

УДК 504.7:911

DOI 10.17513/use.38428

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА ПО СТЕПЕНИ ТРАНСФОРМАЦИИ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОБЕНТОСА

^{1,2}Сушкова Е.Г., ^{3,4}Афанасьев Д.Ф., ²Беспалова Л.А.¹Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Ростов-на-Дону, e-mail: ms.tuberosum@mail.ru;²ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону;³ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва;⁴ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону

Цель работы – геоэкологическое зонирование акватории Таманского залива по степени трансформации сообществ макрофитобентоса с 1970-х гг. по настоящее время. Актуальность исследований обусловлена необходимостью сохранения донных природных комплексов Таманского залива, акватория которого входит в состав государственного природного зоологического заказника регионального значения «Запорожско-Таманский». Одной из охранных мер служит геоэкологический мониторинг динамики донных природных комплексов. Ряд негативных тенденций современного периода привел к вытеснению многолетних представителей высших водных растений, таких как взморники (*Zostera marina* L., *Nanozostera noltei* (Hornemann) Tomlinson & Posluszny), рдесты (*Stuckenia filiformis* (Pers.) Börner.) и рупия (*Ruppia maritima* L.), красными водорослями *Antitamnion plumula* (J. Ellis) Thuret. Источниками научных данных послужили литературные материалы, а также результаты собственных экспедиционных работ, выполненных в акватории Таманского залива в период с 2020 по 2024 г. На основе анализа пространственно-временных физико-географических показателей территории Таманского залива построена карта геоэкологического районирования по степени трансформации растительного компонента. Установлено, что за период с 1980-х гг. по 2024 г. структура и распределение макрофитобентосных сообществ донных природных комплексов Таманского залива претерпели значительные изменения. Наибольшей трансформации подверглась центральная часть Таманского залива, где зафиксирована постепенная деградация и утрата площадей, ранее занятых фитоценозами высшей водной растительности (взморников) и замещение их моновидовым сообществом красной водоросли *Antitamnion plumula*.

Ключевые слова: фитоценоз, *Zostera marina*, *Nanozostera noltei*, геоэкологическая оценка, макрофитобентос, Таманский залив

GEOECOLOGICAL ZONING OF TAMAN BAY ACCORDING TO THE DEGREE OF TRANSFORMATION OF MACROPHYTOBENTHOS COMMUNITIES

^{1,2}Sushkova E.G., ^{3,4}Afanasev D.F., ²Bespalova L.A.¹Azov-Black Sea branch of “VNIRO” (“AZNIIRKH”), Rostov-on-Don,
e-mail: ms.tuberosum@mail.ru;²Southern Federal University, Rostov-on-Don;³Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow;⁴Don State Technical University, Rostov-on-Don

The purpose of the work is the geoecological zoning of the Taman Bay area according to the degree of transformation of macrophytobenthos communities from the 1970s to the present. The relevance of the research is due to the need to preserve the bottom natural complexes of the Taman Bay, the water area of which is part of the state natural zoological reserve of regional significance “Zaporizhsko-Tamansky”. Geoecological monitoring of the dynamics of bottom-lying natural complexes is one of the protective measures. A number of negative trends in the modern period have led to the displacement of perennial representatives of higher aquatic plants such as seashores (*Zostera marina* L., *Nanozostera noltei* (Hornemann) Tomlinson & Posluszny), rhubarbs (*Stuckenia filiformis* (Pers.) Börner.) and rupiah (*Ruppia maritima* L.) by red algae *Antitamnion plumula* (J. Ellis) Thuret. The sources of scientific data were literary materials, as well as the results of our own expedition work carried out in the waters of the Taman Bay in the period from 2020 to 2024. Based on the analysis of spatial and temporal physical and geographical indicators of the Taman Bay territory, a map of geoecological zoning was constructed according to the degree of transformation of the plant component. It has been established that during the period from the 1980s to 2024, the structure and distribution of phytobenthos communities in the bottom natural complexes of the Taman Bay underwent significant changes. The central part of the Taman Bay underwent the greatest transformation, where gradual degradation and loss of areas previously occupied by phytocenoses of higher aquatic vegetation (seashores) and their replacement by a monospecific community of the red alga *Antitamnion plumula* were recorded. Insufficient scientific forecasting of the long-term consequences of anthropogenic activities has been revealed.

