

УДК 502.75:581.526.323(262.5)

## Пространственное распределение запасов макрофитов в бухте Круглой (Черное море)

*Миронова Н. В., Панкеева Т. В.*

*ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского» РАН  
Севастополь, Россия  
tatyapankeeva@yandex.ru, dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

В статье показаны особенности пространственного распределения запасов донной растительности с учетом ландшафтной структуры дна в бухте Круглой (регион Севастополя). Применение ландшафтного подхода в гидробиологических исследованиях основано на комплексном изучении донных природных компонентов. Одним из важнейших компонентов донного природного комплекса (ДПК) является макрофитобентос. Для изучения ДПК бухты использовали материалы гидробиологической и ландшафтной съемок, проведенных в этом районе летом 2017 и 2018 годов. На их основе составлена ландшафтная карта бухты Круглой и выделены 10 ДПК с участием ключевых видов макрофитов (цистоциры, филлофоры и zostеры). Показано, что для глыбово-валунной отмости, подводного абразионного склона, гряды, сложенных псефитовыми отложениями с выходами коренных пород, характерно доминирование видов цистоциры, доля которых достигает 76–86 % общих запасов макрофитов. Запас фитомассы макрофитов, видов цистоциры и филлофоры варьирует от 9,5 до 49,9; от 3,8 до 42,9 и 0,1 до 4,3 т·га<sup>-1</sup> соответственно. Площадь этих ДПК составляет около половины общей площади акватории. На слабонаклонной аккумулятивной равнине, сложенной псаммитово-алевритовыми донными осадками, в центральной части бухты преобладают морские травы, где их вклад составляет 95–98 % общих запасов. Запас фитомассы макрофитов, взморника Нольта и рдеста гребенчатого колеблется от 7,4 до 10,7; от 6,6 до 7,2 и от 0,04 до 3,55 т·га<sup>-1</sup> соответственно. Площадь этих ДПК не превышает четверти общей площади акватории. Ведущими факторами, оказывающими влияние на формирование ДПК, являются гидродинамические и литодинамические процессы, происходящие в акватории бухты под воздействием как природных, так и природно-антропогенных факторов.

*Ключевые слова:* макрофитобентос, цистоцира, филлофора, zostера, донный природный комплекс, бухта Круглая, Черное море.

### ВВЕДЕНИЕ

Состояние основного звена прибрежных экосистем – макрофитов обеспечивает нормальное функционирование и продуктивность связанной с ними биоты. Применение ландшафтного подхода к изучению донной растительности дает возможность отразить региональные закономерности их пространственного распространения, выработать принципы рационального природопользования в прибрежной зоне. В настоящей статье применен термин донный природный комплекс (ДПК), под которым понимается относительно однородный участок дна, характеризующийся единством взаимосвязанных компонентов: литогенной основы (донных осадков в пределах активного слоя или поверхности коренной породы) и населяющих их морских организмов (Папунов, 2012). Этот термин используется как понятийная категория, а не таксономическая и включает в себя представление «о природной системе в зоне взаимодействия подводного рельефа и минерального субстрата, возникающего на базе определенной геологической истории, гидроклиматических факторов и биоты» (Преображенский, 1984, стр. 18). Одним из важнейших компонентов ДПК является донная растительность, которая считается индикатором своеобразия морфологических комплексов горизонтального расчленения ландшафтной структуры (Петров, 1989). Учитывая, что макрофиты, являясь основным продукционным звеном черноморского шельфа, активно реагируют на изменения окружающей среды, которые вызваны освоением и застройкой береговой зоны, неконтролируемой рекреационной нагрузкой, возрастанием объемов неочищенных хозяйственно-бытовых стоков, то вполне обоснованна возможность использования

количественных и качественных показателей макрофитобентоса при изучении подводных ландшафтов.

Несмотря на проводимые ландшафтные и гидрботанические исследования крымского побережья, ДПК бухт мало изучены, хотя здесь формируются своеобразные ДПК как с фитоценозами водорослей, так и морских трав (Миронова, Панкеева, 2018*a*, 2018*b*). В настоящее время береговая зона бухт региона Севастополя активно используется под селитебную и рекреационную застройку, развивается пляжно-купальная рекреация. Бухта Круглая (Омега) характеризуется, с одной стороны, наличием уникальных местообитаний донной растительности, имеет высокую научно-познавательную, соэкологическую и эстетическую ценность, а с другой – ее береговая зона является привлекательной для развития хозяйственной деятельности. Несмотря на то, что изучению бухты Круглой всегда уделялось особое внимание, тем не менее, сведений о составе, распределении и запасах макрофитобентоса этого района не так много. Одна из ранних альгологических работ выполнена на открытом побережье западного мыса бухты Круглой, где прослеживались тенденции в изменениях видового состава и количественном распределении фитобентоса за период с 1964 по 1990 год (Калугина-Гутник и др., 1993). Ежемесячным наблюдениям за изменениями структуры и биомассы цистозирово-лауренциевого фитоценоза, зарегистрированного на крупных валунах на глубине 1–3 м на выходе из бухты Круглой, посвящена работа И. К. Евстигнеевой (1983). Достаточно полно изучена донная растительность мелководной части бухты Круглой, где проанализированы изменения структуры фитоценозов, видового состава и биомассы макрофитов, входящих в их состав, вдоль береговой линии бухты через каждые 100 м на глубине 0–0,5 м за период с 1987 по 1997 год (Евстигнеева, 1990, Евстигнеева, Николенко, 2003). В работе С. А. Ковардакова и А. В. Празукина (2012) на основе гидрботанических съемок 1989 и 2008 годов сопоставлены структурные и поточные характеристики фитоценозов бухты Круглой, рассчитан самоочистительный потенциал макрофитов, оценены их запасы и потенциальная способность изъятия из воды биогенных элементов и насыщение ее кислородом. В статьях всех авторов показано, что в бухте широко представлены ключевые фитоценозы цистозир, филлофоры и зостеры, обладающие высоким охранным статусом как на государственном, так и международном уровнях.

