulletin*. – 2008. – T. 56. – №. 4. – C. 666-676.
185. Orth, R.J. Effect of nutrient enrichment on growth of the eelgrass *Zostera marina* in the Chesapeake Bay, Virginia, USA / R.J. Orth // *Marine Biology*. – 1977. – T. 44. – № 2. – C. 187-194.
186. Orth, R.J. An unprecedented decline in submerged aquatic vegetation / R.J. Orth, K.A. Moore // *Science*. – 1983. – T. 222. – C. 51-53.
187. Panayotidis, P. Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive / P. Panayotidis, B. Montesanto, S. Orfanidis // *Journal of Applied Phycology*. – 2004. – T. 16. – №. 1. – C. 49-59.
188. Pasyнков, A.A. Factors and criteria of the morphostructural zoning and the main types of morphostructures of the North-West of the Black Sea / A.A. Pasyнков, B.A. Vakhrushev // *Geomorphology RAS*. – 2019. – №. 3. – C. 68-82.
189. Perez, M. Phosphorus limitation of *Cymodocea nodosa* growth / M. Perez, J. Romero, C.M. Duarte, K. Sand-Jensen // *Marine biology*. – 1991. – T. 109. – №. 1. – C. 129-133.
190. Phillips, R. C. Phenology of eelgrass, *Zostera marina* L., along latitudinal gradients in North America / R.C. Phillips, C. McMillan, K.W. Bridges // *Aquatic Botany*. – 1983. – T. 15. – №. 2. – C. 145-156.
191. Phinn, S. Mapping seagrass species, cover and biomass in shallow waters: An assessment of satellite multi-spectral and airborne hyper-spectral imaging systems in Moreton Bay (Australia) / S. Phinn, C. Roelfsema, A. Dekker, V. Brando, J. Anstee // *Remote sensing of Environment*. – 2008. – T. 112. – №. 8. – C. 3413-3425.
192. Pianka, E.R. On r-and K-selection / E. R. Pianka // *The american naturalist*. – 1970. – T. 104. – №. 940. – C. 592-597.
193. Roesler, C.S. Modeling in situ phytoplankton absorption from total absorption spectra in productive inland marine waters / C.S. Roesler, M.J. Perry, K.L. Carder // *Limnology and Oceanography*. – 1989. – T. 34. – №. 8. – C. 1510-1523.

194. Romero, J. Nutrients dynamics in seagrass ecosystems / J. Romero, K.-S. Lee, M. Pérez, M.A. Mateo, T. Alcoverro. – In «Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation» [eds. W.D. Anthony, R.O. Larkum, C.M. Duarte]. – New York: Springer, 2006. – C. 227–254.
195. Ruiz, J.M. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica* / J.M. Ruiz, J.Romero // *Marine Pollution Bulletin*. – 2003. – T. 46. – №. 12. – C. 1523-1533.
196. Sand-Jensen, K. Minimum light requirement for growth in *Ulva lactuca* / K. Sand-Jensen // *Marine Ecology Progress Series*. – 1988. – T. 50. – C. 187-193.
197. Short, F.T. Effects of sediment nutrients on seagrasses: literature review and mesocosm experiment / F.T. Short // *Aquatic botany*. – 1987. – T. 27. – №. 1. – C. 41-57.
198. Short, F.T. Global seagrass research methods / Eds. F.T. Short, R. G. Coles. – Amsterdam: Elsevier, 2001. – 482 c.
199. Short, F.T. Mesocosm experiments quantify the effects of eutrophication on eelgrass, *Zostera marina* / F.T. Short, D.M. Burdick, J.E. Kaldy III // *Limnology and oceanography*. – 1995. – T. 40. – №. 4. – C. 740-749.
200. Short, F.T. Phosphorus-limited growth of the tropical seagrass *Syringodium filiforme* in carbonate sediments / F.T. Short, W.C. Dennison, D.G. Capone // *Marine Ecology Progress Series*. – 1990. – T. 62. – C. 169-174.
201. Short, F.T. The seagrass, *Zostera marina* L.: plant morphology and bed structure in relation to sediment ammonium in Izembek Lagoon, Alaska / F.T. Short // *Aquatic Botany*. – 1983. – T. 16. – №. 2. – C. 149-161.
202. Short, F.T. Methods for the measurement of seagrass growth and production / F.T. Short, C. M. Duarte // *Global seagrass research methods*. – 2001. – T. 2001. – C. 155-198.
203. Short, F.T. Natural and human-induced disturbance of seagrasses / F.T. Short, S. Wyllie-Echeverria // *Environmental conservation*. – 1996. – T. 23. – №. 1. – C. 17-27.

