

УДК 504.061:504.7

DOI 10.17513/use.38336

## АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОБЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА

<sup>1,2</sup>Сушкова Е.Г., <sup>3</sup>Афанасьев Д.Ф., <sup>2</sup>Беспалова Л.А.

<sup>1</sup>Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Ростов-на-Дону,  
e-mail: sushkovaeg@azniirrh.vniro.ru;

<sup>2</sup>ФГОУ ВПО «Южный федеральный университет» Ростов-на-Дону,  
e-mail: esus@sfedu.ru, lbespalova@sfedu.ru;

<sup>3</sup>ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, e-mail: afanasevdf@vniro.ru

Цель исследования заключалась в анализе пространственной структуры распределения фитобентосных сообществ Таманского залива в современный период. Приводятся комплексные данные о структуре донных грунтов, видовом составе и структуре макрофитобентоса Таманского залива. Материалы получены на основе наблюдений в акватории залива в течение 2020–2024 гг. на заложенных станциях, а также вдоль трансект сплошного наблюдения. Включение в анализ материалов батиметрии, гранулометрического состава грунтов и данных подводных съемок позволило определить участки дна со сходными параметрами. Это послужило основой для выделения однотипных участков морского дна (донных природных комплексов), приуроченных к одной форме рельефа, имеющих сходные по составу донные осадки и доминирующие фитоценозы. В ландшафтной структуре Таманского и Динского заливов описаны 6 типов донных природных комплексов, расположенных в пределах слабонаклоненной песчано-илистой равнины. В ходе исследования были определены запасы сообществ макрофитов, выполнено сравнение количественных характеристик сообществ, обозначены фитобентосные сообщества мелководного берегового склона с песчано-илистыми отложениями, характеризующиеся максимальными величинами запасов биомассы. Минимальные показатели биомассы установлены для природных донных комплексов, приуроченных к мелководной отмели, на песчано-илистых грунтах с преобладанием харовых водорослей. В результате комплексного исследования была составлена ландшафтная карта типов донных природных комплексов изучаемого региона. Обсуждаются возможные геоэкологические причины выявленных закономерностей распределения сообществ.

**Ключевые слова:** *Zostera marina*, *Nanozostera noltei*, структура грунтов, донные природные комплексы, макрофитобентос, Таманский залив

## ANALYSIS OF THE SPATIAL STRUCTURE PHYTOBENTHOS COMMUNITIES DISTRIBUTION OF THE TAMAN BAY

<sup>1,2</sup>Sushkova E.G., <sup>3</sup>Afanasyev D.F., <sup>2</sup>Bespalova L.A.

<sup>1</sup>Azov-Black sea branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries And Oceanography, Rostov-on-Don, e-mail: sushkovaeg@azniirrh.vniro.ru,

<sup>2</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: esus@sfedu.ru.

<sup>3</sup>Russian Federal Research Institute of Fisheries And Oceanography, Moscow, e-mail: dafanas@mail.ru

The aim of the study was the spatial distribution structure of phytobenthos communities of the Taman Bay in the modern period. Data on the structure of bottom soils, species composition and structure of macrophytobenthos of the Taman Bay in total are provided. The materials were obtained on the basis of observations in the waters of the bay during 2020–2024 at the established stations, as well as along the continuous observation transects. The inclusion of bathymetry materials, soil particle size distribution and underwater survey data in the analysis made it possible to identify bottom areas with similar parameters. This made it possible to identify uniform areas of the seabed (bottom natural complexes) confined to the same relief form, having bottom sediments similar in composition and dominant phytocenoses. In the landscape structure of the Taman and Dinskoy bays, 6 types of bottom natural complexes located within a gently sloping sandy-silty plain are described. The reserves of macrophyte communities are determined. A comparison of the quantitative characteristics of the communities is made. Phytobenthos communities of shallow coastal slopes with sandy-silty deposits characterized by maximum values of reserves are designated. Minimum indicators are established for natural bottom complexes confined to shallow shoals on sandy-silty soils with prevalence of charophytes. Possible geoecological reasons for the revealed patterns of community distribution are discussed.