Цель исследований – изучение пространственного распределения макрофитобентоса и оценка запасов ключевых видов макрофитов с учетом ландшафтной структуры дна в бухте Круглой.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Бухта Круглая расположена на северном побережье Гераклейского полуострова между Двойной и Стрелецкой бухтами. Бухта относится к полукрытому типу, мелководная со средней глубиной 4,5 м (Ковардаков, Празукин, 2012). Длина ее береговой линии составляет около 4 км.

Для изучения пространственного распределения макрофитов в бухте Круглая использованы материалы, полученные авторами в ходе ландшафтной и гидрботанической съемок, выполненных в летний период 2017–2018 годов. При исследовании ландшафтов бухты использовали общие методологические положения ландшафтоведения и известные методы изучения подводных ландшафтов (Мануйлов, 1987; Петров, 1989). Работы проводили с борта маломерного судна с применением легководолазной техники (Блинова и др., 2005; Игнатов и др., 1982). В бухте заложены пять ландшафтных профилей (разрезов), которые расположены перпендикулярно к берегу и охватывали все типы ландшафтов (рис. 1, табл. 1). Их длина варьировала в зависимости от особенностей геолого-геоморфологического строения подводного рельефа и нижней границы обитания донной растительности.

В проведении морских полевых исследований макрофитов и ландшафтной структуры дна бухты Круглой принимала участие к. г. н. Панкеева Т. В. Дайвер-исследователь, снабженный дайв-компьютером, проходил вдоль мерной линии (разреза), отмечая глубину смены

ландшафта, нижнюю границу фитали, при этом выполняя фото- и видеосъемку. В зависимости от прозрачности воды радиус исследуемой площади дна вдоль разреза составлял примерно 10–15 м. На ключевых точках, которые располагали на стандартных глубинах (0,5; 1; 2; 3; 10 и 15 м), используемых при гидробиотических исследованиях, дайвер визуально описывал донные отложения, пользуясь классификацией морских обломочных осадков по гранулометрическому составу, разработанной П. Л. Безруковым и А. П. Лисициным (1960).

