

Оригинальная статья / Original article
УДК 582.26/.27:574.9(262.5)
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-62-75

Распределение донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива Крымского полуострова

Татьяна В. Панкеева¹, Наталия В. Миронова¹, Юрий Н. Горячкин², Людмила В. Харитонова²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», Севастополь, Россия

Контактное лицо

Татьяна В. Панкеева, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, отдел биотехнологий и фиторесурсов, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН; 299011 Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2. Тел. +79788143499
Email tatyanapankeeva@yandex.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

Формат цитирования

Панкеева Т.В., Миронова Н.В., Горячкин Ю.Н., Харитонова Л.В. Распределение донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива Крымского полуострова // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 62-75. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-62-75

Получена 9 июля 2020 г.
Прошла рецензирование 8 апреля 2021 г.
Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Выявить особенности распределения ключевых видов макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива.

Материал и методы. Авторами собраны и обработаны полевые материалы комплексной экспедиции, проведенной в летний период 2019 г.

Результаты. Впервые составлена карта и выявлены особенности распределения доминирующих видов макрофитобентоса в прибрежье Каркинитского залива.

Заключение. Показано, что в восточной части залива на отлогом склоне, сложенном илисто-песчаными отложениями, прилегающем к аккумулятивным берегам, доминируют морские травы, а вдоль абразионно-глинистых берегов донная растительность отсутствует, здесь характерны значительные скопления отмерших взморников. В акватории Бакальской косы на песчаных отложениях растительный покров не обнаружен. В корневой части западной ветви косы, в месте её примыкания к активному глинистому клифу, представлены свалы из представителей рода *Cladophora*. В районе мыса Каменный зарегистрировано совместное произрастание водорослей, встречающихся на выходах известняков, и морских трав, обитающих на рыхлых грунтах. К западу от мыса Каменный на мелководье, прилегающем к абразионным берегам, выработанным в известняках, зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita* – *Treptacantha barbata*. Показано, что в составе макрофитобентоса увеличилась биомасса эпифитов, снизилась роль видов-доминантов, возросла доля видов водорослей, встречающихся в морской среде с повышенным уровнем эвтрофирования, что, вероятно, обусловлено воздействием, как природных факторов, так и усилением антропогенной деятельности в береговой зоне. Проведение мониторинговых наблюдений позволит выработать научно обоснованные рекомендации по рациональному природопользованию береговой зоны Каркинитского залива.

Ключевые слова

Черное море, Каркинитский залив, Крым, Бакальская коса, макрофитобентос, строение берегов, геоэкологические условия.

© 2022 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Distribution of bottom vegetation of the shallow water zone in Karkinitzkiy Bay of the Crimean Peninsula

Tatyana V. Pankeeva¹, Nataliya V. Mironova¹, Yuri N. Goryachkin² and Ludmila V. Kharitonova²

¹Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

²Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

Principal contact

Tatyana V. Pankeeva, PhD (Geography), Senior Researcher, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences; 2 Nakhimov Ave, Sevastopol, Russia 299011. Тел. +79788044819
Email tatyanapankeeva@yandex.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

How to cite this article

Pankeeva T.V., Mironova N.V., Goryachkin Yu.N., Kharitonova L.V. Distribution of bottom vegetation of the shallow water zone in Karkinitzkiy Bay of the Crimean Peninsula. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 62-75. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-62-75

Received 9 July 2020

Revised 8 April 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. To identify the distribution features of a key species of macrophytobenthos in the shallow water zone of Karkinitzkiy Bay.

Material and Methods. The field materials from a comprehensive expedition carried out during the summer 2019 were collected and processed by the authors.

Results. For the first time, a map was compiled and the features of the distribution of dominant types of macrophytobenthos identified in the shallow water zone of Karkinitzkiy Bay.

Conclusion. It was shown that in the eastern part of the bay, on a shallow slope composed of silty-sandy deposits, adjacent to the accumulative shores, sea grasses dominate and along the abrasive-clay shores there is no bottom vegetation and significant accumulations of dead leaves of *Zostera marina* и *Z. noltei* are typical there. In the water area of the Bakal spit macrophytobenthos is not found on the sandy deposits. *Cladophora* spp. are represented in the base of the western branch of the spit, at the place of its joining an active clayey cliff. Mosaic distribution of bottom vegetation is noted in the area of Cape Kamenniy, where co-growth of algae on the limestone outcrops and marine herbs living on loose soils is registered. West of Cape Kamenniy in shallow water adjacent to the abrasive limestone coasts *Carpodesmia crinite* – *Treptacantha barbata* phytocenoses are characteristic. It was shown that in the composition of macrophytobenthos decreased in the role of dominant species, an increase in the proportion of algae found in the areas with increased eutrophication of marine environment, which is probably due to the influence of anthropogenic and natural factors. Monitoring observations in this area will make it possible to develop scientifically based recommendations aimed at optimizing the environmental regime and rational environmental management of the coastal zone of Karkinitzkiy Bay.

Key Words

Black Sea, Karkinitzkiy Bay, Crimea, Bakal spit, macrophytobenthos, coastal structure, geo-ecological conditions.

© 2022 The authors. *South of Russia: ecology, development*. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ВВЕДЕНИЕ

Прибрежная зона Каркинитского залива отличается обилием уникальных местообитаний донной растительности, где представлены сообщества, как морских трав, так и водорослей, при этом многие виды макрофитов, входящие в их состав, имеют природоохранный статус на региональном, федеральном и международном уровнях. Так, взморники морской и Нольта (*Zostera marina* L. и *Z. noltei* Hornem.), трептанта бородатая (*Treptacantha barbata* (Stackhouse) Orellana & Sansón (= *Cystoseira barbata*)), карподесмия косматая (*Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana & Sansón (= *Cystoseira crinita*)) и филофора курчавая (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon (= *Ph. nervosa*)) включены в Красные книги Республики Крым [1] и Черного моря [2]. Кроме этого, *Phyllophora crispa* внесена в Красную книгу Российской Федерации [3].

Первое упоминание, где частично описан видовой состав макрофитов Каркинитского залива, встречается в отчете А.Г. Генкеля [4]. В работе С.А. Зернова [5], который изучал биоценозы северо-западной части Черного моря, также содержались отрывочные сведения по фитобентосу этого района. Позднее С.А. Зернов [6] в монографии впервые отметил характерные особенности макрофитобентоса этого участка моря: «большие скопления филофоры, господство zostеры (взморников) на прибрежных песчаных отмелях и малую встречаемость цистозирь». В 30-х гг. прошлого столетия в работах Н.В. Морозовой-Водяницкой [7-9] приведены карты распределения зарослей *Phyllophora crispa*, *Zostera marina*, *Z. noltei* в Каркинитском заливе, где была обнаружена приуроченность этих видов к определенным глубинам и субстрату. В середине 40-х гг. в ходе экспедиций с применением водолазной техники, детально исследованы рельеф дна прибрежной зоны, донные грунты и обширные поля взморников к востоку от Бакальской косы, при этом были зарегистрированы огромные выбросы отмерших листьев морских трав, как на берегу, так и на подводных отмелях в море [10]. В 60-х гг. в акватории Каркинитского залива выделено четыре растительные ассоциации (фитоценоза) (*Zostera marina* – *Z. noltei*, *Phyllophora crispa*, *Treptacantha barbata*, *Polysiphonia elongate* + *Chondria capillaris*), распространение которых зависело от состава донных отложений, глубины и степени защищенности побережья [11]. А.А. Калугина с соавторами [11] обнаружила в заливе промысловые скопления неприкрепленной формы *Phyllophora crispa* с высотой пластов 5-30(35) см, которые занимали значительные площади дна на глубине 8-10 м. В связи с этим, дальнейшее изучение этого района осуществляли, в основном, в глубоководной зоне, расположенной на расстоянии более 7 миль от берега [12-15].

В настоящее время в виду высокой природоохранной ценности морской акватории, в Каркинитском заливе созданы четыре особо охраняемые природные территории (ООПТ): государственный природный заповедник «Лебяжий острова», государственный природный заказник федерального значения «Каркинитский», государственный природный заказник федерального значения «Малое филофорное поле», ландшафтно-рекреационный парк регионального значения

«Бакальская коса» (рис. 1) [16]. Поэтому, в последние десятилетия большинство альгологических работ посвящено детальному изучению макрофитобентоса отдельных охраняемых районов залива [17-24].

Мелководная зона Каркинитского залива характеризуется активным взаимодействием суши и моря, динамичностью и неустойчивостью к внешним воздействиям. Учитывая, что на протяжении ряда десятилетий этот район, особенно его восточная часть, подвергался интенсивному хозяйственному воздействию, вызвавшем изменения геоэкологических условий, приобретает актуальность и представляет особый интерес изучение состояния донной растительности, являющейся основой трофических цепей, в этой зоне.

Цель работы: выявить особенности пространственного распределения ключевых видов макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторами собраны, обработаны и проанализированы полевые материалы комплексной экспедиции, проведенной в береговой зоне северо-западного Крыма (от пос. Портового до с. Владимировка) в летний период 2019 г. (рис. 1). В границы береговой зоны были включены водоохранная зона [25] и прибрежная мелководная зона, охватывающая интервал глубин от уреза воды до 2 м. Протяженность исследованной береговой линии составила около 60 км.