**Keywords:** *Zostera marina*, *Nanozostera noltei*, soil structure, benthic natural complexes, macrophytobenthos, Taman Bay

### Введение

Таманский залив расположен у восточного берега Керченского пролива Азовского моря и в силу своего географического поло-

жения характеризуется рядом особенностей. Он отличается разнообразием уникальных местообитаний донной растительности, где представлены сообщества как высших во-

дных растений, так и водорослей. При этом некоторые виды макрофитов охраняются как на федеральном, так и на региональном уровнях. Так, взморники морской и Нольта (*Zostera marina* L. и *Nanozostera noltei* Hornem.) включены в Красную книгу Республики Крым (2015). В настоящее время ввиду высокой природоохранной ценности создан государственный природный зоологический заказник регионального значения «Запорожско-Таманский», включающий акваторию Таманского залива.

Несмотря на природоохранный статус акватории, Таманский залив испытывает усиливающееся антропогенное воздействие. Наряду с активной эксплуатацией береговой зоны отмечаются долговременные эффекты от хозяйственной деятельности в предыдущие годы, что приводит к существенному сокращению площадей произрастания и обеднению видового состава донных биоценозов, что было зафиксировано рядом исследований не только в Таманском заливе, но также в Черном и Азовском морях и Мировом океане [1].

Первые данные о водной растительности Азовского моря приводятся в трудах А. Остроумова в 1896 г. Начиная с 1904 г. и далее в течение нескольких десятилетий в Азовском море вела постоянную работу научно-промысловая экспедиция под руководством Н.М. Книповича. Дополнительные сведения о водорослях-макрофитах Азовского моря в этот период освещались в работах Мейера в 1925 г. Впервые макрофиты Таманского залива и их экология изучались с применением легководолазной техники в 1960-х гг. К.М. Петровым. В 1965 г. вышла обширная сводка по водной растительности морей СССР М.С. Киреевой «Растительные богатства морей СССР», в которой большое внимание уделялось водной растительности Азовского моря. Систематическое изучение фитобентоса Таманского залива в 80-е годы проводили В.В. Громов совместно с сотрудниками Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (В.П. Закутским, Е.И. Студеникиной, В.Н. Шевченко). Результаты работы легли в основу подробного геоботанического описания Азовского моря и Таманского залива. Обобщенные материалы по итогам перечисленных исследований были опубликованы в труде Л.И. Волкова [2].

В 2005 г. в ходе работ Южного научного центра РАН в акватории залива, проведенных через 1,5 года после строительства Туз-

линской дамбы, выполнено описание донных сообществ и общих закономерностей их распределения в прибрежной зоне Таманского полуострова. По результатам экспедиций было отмечено сокращение площадей ассоциаций *Zostera marina*, *Zostera marina* – *Nanozostera noltei* [3].

Активная портовая деятельность в Керченском проливе (обслуживание крупных терминалов и портов, дноуглубительные работы, постройка Тузлинской дамбы) рассматривается как один из основных факторов, влияющих на структуру сообществ фитобентоса, в том числе и на прилегающих акваториях [3].

Целью исследования является анализ пространственной структуры фитобентосных сообществ Таманского залива в современный период.

#### *Природные условия*

Таманский залив расположен между косой Чушка и Тузлинской косой и вдается в материк на 16 км. Ширина у входа – 8 км, глубина – до 5 м. Он разделяет Таманский полуостров на северную и южную лопасти. Причем его северная часть, ограниченная косой Чушка и Динским полуостровом, носит название Динского залива. Южный район залива условно разделяется на кутювую – восточную – часть и открытую к Керченскому проливу западную часть. Режим солености залива колеблется от 13 до 19 ‰. Берега сложены рыхлыми породами глинисто-песчаного строения.

Донные ландшафты сложены твердыми грунтами как естественного (глинистые илы, известняк, ракушечник), так и искусственного (каменная, известняковая отсыпка) происхождения. Искусственные субстраты в основном встречаются в открытых частях побережья Таманского полуострова (мыс Ахиллеон, косы Тузла и Чушка) и располагаются узкими полосами вдоль отдельных берегов [3]. Рыхлые грунты (глинистые илы, пески, обогащенные детритом и раковинным материалом) занимают большую часть площадей дна [3]. Распределение типов донных осадков подчиняется правилам вертикальной и циркумконтинентальной зональности [4].

