

УДК 502.5 (292.471-751.2)

Распределение запасов макрофитов в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического»

Миронова Н. В., Панкеева Т. В.

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН
Севастополь, Россия
dr.nataliya.mironova@yandex.ru; [tatyapankeeva@yandex.ru](mailto:tatyanapankeeva@yandex.ru)

В результате проведённых исследований в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» были оценены запасы донной растительности, показано распределение макрофитобентоса и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей по глубинам и участкам. В прибрежной зоне памятника природы ресурсная составляющая макрофитов, *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa* отличается как по глубинам, так и по участкам, что объясняется снижением освещённости при увеличении глубины и различными геолого-геоморфологическими и гидродинамическими условиями прибрежной зоны. Анализ распределения донной растительности в акватории памятника природы показал, что запас фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* наиболее высок на глубине 1–5 м, а *Phyllophora crispa* – на глубине 5–15 м. Вклад «цистозирь» в общих запасах макрофитов при увеличении глубины от 0,5 до 15 м снижается более чем вдвое, а доля филлофоры при повышении глубины от 5 до 15 м возрастает более чем на порядок. По расчётным данным общие запасы макрофитов определены в 2815,7 т, из которых почти 1457,1 т приходится на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 644,9 т – на *Phyllophora crispa*, что составляет 52 и 23 % соответственно. В среднем, на 1 га исследуемого побережья сосредоточено 47,9 т макрофитов, в том числе, 24,8 т «цистозирь» и 11,0 т филлофоры. Установлено, что памятник природы играет важную роль в сохранении и охране донной растительности в прибрежной зоне северной части Гераклейского полуострова. Полученные результаты могут быть использованы для мониторинга охраняемых местообитаний макрофитобентоса.

Ключевые слова: макрофитобентос, особо охраняемые природные территории, ресурсы, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

Донная растительность считается одним из ключевых звеньев в функционировании экосистем шельфа, являясь как продуцентом органического вещества, так и средой обитания для множества видов гидробионтов. Изучение продукционных характеристик макрофитобентоса необходимо для оценки общего состояния прибрежных участков моря. Особую роль в сохранении биологического и ландшафтного разнообразия играют морские охраняемые акватории (МОА). Исследования, проводимые на МОА Республики Крым, в том числе и городе федерального значения Севастополе, показывают, что в настоящее время наблюдается снижение ресурсного потенциала макрофитов, обусловленное увеличением антропогенной нагрузки на береговую зону (Мильчакова и др., 2015; Миронова, Панкеева, 2018; Pankeeva, Mironova, 2019; Alexandrov, Milchakova, 2022). В связи с этим, проведение мониторинговых исследований донной растительности на объектах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) приобретает актуальность.

За последние годы на объектах ООПТ города Севастополя накоплены сведения о видовом составе макрофитобентоса, структуре его популяций и фитоценозов (Mironova, Pankeeva, 2021; Alexandrov, Milchakova, 2022; Евстигнеева и др., 2022). Тем не менее, памятники природы гидрологического профиля, требуют более детальных исследований, так как ресурсная составляющая макрофитобентоса изучена недостаточно.

Объектом исследования является памятник природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического», который считается своеобразным центром биологического разнообразия, формирующегося в условиях контакта моря и береговых обрывов, сложенных известняками меотиса и сармата.

Цель работы – оценка запасов макрофитов и их пространственного распределения в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического».

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» занимает северное побережье Гераклейского полуострова и расположен между бухтами Песочная и Карантинная (город Севастополь). Его общая площадь составляет 60,66 га, из которых площадь территории – 1,00 га, акватории – 59,66 га. Общая протяжённость береговой линии достигает 1500 м, ширина акватории – от 150 до 500 м.

Подводный склон памятника природы приглубый, сложен глыбово-валунными отложениями. В прибрежной зоне расположена полоса бенча, которая представляет собой отпрепарированный пласт известняка, перекрытый окатанными валунами. Характерен резкий спад глубин до глубины 3 м, далее подводный склон выполаживается. На глубине 3–10 м сформировался пересечённый рельеф, который осложнён навалом глыб известняка. Глубже располагается зона песка, которая сменяется широкой полосой ракуши, за полосой ракуши глубины круто падают, дно сложено илистыми отложениями.

Особенностью изучаемого памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» является то, что он расположен в пределах городской черты, сопредельные территории и акватории которого заняты селитебными и специальными (военными) комплексами. Основным источником эвтрофирования морской среды является Карантинная бухта, расположенная в восточной части памятника природы и считающаяся одной из наиболее загрязнённых бухт Севастопольского взморья (Куфтаркова и др., 2008). В её кутовой части существует аварийный выпуск неочищенных бытовых стоков и ливневой канализации, также здесь находится база кораблей и яхт. Свидетельством загрязнения вод бухты служат высокие концентрации нитратного (от 2 до 436 мкг·л⁻¹) и органического азота (от 103 до 17000 мкг·л⁻¹). Показательно, что сезонной закономерности в изменении концентрации нитратного и органического азота, а также других показателей не наблюдалось, что подтверждает влияние антропогенного фактора как преобладающего (Куфтаркова и др., 2008).