В ходе экспедиции продолжены сухопутные маршрутные исследования (выполняемые с 2008 г.) по изучению физико-географических условий береговой зоны Каркинитского залива. Для изучения состава макрофитобентоса в мелководной зоне проведен отбор проб по фитоценотической методике, разработанной А.А. Калугина-Гутник [26]. Координаты станций определяли при помощи портативного GPS-приемника (*Oregon 650*). Работа в море сопровождалась фото- и видеосъемкой, при этом визуально донные отложения описывали по классификации морских обломочных осадков по гранулометрическому составу [27].

Фитобентос отбирали на глубинах 0,5; 1; 1,5; 2 м, где закладывали по четыре учетные площадки размером 25x25 см. Затем макрофиты помещали в мешки из мельничного газа и в сыром виде доставляли в лабораторию, где определяли их видовой состав. Идентификацию водорослей [28] и морских трав [29] проводили с учетом последних номенклатурных изменений. В лабораторных условиях при обработке материала учитывали общую биомассу (сырую) макрофитов, массу литофитов и эпифитов, массу карподесмии косматой (*Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana & Sansón (= *Cystoseira crinita*)), трептанта бородатой (*Treptacantha barbata* (Stackhouse) Orellana & Sansón (= *Cystoseira barbata*)), взморников морской и Нольта (*Zostera marina* L. и *Z. noltei* Hornem.), которые являются видами-доминантами исследуемого района. При определении сырой массы, водоросли тщательно промокали фильтровальной бумагой, крупные формы взвешивали на весах с погрешностью 0,01 г, мелкие формы – на весах с погрешностью 0,001 г. Всего было заложено 19 станций, собрано и обработано 40 количественных и 6 качественных проб фитобентоса (рис. 1, табл. 1).

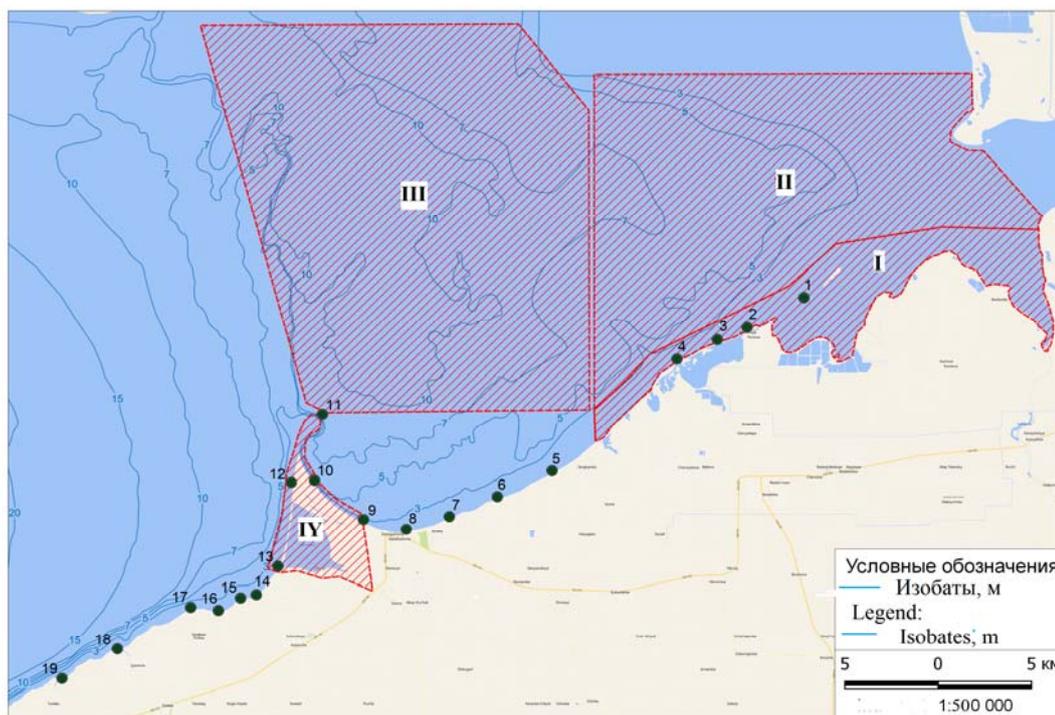


Рисунок 1. Картограмма района исследования и мест отбора фактического материала

Figure 1. Scheme (map) of the region investigated

● - станции отбора качественных и количественных проб макрофитов (2019 г.)

ООПТ: I - государственный природный заповедник «Лебяжьих островов»; II - государственный природный заказник федерального значения «Каркинитский»; III - государственный природный заказник федерального значения «Малое филофорное поле»; IV - ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Бакальская коса».

● - stations of qualitative and quantitative macrophyte sampling (2019)

Specialty protected natural areas: I - Lebyazhie Islands State Nature Reserve; II - Karkinitzkiy State Nature Reserve of Federal Significance; III - Small Phyllophora Field State Nature Reserve of Federal Significance; IV - Bakal Spit Regional Landscape Park

Таблица 1. Координаты станций, диапазон глубин, количество отобранных проб макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива

Table 1. Station coordinates, depth range and number of macrophytobenthos samples collected in the shallow-water zone of Karkinitzkiy Bay

№/№ станций Stations	Координаты / Coordinates		Количество проб / Number of samples				
	Северная широта North latitude	Восточная долгота East longitude	Урез воды Water's edge	0,5 м 0,5 m	1,0 м 1,0 m	1,5 м 1,5 m	2,0 м 2,0 m
1	45°51.358'	033°29.595'	∞	*	*	*	*
2	45°51.195'	033°28.965'	Ω	Ω	*	*	*
3	45°50.949'	033°28.347'	∞	∞	∞	∞	4
4	45°48.909'	033°24.056'	∞	∞	4	4	●
5	45°47.109'	033°21.251'	*~	*~	*~	*~	*~
6	45°46.130'	033°18.790'	*~	*~	*~	*~	*~
7	45°45.778'	033°17.573'	*~	*~	*~	*~	*~
8	45°45.778'	033°17.573'	*~	*~	*~	*~	*~
9	45°45.010'	033°14.915'	∞	∞	∞	∞	∞
10	45°45.704'	033°11.445'	∞	∞	∞	∞	∞
11	45°48.184'	033°10.669'	∞	∞	∞	∞	∞
12	45°45.975'	033°09.757'	∞	∞	∞	∞	∞
13	45°43.182'	033°08.390'	∞	∞	∞	∞	∞
14	45°43.113'	033°07.923'	∞	Ω	~	~	●
15	45°43.111'	033°07.733'	∞	Ω	~	~	●
16	45°42.301'	033°04.320'	∞	~	~	~	●
17	45°41.323'	033°01.567'	∞	4	4	4	●
18	45°40.759'	033°00.645'	Ω	4	—	—	4
19	45°40.444'	032°59.405'	∞	4	4	●	●

Примечание: ∞ - донная растительность отсутствует, * - отмершие листья взморников, ~ - пласты неприкрепленной *Cladophora* spp., Ω - качественные пробы макрофитов, ● - пробы не отбирали, в связи с большой удаленностью от берега
Note: ∞ - lack of bottom vegetation, * - dead leaves of *Zostera* spp., ~ - layers of loose *Cladophora* spp., Ω - qualitative samples of macrophytes, ● - no samples were taken, due to the great distance from the shore

Выделение фитоценозов по доминантной классификации и эколого-флористические характеристики водорослей даны по А.А. Калугиной-Гутник [30]. Сапробиологическая и галобная характеристики – по неопубликованным данным А.А. Калугина-Гутник и Т.И. Еременко. Для сравнительного анализа изменений в составе и структуре фитобентоса использовали архивные материалы экспедиций Института биологии южных морей (ИнБЮМ), проведенных в Каркинитском заливе в 1964-1965 гг. (сборы А.А. Калугиной-Гутник).

Для создания карты распределения донной растительности использовали программный пакет *QGIS 2.14.18*. На электронную основу топографической карты нанесены доминирующие виды макрофитобентоса, тип берега и природопользование. Для картографирования типов природопользования использовали классификацию, разработанную Т.Г. Нефедовой с соавторами [31]. Основные типы природопользования выделяли по преобладающему направлению хозяйственного использования территории с учетом хозяйствующих субъектов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе проведенных исследований составлена карта пространственного распределения доминирующих видов макрофитобентоса в мелководной зоне восточной и западной части Каркинитского залива (по положению к Бакальской косе), которые отличаются природными условиями и антропогенной нагрузкой на береговую зону (рис. 2).

Восточная часть Каркинитского залива

В мелководной зоне косы Заповедная (заповедника «Лебяжий острова») на **станциях 1, 2** на глубине от 0,5 до 2 м на сильно заиленном песке отмечены значительные скопления отмерших листьев взморников, преимущественно взморника морского (табл. 1, рис. 2) На **станции 2** изредка на отдельных твердых включениях встречаются единичные слоевища макрофитов, относящиеся, в основном, к зеленым (*Ulva intestinalis* L., *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kütz.) и красным водорослям (*Ceramium diaphanum* (Lightfoot) Roth и *C. virgatum* Roth), виды которых считаются типичными представителями трофных вод.