#### **Материалы и методы исследования**

Для изучения распределения макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры дна были использованы материалы исследований, проведенных в Таманском и Динском заливах в период 2020–2024 гг.

Таблица 1

Координаты трансект ландшафтных профилей Таманского полуострова

№ п/п	Координаты начального пункта	Координаты конечного пункта
1	п. Сенной (45°28'70" с.ш.; 36°98'87" в.д.)	п. Юбилейный (45°32'47" с.ш.; 36°97'92" в.д.)
2	п. Сенной (45°28'15" с.ш.; 36°97'90" в.д.)	п. Волна Революции (45°32'83" с.ш.; 36°95'02" в.д.)
3	п. Приморский (45°27'10" с.ш.; 36°91'22" в.д.)	п. Гаркуша (45°31'65" с.ш.; 36°85'14" в.д.)
4	п. Батарейка (45°38'74" с.ш.; 36°81'25" в.д.)	п. Береговой (45°35'82" с.ш.; 36°81'38" в.д.)
5	п. Приморский (45°30'63" с.ш.; 36°81'28" в.д.)	отель Антик (45°38'74" с.ш.; 36°81'25" в.д.)
6	п. Тамань (45°21'91" с.ш.; 36°73'71" в.д.)	коса Рубанова (45°23'08" с.ш.; 36°72'53" в.д.)
7	п. Тамань (45°21'88" с.ш.; 36°72'78" в.д.)	до 45°28'71" с.ш; 36°71'90" в.д.