Помимо негативного воздействия акватории Карантинной бухты, на эвтрофирование прибрежной зоны памятника природы влияют трансформированные воды Севастопольской бухты, отличающиеся повышенным содержанием фосфатов, нитратного и органического азота, особенно в период паводков реки Чёрная (Куфтаркова и др., 2008). В работе Е. И. Куфтарковой с коллегами (2008) показано, что при ветрах северного и северо-восточного направления основная масса вод, выносящихся сгонно-нагонными процессами из Севастопольской бухты, течениями адвектирует в юго-западном направлении вдоль побережья памятника природы. Однако, благодаря интенсивному водообмену с прилегающей открытой частью моря и хорошей динамической активности, отрицательное воздействие загрязнённых вод существенно снижается (Куфтаркова и др., 2008).

Гидробиологические исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» проводили в летний период 2020 года. Работы в акватории выполняли с применением лёгководолазного снаряжения и с использованием маломерных судов. Для изучения состава макрофитобентоса и оценки запасов донной растительности в границах памятника природы было заложено три трансекты, расположенные перпендикулярно к берегу (рис. 1). Координаты профилей определяли при помощи портативного GPS-приемника (*Oregon 650*) (табл. 1), Отбор проб проводили по общепринятой методике (Калугина-Гутник, 1969). На глубинах 0,5; 1; 3; 5; 10 и 15 м располагали по четыре учётные площадки размером 25×25 см, при этом дайвер визуально определял проективное покрытие дна макрофитами (ПП).

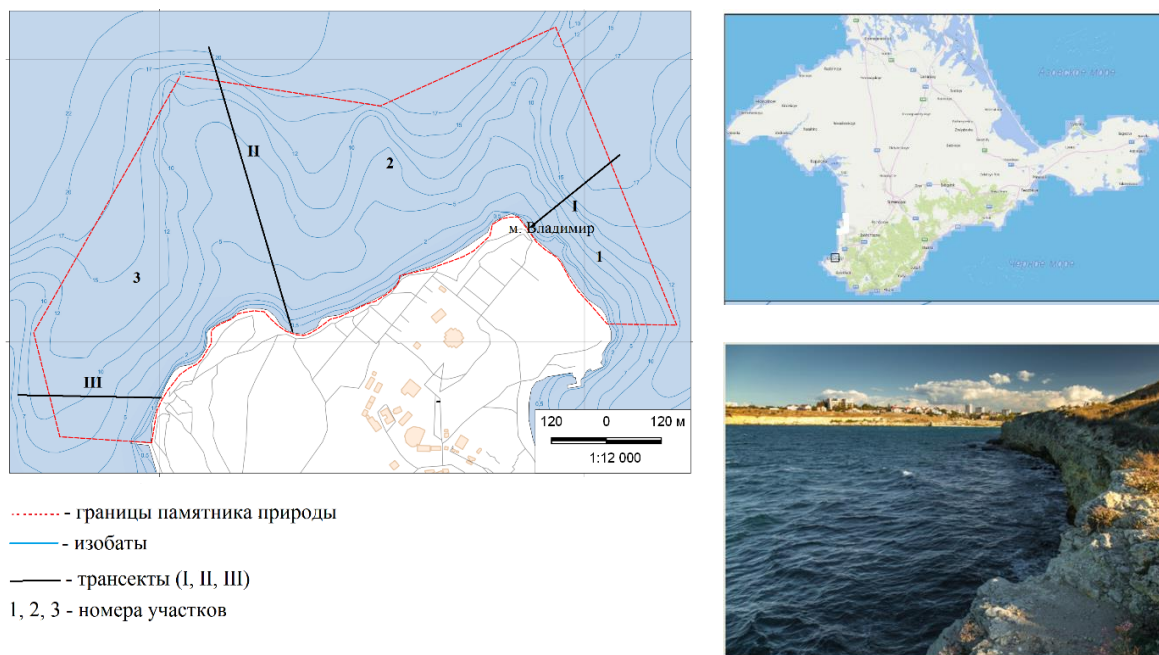


Рис. 1. Карта-схема географического положения памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» (2020 г.) (фото К. Г. Горалевич)

Таблица 1

Координаты, диапазон глубин и ширина фитали на трансектах памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического»

Трансекта	Координаты		Диапазон глубин, м	Ширина фитали, м
	северная широта	восточная долгота		
I	44°36.731'	033°29.860'	0,5–15	160
II	44°36.739'	033°29.319'	0,5–15	360
III	44° 36.642'	033° 29.114'	0,5–15	200