В прибрежной зоне пляжа с. Портовое на **станции 3** макрофитобентос был обнаружен только на глубине 2 м (табл. 1). На этой глубине описан фитоценоз *Zostera marina* – *Z. noltei*. Его биомасса составляет $1157,81 \pm 185,5$ г·м⁻². Доминирующая роль принадлежит эдификаторам фитоценоза (65% общей биомассы макрофитов) (табл. 2). В зарослях взморников встречаются *Cladophora albida* (Nees) Kütz. (12%), *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngb. (8%), *Laurencia obtusa* (Huds.) J.V. Lamour. (7%), *Ceramium virgatum* (4%), *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze (2% общей биомассы макрофитов). Преобладающие виды водорослей и их количественное соотношение свидетельствует о наличии хозяйственно-бытового загрязнения акватории пляжа.

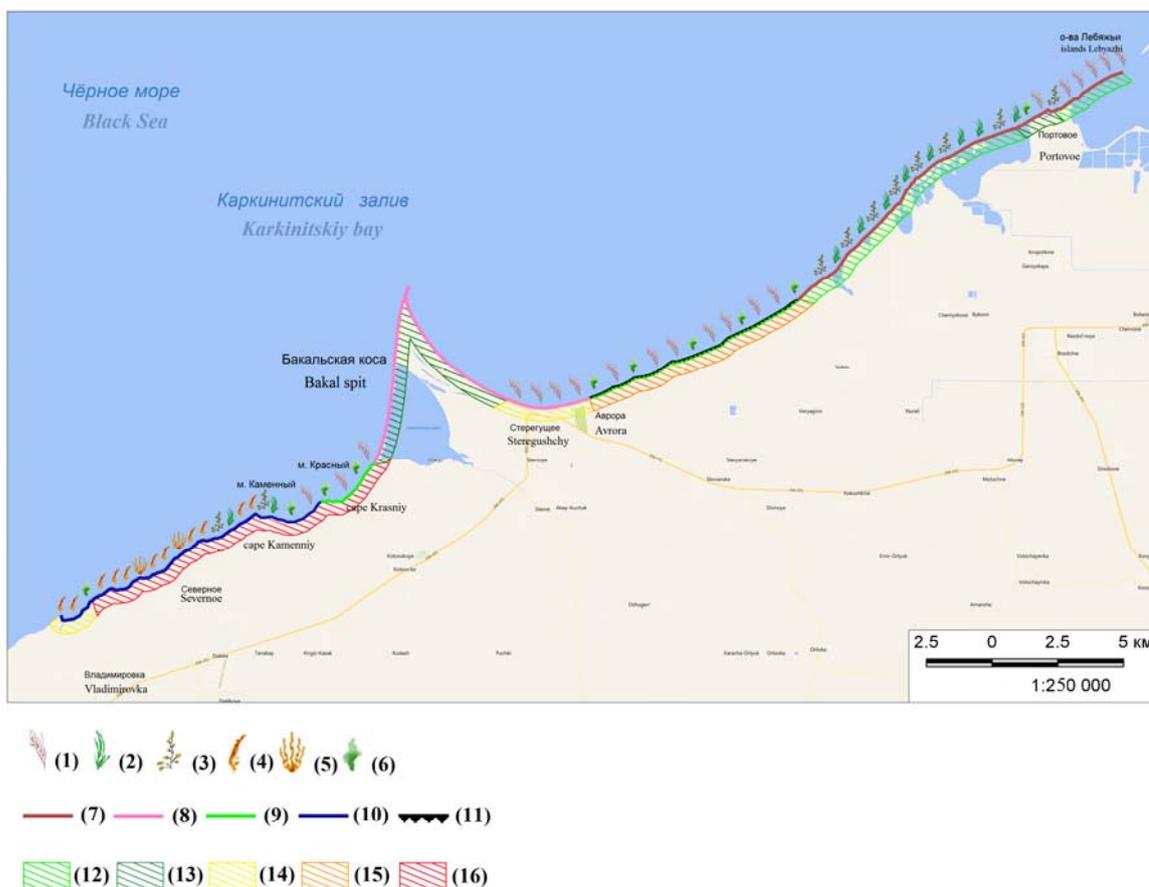
Донная растительность на **станции 4** отмечена с глубины 1 м, в ее составе обильно представлены морские травы (табл. 1). На глубине 1 м описан

фитоценоз *Zostera marina* – *Z. noltei*, его биомасса не превышает $587,4 \pm 96,2$ г·м⁻². Суммарная доля видов взморников достигает значительных величин, при этом вклад *Zostera noltei* почти втрое выше, чем *Z. marina* (табл. 2). Среди зарослей морских трав встречаются водоросли, такие как *Ceramium diaphanum* (2,1%), *Cladophora laetevirens* (1,0%), *Vertebrata subulifera* (0,7% общей биомассы макрофитов). Доля высшей водной растительности резко снижается с увеличением глубины до 1,5 м, хотя биомасса фитобентоса возрастает почти вдвое (табл. 2). На этой глубине доминирующая роль принадлежит *Cladophora albida* (41,6% общей биомассы макрофитов), пласты (маты) которой лежат на дне между единичными растениями *Z. noltei*.

В мелководной зоне с. Новоандреевка – с. Стерегущее на всех **станциях 5-8** на глинистых отложениях до глубины 2 м были представлены скопления отмерших листьев взморников и пласты неприкрепленных видов рода кладофора (табл. 1). У основания обрыва сформировались скопления отмершей морской травы, образующие фитогенные береговые формы (пляжи, береговые валы, «скалы»).

Показательно, что детальное изучение Каркинитского залива к востоку от Бакальской косы началось с 30-х гг. прошлого столетия. В этот период Н.В. Морозова-Водяницкая [7-9] отмечала массовые скопления zostеры (взморников) на глубине 0,5-6 м, при этом на глубине свыше 6-7 м морские травы встречались «разрозненными куртинами». Автором была определена предельная глубина их обитания, которая составляла 15 м, хотя, единичные экземпляры растений находили на глубине 20-24 м. В этот период ширина зарослей взморников в некоторых местах залива колебалась от 100 до 200 (400) м, а их максимальная биомасса в летний период достигала 6 кг·м⁻² [21]. Н.В. Морозовой-Водяницкой [8] было замечено, что до 1934 г. в акватории Каркинитского залива доминировала *Zostera marina*, а в период с 1934 по 1937 гг. произошла массовая гибель особей этого вида, по мнению специалистов, вызванная эпидемическим заболеванием. В это же время было зафиксировано активное расселение *Z. noltei*, которая стала встречаться до глубины 4 м, хотя, ранее, ее основные скопления были сосредоточены на глубине до 1,5 м [8].

Исследования, проведенные в этом же районе в середине 60-х гг. прошлого столетия, показали, что *Zostera marina* продолжала занимать господствующее положение на незначительно заиленном песчаном ракушечнике на глубине 0,5-8 м, а *Z. noltei* – предпочитала песчаное мелководье [10]. Типичными представителями макрофитов, входившими в состав фитоценоза взморников, являлись, в основном, красные водоросли (*Dasya baillouviana* (S.G. Gmel.) Mont., *Vertebrata subulifera*, *Chondria capillaris*, *Ceramium tenuicorne* Kütz. Waern, *Laurencia obtusa*), тогда как зеленые виды водорослей практически отсутствовали [11]. Характерно, что в 1964-1965 гг. в мелководной зоне восточной части Бакальской косы от ее дистальной до корневой части до глубины 0,4-0,5 м располагался «чистый» плотный песок, лишенный донного растительного покрова [11].



Условные обозначения: 1 – отмершие листья *Zostera marina* и *Z. noltei*; 2 – *Zostera marina*; 3 – *Zostera noltei*; 4 – *Carpodesmia crinita*; 5 – *Treptacantha barbata*; 6 – *Cladophora albida*;

Тип берега: 7 – аккумулятивный с ветровой осушкой; 8 – приключенное аккумулятивное тело; 9 – абразионно-обвальный в глинистых породах; 10 – абразионный в полускальных породах; 11 – фитогенные берега;

Тип природопользования: 12 – природоохранный; 13 – природоохранный с рекреацией; 14 – селитебный (сельский) с организованной рекреацией; 15 – сельскохозяйственный; 16 – сельскохозяйственный с неорганизованной рекреацией и специальное (военное)

Legend: 1 – Dead leaves of *Zostera marina* & *Z. noltei*; 2 – *Zostera marina*; 3 – *Zostera noltei*; 4 – *Carpodesmia crinita*; 5 – *Treptacantha barbata*; 6 – *Cladophora albida*;

Type of coast: 7 – accumulative coastlines with surge-induced recession; 8 – coastal landforms of deposition (spit);

9 – eroded-landslide clay rocks; 10 – eroded coast in loose rocks; 11 – eroded coast with phytogenic landforms;

Type of nature management: 12 – nature protection; 13 – nature protection with recreation; 14 – residential (rural) with organized recreation; 15 – agricultural; 16 – agricultural with unorganized recreation and special (military) function

Рисунок 2. Картограмма распределения донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива
Figure 2. Scheme (map) of bottom vegetation distribution of the shallow water zone in Karkinitzkiy Bay

Таблица 2. Изменение биомассы макрофитов и доли доминирующих видов в мелководной зоне Каркинитского залива в 2019 г.