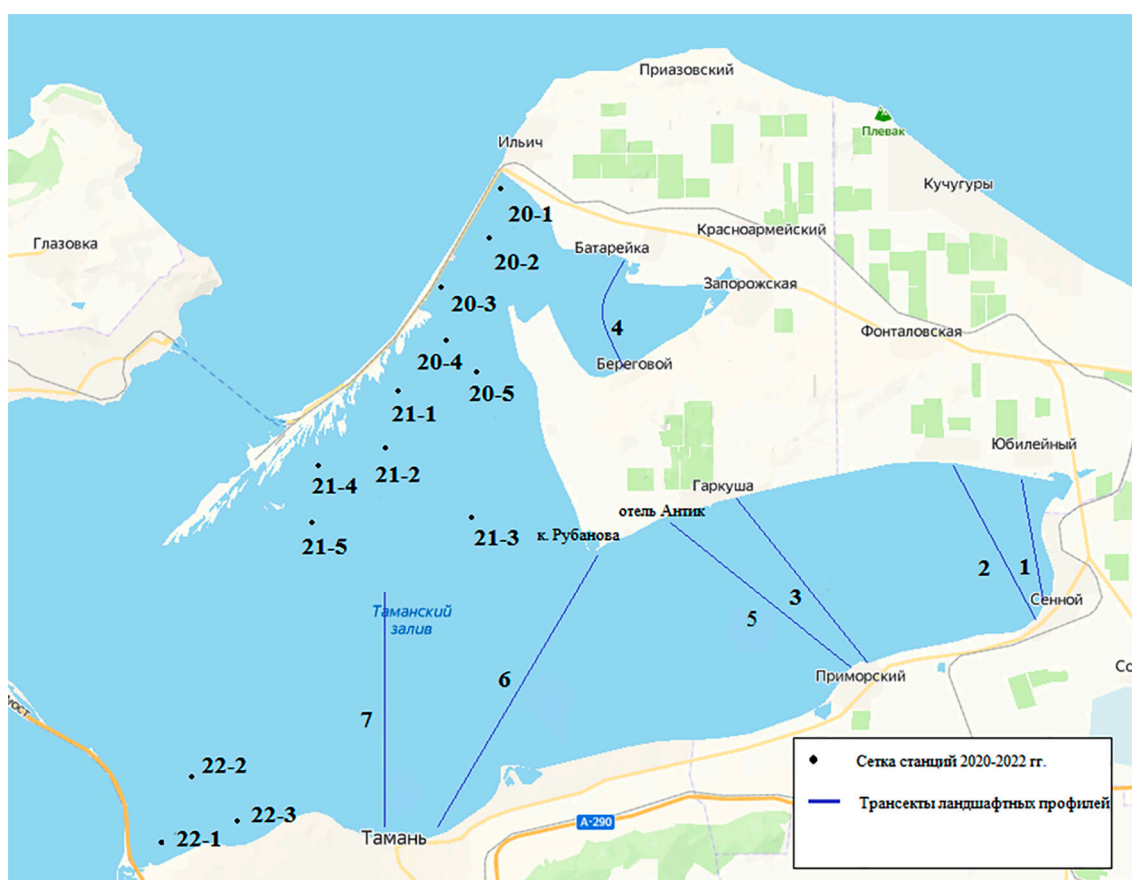


Рис. 1. Карта-схема работ в Таманском и Динском заливах

Работы в Таманском и Динском заливах проводились на основе методов подводных ландшафтных исследований с использованием легководолазной техники [5, 6].

Координаты трансект ландшафтных профилей (пересекающие залив от берега к берегу и охватывающие все типы ландшафтов) приведены в таблице 1.

В течение 2020–2022 гг. были заложены станции отбора проб № 20-1-20-5,

21-1-21-5 и 22-1-22-3. Карта-схема работ представлена на рисунке 1.

Координаты трансект и станций были определены с помощью портативного GPS-приемника. Начиная от берега, на каждой трансекте велось сплошное визуальное наблюдение. Общее проективное покрытие (ОПП) определяли при водолажном обследовании площадки дна размером 100 м<sup>2</sup>.

Отбор проб макрофитобентоса на глубинах от 0,5 до 4,5 м осуществляли с помощью квадратных рамок площадью 0,25 м<sup>2</sup> на основе фиксации высоты полога. Пробы макрофитов были определены в лабораторных условиях, при этом определяли их биомассу и видовой состав [7]. Выделение фитоценозов проводили согласно доминантной классификации [7, с. 55].

Донные отложения были описаны визуально на основе классификации морских обломочных осадков по гранулометрическому составу, разработанной П.Л. Безруковым и А.П. Лисицыным [5, 6]. Параллельно на каждой станции выполняли отбор проб грунтов мерным металлическим стаканом емкостью 1 дм<sup>3</sup>. Грунты обрабатывали согласно ГОСТ 12536-79 ситовым методом. В работе также были приняты во внимание материалы о гранулометрическом составе грунтов, опубликованные в работах И.В. Любимова с соавт. [4].

Всего за период экспедиционных исследований было заложено 68 станций, собрано и обработано 232 пробы.

Для создания ландшафтной карты были использованы программный пакет QGIS версии 3.32.3 и электронная основа карты Таманского и Динского заливов. Географическую привязку границ фитоценозов и определение их площади осуществляли с помощью ресурса kosmosnimki.ru.

### Результаты исследования и их обсуждение

На основе анализа состава донных отложений было выделено три группы станций (далее – зоны).

Первая зона включает в себя станции на глубинах от 3,5 до 5,5 м, локализованных в центральных частях Таманского залива, где преобладающими грунтами выступают тонкие илы (0,01 мм).

Вторая зона содержит группу станций на глубинах от 2,0 до 3,2 м с донными отложениями песчано-илистой фракции (1–0,5 мм) с незначительной долей ракушки.

Третья зона мелководья с глубинами порядка 0,5–1,7 м включает в себя станции с высоким содержанием крупных фракций песка со значительной долей ракушки.

В сообществах фитобентоса Таманского залива в качестве основных доминирующих видов выделены *Zostera marina*, *Nanozostera noltei*, *Chara baltica* и *Antitamnion plumula*. Отмечен поясной характер распределения сообществ. Полог фитоценозов имеет сплошной характер

в мелководной части и мозаичный, начиная с глубин более 2,5 м.

На основе полученных данных была построена ландшафтная карта типов донных природных комплексов (ДПК) с указанием их границ (рис. 2).