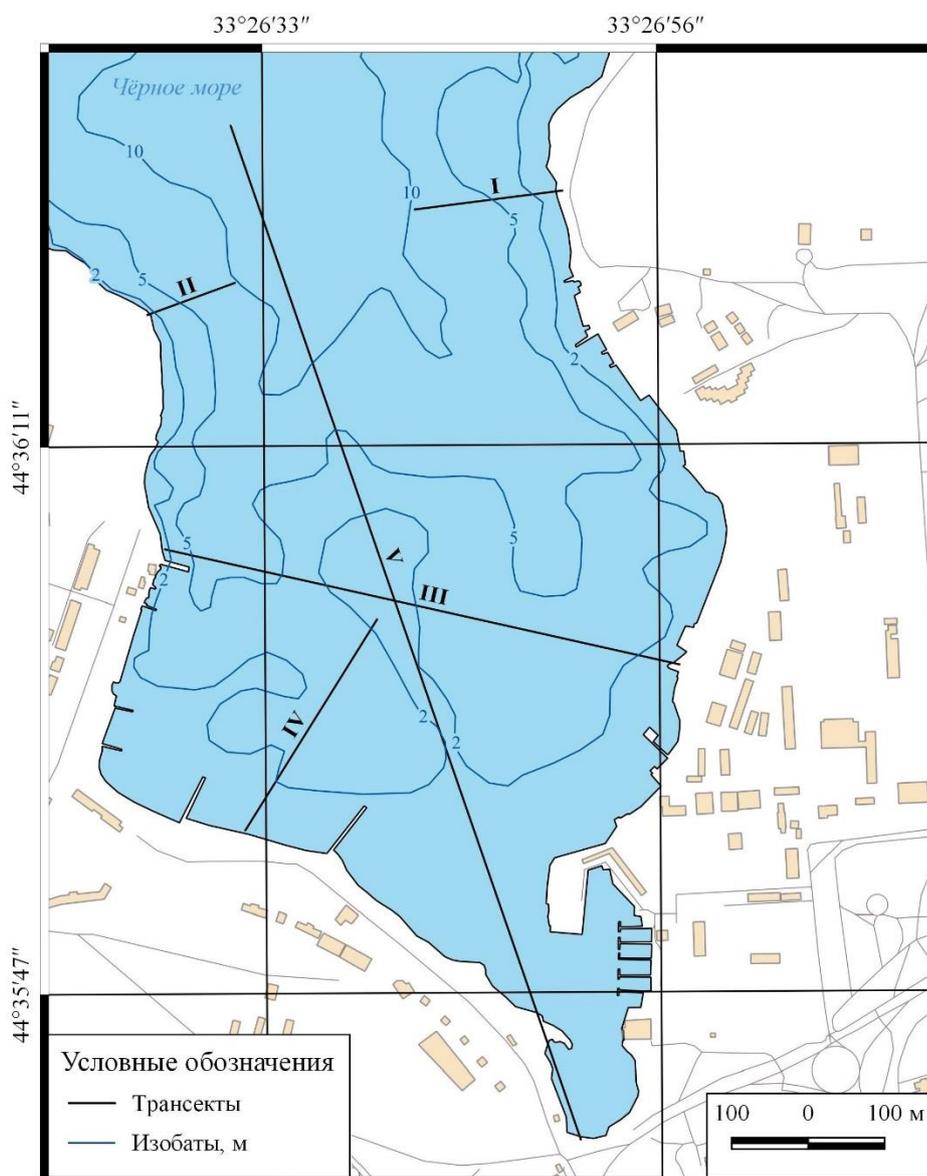


Рис. 1. Картограмма района исследований (I–V – номера разрезов)

Для изучения состава и структуры фитоценозов на этих глубинах закладывали по четыре учетные площадки размером 25×25 см, при этом учитывали проективное покрытие дна макрофитами (ПП). Всего заложено 34 станции, собрано 136 количественных проб по стандартной методике, применяемой в морской фитоценологии (Калугина-Гутник, 1975). В камеральной обработке проб принимали участие авторы. Выделение фитоценозов проводили согласно доминантной классификации по А. А. Калугиной-Гутник (1975). Оценку ресурсов донной растительности проводили по методике, используемой в морских фитоценологических

исследованиях (Левин, 1994). Расчет ресурсов макрофитобентоса, описание современного состояния и пространственного распределения запасов макрофитов произведено к. б. н. Мироновой Н. В.

Таблица 1

Координаты и диапазон глубин разрезов в бухте Круглой

№ разреза	Координаты		Диапазон глубин, м
	северная широта	восточная долгота	
I	44°36'22"	33°26'51"	0,5–10
II	44°36'16"	33°26'26"	0,5–10
III	44°36'06"	33°26'27"	0,5–0,5
IV	44°36'54"	33°26'31"	0,5–0,5
V	44°36'41"	33°26'52"	0,5–16

Для создания ландшафтной карты использовали программный пакет QGIS 2.18.17 и электронную основу навигационной карты. Географическую привязку границ ДПК осуществляли с помощью программы QGIS. Сопряженный анализ батиграфии, карт литологического состава и данных водозащитной съемки позволили провести экстраполяцию участков дна со сходными параметрами для выделения границ ДПК. Результаты обобщения исследований ДПК бухты Круглой отражены на ландшафтной карте (рис. 2). Разработка картосхемы ландшафтной структуры дна бухты Круглой и иллюстрации к статье выполнены к. г. н. Панкеевой Т. В.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Своеобразие геолого-геоморфологического строения и гидродинамического режима бухты Круглой обусловили разнообразие сообществ макрофитов, где представлены фитоценозы как морских трав, так и водорослей. В 2017–2018 годы в ландшафтной структуре бухты выделено десять ДПК с участием ключевых видов макрофитов: цистозире (*Cystoseira barbata* C. Ag. и *C. crinita* (Desf.) Vory), филлофоры (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon = *Ph. nervosa* (DC) Grev.), взморник Нольта (*Z. noltei* Hornem) и рдеста гребенчатого (*Stuckenia pectinata* (L.) Börner = *Potamogeton pectinatus* L.) (рис. 2). Характерно, что *Ph. crispa* входит в списки Красной книги (КК) РФ (2008), КК Республики Крым (РК) (2016) и КК г. Севастополя (2018). *C. crinita*, *C. barbata* и *Zostera noltei* – КК РК, при этом сообщества морских трав отнесены ЮНЕП к критическим местообитаниям Мирового океана.

**1. Глыбово-валунная отмостка и выходы коренных пород с доминированием видов цистозире.** ДПК расположен вдоль восточного и западного побережья на глубине 0,5–1 м. Для приурезовой зоны характерны глыбово-валунные отложения. Общая площадь этого ДПК небольшая (2,2 % общей площади акватории бухты) (табл. 2). Здесь представлен фитоценоз *Cystoseira crinita*+*C. barbata*–*Cladostephus spongiosus*–*Ellisolandia elongata* [= *Corallina mediterranea*]. Запас фитомассы макрофитов и видов цистозире достигает 41,7 и 32,0 т·га<sup>-1</sup> соответственно. Изредка встречается *Phyllophora crispa*, запас её фитомассы не превышает 0,01 т·га<sup>-1</sup>.

**2. Подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с преобладанием видов цистозире.** ДПК описан вдоль западного и восточного побережья на глубине 1–7(10) м. Подводный склон приглубый, сложенный слоистыми сарматскими известняками. Общая площадь этого ДПК наибольшая и достигает свыше 30 % общей площади акватории бухты (табл. 2). Здесь также зарегистрирован фитоценоз *Cystoseira crinita*+*C. barbata*–*Cladostephus spongiosus*–*Ellisolandia elongata*. Запас фитомассы макрофитов и видов цистозире в 1,2 раза ниже, тогда как филлофоры курчавой – в 28 раз выше, чем на предыдущем ДПК.