Table 2. Change in biomass of macrophytes and proportion of dominant species of the shallow water zone in Karkinitzkiy bay in 2019

Станции Stations	Глубина, м Depth, m	Биомасса макрофитов, г·м ⁻² Biomass of macrophytes, gm·m ⁻²	Доля, % / Proportion %		
			<i>Zostera marina</i>	<i>Zostera noltei</i>	<i>Carpodesmia crinita</i> , <i>Treptacantha barbata</i>
3	2	1157,8±185,5	46,1	18,7	0
	1	587,4±96,2	23,8	70,5	0
4	1,5	1048,4±191,1	0	9,0	0
	0,5	4737,9±560,0	0,9	2,7	79,0
17	1	2590,3±355,8	6,2	31,5	22,6
	1,5	11849,0±923,6	1,0	1,6	92,6
18	0,5	3564,0±276,1	0	0	74,2
	2	8115,6±521,4	0	0	90,3
19	0,5	1823,0±203,8	0	0	50,3
	1	6819,2±401,7	0	0	63,4

Примечание: нумерация и описание станций соответствует сведениям, представленным в тексте и на рисунке 1
 Note: the numbering and description of stations corresponds to the information presented in the text and in Figure 1

В конце 80-х гг. прошлого века, как и более 20 лет назад, донная растительность в мелководной зоне к востоку от Бакальской косы была представлена zostеровым (взморниковым) фитоценозом [13]. Однако к этому времени, полоса распространения морских трав значительно сузилась. Показательно, что фитоценоз стали регистрировать на илисто-песчаных донных отложениях на глубине 2-4(5) м. Среди зарослей *Zostera marina* и *Z. noltei*, помимо вышеперечисленных видов, впервые были отмечены *Ulva linza* L., *Chaetomorpha ärea* (Dillwyn) Kütz., *Ectocarpus siliculosus*, *Vertebrata reptabunda* (Suhr.) Diaz-Tapia & Maggs, *Ceramium diaphanum* – макрофиты, обитающие в загрязненных органикой водах. Однако сравнительно малая доля зеленых водорослей в сообществе свидетельствовала об относительно слабой степени эвтрофирования водных масс [13].

С введением в эксплуатацию Северо-Крымского канала (в рассматриваемом районе в середине 60-х гг. прошлого столетия) в приморской зоне Каркинитского залива стало активно развиваться рисоводство и рыборазведение. Сброс гипертрофной пресной воды с рисовых чеков и прудов оказывал существенное влияние на экологическое состояние прибрежной зоны. Поступление воды, обогащенной удобрениями, гербицидами и пестицидами, привело к негативным изменениям среды в этой части моря. Так, в конце 80-х гг. прошлого столетия в морской воде к востоку от Бакальской косы было отмечено увеличение содержания биогенных элементов, резкое снижение ее прозрачности (0,5-1 м в 1986 г. вместо 6-8 м в 1964-1965 гг.), вследствие повышения количества взвеси, при этом на заиленном дне сформировался слой органического осадка. Эти изменения в акватории естественно вызвали ответную реакцию биоценозов, в том числе и донной растительности [12; 13; 15].

Таким образом, согласно А.А. Калугиной-Гутник и И.К. Евстигнеевой [13], в этом районе за период с 1964 по 1986 гг. наметилась отрицательная направленность в трансформации состава и структуры макрофитобентоса, которая продолжилась и в начале 2000-х гг. [17; 23]. Так, в работе И.К. Евстигнеевой и И.Н. Танковской [17] в составе макрофитобентоса была отмечена высокая доля представителей родов кладофоры и ульвы, что свидетельствует о повышенной трофности среды. Показательно, что вспышки развития сопутствующих и эфемероидных зеленых видов водорослей были зарегистрированы на многих участках Черного моря [32]. Характерно, что обильное развитие кладофоры в прибрежной зоне является откликом экосистемы на деградацию коренных фитоценозов цистозиры, zostеры и филлофоры [32].

Сведения, полученные авторами в 2019 г., согласуются с ранее сделанными выводами об изменении состояния донной растительности в восточной части Каркинитского залива, береговая зона которого наиболее подвержена хозяйственной деятельности, оказывающей влияние на состав и структуру макрофитов (рис. 2). В современных условиях вегетирующие морские травы нами были обнаружены только на участке от пляжа с. Портовое до Сергеевской пересыпи (станции 3, 4). Показательно, что на этих станциях среди зарослей взморников обильно встречалась *Cladophora albida*, доля которой достигала 12-47% общей биомассы макрофитов. На остальных станциях макрофитобентос отсутствует.

В с. Портовое в 1989 г. была построена буна из каменной наброски, в результате чего с западной стороны произошло накопление пляжевого материала, а к востоку – низовой размыв, сопровождавшийся заилением акватории [33]. Характерно, что на станциях 1, 2 поверхность дна очень вязкая, при этом с увеличением глубины до 1-1,5 м толщина вязкого слоя достигает 0,3-0,5 м. Общеизвестно, что на рост и развитие взморников оказывает существенное влияние гранулометрический состав донных осадков, поскольку они служат не только субстратом для закрепления подземных органов (корней, корневищ), но являются также средой, из которых абсорбируют питательные вещества [34]. В ряде работ показано, что морские травы испытывают гипоксию при произрастании на илистых донных отложениях, при котором недостаток кислорода вызывает снижение показателей фотосинтетической активности листьев и негативно влияет на метаболизм растений [34-36]. Таким образом, вполне объяснимо отсутствие высшей водной растительности на этих станциях.

На глинистом бенче, прилегающем к абразионно-глинистым берегам, донная растительность отсутствует (станции 5-8). Клиф, сложенный толщей бурых плиоценовых и четвертичных глин, постоянно разрушается (рис. 3). Так, например, в период с 1974 по 1991 гг. клиф терял, судя по наблюдениям Ялтинской гидрогеологической партии, 12,8 м³/пог. м в год. Если учесть и размыв бенча, то это значение возрастает до 15 м³/пог. м в год. В штормовой 1981 г. размыв клифа и бенча достигал 25 м³/пог. м в год (40 т/пог. м в год), что является самой высокой скоростью разрушения берегов Крыма [37]. Поступление значительного объема терригенного глинистого материала также не способствует произрастанию морских трав [34-36].

Район северо-западного побережья Крыма характеризуется интенсивной штормовой деятельностью. Образование в 2010 г. пролива между бывшей и современной дистальной частью Бакальской косы увеличило активность ветрового волнения от наиболее волноопасных ветров юго-западного направления. Согласно Б.В. Дивинского [38], в восточной части акватории наблюдается климатическая тенденция к увеличению продолжительности штормов, тогда как в западной части косы заметные тренды по продолжительности штормового волнения не обнаружены. В тоже время известно, что на состояние донной растительности существенное влияние оказывает гидродинамический режим морской акватории, помимо особенностей геолого-геоморфологического строения береговой зоны. Так, эксперименты, проводимые в бухте Пограничной (залив Петра Великого), показали близкую зависимость плотности популяции морских трав от степени волновой динамики. Интенсивная турбулентность воды приводит к высокой подвижности верхних слоев донных отложений, и если толщина динамически активного слоя осадков превысит определенное критическое значение, то укоренившиеся растения остаются практически незакрепленными и вихревыми движениями вод постепенно извлекаются из грунта [39]. Таким образом, изменившиеся гидродинамические условия и перераспределение донных отложений, вероятно, могли послужить причиной изменений в распределении растительного покрова в восточной части Каркинитского залива.



Рисунок 3. Абразионно-обвальные берега в глинистых породах в восточной части Каркинитского залива
Figure 3. Eroded-landslide coast in clay rocks in the eastern part of Karkinitzkiy Bay

В последние десятилетия, по свидетельству местных жителей, в воде к востоку от корневой части Бакальской косы резко увеличилось количество опавших листьев морских трав, которые в огромной массе скопились в прибрежной полосе на расстоянии до 50 м от берега. Общеизвестно, что формирование и опад листьев взморников происходит в течение всего года (наиболее массовое их сбрасывание наблюдается в августе–сентябре). Необходимо заметить, что еще в 40-х гг. прошлого столетия в этом районе фиксировали значительные выбросы зостеры (взморников), из которых образовывались причлененные фитогенные валы. Бакальская коса выполняла роль барьера, поэтому при преобладающих здесь северо-западных ветрах дополнительно поступал опад травы, вымываемый из кутов восточной части залива. Показательно, что в 1937 г. район Бакала (с. Стерегущее) стоял на одном из первых мест по обилию выбросов травы и количеству заготавливаемого сырья (камка), использование которого находило широкое применение в народном хозяйстве. На этом участке высота валов достигала 1 м, «плотно сбитые у берега и своевременно не извлеченные из воды, выбросы зостеры (взморников) постепенно перетирались и в виде детрита снова уносились в море» [10]. В 1938 г. все промысловые пункты, расположенные в Каркинитском заливе, собрали 4000 т сырья, что, по мнению Н.В. Морозовой-Водяницкой [9], не являлось пределом возможной добычи морских трав.