Ландшафтная структура Таманского и Динского заливов состоит из 6 типов ДПК, расположенных в пределах слабонаклоненной песчано-илистой равнины. 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 в виде крупнозернистых песков со значительной долей ракушки, приурочен пояс с фитоценозами *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis*– *Ulva intestinalis*–*Chaetomorpha linum* (ДПК 1. ОПП 80–100%).

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

На площадях мелководного берегового склона с глубинами 1,7–3,0 м с песчано-илистыми отложениями выделен доминирующий фитоценоз *Zostera marina* (ДПК 4. ОПП 70–100%). В Динском заливе, в центральной части, с глубинами до 2,0 м, на песчано-илистых грунтах с высокой долей ракушки преобладает фитоценоз *Chara baltica*, в качестве субдоминантов выступают *Chondria tenuissimum*, *Zannichellia major*, *Ceramium tenuissima* (ДПК 5. ОПП 40–50%).

В центральной части Таманского залива с преобладающими глубина от 3,0 до 5,0 м, на участках дна, сложенных тонкодисперсными илами с включением раковинного материала, доминирует моновидовое сообщество *Antitamnion plumula*, которое образует сплошные заросли с толщиной слоя до 20–30 см (ДПК 6. ОПП 60–100%).

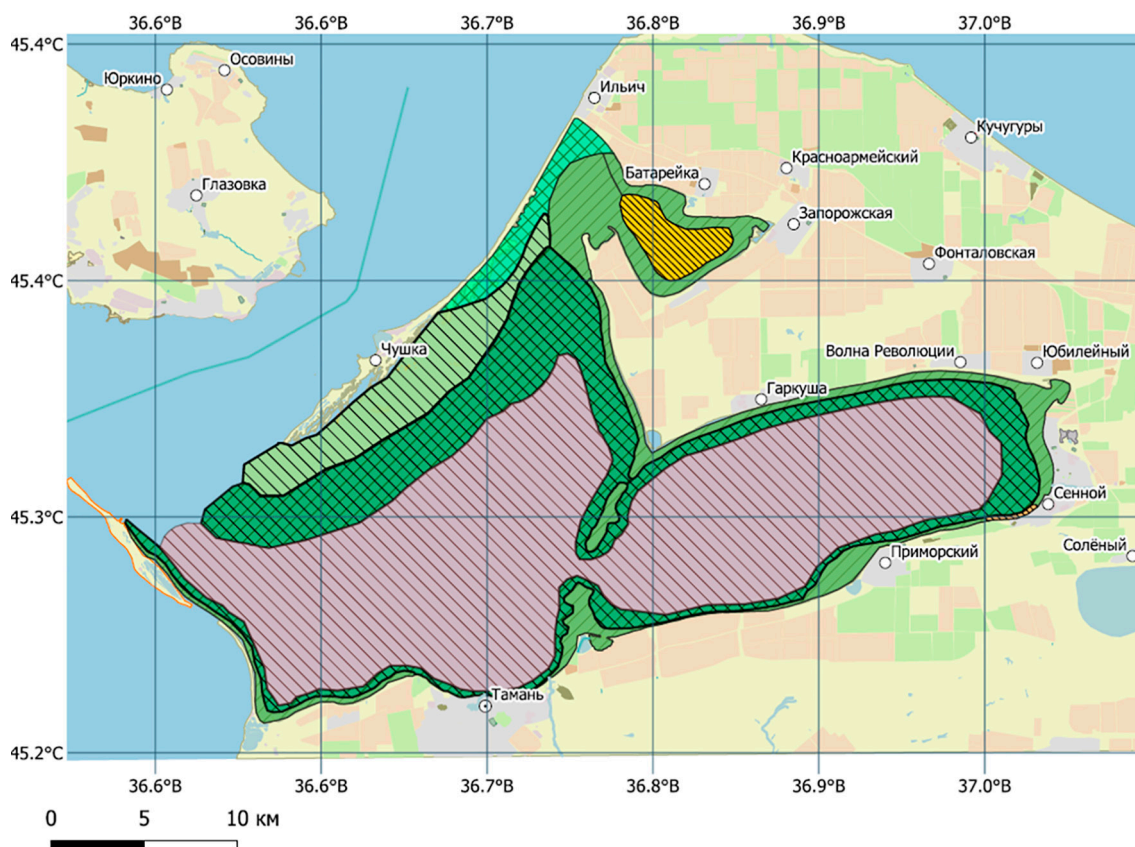


Рис. 2. Ландшафтная карта акватории Таманского и Динского заливов

Условные обозначения







-  мелководная отмель, сложенная песками с примесью ракушки с доминирующими фитоценозами *Nanozostera noltei* + *Cladophora siwaschensis* – *Ulva intestinalis*-*Chaetomorpha linum* (ОПП 80–100%)
-  мелководная отмель с песчано-илистыми грунтами и доминирующим фитоценозом *Zostera noltii* + *Cladophora siwaschensis* (ОПП 60–70%)
-  мелководная отмель с песчано-илистыми отложениями с незначительной долей ракушки с доминирующим фитоценозом *Nanozostera noltei* + *Zostera marina* (ОПП 80–90%)
-  мелководный береговой склон песчано-илистого сложения с включением раковинного материала и фитоценозом *Zostera marina* (ОПП 70–100%)
-  слабонаклонная подводная равнина, сложенная песчано-илистыми грунтами с фитоценозами *Chara baltica* + *Chondria tenuissimum* + *Zannichellia major* + *Ceramium tenuissima* (ОПП 40–50%)
-  слабонаклонная подводная равнина, сложенная тонкодисперсными илами с доминирующим фитоценозом *Antitamnion plumula*

Таблица 2