Keywords: phytocenosis, *Zostera marina*, *Nanozostera noltei*, geoecological assessment, macrophytobenthos, Taman Bay

Введение

Биотический компонент ландшафтных систем является важным индикатором, отражающим динамику экологического состояния региона. Устойчивость биогеоценологических структур и их способность к саморегуляции обусловлены особым статусом растительного компонента как самостоятельного функционального блока в системе биогеоценоза [1, 2].

В структуре донных фитоценозов Таманского залива традиционно доминируют сообщества высших водных растений. Наибольшее значение в формировании этих биоценозов имеют представители семейства *Zosteraceae*, в частности *Zostera marina* (Linnaeus, 1753) и *Nanozostera noltei* (Hornemann, 1832), которые образуют обширные подводные луга, играющие ключевую роль в функционировании всей экосистемы [3, 4]. Первый вид, будучи многолетним морским растением, в Таманском заливе преимущественно распространен на глубинах от 2 до 6 м, тогда как второй, характеризующийся большей устойчивостью к колебаниям солености, чаще встречается в мелководной зоне. Наряду с зостерой в состав донных ассоциаций входят представители родов *Potamogeton* (рдесты) и *Ruppia* (рупия), на глубинах 1,5–2,5 м [5, 6]. Ввиду высокой природоохранной ценности в 1967 г. создан государственный природный зоологический заказник регионального значения «Запорожско-Таманский», включающий акваторию Таманского залива [7].

Ранние исследования водной растительности Азовского моря, включая первые научные труды XIX в., например работы А. Остроумова (1896) [8], а также более поздние экспедиционные исследования макрофитобентоса Таманского залива К.М. Петрова в 1960-х гг. [9]; В.В. Громов и сотрудников АЗНИИРХа в 1980–1990-х гг. [10]; работы ЮНЦ РАН, выполненные в 2005 г., но опубликованные в 2016 г. [11], носили преимущественно описательный характер. Эти работы давали представление о структуре и продуктивности макрофитобентосных сообществ в конкретные периоды, однако не рассматривали их временную динамику.

Кроме того, в ранние периоды исследования проводились без применения геоэкологического подхода, который предполагает комплексный анализ взаимодействия биологических сообществ с абиотическими факторами среды, включая гидрологические, геоморфологические и антропогенные

процессы. Лишь в последнее время в работах сотрудников Института океанологии РАН И.В. Любимова, Г.А. Колючкиной, У.В. Симаковой, А.Б. Басина [12] наметился переход к более системному изучению фитобентоса, учитывающему его пространственно-временную изменчивость и связь с условиями среды.

Цель исследования – геоэкологическое зонирование акватории Таманского залива по степени трансформации сообществ макрофитобентоса с 1970-х гг. по настоящее время.

Материалы и методы исследования

Анализ пространственно-временной динамики макрофитобентоса выполнен на основе литературных данных (В.В. Громов с соавт., 1978–2000 гг. [13]; С.В. Бирюкова с соавт., 2005 г. [11]), а также результатов собственных исследований 2020–2024 гг. [5].

Исследования в Таманском и Динском заливах (1978–2024 гг.) проводились стандартными методами подводных ландшафтных и гидробиологических исследований с использованием легководолазной техники [5]. В 2020–2024 гг. позиционирование станций осуществлялось GPS-приемником с проведением сплошного визуального наблюдения вдоль трансект.

На каждой станции закладывали четыре учетные площадки (10×10 м), где определяли общее проективное покрытие, видовой состав и структуру фитоценозов. Отбор проб макрофитобентоса выполняли рамками 0,25 м² с фиксацией высоты пола. Лабораторный анализ включал определение биомассы и видового состава. Фитоценозы выделяли по доминантной классификации [5].

Тип донных отложений определяли по гранулометрической классификации [14]. Ландшафтное картирование проводили с использованием QGIS 3.32.3 и навигационных карт, с географической привязкой через kosmosnimki.ru. Литературные картографические материалы анализировали на той же платформе.

На основе данных за 1978–2000, 2005 и 2020–2024 гг. выявлены пространственно-структурные изменения донных растительных сообществ и составлена карта геоэкологического состояния макрофитобентоса Таманского залива в современный период (рис. 1). В качестве основных критериев в анализ была принята биомасса основных сообществ, а также сохранение доминирующего вида в ассоциациях.

Результаты исследования и их обсуждение

Геоэкологическая оценка проводилась по таким показателям, как сохранение доминирующего вида в ассоциациях, а также биомасса доминирующих сообществ.