В работе А.В. Живаго [11] было показано, что к востоку от Бакальской косы, массовые выбросы взморников скапливались не только на берегу, но и в море на подводных отмелях на расстоянии 20-30 м от берега, где из них образовывались плавучие острова. Согласно А.В. Живаго [11], описанный тип скоплений высшей водной растительности является лишь одним из представителей целой серии фитогенных береговых

форм (пляжи, береговые валы, бугры), наблюдающихся на побережье Каркинитского залива. Здесь формированию островов способствуют малые прибрежные глубины и защищенность всего района от волнений. Однако, в противоположность другим фитогенным образованиям, взморниковые острова вряд ли способны к долголетнему существованию.

В современных условиях на мелководье к востоку от Бакальской косы нами также отмечены обильные скопления опада листьев взморников (рис. 4), которые в настоящее время смешаны с пластинами нитчатых водорослей рода кладофора, что свидетельствует о наличии в воде значительных концентраций органических соединений. Характерно, что ранее фитогенные валы формировались из практически «чистых» отмерших листьев морских трав, которые, как известно, не подвержены гниению, тогда как сейчас в их составе обнаружена значительная доля «примесей» из активно разлагающихся водорослей. Благодаря скоплениям опада взморников, берег, примыкающий к восточной ветви Бакальской косы, за последние 10 лет, особенно после 2014 г., обнаруживает признаки активного нарастания (ширина аккумулятивного берега увеличилась более чем на 20 м) за счет развития фитоберегов. Показательно, что сформировавшиеся фитогенные валы ослабляют абразию берегов [37].

Акватория восточной части Каркинитского залива из-за ее мелководности и слабого водообмена с открытым морем практически ежегодно замерзала. Дополнительным фактором льдообразования, являлось распреснение залива из-за сброса вод Северо-Крымского канала, что сказывалось на продолжительности и степени ледовитости. Из-за этого в его кутовой части соленость воды понижалась до 2-3‰, а в отдельные сезоны пониженная соленость наблюдалась на всем мелководье этой части залива [37]. В зависимости от суровости зимы, число дней со льдом в

восточной части от Бакальской косы могло варьировать от 20 до 76 суток, а максимальная толщина льда составлять от 19 до 54 см [37]. Со слов сотрудников Государственного природного заповедника «Лебяжий остров», ранее наиболее мелководная часть залива

промерзала до дна. В таких условиях в период ледохода преобладающими северо-восточными ветрами значительные объемы вмерзших в лед отмерших листьев взморников выносились в открытое море.



Рисунок 4. Абразионные берега с фитогенными береговыми формами в восточной части Каркинитского залива
Figure 4. Eroding coast with phytogenic landforms in the eastern part of Karkinitskiy Bay

Однако в последние 30 лет наблюдается повышение повторяемости мягких зим и уменьшение числа суровых, в связи с чем, общая ледовитость и продолжительность существования льда уменьшается. Этому также способствует отделение дистальной части косы от ее тела, благодаря чему увеличился приток более теплых вод из открытой части моря в Бакальскую бухту [37]. Кроме этого, прекращение сброса пресной воды привело к увеличению солености морской воды. В результате чего произошли изменения в ледовом режиме восточной части залива. Таким образом, по ряду вышеизложенных причин, а также при отсутствии сброса камки, вполне возможно увеличение объема отмерших листьев взморников как в воде, так и на берегу.

Анализ собственных материалов и литературных источников показал, что изменения в распределении донной растительности в восточной мелководной части Каркинитского залива, вероятно, связаны с комплексным воздействием, как природных факторов, так и антропогенной деятельностью на побережье.

Бакальская коса

Вдоль этого побережья на всех **станциях 9-13** до глубины 2 м на песчаных и ракушечно-песчаных отложениях донная растительность не обнаружена (табл. 1). Согласно более ранним работам А.А. Калугиной с соавторами [12] и С.Е. Садогурского [23], мелководная зона Бакальской косы также была лишена растительного покрова, что характерно для участков с активной гидродинамикой и подвижностью рыхлых отложений.

Западная часть Каркинитского залива

В целом, в мелководной зоне корневой части западной ветви Бакальской косы (**станции 14-16**) от уреза воды до глубины 1 м донная растительность практически отсутствует, тогда как глубже, обильно представлены плавающие в толще воды или лежащие на дне маты (свалы), состоящие, в основном, из представителей рода *Cladophora*, где доминирующая роль принадлежит *Cladophora albida* (рис. 2, табл. 1). На всех трех станциях среди скоплений кладофоры обнаружены неприкрепленные талломы *Vertebrata subulifera*, *Ceramium diaphanum*, *Ectocarpus siliculosus*. У мыса Красный на глубине 0,5-1,0 м (**станция 14**) изредка встречаются неприкрепленные слоевища *Callithamnion corymbosum* (Smith) Lyngb., *Ceramium virgatum*, *Laurencia obtusa*, *Lophosiphonia obscura* (C. Agardh) Falkenb., *Chondria capillaris* (Huds.) M.J. Wynne. Большая часть этих видов водорослей произрастает в эвтрофированных водах и отличается высокой толерантностью к загрязнению среды. На **станции 15** на глубине свыше 0,5 м среди свалов из *Cladophora albida* отмечены, запутавшиеся в ее нитчатых талломах, *Chondria dasyphylla* (Woodw.) C. Agardh и *Ceramium ciliatum* (J. Ellis) Ducluz. На единичных твердых включениях произрастает *Ulva intestinalis*. На **станции 16** на тех же глубинах, в целом, отмечен аналогичный состав водорослей, что и на предыдущей станции (табл. 1). Однако на этой станции на выходах твердого субстрата на глубине 0,5 м зарегистрированы единичные экземпляры *Carpodesmia crinita*.

Показательно, что в середине 60-х гг. прошлого века в мелководной зоне западной части от Бакальской

косы до мыса Каменный от уреза воды до глубины 0,4-0,5 м также располагались песчаные отложения, где донная растительность отсутствовала [12]. В настоящее время в западной корневой части Бакальской косы, в месте ее примыкания к активному глинистому клифу, наблюдается интенсивная абразия берега со средней скоростью 5,6 м/год [33]. Так, в период 2003-2016 гг. берег здесь отступил на 75 м. В тоже время скорость размыва глинистого клифа существенно снижается по мере удаления от косы [33]. Донные отложения и активная гидродинамика, вероятно, определили отсутствие донной растительности в этом районе.

В мелководной зоне у мыса Каменный в диапазоне глубин 0,5-1,5 м (станция 17) описаны сообщества *Carpodesmia crinita* и *Zostera marina* – *Z. noltei*. Фитоценоз *Carpodesmia crinita*, где доминирующая роль принадлежит его эдификатору, зарегистрирован на выходах известняков на глубине 0,5 м (табл. 2). На этой глубине среди зарослей *Carpodesmia crinita* единично на песчаных прогалинах встречаются *Zostera noltei* и *Z. marina*, суммарный вклад которых не превышает 3,6% общей биомассы макрофитов. В составе фитоценоза обильно представлена *Cladophora albida* (10,5% общей биомассы макрофитов), которая встречается как в литофитной, так и эпифитной форме. Здесь на некоторых участках произрастает *Ulva intestinalis* (3,5% общей биомассы макрофитов). Остальные виды водорослей входят в состав эпифитной синузии *Carpodesmia crinita* (*Corynophlaea umbellata* (C. Agardh) Kütz., *Sphacelaria cirrosa* (Roth) C. Agardh, *Laurencia coronopus* J. Agardh, *Vertebrata subulifera*, *Chondria capillaris*, *Ceramium diaphanum*), суммарная доля которых не превышает 3,4% общей биомассы макрофитов.

На глубине 1 м на рыхлых грунтах зарегистрирован фитоценоз *Zostera marina* – *Z. noltei*. Его биомасса примерно вдвое ниже, чем эта величина фитоценоза *Carpodesmia crinita* (табл. 2). Здесь господствующее положение занимают морские травы, их суммарный вклад достигает 37,7% общей биомассы макрофитов. Характерно, что среди взморников преобладает *Z. noltei*, доля которой в 5 раз выше, чем этот показатель *Z. marina*. В зарослях высшей водной растительности на твердом субстрате обнаружена *Carpodesmia crinita*, вклад которой не превышает 22,6% общей биомассы макрофитов (табл. 2). Под пологом *Carpodesmia crinita* изредка встречается *Cladostephus spongiosum* (Huds.) C. Agardh (0,2% общей биомассы макрофитов). В составе этого фитоценоза зарегистрирована литофитная форма *Ulva intestinalis* (3,4% общей биомассы макрофитов). На этой глубине также зафиксированы значительные скопления *Cladophora albida* (30,9% общей биомассы макрофитов). Слоевища этого вида опутали как особи *Carpodesmia crinita*, так и *Zostera noltei*, *Z. marina*. Видовой состав эпифитной синузии, встречающейся на *Carpodesmia crinita*, разнообразен. На слоевищах этой водоросли отмечены *Chondria dasyphylla*, *Ch. capillaris*, *Polysiphonia opaca* (C. Agardh) Moris & e Not., *P. subulata* (Ducluz.) Kütz., *Laurencia coronopus*, *Vertebrata subulifera*, *Ceramium diaphanum*, *Corynophlaea umbellata*, *Sphacelaria cirrosa*, суммарный вклад которых составляет 5,2% общей биомассы макрофитов..