Общие запасы массовых видов макрофитов донных ассоциаций Таманского полуострова

№ ДПК	Площадь, га	Биомасса на г/м <sup>2</sup>	Биомасса, кг/га	Запасы, т
1	3800	498,75	4 987,5	18 952,5
2	800	591,59	5 915,9	4 732,72
3	2300	386,12	3 861,2	8 880,76
4	7500	725,27	7 252,7	54 395,25
5	732,3	101,82	1 018,2	745,628
6	18200	678,15	6 781,5	123 423,3

В настоящее время в акватории Таманского полуострова выделено 6 донных ассоциаций, из которых наиболее обширные площади занимают следующие биоценозы: моновидовое сообщество *Antitamnion plumula* и смешанный фитоценоз *Zostera marina* + *Nanozostera noltei*. Для каждого донного природного комплекса были рассчитаны общие запасы массовых видов макрофитов (*Zostera marina*, *Nanozostera noltei* и *Antitamnion plumula*) в пересчете на 1 га (табл. 2).

Наибольшие удельные запасы макрофитов (7,2 т/га) отмечены для ДПК 4 на глубинах 1,7–3,0 м с грунтами песчано-илистого состава, где доминирует сообщество *Zostera marina*, формирующее практически полностью сомкнутый покров с ОПП до 100%.

При достижении глубин порядка 3,0–3,2 м в структуре донных отложений отмечается снижение доли песков в сторону увеличения фракции тонкодисперсных илов. В то же время зафиксирована смена фитобентосных сообществ высших растений на моновидовое сообщество красных водорослей *Antitamnion plumula*, однако биомасса при этом остается на довольно высоком уровне и составляет порядка 6,8 т/га (ДПК 6).

Мелководные участки (0,5–1,7 м) (ДПК 1–3), характеризующиеся преобладанием песчано-ракушечных и песчано-илистых грунтов с включение ракуши, занимают промежуточное положение по биомассе сообществ – порядка 5,9–3,8 т/га. Фитоценозы мелководной части представлены в основном взморниками с доминированием *Nanozostera noltei* с высокой долей зеленых водорослей.

Незначительные по биомассе сообщества с доминированием харовых водорослей выявлены в Динском заливе в виде узкой полосы вдоль мелководной части Таманского залива между поселками Сенной и Приморский, на глубинах от 0,2 до 1,0 м (1,0 т/га) (ДПК 5).

Ландшафтная структура слабонаклоненной подводной равнины Таманского и Динского заливов включает в себя 6 донных природных комплексов. Донные комплексы в основном имеют поясную структуру, сложение типов ДПК связано с особенностями круговых течений разной направленности в кутовой и основной части Таманского залива.