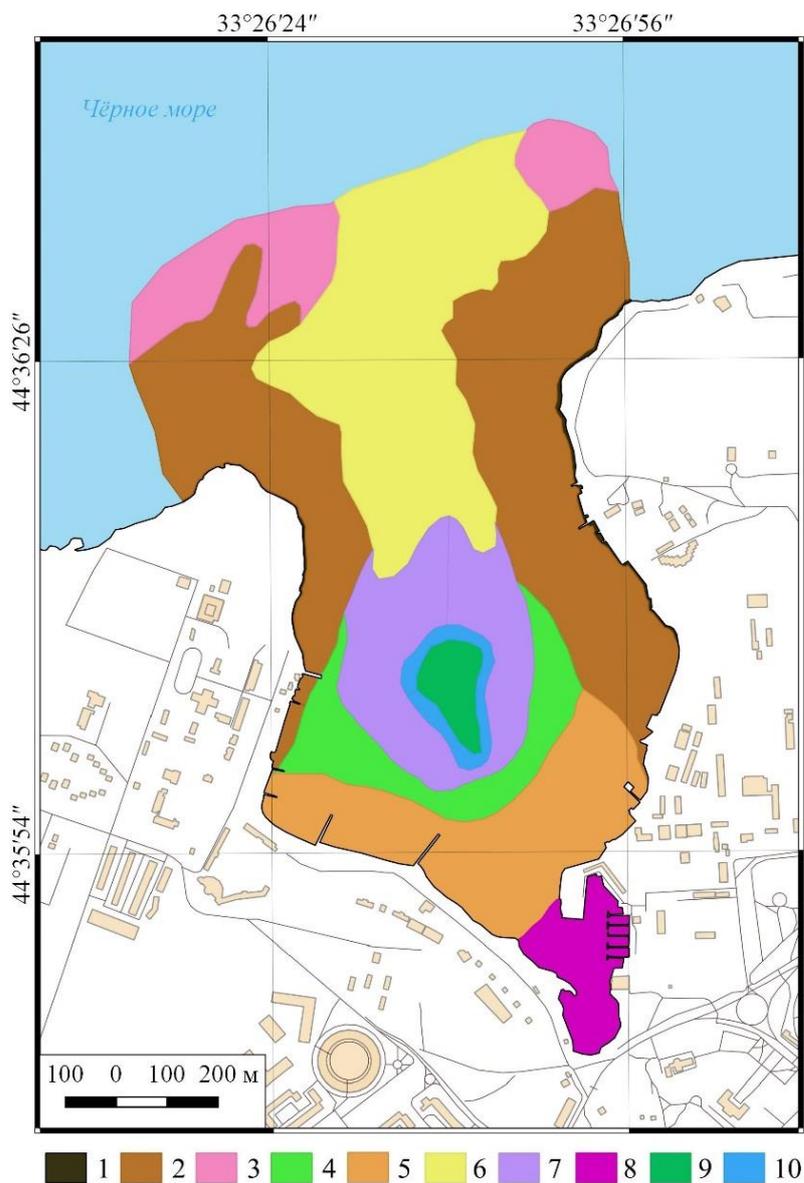


Рис. 2. Картограмма ландшафтной структуры дна бухты Круглой (2017–2018 годы)

Условные обозначения: 1 – глыбово-валунная отмостка и выходы коренных пород с доминированием видов цистозиры; 2 – подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с преобладанием видов цистозиры; 3 – подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозиры и с чередованием гравийно-псаммитовых отложений, где преобладает филофора курчавая; 4 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алевроито-псаммитовыми донными осадками, где доминирует взморник Нольта; 5 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-алевритовыми отложениями с господством сообщества морских трав (взморника Нольта и рдеста гребенчатого); 6 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-гравийными отложениями, лишенная донной растительности; 7 – слабонаклонная аккумулятивная равнина с выходами коренных пород, где изредка встречаются виды цистозиры, а на псаммитово-алевритовом субстрате – единично произрастает взморник Нольта; 8 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алевроито-пелитово-псаммитовыми донными осадками с деградированным сообществом макрофитов; 9 – вершина подводной гряды с преобладанием видов цистозиры; 10 – подводные склоны гряды, сложенные псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозиры.

**3. Подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозир и с чередованием гравийно-псаммитовых отложений, где преобладает филлофора курчавая.** ДПК отмечен на западном и восточном побережье на выходе из бухты на глубине от 10 до 15 м. На выходах коренных пород представлен фитоценоз *Cystoseira crinita*+*C. barbata*–*Cladostephus spongiosus*–*Ellisolandia elongata*. Межрядовые понижения заполнены мелкообломочным материалом с включением детритуса ракуши, где зафиксирован фитоценоз *Phyllophora crispa*. Общая площадь ДПК составляет почти 10 % общей площади акватории бухты. Запас фитомассы водорослей и видов цистозир минимальный, при этом этот показатель для филлофоры курчавой – максимальный (табл. 2).