На глубине 1,5 м зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. Его биомасса достигает значительных величин, при этом доля доминирующего

вида высока (табл. 2). Среди зарослей *Carpodesmia crinita* единично встречаются морские травы, на них приходится 2,6% общей биомассы макрофитов (табл. 2). Среди эпифитов, произрастающих на *Carpodesmia crinita*, преобладают *Cladophora albida* (2,3%), *Sphacelaria cirrosa* (1,4%), *Vertebrata subulifera* (0,5% общей биомассы макрофитов). Характерно, что большинство видов водорослей, отмеченных на этом участке, обитают в чистых водах или в акваториях, имеющих незначительное загрязнение среды.

Согласно имеющимся материалам, ранее, в акватории мыса Каменный взморники не произрастали [12]. В 1965 г. в этом районе были обнаружены заросли цистозир, которые располагались продольными полосами на скалистых грядках, расположенных среди песчаных отмелей [12].

К западу от мыса Каменный морские травы на исследованных глубинах не встречаются, здесь, в основном, зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. На песчаной отмели у уреза воды (станция 18) на редких твердых включениях произрастают виды рода церамиум (*Ceramium diaphanum*, *C. virgatum*, *C. ciliatum*), *Chondria capillaris*, *Polysiphonia denudata* (Dillwyn) Grev. ex Harv., *Ulva intestinalis*, *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz., *Carpodesmia crinita* (проростки).

На глубине 0,5 м песчаные отложения сменяются на известняковый субстрат, на котором зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. Его биомасса составляет 3564,0±276,1 г·м⁻², при этом вклад доминанта достаточно высокий (табл. 2). Остальные виды водорослей, отмеченные на этой станции, входят в состав эпифитной синузии *Carpodesmia crinita*. Наиболее обильно представлена *Cladophora albida* (15,3% общей биомассы макрофитов), также встречается *Cladophora sericea* (3,9%), *C. laetevirens* (1,3%), *Ceramium ciliatum* (3,4% общей биомассы макрофитов).

На глубине 2 м зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*+*Treptacantha barbata*. В составе макрофитобентоса на долю ее эдификаторов приходится 90,3% общей биомассы макрофитов, причем доля первого вида в 3,5 раза выше, чем второго (табл. 2). На слоевищах *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata* эпифитируют *Vertebrata subulifera* (7,5%), *Chondria capillaris* (0,8%), *Sphacelaria cirrosa* (0,5%), *Laurencia obtusa* (0,5%), *L. coronopus* (0,3% общей биомассы макрофитов).

На известняковом субстрате на глубине 0,5 м (станция 19) зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*, где на долю доминирующего вида приходится половина биомассы макрофитов (табл. 2). На этой станции *Ulva intestinalis* (9,8% общей биомассы макрофитов) встречается как в литофитной, так и эпифитной форме. На этой глубине отмечены значительные скопления *Cladophora albida* (17,7% общей биомассы макрофитов), слоевища которой в виде свалов лежат на грунте или как эпифиты произрастают на талломах *Carpodesmia crinita*. В состав ее эпифитной синузии также входят *Cladophora laetevirens* (14,3%), *Polysiphonia opaca* (4,8%), *Vertebrata subulifera* (2,7% общей биомассы макрофитов).

На глубине 1 м также зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. Его биомасса при увеличении глубины от 0,5 до 1 м возрастает почти в 4 раза, при этом вклад доминирующего вида увеличивается незначительно (табл. 2). Виды

Cladophora albida (26,8%) и *Ulva intestinalis* (4,1% общей биомассы макрофитов) представлены как эпифитной, так и литофитной формами. На слоевищах *Carpodesmia crinita* отмечены такие эпифиты, как *Sphacelaria cirrosa* (2,5%), *Vertebrata subulifera* (1,6%), *Polysiphonia opaca* (0,6%), *Corynophlaea umbellata* (0,5% общей биомассы макрофитов). Большинство водорослей, встречающихся на этом участке, относятся к видам, которые произрастают в среде, имеющей хозяйственно-бытовое загрязнение.

Исходя из архивных материалов ИнБЮМ (сборы в июле 1965 г. выполнены А.А. Калугиной-Гутник по аналогичной методике и тем же координатам), оказалось возможным провести сравнительный анализ состава и количественных характеристик макрофитобентоса на глубине 1 м (станция 19). Показательно, что за эти годы видовой состав макрофитов и их биомасса существенно изменились. В 1965 г. на этой глубине был описан фитоценоз *Carpodesmia crinita* + *Treptacantha barbata*, его биомасса составляла $3040,0 \pm 278,5$ г·м⁻². За прошедшие 54 года этот показатель возрос более чем вдвое. В настоящее время увеличение биомассы сообщества *Carpodesmia crinita* + *Treptacantha barbata* в верхней сублиторальной зоне на глубине 0,5-3 м характерно для многих районов крымского шельфа [40]. Однако, за этот период на этой глубине вклад доминирующих видов (91,1% общей биомассы макрофитов) снизился в 1,4 раза (табл. 2), а эпифитов – повысился более чем вдвое. Характерно, что ранее эпифитная сингузия была представлена только двумя видами: *Vertebrata subulifera* (6,3%) и *Laurencia coronopus* (2,6% общей биомассы макрофитов).

В середине 60-х гг. прошлого века на участке побережья от мыса Каменный до мыса Прибойный (за исключением бухт Ярылгачская и Черноморская) на твердом субстрате от уреза воды до глубины 10-12 м протянулись заросли *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata*, при этом их ширина колебалась от 300 до 900 м [12]. Эпифитный комплекс на этих видах (*Corynophlaea umbellata*, *Feldmania irregularis* (Kütz.) Hamel, *Ceramium ciliatum*, *Polysiphonia opaca*, *Vertebrata subulifera*, *Laurencia coronopus*) и сопутствующие им водоросли (*Cladostephus spongiosum*, *Gelidium spinosum* (S.G. Gmrl.) P.C. Silva) были представлены макрофитами, обитающими у открытых и обрывистых берегов с высокой степенью прибойности, где отсутствуют источники загрязнения водной среды [12].

Таким образом, в целом, к западу от Бакальской косы в мелководной зоне в составе и структуре донной растительности также отмечены изменения, которые выразились в значительном увеличении количества видов красных и зеленых водорослей, доли эпифитирующих макрофитов и снижении вклада *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata*.

Анализ имеющихся материалов показал, что в акватории Каркинитского залива выявлены изменения геоэкологических условий, которые, вероятно, оказали влияние на распределение и состояние макрофитобентоса в его мелководной части. В целом, вопрос о причинах таких изменений остается дискуссионным. Многие из высказанных положений требуют дальнейшей проработки и проведения дополнительных полевых исследований, что позволит выработать научно обоснованные рекомендации по оптимизации природоохранного режима и рациональному природопользованию береговой зоны северо-западного Крыма

с целью сохранения и восстановления ресурсов донной растительности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые составлена карта пространственного распределения доминирующих видов макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива, которая различается природными условиями и антропогенной нагрузкой на береговую зону.

Выявлено, что в восточной части залива на отмеле подводном склоне, сложенном илисто-песчаными отложениями, прилегающем к аккумулятивным берегам, доминируют морские травы. Показано, что в современных условиях вегетирующие *Zostera marina* и *Z. noltei* обнаружены только на участке от пляжа пос. Портовое до пересыпи Сергеевской косы. Среди зарослей взморников обильно встречается *Cladophora albida*, доля которой достигает 12-47% общей биомассы макрофитов. Характерно, что на этом участке биомасса взморникового фитоценоза возрастает вдвое (от $587,4 \pm 96,2$ до $1157,8 \pm 185,5$ г·м⁻²) при увеличении глубины от 0,5 до 2 м, при этом, на долю эдификаторов приходится 65-94% общей биомассы макрофитов. В корневой восточной части Бакальской косы на глинистом бенче, прилегающем к абразионно-глинистым берегам, донная растительность отсутствует, здесь отмечены значительные скопления отмерших листьев взморников.

В акватории мелководной зоны Бакальской косы на песчаных и ракушечно-песчаных отложениях донный растительный покров не обнаружен, его распространение лимитируется активной гидродинамикой. В мелководной зоне корневой части западной ветви Бакальской косы, в месте ее примыкания к активному глинистому клифу, обильно представлены плавающие в толще воды или лежащие на дне маты (свалы), состоящие, в основном, из представителей рода *Cladophora*.

В районе м. Каменный отмечено мозаичное распространение донной растительности, где зарегистрировано совместное произрастание водорослей, встречающихся на выходах известняков, и морских трав, обитающих на рыхлых грунтах. На этом участке биомасса макрофитов колеблется в широком диапазоне от $4737,9 \pm 560,0$ до $11849,0 \pm 923,6$ г·м⁻², при этом, вклад *Zostera marina* и *Z. noltei* варьирует в пределах 3-38%, а *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata* – от 23 до 93% общей биомассы.