Степень трансформации фитоценозов по критериям сохранения доминирующих и субдоминирующих видов в фитоценозах ранжирована следующим образом: низкая: сохранение доминирующих и субдоминирующих видов; средняя: сохранение доминирующего вида, но сокращение количества субдоминантных; высокая: полная смена как доминирующих, так и субдоминирующих видов (табл. 1).

В течение анализируемого периода (1978–2024 гг.) отмечалось сокращение биомассы ассоциаций во всех диапазонах глубин на участках с глубинами 0,2–2,0 м на 207,6 г/м², на участках с глубинами 2,0–

3,5 – на 2152,2 г/м², на участках с глубинами 3,5–6,0 – на 921,8 г/м².

Интенсивность сокращения биомассы ассоциаций ранжирована по следующим критериям: от 0 до 33 % – низкая, от 34 до 66 % – средняя, от 67 до 100 % – высокая (табл. 2).

Геоэкологическая оценка Таманского залива выполнялась с использованием ранжирования по интенсивности проявления изменений показателей, принятых в анализ (табл. 3).

По результатам интегральной геоэкологической оценки макрофитобентосных сообществ Таманского залива, выполненной по комплексу показателей (сохранение доминирующего вида в ассоциациях, биомасса доминирующих ассоциаций), были выявлены три зоны с высокой (5 и более баллов), средней (3–4 балла) и низкой (2 балла) степенью проявления трансформационных процессов (рис. 1).

Таблица 1

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

Глубины	Доминирующие виды / субдоминанты			Степень трансформации в 2020–2024 гг.
	1978–2000	2005	2020–2024	
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>Antitamnion plumula</i>	высокая

Источник: составлено авторами по [4, 10, 11].

Таблица 2

Биомассы основных ассоциаций Таманского залива
в 1978–2024 гг.

Доминирующие фитоценозы	Глубины	1978–2000	2005	2020–2024	Изменение (1978–2024) (г/м²)	Интенсивность
<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
<i>Zostera marina</i> , <i>Chara baltica</i> ,	3,5–6,0	1600		678,2	921,8 (57,6%)	средняя
*- данные отсутствуют						

Источник: составлено авторами по [4, 10, 11].

Таблица 3

Интегральная геоэкологическая оценка макрофитобентосных сообществ
Таманского залива в 1978–2024 гг.

Доминирующие фитоценозы	Глубины, м	Критерий	Интенсивность /балл 1978–2024	Сумма баллов	Отнесение к зоне 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		
<i>Zostera marina</i> , <i>Chara baltica</i> (1978–2005) / <i>Antitamnion plumula</i> (2020–2024)	3,5–6,0	видовой состав	высокая/3	5	высокая
		биомасса	средняя/2		

Источник: составлено авторами.