Таблица 2

Распределение запасов макрофитобентоса и доминирующих видов макрофитов в ДПК бухты Круглой в 2017 и 2018 годы

ДПК	Глубина, м	Площадь, га	Запас фитомассы (т·га <sup>-1</sup> )				
			Макрофитов	Видов цистозир	Филлофоры курчавой	Взморника Нольта	Рдеста гребенчатого
1	0,5–1	2,2	41,7	32,0	0,01	0	0
2	1–7(10)	30,8	34,6	26,4	0,28	0	0
3	10–15	10,0	9,5	3,8	4,34	0	0
4	1–5	4,7	7,4	0	0	7,2	0,04
5	1–2,5(3)	12,8	10,7	0	0	6,6	3,55
6	10–15	19,6	0	0	0	0	0
7	5–10	13,5	0	0	0	0	0
8	0,5–1	5,8	0	0	0	0	0
9	0,5–0,6	0,8	49,7	42,9	0,07	0	0
10	0,6–1	0,7	49,9	42,4	0	0	0

Примечание к таблице. Нумерация и описание ДПК соответствует сведениям, представленным на рисунке 2.

**4. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алевроито-псаммитовыми донными осадками, где доминирует взморник Нольта.** ДПК занимает центральную часть бухты на глубине 1–5 м. Для него характерна равнина, имеющая уклон к скалистой отмели, расположенной в центральной части бухты. Наклонная поверхность в основном сложена фракциями мелко- и среднезернистого песка. Его площадь не превышает 5 % общей площади бухты (табл. 2). Здесь зарегистрирован фитоценоз морской травы – *Zostera noltei*. Запас фитомассы макрофитов составляет 7,4 т·га<sup>-1</sup>, при этом на долю эдификатора фитоценоза приходится 98 % общих запасов (табл. 2). Единично встречается *Stuckenia pectinata*.

**5. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-алевритовыми отложениями с господством сообщества морских трав (взморника Нольта и рдеста гребенчатого).** ДПК отмечен в южной части бухты на глубине 0,5–3 м. Рельеф представляет выровненную поверхность с песчано-илистыми донными осадками. Площадь ДПК составляет около 13 % общей площади бухты (табл. 2). Здесь зафиксирован фитоценоз *Zostera noltei* + *Stuckenia pectinata*. Запас фитомассы макрофитов примерно в 1,5

раза превышает этот показатель на предыдущем ДПК. Запас фитомассы zostеры достигает  $6,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , что почти вдвое выше, чем эта величина для второго вида (табл. 2).

**6. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-гравийными отложениями, лишенная донной растительности.** ДПК занимает северную центральную часть бухты на глубине 7(10)–15 м. Рельеф представляет выровненную поверхность, сложенную песчано-гравийными донными осадками. Его площадь достигает около 20 % общей площади бухты (табл. 2).

**7. Слабонаклонная аккумулятивная равнина с выходами коренных пород, где изредка встречаются виды цистозеры, а на псаммитово-алевритовом субстрате – единично произрастает взморник Нольта.** ДПК расположен в центральной части бухты на глубине 3–5 м. Для рельефа характерны слабоокатанные глыбы известняков (размер 0,5–1,0 м) в виде плитообразных обломков. Площадь этого ДПК превышает 13 % общей площади бухты (табл. 2). Донная растительность представлена мозаично.

**8. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алеврито-пелитово-псаммитовыми донными осадками с деградированным сообществом макрофитов.** ДПК занимает устьевую часть бухты, представляет выровненную поверхность, сложенную илисто-песчаными донными осадками. Его глубина не превышает 0,5–1 м. Площадь ДПК около 6 % общей площади бухты (табл. 2). Здесь разреженно встречаются угнетенные водоросли и морские травы.

**9. Вершина подводной гряды с преобладанием видов цистозеры.** ДПК занимает центральную часть бухты. Для него характерна скалистая отмель с глубиной 0,5–0,6 м. Площадь ДПК незначительная (0,8 % общей площади бухты) (табл. 2). Зарегистрирован фитоценоз *Cystoseira crinita*+*C. barbata*–*Cladostephus spongiosus*–*Ellisolandia elongata*. Здесь отмечены значительный запас фитомассы макрофитов и максимальный – видов цистозеры, по сравнению с этими же показателями на других ДПК (табл. 2).