К западу от мыса Каменный на мелководье, прилегающем к абразионным берегам, выработанным в известняках, зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita* – *Treptacantha barbata*. Показательно, что биомасса сообщества возрастает более чем в 4 раза (от $1823,0 \pm 203,8$ до $8115,6 \pm 521,4$ г·м⁻²) при увеличении глубины от 0,5 до 2 м, при этом, доля эдификаторов составляет 63-90% общей биомассы макрофитов.

Выявлено, что на состояние донной растительности оказывает влияние тип природопользования береговой зоны Каркинитского залива, которая в настоящее время отличается полифункциональным использованием и антропогенной преобразованностью. На основе сравнительного анализа полученных и литературных материалов отмечено, что, в целом, для мелководной зоны залива характерно увеличение биомассы эпифитов и снижение роли видов-доминантов, при этом в составе

макрофитобентоса возросла доля видов водорослей, встречающихся в районах с повышенным уровнем эвтрофирования морской среды.

Показано, что происходящие изменения в составе и структуре донной растительности, вероятно, обусловлены воздействием, как природных факторов, так и усилением антропогенной деятельности в береговой зоне Каркинитского залива. Основными из них являются:

- прекращение сброса пресной воды из Северо-Крымского канала, и, как следствие, значительное увеличение солености морской воды, что уменьшает продолжительность и степень ледовитости залива, которая, в свою очередь, влияет на вынос в период ледохода в открытое море отмершей и вегетирующей донной растительности;

- уменьшение поступления терригенного материала в море, как следствие, сокращение абразионной деятельности у берегов из-за образования фитогенных валов;

- образование пролива между бывшей и современной дистальной частью Бакальской косы, что увеличило активность ветрового волнения от наиболее волноопасных ветров юго-западного направления.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме № АААА-А18-118021350003-6 и ФГБУН ФИЦ МГИ по теме № 0555-2021-0005.

ACKNOWLEDGMENT

The research is undertaken under State Order from the Kovalevskii Institute for Marine Biological Research, project № АААА-А-18118021350003-6 and the Marine Hydrophysical Institute of RAS № 0555-2021-0005.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. 480 с.
2. Dumont H.J., ed. Black Sea Red Data Book. NY: United Nations Office for Project Services, 1999. 413 p.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
4. Генкель А.Г. Отчет о командировке летом 1902 г. на Черном море // Тр. Петерб. общ. ест. Т. XXXIII. Вып. 1. Протокол заседания. N 6. 1902.
5. Зернов С.А. Отчет о командировке в северо-западную часть Черного моря для изучения фауны и собирания коллекций для Зоологического Музея Академии Наук // Ежегодник Зоологического Музея Академии Наук. 1908. Т. XIII.
6. Зернов С.А. К вопросу об изучении жизни Черного моря // Записки Императорской Академии Наук. СПб., Тип. Имп. АН., 1913. Т. 32. N 1. 304 с.
7. Морозова-Водяницкая Н.В. Фитобентос Каркинитского залива // Труды Севастопольской Биологической Станции Академии Наук. 1936. Т. V. С. 62-64.
8. Морозова-Водяницкая Н.В. Зостера как объект промысла на Черном море // Природа. 1939. N 8. С. 49-52.
9. Морозова-Водяницкая Н.В. Материалы по биологии и распределению зостеры в Черном море // Гидробиологические исследования северо-восточной части Черного моря. 1973. С. 5-19.
10. Живаго А.В. Острова из зостеры у западных берегов Крыма // Природа. 1947. N 5. С. 62-64.
11. Калугина А.А., Куликова Н.М., Лачко О.А. Качественный состав и количественное распределение фитобентоса в Каркинитском заливе // Донные биоценозы и биология бентосных организмов Черного моря. 1967. С. 28-51.

12. Беляев Б.Н. Освещенность водной толщи Каркинитского залива и филофорного поля Зернова летом 1986 и 1989 гг. // Экология моря. 1993. Вып. 43. С. 75-90.
13. Калугина-Гутник А.А., Евстигнеева И.К. Изменение видового состава и количественного распределения фитобентоса в Каркинитском заливе за период 1964-1986 гг. // Экология моря. 1993. Вып. 43. С. 98-105.
14. Каминер К.М. Филофора и зостера заливов северо-западной части Черного моря // Промысловые водоросли и их использование. 1981. С. 81-86.
15. Пархоменко А.В., Ковальчук Ю.Л. Некоторые гидрохимические характеристики водной толщи Каркинитского залива в июле и сентябре 1986 г. // Экология моря. 1993. Вып. 43. С. 69-75.
16. Мильчакова Н.А., Александров В.В., Бондарева Л.В., Панкеева Т.В., Чернышева Е.Б. Морские охраняемые акватории Крыма: научный справочник. Симферополь: Н. Оріанда, 2015. 312 с.
17. Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Макрофитобентос и макрофитоперифитон заповедника «Лебяжий острова» (Черное море, Украина) // Альгология. 2010. Т. 20. N 2. С. 176-191.
18. Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Летний макрофитобентос псевдо- и сублиторали Бакальской косы и прилегающей акватории Каркинитского залива (Черное море, Украина) // Альгология. 2011. Т. 21. N 3. С. 295-311.
19. Маслов И.И. Макрофитобентос некоторых заповедных акваторий Черного моря (Украина) // Альгология. 2002. Т. 12. N 1. С. 81-95.
20. Миничева Г.Г., Косенко М.Н., Швеца А.В. Фитобентос Большого и Малого филофорных полей как отображение экологического состояния северо-западной части Черного моря // Морской экологический журнал. 2005. Т. 4. N 4. С. 61-71.
21. Садогурский С.Е. К изучению макрофитобентоса заповедных акваторий Каркинитского залива (Черное море) // Альгология. 2001. Т. 11. N 3. С. 342-359.
22. Садогурский С.Е. Флора и растительность акваторий филиала Крымского природного заповедника «Лебяжий острова» (Черное море): современное состояние и пути сохранения // Заповідна справа в Україні. 2009. Т. 15. N 2. С. 41-50.
23. Садогурский С.Е. Макрофитобентос территориально-аквального комплекса Бакальской косы и прилегающей акватории Черного моря // Заповідна справа в Україні. 2010. Т. 16. N 1. С. 29-43.
24. Садогурский С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.А. Макрофиты прибрежно-морских акваторий природных заповедников Крымского полуострова (Черное и Азовское моря) // Альгология. 2019. Т. 29. N 3. С. 322-351.
25. Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (Ред. от 08.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_60683/ (дата обращения: 10.01.2021)
26. Калугина-Гутник А.А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. М.: Наука, 1969. С. 105-113.
27. Блинова Е.И., Пронина О.А., Штрик В.А. Методические рекомендации по учёту запасов промысловых морских водорослей прибрежной зоны // Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. Вып. 3. С. 80-127.
28. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Л.: Наука, 1967. 397 с.
29. Рубцов Н.И. Определитель высших растений Крыма. Л.: Наука, 1972. 550 с.
30. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. К.: Наукова думка, 1975. 248 с.