Совокупный анализ карт глубин, granulометрического распределения грунтов и данных подводных съемок позволил про-

вести обобщение участков дна с близкими параметрами для выделения однотипных участков морского дна (донных природных комплексов), приуроченных к одной форме рельефа, имеющих характерные фитоценозы (рис. 2).

Результаты наших исследований демонстрируют, что не только ландшафтная структура дна, тип донных отложений, но и глубина водной толщи существенно влияют на распределение и запасы донной растительности в акватории Таманского залива. Приуроченные к песчано-илистым грунтам на глубинах более 1,7 м заросли *Zostera marina* характеризуются наивысшими величинами запасов, тогда как на мелководье от 0,5 до 1,7 м песчано-ракушечных и песчано-илистых грунтов с включением ракуши запасы взморников существенно меньше (5,9–3,8 т/га).

Моновидовое сообщество *Antitamnion plumula* характеризуется высокими показателями биомассы, лишь незначительно уступая сообществам с доминированием *Zostera marina*.

### Заключение

Акватория Таманского залива характеризуется активным взаимодействием суши и моря, динамичностью и неустойчивостью к внешним воздействиям. На протяжении длительного времени залив подвергался интенсивному хозяйственному воздействию (дноуглубительные работы, строительство дамбы, рекреация, сельскохозяйственное освоение прибрежных зон и т.д.).

Комплексный геоэкологический подход к выделению донных природных комплексов Таманского залива позволил обнаружить закономерности пространственного распределения доминирующих фитоценозов. Картирование сообществ с привязкой к координатам GPS позволило оценить их запасы. Донная растительность Таманского залива имеет поясную структуру и представлена zostеровыми областями, которые располагаются на глубинах от 0,5 до 3,0 м. В растительном покрове залива взморники занимают доминирующее положение практически во всех выделенных ДПК. Наиболее высокими запасами макрофитов характеризуются фитобентосные сообщества мелководного берегового склона (ДПК 4), с песчано-илистыми отложениями с незначительным содержанием ракушки 1,7–3,0 м (сообщества *Zostera marina*) (7,2 т/га), наименьшими – комплексы, приуроченные к мелководной отмели, на глубинах от

0,2 до 1,0 м, с песчано-илистыми грунтами на глубинах (1 т/га), с доминированием сообществ харовых водорослей (ДПК 5).

Авторы считают, что необходимо разработать научно обоснованный план сохранения природно-ландшафтной среды, зонирование в структуре кадастра акватории и территории Таманского залива с выделением как охраняемых участков, так и зон рекреации, с обязательным определением ценности фитобентосных сообществ.

#### Список литературы

1. Brodersen M.M., Pantazi M., Kokkali A., Panayotidis P., Gerakaris V., Maina I., Kavadas S., Kaberi H., Vassilopoulou V. Cumulative impacts from multiple human activities on seagrass meadows in eastern Mediterranean waters: the case of Saronikos Gulf (Aegean Sea, Greece) // *Environ Sci. Pollut. Res. Int.* 2018. Vol. 25(27). P. 26809-26822. DOI: 10.1007/s11356-017-0848-7.
2. Громов В.В. Водная и прибрежно-водная растительность северного и западного побережья Азовского моря // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2012. Т. 5, № 2. С. 121-137.
3. 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.
4. 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.
5. Миронова Н.В., Панкеева Т.В. Ландшафтный подход к оценке запасов макрофитов юго-западной части Гераклейского полуострова (Черное море, регион Севастополя) // *Вопросы современной альгологии.* 2018. № 3(18). URL: <http://algology.ru/1375> (дата обращения: 15.09.2024).
6. Панкеева Т.В. Пространственно-временные изменения макрофитобентоса акватории бухты Ласпи (Крым, Черное море) // *Океанология.* 2019. Т. 59, № 1. С. 93-107. DOI 10.31857/S0030-157459193-107.
7. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. Киев: Наук. думка, 1975. 247 с.
8. Веб-геоинформационная платформа. [Электронный ресурс]. URL: <https://kosmosnimki.ru>. (дата обращения: 15.09.2024).