**10. Подводные склоны гряды, сложенные псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозеры.** ДПК расположен вокруг подводной гряды в центральной части бухты на глубине до 1 м. Рельеф характеризуется очень крутыми склонами, достигающими глубины 5 м. Площадь ДПК минимальная (0,7 % общей площади бухты) (табл. 2). Зафиксирован фитоценоз *Cystoseira crinita*+*C. barbata*–*Cladostephus spongiosus*–*Ellisolandia elongata*. Запас фитомассы макрофитов наибольший и высокий – видов цистозеры, по сравнению с этими же величинами на других ДПК (табл. 2).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ источников, посвященных изучению макрофитобентоса бухты Круглой, выявил значительные негативные перестройки в его составе и структуре за более чем полувековую историю. Так, А. А. Калугиной-Гутник с соавторами (1993) показано, что по флористическому составу и видовому разнообразию донная растительность в 1964 году имела значительное сходство с видами макрофитов, встречающимися в открытых и чистых участках Черного моря, тогда как в 1990 году был отмечен наиболее разнообразный видовой состав водорослей, что характерно для прибрежных районов со средней степенью загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками. И. К. Евстигнеева (1983, 1990, 2003) на основе изучения изменений видового состава, структуры и биомассы фитоценозов косвенно также подтвердила относительную чистоту прибрежных вод бухты Круглой в конце 70-х годов прошлого века, при этом в конце 90-х годов ее эвтрофирование заметно возросло в связи с увеличением сброса хозяйственно-канализационных стоков и рекреационной нагрузки (Евстигнеева, 1983, 1990; Евстигнеева, Николенко, 2003). Авторами также отмечено, что на протяжении всего периода наблюдений с 1987 по 1997 год средняя биомасса цистозирового фитоценоза на западном побережье бухты примерно в 1,3 раза ниже, чем на противоположном, что связано с отличиями в экологических условиях среды обитания и степени антропогенного воздействия. Характерно, что согласно альгологической съемки, проведенной в 2017 и 2018 годы, эта тенденция сохранилась. Так, запас фитомассы

цистозирового фитоценоза на восточном побережье бухты в 1,2 раза выше, чем на противоположном.

Согласно работе С. А. Ковардакова и А. В. Празукина (2012), оценка запасов донной растительности внутренней части бухты Круглой показала, что общие запасы макрофитобентоса и видов цистозеры снизились в 1,2 и 1,7 раза соответственно, тогда как запасы двух видов зостеры выросли почти в 2,5 раза за период с 1989 по 2008 год. (Ковардаков, Празукин, 2012). Сравнительный анализ материалов авторов с полученными нами результатами выявил значительные перестройки в структуре фитоценозов и изменения запасов ключевых видов макрофитов, которые, вероятно, связаны с увеличением антропогенной нагрузки на акваторию, при этом общеизвестно, что негативное влияние на экологическое состояние побережья оказывает строительство стационарных объектов рекреационной инфраструктуры в береговой зоне бухты.

Мы согласны с авторами, что резкое снижение запасов макрофитов и видов цистозеры в бухте Круглой в 2008 году связано с экстремальным штормом, который произошел в ноябре 2007 года, при этом высота волн достигала 4 м (Доценко, Иванов, 2013). Нами также было зарегистрировано разрушение прибрежных ДПК после этого шторма в бухте Ласпи. В дальнейшем мы наблюдали частичное восстановление зарослей макрофитов и цистозеры (Миронова, Панкеева, 2018 б). В бухте Круглой отмечено увеличение запасов видов цистозеры в 1,2 раза, тогда как общие запасы макрофитобентоса снизились на эту же величину за период с 2008 по 2018 год. За прошедшее десятилетие наиболее катастрофически сократились запасы филофоры (в 11–12 раз), которая ранее образовывала массовые скопления на границе нижней фитали. Деградация донной растительности в глубоководной зоне в условиях возрастающего эвтрофирования водных масс характерна для многих участков крымского побережья (Миронова и др., 2007).

Величина запасов морских трав сходна за период с 2008 по 2017 год. Однако, в структуре макрофитобентоса исследуемой части акватории бухты произошла замена зостеро-рдестовый фитоценоз, доминантами которого являлись *Zostera marina* и *Z. noltei*, на зостеро-рдестовый фитоценоз, приуроченный к песчано-илистым и илисто-песчаным отложениям, где преобладают *Z. noltei* и *Stuckenia pectinata*. Исчезновение *Zostera marina* и появление *S. pectinata* свидетельствует об увеличении степени заиления донных осадков (Куликова, Колесникова, 1976). Следует отметить, что в настоящее время степень заиления дна снижается по мере удаления от берега. Так, в центральной части бухты на глубине 1–5 м сосредоточены практически «чистые» заросли взморника Нольта, тогда как рдест гребенчатый встречается лишь изредка, при этом ближе к берегу доля рдеста существенно возрастает (табл. 2). Согласно А. А. Калугиной-Гутник (1975), *Z. noltei* не произрастает в кутовой части бухт, где имеется подток пресных вод. Вероятно, в последнее десятилетие в южной части бухты Круглой повысилась соленость, что привело к повышению плотности зарослей *Z. noltei*.

Таким образом, проанализировав ранее полученные материалы других авторов и сравнив современное пространственное распределение макрофитобентоса, оценив запасы доминирующих видов макрофитов на основе ландшафтного подхода, было выявлено, что в бухте Круглой сохранилась тенденция негативной трансформации донной растительности, которая, вероятно, связана с повышением уровня органического загрязнения акватории, вызванной возрастанием объемов береговых стоков из-за развития рекреационной инфраструктуры.