31. Нефедова Т.Г., Рунова Т.Г., Трейвиш А.И. Противоречия природопользования: выявление, анализ, пути решения // Природные ресурсы и окружающая среда. М., 1986. Вып. 50. N 15. С. 21-24.
32. Болтачев А.Р., Мильчакова Н. А. О причинах и возможных последствиях вспышки обилия зелёной водоросли кладофоры (*Cladophora sericea*) на шельфе юго-западного Крыма весной 2004 г. // Рыбное хозяйство Украины. 2004. N 5. С. 4-7.
33. Горячкин Ю.Н., Долотов В.В. Морские берега Крыма. Севастополь: ООО «КОЛОРИТ», 2019. 256 с.
34. Киреева Е.В. Влияние гранулометрического состава донных осадков на анатомо-метрическую структуру вегетативной сферы морских трав Черного моря // Экология моря. 2007. Вып. 74. С. 34-39.
35. Мильчакова Н.А. Статистический анализ влияния гранулометрического состава донных осадков на численность и размерную структуру популяций морфоструктуры *Zostera marina* L. в Чёрном море // Экология моря. 1989. Вып. 32. С. 59-63.
36. Александров В.В. Взаимосвязь морфоструктуры черноморской *Zostera marina* L. и гранулометрического состава донных осадков // Экология моря. 2001. Вып. 58. С. 45-49.
37. Горячкин Ю.Н., Косьян Р.Д. Бакальская коса – уникальный природный объект крымского полуострова (обзор) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. N 4. С. 5-14.
38. Дивинский Б.В. Гидродинамические условия вод в районе Бакальской косы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. N 4. С. 31-39.
39. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения: (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.
40. Мильчакова Н.А., Миронова Н.В., Рябогина В.Г. Морские растительные ресурсы // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей. Севастополь, 2011. Гл. 4. С. 117-139.
11. Kalugina A.A., Kulikova N.M., Lachko O.A. Qualitative composition and quantitative distribution of phyto-benthos in the Karkinitzkiy bay. In: *Donnye biocenozy i biologiya bentosnyh organizmov Chernogo moray* [Bottom biocenoses and biology of benthic organisms of the Black Sea]. 1967, pp. 28-51. (In Russian)
12. Belyaev B.N. Illumination of Water Thickness in the north-western Shelf of the Black Sea in the Regions of Karkinitzkiy Bay and Phyllophorous Zernov's Field. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 1993, iss. 43, pp. 75-90. (In Russian)
13. Kalugina-Gutnik A.A. Evstigneeva I.K. Change in the Species Composition and Quantitative Distribution of Phyto-benthos in the Karkinitzkiy Bay During 1964-1986. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 1993, iss. 43, pp. 98-105. (In Russian)
14. Kaminer K.M. *Phyllophora* and *Zostera* of the bays of the north-western part of the Black Sea. *Promyslovye vodorosli i ih ispol'zovanie* [Commercial algae and their use]. 1981, pp. 81-86. (In Russian)
15. Parhomenko A.V., Kovalchuk Yu.L. Study of Hydrochemical Conditions of the *Phyllophora* Zernov's Field in Summer. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 1993, iss. 43, pp. 69-75. (In Russian)
16. Milchakova N.A., Alexandrov V.V., Bondareva L.V., Pankeeva T.V., Chernysheva E.B. *Morskije ohranyayemye akvatorii Kryma* [Marine protected water areas of Crimea]. Simferopol, N. Oreanda Publ., 2015, 312 p. (In Russian)
17. Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Macrophytobenthos and macrophytoperiphython of reserve «Swan Islands» (Black Sea, Ukraine). *Al'gologia* [Algology]. 2010, vol. 20, no. 2, pp. 176-191. (In Russian)
18. Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Summer macrophytobenthos psedo- and sublitoral of Bakal plait and neighbouring regions of Karkinitzkiy gulf (Black Sea, Ukraine). *Al'gologia* [Algology]. 2011, vol. 21, no. 3, pp. 295-311. (In Russian)
19. Maslov I.I. Macrophytobenthos of some reserved areas of the Black Sea (Ukraine). *Al'gologia* [Algology]. 2002, vol. 12, no. 1, pp. 81-95. (In Russian)
20. Minicheva G.G. Kosenko M.N., Shvets A.V. Phytobenthos of the Large and Small *Phyllophora* Fields as a reflection of the contemporary ecological state of the northwestern Black Sea. *Morskoy ekologicheskij zhurnal* [Marine Environmental Journal]. 2005, vol. 4, no. 4, pp. 61-71. (In Russian)
21. Sadogurskiy S.Ye. To study of macrophytobenthos of reserve waters of Karkinitzkiy Bay (Black Sea). *Al'gologia* [Algology]. 2001, vol. 11, no. 3, pp. 342-359. (In Russian)
22. Sadogurskiy S.Ye. Aquatic flora and vegetation in the filial «Swan islands» Crimean Nature Reserve (Black Sea): its modern state and the wais of preservation. *Zapovidna sprava v Ukraini* [Conservation business in Ukraine]. 2009, vol. 15, no. 2, pp. 41-50. (In Russian)
23. Sadogurskiy S.Ye. Macrophytobenthos of territory-aquatic of Bakalskaya spit and adjacent Black Sea aquatory (Crimea Peninsula). *Zapovidna sprava v Ukraini* [Conservation business in Ukraine]. 2010, vol. 16, no. 1, pp. 29-43. (In Russian)
24. Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and Azov Sea). *Algology*, 2019, vol. 29, no. 3, pp. 322-351. (In Russian) DOI: 10.15407/alg29.03.322
25. *Vodnyi kodeks Rossijskoi Federatsii" ot 03.06.2006 N 74-FZ (red. ot 08.12.2020) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2021)* [Water Code of the Russian Federation from 03.06.2006 N 74-FZ (ed. from 08.12.2020) (with amendments and additions, intro. effective from 01.01.2021)]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (accessed: 10.01.2021)
26. Kalugina-Gutnik A.A. Investigation of the bottom vegetation of the Black Sea with the use of light diving equipment. In: *Morskije podvodnye issledovaniya* [Marine underwater research]. Moscow, Nauka Publ., 1969, pp. 105-113. (In Russian)
27. Blianova E.I., Pronina O.A., Shtrik V.A. [Guidelines for accounting for the stocks of commercial marine algae in the coastal zone]. In: *Metody landshaftnykh issledovaniy i otsenki zapasov donnykh bespozvonochnykh i vodoroslei morskoi pribrezhnoj zony. Izuchenie ekosistem rybokhozyajstvennykh vodoemov, sbor i obrabotka dannykh o vodnykh biologicheskikh resursakh, tekhnika i tekhnologiya ikh dobychi i pererabotki* [Methods of landscape

- research and assessment of stocks of benthic invertebrates and algae in the coastal zone. Study of ecosystems of fishery reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, equipment and technology for their extraction and processing]. Moscow, VNIRO Publ., 2005, no. 3, pp. 80-127. (In Russian)
28. Zinova A.D. *Opredelitel' zelenykh, burykh i krasnykh vodoroslej yuzhnykh morej SSSR* [Determinant of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR]. Leningrad, Nauka Publ., 1967, 397 p. (In Russian)
29. Rubtsov N.I. *Opredelitel' vysshih rasteniy Kryma* [Determinant of higher plants of the Crimea]. Leningrad, Nauka Publ., 1972, 550 p. (In Russian)
30. Kalugina-Gutnik A.A. *Fitobentos Chernogo morya* [Phytobenthos Black Sea]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1975, 248 p. (In Russian)
31. Nefedova T.G., Runova T.G., Treyvish A.I. The contradictions of nature management: identification, analysis, solutions. *Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda* [Natural resources and the environment]. 1986, vol. 50, no. 15, pp. 21-24. (In Russian)
32. Boltachev A.R., Mil'chakova N.A. Reasons and probable consequences of the abundant growth of green algae *Cladophora sericea* on the shelf of southwestern Crimea in spring. *Rybnoe hozyajstvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine]. 2004, no. 5, pp. 4-7. (In Russian)
33. Goryachkin Yu.N., Dolotov V.V. *Berega Kryma* [Sea coasts of Crimea]. Sevastopol, OOO «COLORIT» Publ., 2019, 256 p. (In Russian)
34. Kireeva E.V. Influence of the granulometric composition of bottom sediments on the anatomical and metric structure of the vegetative sphere of sea grasses of the Black Sea. *Ekologiya morya* [Ecology Sea]. 2007, vol. 74, pp. 34-39. (In Russian)
35. Milchakova N.A. Statistical analysis of the influence of the granulometric composition of bottom sediments on the number and size structure of populations of the *Zostera marina* L. morphostructure in the Black Sea. *Ekologiya morya* [Ecology Sea]. 1989, vol. 32, pp. 59-63. (In Russian)
36. Alexandrov V.V. Relationship between the morphostructure of the Black Sea *Zostera marina* L. and the granulometric composition of bottom sediments. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 2001, vol. 58, pp. 45-49. (In Russian)
37. Goryachkin Yu.N., Kosyan R.D. The Bakalskaya Spit is a unique natural object of the Crimean Peninsula (review). *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon morya* [Environmental safety of coastal and shelf zones of sea]. 2018, no. 4, pp. 5-14 (In Russian)
38. Divinsky B.V. Hydrodynamic water conditions in the Bakal spit area. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon morya* [Environmental safety of coastal and shelf zones of sea]. 2018, no. 4, pp. 31-39. (In Russian)
39. Preobrazhenskii B. V., Dubeikovskii V.V., Zharikov L.V. *Osnovy podvodnogo landshaftovedeniya: (Upravlenie morskimi ekosistemami)* [Fundamentals of Submerged Landscape Science (Management of Marine Ecosystems)]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2000, 352 p. (In Russian)
40. Milchakova N.A., Mironova N.V., Ryabogina V.G. Marine plant resources. In: *Promyslovye bioresursy Chernogo i Azovskogo morei* [Commercial bioresources of the Black and Azov Seas]. Sevastopol, Ekosi-Gidrofizika Publ., 2011, ch. 4. pp. 117-139. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна В. Панкеева принимала участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г., составила картосхема донной растительности и типов природопользования. Наталья В. Миронова принимала участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г., описала распределения макрофитобентоса. Юрий Н. Горячкин принимал участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г., составил картосхема типов берегов. Людмила В. Харитоновна принимала участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tatyana V. Pankeeva participated in the collection and processing of materials in 2019 and compiled a map of the bottom vegetation and types of nature management. Nataliya V. Mironova participated in the collection and processing of materials in 2019 and described the distribution of macrophytobenthos. Yuri N. Goryachkin participated in the collection and processing of materials in 2019 and compiled a map of the types of coasts. Ludmila V. Kharitonova participated in the collection and processing of materials in 2019. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Татьяна В. Панкеева / Tatyana V. Pankeeva <http://orcid.org/0000-0002-8933-6103>
 Наталья В. Миронова / Nataliya V. Mironova <http://orcid.org/0000-0001-7110-7081>
 Юрий Н. Горячкин / Yuri N. Goryachkin <http://orcid.org/0000-0002-2807-201X>
 Людмила В. Харитоновна / Ludmila V. Kharitonova <http://orcid.org/0000-0003-0705-0812>