204. Short, F.T. Nitrogen uptake by leaves and roots of the seagrass *Zostera marina* L. / F.T. Short, C.P. McRoy // *Botanica Marina*. – 1984. – T.27. – C.547–555.
205. Stapel, J. Nutrient uptake by leaves and roots of the seagrass *Thalassia hemprichii* in the Spermonde Archipelago, Indonesia / J. Stapel, T.L. Aarts, B.H. van Duynhoven, J.D. de Groot, P.H. van den Hoogen, M.A. Hemminga // *Marine Ecology Progress Series*. – 1996. – T. 134. – C. 195-206.
206. Strickland, J.D.H. Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements, data and methods of measurement, with particular reference to photosynthetic productivity / J.D.H. Strickland // *Journal of the Fisheries Board of Canada*. – 1958. – T. 15. – №. 3. – C. 453-493.
207. Terrados, J. Leaf versus root nitrogen uptake by the surfgrass *Phyllospora dixtorreyi* / J. Terrados, S.L. Williams // *Marine Ecology Progress Series*. – 1997. – T. 149. – C. 267-277.
208. Thursby, G.B. Interaction of leaves and roots of *Ruppia maritima* in the uptake of phosphate, ammonia and nitrate / G.B. Thursby, M.M. Harlin // *Marine Biology*. – 1984. – T. 83. – №. 1. – C. 61-67.
209. Tomasko, D.A. Productivity and biomass of *Thalassia testudinum* as related to water column nutrient availability and epiphyte levels: field observations and experimental studies / D.A. Tomasko, B.E. Lapointe // *Marine Ecology Progress Series*. – 1991. – T. 75. – C. 9-17.
210. Tomlinson, P.B. Anatomy of the monocotyledons VII. Helobiae (Alismatidae) / P.B. Tomlinson. – London: OUP Oxford, 1982. – 576 c.
211. Touchette, B.W. Review of nitrogen and phosphorus metabolism in seagrasses / B.W. Touchette, J.A.M. Burkholder // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 2000. – T. 250. – №. 1-2. – C. 133-167.
212. Udy, J.W. Growth and physiological responses of three seagrass species to elevated sediment nutrients in Moreton Bay, Australia / J.W. Udy, W.C. Dennison // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 1997. – T. 217. – №. 2. – C. 253-277.

213. Van Lent, F. Comparative study on populations of *Zostera marina* L. (eelgrass): in situ nitrogen enrichment and light manipulation / F. van Lent, J.M. Verschuure, M.L.J. van Veghel // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 1995. – T. 185. – № 1. – C. 55-76.
214. Van Montfrans, J. Epiphyte-grazer relationships in seagrass meadows: consequences for seagrass growth and production / J. Van Montfrans, R.L. Wetzel, R.J. Orth // *Estuaries*. – 1984. – T. 7. – №. 4. – C. 289-309.
215. Vermaat, J.E. Seasonal dynamics and leaf growth of *Zostera noltii* Hornem., a perennial intertidal seagrass / J.E. Vermaat, M.J.M. Hootsmans, P.H. Nienhuis // *Aquatic Botany*. – 1987. – T. 28. – №. 3-4. – C. 287-299.
216. Wear, D.J. Effects of water-column enrichment on the production dynamics of three seagrass species and their epiphytic algae / D.J. Wear, M.J. Sullivan, A.D. Moore, D.F. Millie // *Marine Ecology Progress Series*. – 1999. – T. 179. – C. 201-213.
217. Weidemann, A.D. Absorption and scattering coefficients in Irondequoit Bay / A.D. Weidemann, T.T. Bannister // *Limnology and Oceanography*. – 1986. – T. 31. – №. 3. – C. 567-583.
218. Wetzel, R.L. Production ecology of seagrass communities in the lower Chesapeake Bay [*Ruppia maritima*, *Zostera marina*, Virginia] / R.L. Wetzel, P.A. Penhale // *Marine Technology Society Journal*. – 1983. – T. 17. – C. 22–31.
219. Williams, S.L. Effects of nitrogen availability and herbivory on eelgrass (*Zostera marina*) and epiphytes / S.L. Williams, M.H. Ruckelshaus // *Ecology*. – 1993. – T. 74. – №. 3. – C. 904-918.
220. Yong, L.E.E.S. Distribution of *Zostera ana* (Zosteraceae) habitat characteristics in the Eastern coastal waters of Korea / L.E.E.S. Yong, K.C. Joong // *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2000. – T. 33. – №. 6. – C. 501-507.
221. Zieman, J.C. Productivity in seagrasses: methods and rates / J.C. Zieman, R.G. Wetzel. – In «Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective» [ed. R.C. Phillips, C.P. McRoy]. – New York, London: Garland STPM Press, 1980. – C. 86-116.

222. Zimmerman, R.C. Is growth of eelgrass nitrogen limited? A numerical simulation of the effects of light and nitrogen on the growth dynamics of *Zostera marina* / R.C. Zimmerman, R. D. Smith, R. S. Alberte // Marine Ecology Progress Series. – 1987. – T. 41. – C. 167-176.