Применение ландшафтного подхода в исследованиях показало, что типичным ДПК в бухте Круглой, как и для всего Крымского побережья, является подводный абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозеры. ДПК имеет наибольшие показатели площади и высокие значения запаса фитомассы макрофитов, при этом вклад видов цистозеры составляет свыше 76 % общих запасов (табл. 2). ДПК глыбово-валунной отмостки с выходами коренных пород распространен на мелководье вдоль обоих берегов. На этом субстрате также доминируют виды цистозеры, доля которых достигает 77 % общих запасов (табл. 2). Преобладают виды

цистозире на вершине подводной гряды и на ее склонах, сложенных псефитовыми отложениями с выходами коренных пород. На этих ДПК, занимающих центральную часть бухты, отмечены максимальные величины запаса фитомассы макрофитов, при этом вклад видов цистозире составляет 85–86 % общих запасов (табл. 2). В ДПК, расположенном в глубоководной зоне западного и восточного побережья на выходе из бухты, господствуют виды цистозире (40 % общих запасов) и филлофора курчавая (50 % общих запасов). В южной части бухты на слабонаклонной аккумулятивной равнине на псаммитово-алевритовых донных осадках, преобладают морские травы, доля которых достигает 95–98 % общих запасов (табл. 2). Кроме этого, бухта Круглая характеризуется значительными площадями (свыше трети общей площади), где донная растительность практически отсутствует, что, вероятно, связано, за исключением устьевой части, с особенностями гидродинамического режима ее акватории. Относительная мелководность бухты Круглой определила зависимость режима ее течений и водообмена от ветровой обстановки, от баланса и интенсивности сгонно-нагонных процессов. Так, наиболее сильное волнение в устьевой части бухты может наблюдаться при штормовых ветрах северо-западного направления (высота волны не более 2 м). Эта часть бухты представляет собой значительно заиленный, мелководный, загрязненный, сильно прогреваемый участок акватории.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ландшафтной структуре бухты Круглой выделены ДПК с участием доминирующих видов макрофитов (*Cystoseira crinita*, *C. barbata*, *Phyllophora crispa*, *Zostera noltei* и *Stuckenia pectinata*). Показано, что для глыбово-валунной отмостки, подводного абразионного склона, гряды, сложенных псефитовыми отложениями с выходами коренных пород, характерно доминирование видов цистозире, доля которых достигает 76–86 % общих запасов макрофитов. Запас фитомассы макрофитов, видов цистозире и филлофоры варьирует от 9,5 до 49,9; от 3,8 до 42,9 и 0,1 до 4,3 т·га<sup>-1</sup> соответственно. Площадь этих ДПК составляет около половины общей площади акватории.

На слабонаклонной аккумулятивной равнине, сложенной псаммитово-алевритовыми донными осадками, в центральной части бухты преобладают морские травы, где их вклад составляет 95–98 % общих запасов. Запас фитомассы макрофитов, взморника Нольта и рдеста гребенчатого колеблется от 7,4 до 10,7; от 6,6 до 7,2 и от 0,04 до 3,55 т·га<sup>-1</sup> соответственно. Площадь этих ДПК не превышает четверти общей площади акватории.

Таким образом, применение ландшафтного подхода к изучению растительной компоненты ДПК позволило выявить закономерности пространственного распространения макрофитобентоса в бухте Круглой. Ведущими факторами, оказывающими влияние на формирование ДПК, являются гидродинамические и литодинамические процессы, происходящие в акватории бухты под воздействием как природных, так и природно-антропогенных факторов.

Использование ландшафтных карт побережья может служить информационной основой для выработки принципов и принятия решений по рациональному природопользованию, а также применяться при создании различных прикладных, оценочных, инвентаризационных, конструктивных и прогнозных карт, которые являются важным звеном для разработки проектов хозяйственного освоения береговой зоны Черного моря.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ. № АААА-А18-118021350003-6 «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса»*

*Морская экспедиция и сбор материала макрофитобентоса проведены по теме ФИЦ ИнБЮМ: АААА-А18-118020890074-2. В камеральной обработке макрофитобентоса приняли участие: с. н. с. Бондарева Л. В., м. н. с. Далекая Л. Б., в. н. с. Мильчакова Н. А., с. н. с. Миронова Н. В., с. н. с. Панкеева Т. В., вед. инж. Рябогина В. Г., м. н. с. Чернышева Е. Б. и студентка филиала МГУ в г. Севастополе Пархоменко А. В.*