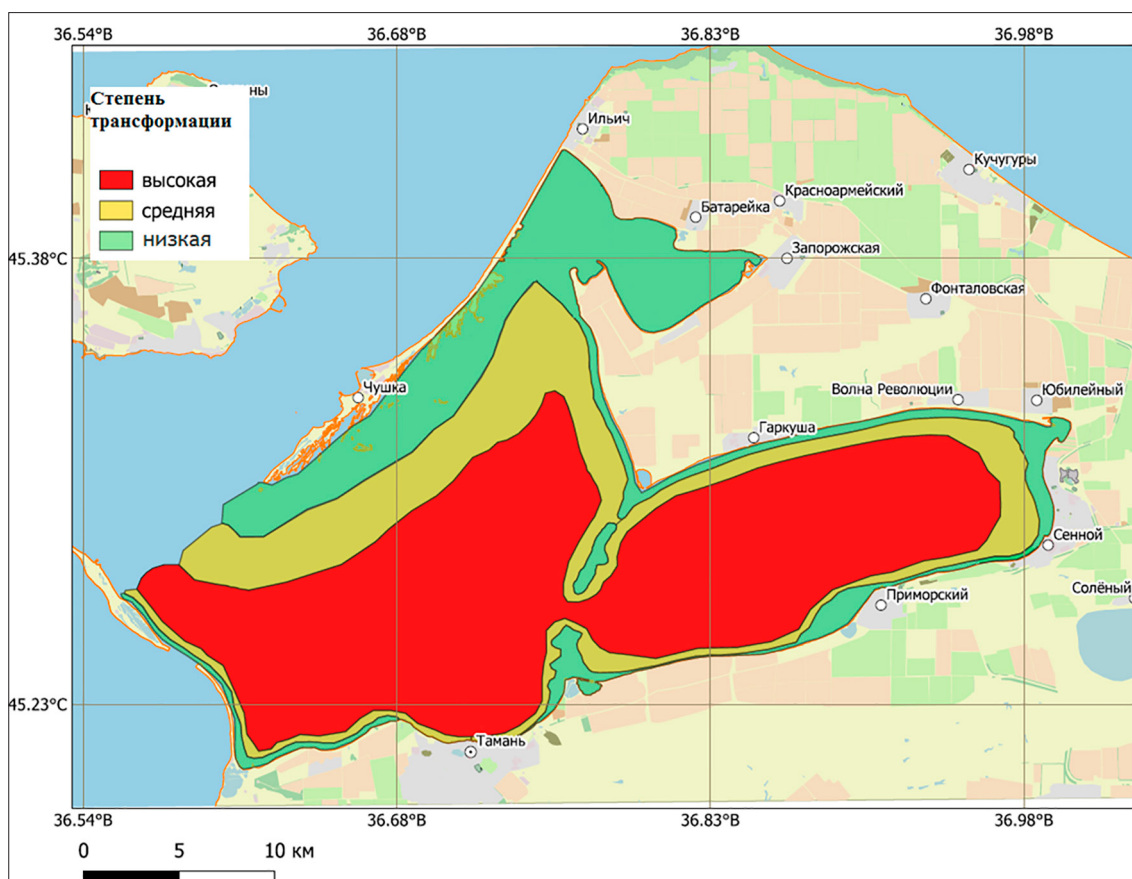


Рис. 1. Геоэкологическое зонирование Таманского залива
по степени трансформации макрофитобентосных сообществ
Источник: составлено авторами

Исходя из многолетних данных по площадям распространения основных фитоценозов (табл. 4) определена доля каждой из выделенных зон трансформации в современный период.

На долю с высоким проявлением трансформационных процессов в современный период приходится 56% площади акватории, средним – 23%, низким – 21%, что показано на рис. 2.

Таблица 4

Площади распространения доминирующих фитоценозов
в акватории Таманского залива в 1978–2024 гг.

Доминирующие фитоценозы	Глубины	1978–2000	2005	2020–2024
<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)/ <i>Antitamnion</i> <i>plumula</i> (2020–2024)	3,5–6,0	13033,4 (40,02%)	11588,2 (41,30%)	18165,9 (56,00%)

Источник: составлено авторами по [4, 10, 11].



Рис. 2. Доля площади зон трансформации растительных сообществ в современный период
Источник: составлено авторами

Зона с низкой степенью трансформации. Исследуемый участок акватории расположен в диапазоне глубин от 0,2 до 2,0 м. В геоморфологическом отношении данная зона представляет собой мелководную отмель. Донные отложения представлены песчано-илистыми грунтами с повышенным содержанием ракушечного материала.

В фитоценозах доминируют *Nanozostera noltei* повсеместно, *Chara baltica* (в центральной части Динского залива и местами в виде отдельных участков по траверсу пос. Сенной), *Phragmites australis* (в виде узкой полосы в восточной части Динского залива и вдоль косы Чушка) и *Cladofora sp.* в прибрежных частях: городского пляжа пос. Сенной и в основании косы Чушка. В качестве субдоминантов выступают *Stuckenia filiformis*, *Polysiphonia brodiae*, *Chaetomor-*

pha aerea, *Cladophora albida*, *Cl. sericea*, *Ruppia maritima*, *Ulva prolifera* (O F Müller), *U. intestinalis* (L.).

Исследуемая зона демонстрирует высокую степень устойчивости. Согласно полученным данным, отмечено небольшое изменение границ отдельных сообществ внутри зоны в современный период по сравнению с базовым периодом (1978–2000 гг.), сокращение биомассы составило 17,4% (табл. 1). Уменьшение биомассы и сдвиг границ распространения ассоциаций преимущественно обусловлены сокращением ареала тростниковых сообществ. Авторы полагают, что это связано с ростом солёности в заливе. Согласно многолетним данным службы ЕСИМО, солёность в Таманском заливе в период с 1977 по 1991 г. составляла 14,2 ‰¹.

В 2008–2009 гг. – 14–17 ‰ [12], в современный период по данным собственных наблюдений 2020–2024 гг. – 16–20 ‰. При этом проведенные исследования подтверждают стабильность видового состава всех растительных ассоциаций этой зоны на протяжении всего анализируемого периода (табл. 2).

Зона с умеренной степенью трансформации. Исследуемая область охватывает глубины от 2,0 до 3,0 м. В геоморфологическом отношении данный участок представляет собой подводную слабонаклонную равнину с незначительными перепадами абсолютных отметок дна. Донные отложения представлены илисто-песчаными грунтами, что свидетельствует об умеренной гидродинамической активности и преобладании осадочных процессов в условиях мелководной шельфовой зоны.

¹ Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО). [Электронный ресурс]. URL: http://www.esimo.ru/atlas/spravochnik_azov (дата обращения: 17.08.2024).

В фитоценозах доминирует *Zostera marina*, в качестве субдоминантов выступают *Nanozostera noltei*, *Stuckenia filiformis*, *Polysiphonia brodiae*, *Ruppia maritima*.

На протяжении исследуемого временного интервала зарегистрировано существенное снижение биомассы фитоценоза *Zostera marina* (табл. 1). Значения биомассы уменьшились с 2877,5 г/м² в 1978–2000 гг. до 725,27 г/м² в 2020–2024 гг. (на 74,8% от исходного показателя).

Однако при выраженной негативной динамике биомассы таксономический состав доминантной ассоциации остался неизменным.

Зона с высокой степенью трансформации. Исследуемая область охватывает глубины от 2,5 до 6,0 м. В геоморфологическом отношении данный участок представляет собой подводную слабонаклонную равнину. Донные отложения представлены илистыми тонкодисперсными грунтами, что свидетельствует о низкой гидродинамической активности и преобладании осадочных процессов.

В современный период для данной зоны характерно формирование монодоминантного фитоценоза, представленного видом *Antitamnion plumula*.

На протяжении исследуемого периода наблюдается постепенное сокращение ареала доминирующего фитоценоза *Zostera marina* (табл. 1). Причем в 2005 г. отмечено появление в глубоководной западной части Таманского залива области с иным доминирующим видом (*Chondria capillaris* (Hudson) MJWynne.). В 2020–2024 гг. отмечается полная утрата фитоценоза *Zostera marina* и *Chara baltica* на глубинах 3,5–6,0 м, а также частичное вытеснение zostеровых ассоциаций с глубин 2,5–3,5 м.

Согласно проведенным исследованиям площадь зоны с высокой степенью трансформации в текущий период составляет 18 165,9 га.

Проведенное исследование свидетельствует о значительных структурных и пространственных изменениях макрофитобентосных сообществ Таманского залива, наблюдавшихся в период с 1980-х гг. по 2024 г. Анализ полученных данных показывает четкую зависимость степени трансформации сообществ от глубины их локализации. На мелководных участках с глубинами до 1,5 м отмечается высокая устойчивость фитоценозов, которые сохраняют как количественные показатели (биомассы, границы сообществ), так и качественные характеристики (видовой состав). В более глубоководных зонах (2,5–3,0 м) зарегистрировано

существенное сокращение ареалов макрофитобентосных сообществ, хотя видовой состав доминантов остался практически неизменным. Наиболее выраженные трансформационные процессы зафиксированы в центральной части залива, где произошла полная смена доминирующего сообщества.

По мнению авторов, ключевым фактором произошедших изменений стало увеличение трофности и, как следствие, мутности вод в акватории Таманского залива, что вызвало трансформацию растительных сообществ, наиболее выраженную в глубоководных участках.

Развитие данных процессов обусловлено сочетанием глобальных и антропогенных факторов. К первым относятся климатические изменения, в частности рост среднегодовых температур, что подтверждается данными системы ЕСИМО. Ко вторым – антропогенное воздействие, связанное с отсыпкой Тузлинской дамбы, которая привела к изменению схемы циркуляции водных масс в Таманском заливе [15] и снижению его водообмена с Азовским и Черным морями.

Заключение

На протяжении долгого времени залив подвергался интенсивному хозяйственному освоению, включающему дноуглубительные работы, строительство гидротехнических сооружений (дамбы), рекреационную нагрузку и сельскохозяйственное использование прибрежных территорий.

Применение комплексного геоэкологического подхода к оценке растительных сообществ Таманского залива позволило установить закономерности пространственного распределения основных фитоценозов и оценить степень трансформации сообществ.