### Список литературы

- Безруков П. Л., Лисицин А. П. Классификация осадков современных морских водоемов // Труды института океанологии АН СССР. – 1960. – Т. 32. – С. 3–14.
- Блинова Е. И., Пронина О. А., Штрик В. А. Методические рекомендации по учету 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.
- Доценко С. Ф., Иванов В. А. Катастрофические природные явления Азово-Черноморского региона. – Севастополь: Морской гидрофизический институт, 2013. – 193 с.
- Евстигнеева И. К. Структура цистозирово- и зостеро-лауренциевых фитоценозов в некоторых районах крымского побережья Черного моря // Экология моря. – 1983. – Вып. 12. – С. 35–41.
- Евстигнеева И. К. Фитобентос прибойной зоны бухты Омега // АН УССР. ИнБЮМ-Севастополь, 1990. – 22 с. – Деп. в ВИНТИ 16.01.90, №278-В90.
- Евстигнеева И. К., Николенко Н. В. Растительность прибрежного мелководья Черного моря в условиях антропогенного воздействия // Альгология. – 2003. – Т. 13, № 4. – С. 371–380.
- В. Г. Методика исследований донных комплексов мелководной части шельфа // Подводные гидробиологические исследования, 1982. – С. 80–83.
- Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря – К.: Наукова думка, 1975. – 248 с.
- Калугина-Гутник А. А., Евстигнеева И. К., Миронова Н. В. Изменения донной растительности на открытом побережье Севастопольской бухты за период с 1964 по 1990 гг. // Альгология. – 1993. – Т. 3, № 2. – С. 42–48.
- Ковардаков С. А., Празукин А. В. Структурно-функциональные характеристики донного фитоценоза бухты Круглой (Севастополь) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2012. – № 7. – С. 138–148.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / [Гл. редколл.: Ю. П. Трутнев и др.]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
- Красная книга Республики Крым: растения, водоросли и грибы / [Отв. ред. д.б.н. проф. А.В. Ена и к.б.н. А.В. Фатерыга]. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2016. – 408 с.
- Красная книга города Севастополя / [Отв. ред. И. В. Довгань., В. В. Корженевский]. – Калининград, 2018. – 432 с.
- Куликова Н. М., Колесникова Е. А. Ассоциации цветковых растений в Севастопольской бухте // Биология моря. – 1976. – Вып. 36. – С. 17–25.
- Левин В. С. Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей. – С.-Пб.: Изд-во ПКФ «ОЮ-92», 1994. – 240 с.
- Мануйлов В. А. Методы исследования донных природных комплексов прибрежной зоны для марикультуры // Донные ландшафты Японского моря. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. – С. 64–73.
- Миронова Н. В., Мильчакова Н. А., Рябогина В. Г. Ресурсы макрофитов прибрежья Гераклеяского полуострова и особенности их многолетней динамики (Крым, Черное море) // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел. Труды ВНИРО, 2007. – Т. 147. – С. 381–396.
- Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Пространственное распределение макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры юго-западной части региона Севастополя // Экосистемы, 2018. – Вып. 14. – С. 20–30.
- Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Долговременные изменения пространственного распределения запасов макрофитов в бухте Ласпи (Черное море) // Экосистемы. – 2018. – Вып. 16 (46). – С. 33–46.
- Папунов Д. В. Макрофитобентос как индикатор динамики подводных ландшафтов береговой зоны моря [Электронный ресурс]. Вопросы современной альгологии. – № 2 (2). 2012. – Режим доступа: URL: <http://algology.ru/121> (просмотрено 15.04.2019).
- Петров К. М. Подводные ландшафты: теория, методы исследования – Л.: Наука, 1989. – 126 с.
- Преображенский Б. В. Основные задачи морского ландшафтоведения // География и природные ресурсы, 1984. – № 1. – С. 15–22.

**Mironova N. V., Pankeeva T. V. The spatial distribution of stock of macrophytes in Kruglaya bay (The Black Sea) // Ekosistemy. 2019. Iss. 19. P. 16–26.**

The features of the spatial distribution of stocks of sea bed vegetation are discussed in the article. The authors analyze the landscape structure of the sea bottom in Kruglaya Bay (Sevastopol region). Kruglaya Bay was chosen as a model study area due to its high environmental protection value and abundance of unique macrophytobenthos habitats. Application of the landscape approach in hydrobiological research is based on a comprehensive study of benthic natural components. The macrophytobenthos is considered the most vulnerable and important among the benthic natural complex (BNC)

components; it plays a key role in coastal ecosystem stability and contributes to a number of ecosystem functions and services. The research of spatial distribution of macrophytobenthos employed the materials of three expeditions conducted in Kruglaya Bay in summer 2017–2018. The study of the structure of seafloor landscape of Kruglaya Bay was carried out on the basis of the submarine landscape research program with the use of lightweight diving gear. In result the landscape map of Kruglaya Bay was made and the distribution of the key Black Sea phytocoenoses was revealed. Moreover, ten BNC types with the participation of key macrophyte species, namely, *Cystoseira* (*Cystoseira barbata* C. Ag. and *C. crinita* (Desf.) Bory); *Phyllophora* (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon = *Ph. nervosa* (DC) Grev.); and *Zostera* (*Zostera marina* L.) were described. It is proved that dominance of *Cystoseira* species which share reaches 76–86 % of the total stock of macrophytes is typical for block-and boulder pavement and the abrasion of the underwater slope of the ridge folded by pseudonyme sediments with bedrock outcrops. The stock of macrophytobenthos, species of *cystoseira* and *phyllophora* varies from 9.5 to 49.9; from 3.8 to 42.9 and 0.1 to 4.3 thousands per-hectar, respectively. The area of BNC encompasses about half of the total water area. The gently sloping alluvial plain formed by silty-psammitic (arenaceous) sediments with dominant common eelgrass (*Zostera noltei*) occupied the central part of the bay, where their contribution is 95–98 % of the total reserves. The stock of macrophytes, species of *Zostera noltei* и *Stuckenia pectinata* varies from 7.4 to 10.7; from 6.6 to 7.2 and from 0.04 to 3.55 thousands per-hectar, respectively. The area of these BNC does not exceed a quarter of the total area of the water area. The leading factors influencing the formation of the BNC are hydrodynamic and lithodynamic processes occurring in the water area of the bay under the influence of both natural and anthropogenic factors.

*Key words:* macrophytobenthos, *cystoseira*, *phyllophora*, *zostera*, bottom natural complexes, Kruglaya Bay, Black Sea.

*Поступила в редакцию 14.05.19*