Выявленные негативные изменения могут быть обусловлены комплексом факторов, включая возможные гидрологические изменения, антропогенное воздействие и естественные сукцессионные процессы в экосистеме залива.

Полученные результаты подчеркивают необходимость дальнейшего мониторинга и изучения динамики донных растительных сообществ данного региона для разработки научно обоснованных мер по сохранению биологического разнообразия Таманского залива.

Список литературы

1. Петров К.М., Евдокимов А.С. Ландшафтный подход к районированию растительности России // Биосфера. 2023. Т. 15. № 1. С. 1–4. DOI: 10.24855/biosfera.v15i1.792. EDN: OXKLEA.

2. Петров К.М. Концепция подводного ландшафта // Известия Русского географического общества. 2020. Т. 152. № 3. С. 3–16. DOI: 10.31857/S0869607120030064. EDN: HAXITQ.
3. Ivajnskić D., Orlando-Bonaca M., Donša D., Grujić V.J., Trkov D., Mavrić B., Lipej L. Evaluating Seagrass Meadow Dynamics by Integrating Field-Based and Remote Sensing Techniques // *Plants*. 2022. № 11. P. 1196. DOI: 10.3390/plants11091196.
4. He Q., Li Z., Daleo P., Lefcheck J., Thomsen M., Adams J., Bouma T. Coastal wetland resilience through local, regional and global conservation // *Nature Reviews Biodiversity*. 2025. Vol. 1. P. 50–67. DOI: 10.1038/s44358-024-00004-x.
5. Сушкова Е.Г., Афанасьев Д.Ф., Беспалова Л.А. Анализ пространственной структуры распределения фитобентосных сообществ Таманского залива // *Успехи современного естествознания*. 2024. № 11. С. 78–84. DOI: 10.17513/use.38336.
6. Шамаков А.В., Елецкий Б.Д., Погорелов А.В. Экологический атлас юго-восточной части Азовского моря (лицензионный участок нефтяной компании «Приазовнефть») // *Географические исследования Краснодарского края: сборник научных трудов / Под общ. ред. А.В. Погорелова*. Т. 10. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2016. С. 237–244. EDN: WDPUEF.
7. Водно-болотные угодья России. Т. 6. М.: Wetlands International, 2006. 316 с. ISBN 978-90-5882-028-0. EDN: VL-VAKB.
8. Остроумов А.А. Научные результаты экскурсии на «Атманая» // *Известия Императорской академии наук*. 1896. Т. IV–V. С. 389–408. URL: https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jmid=im&paperid=4318&option_lang=rus&ysclid=melaq5vdar717710097 (дата обращения: 15.07.2025).
9. Петров К.М. Вопросы изучения и картирования подводной растительности (фитобентоса) морей // *Геоботаническое картографирование*. 1964. № 1964. С. 34–44. EDN: KIGQLG.
10. Громов В.В., Студеникина Е.И., Фроленко Л.Н., Шевченко В.Н. Особенности развития донных биоценозов в прибрежной зоне Азовского моря // *Материалы VI съезда ВГБО*. Мурманск. Т. 1. 1991. С. 25–27.
11. Бирюкова С.В., Семин В.Л., Громов В.В. Состояние донных сообществ Таманского залива после постройки дамбы Тузла в Керченском проливе // *Наука Юга России*. 2016. Т. 12. № 2. С. 53–67. EDN: WWWRVF.
12. Любимов И.В., Колочкина Г.А., Симакова У.В., Басин А.Б. Донные биоценозы Таманского залива Азовского моря // *Океанология*. 2023. Т. 63. № 6. С. 936–949. DOI: 10.31857/S0030157423060102. EDN: QNBONN.
13. Громов В.В., Шевченко В.Н., Афанасьев Д.Ф. Фитобентос Таманского залива и Керченского пролива // *Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: Сб. науч. тр. М.: Национальные рыбные ресурсы*, 2002. С. 170–176.
14. Панкеева Т.В., Миронова Н.В., Пархоменко А.В. Донные природные комплексы бухты Ласпи (Черное море, г. Севастополь) // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2019. Т. 5 (15). № 4. С. 319–332. EDN: WKIBET.
15. Панов Б.Н., Ломакин П.Д., Жугайло С.С. Океанографическая оценка последствий современного антропогенного воздействия на экосистему Керченского пролива // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География*. 2011. Т. 24 (63). № 1. С. 109–120. EDN: UZFSUL.