Водоросли помещали в мешки из мельничного газа и в сыром виде доставляли в лабораторию, где определяли их видовой состав. Идентификацию водорослей проводили по определителю (Зинова, 1967) с учётом последних номенклатурных изменений (AlgaeBase, 1996). В лабораторных условиях при обработке материала учитывали общую биомассу (сырую) макрофитов, биомассу литофитов и эпифитов, биомассу «цистозир» (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = *Cystoseira crinita* и *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = *Cystoseira barbata*) и филофоры (*Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon), которые являются видами-доминантами Чёрного моря. Ресурсы макроводорослей (кг, сырая масса) рассчитаны по методике, модифицированной для морских исследований $Q = B \times \text{ПП} \times S / 100$, где Q – запасы (кг), B – средняя биомасса водорослей ($\text{кг} \times \text{м}^{-2}$) в зарослях, ПП – проективное покрытие дна макрофитами (%), S – площадь, занятая зарослями макрофитов (м^2) (Блинова и др., 2005). Угол уклона дна не превышал 0.06, поэтому при расчёте запасов макрофитов он не учитывался. Определение площади акватории осуществляли с помощью программы QGIS. Для того, чтобы получить сравнимые данные, общие запасы макрофитобентоса и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей были пересчитаны на единицу площади (га). Для этого был введён показатель запас фитомассы. Запас фитомассы определяется как

отношение запасов макрофитов («цистозирь» и филлофоры) (Q) к площади участка, занятого донной растительностью (S). Таким образом, определяли запас фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*, который измеряется в т·га⁻¹ (Миронова и др., 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Макрофитобентос памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического», в целом, характеризуется поясным типом распределения с господством «цистозирового» (*Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*) и филлофорового (*Phyllophora crispa*) поясов. Ширина фитали варьирует от 160 до 360 м (табл. 1). Значения ПП в интервале глубин 0,5–5 м – невысокие (40–50 %). На этих глубинах в растительном покрове преобладают *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. В составе донной растительности на глубине 5–10 м доминирует *Phyllophora crispa*, при этом значения ПП не превышают 50 %.

В акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» общие запасы макрофитов достигают 2815,7 т. Их величина возрастает более чем в 20 раз при увеличении глубины от 0,5 до 15 м (табл. 2). В среднем, на 1 га произрастает 47,9 т макрофитов. Максимальный запас их фитомассы отмечен в интервале глубин 1–5 м, а минимальный – на глубине 0,5–1 и 10–15 м, при этом величины этого показателя в сопоставляемом диапазоне глубин оказались соизмеримыми (табл. 2).

Таблица 2

Изменение запасов, запаса фитомассы макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей, их доли в общих запасах макрофитов по глубинам в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» в летний период 2020 года

Глубина, м	Площадь, га	Запасы макрофитов, т	Запас фитомассы макрофитов, т·га ⁻¹	<i>Ericaria crinita</i> и <i>Gongolaria barbata</i>			<i>Phyllophora crispa</i>		
				Запасы, т	Доля в запасах, %	Запас фитомассы, т·га ⁻¹	Запасы, т	Доля в запасах, %	Запас фитомассы, т·га ⁻¹
0,5–1	1,22	53,2	43,6	41,8	79	34,3	0	0	0
1–3	2,36	139,5	59,1	104,7	75	44,4	0	0	0
3–5	7,89	471,3	59,7	313,5	66	39,7	0,3	0	0
5–10	20,68	1017,8	49,2	539,1	53	26,1	183,1	18	8,9
10–15	26,63	1133,9	42,6	458,0	40	17,2	461,5	41	17,3

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* оцениваются в 1457,1 т. Характерно, что на глубине 5–15 м сосредоточено 68 % их запасов, рассчитанных для прибрежной зоны памятника природы (табл. 2). Наибольший запас фитомассы «цистозирь» зарегистрирован на глубине 1–3 м (табл. 2). В направлении от верхней к нижней сублиторальной зоне (глубины 0,5–15 м) вклад *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* снижается вдвое (табл. 2).

Запасы *Phyllophora crispa* составляют 644,9 т. Массовые скопления этого вида обнаружены на глубине от 5 до 15 м, где зафиксировано практически 100 % её запасов, рассчитанных для прибрежной зоны памятника природы (табл. 2). Вблизи нижней границы фитали при увеличении глубины от 5 до 15 м вклад филлофоры в структуру общих запасов макрофитов возрастает от 18 до 41 %. Сходным образом изменяется запас её фитомассы, который увеличивается с 8,9 до 17,3 т·га⁻¹ (табл. 2).

Характерно, что вдоль всего побережья памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» на распределение запаса фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* оказывает влияние литологический состав донных отложений. Так, на глубине 0,5–5 м, где доминируют грубообломочные отложения, являющиеся благоприятным субстратом для прочного прикрепления макрофитов, эти показатели достаточно высоки (табл. 2). В тоже время, на глубине 0,5–1 м донные отложения, частично, представлены хорошо окатанными валунами, что в условиях значительной гидродинамической активности района препятствует и затрудняет произрастание макрофитобентоса. Этим объясняются более низкие значения запаса фитомассы макрофитов и «цистозир» на этой глубине, по сравнению с аналогичными показателями на глубине 1–5 м (табл. 2). Известно, что побережье памятника природы отличается высокой степенью прибойности, при одинаковой скорости ветра наиболее сильное волнение генерируется при преобладающих ветрах северо-западного направления (Удовик и др., 2016; Горячкин, Долотов, 2019).

По мере увеличения глубины от 5 до 15 м среди грубообломочного субстрата возрастает доля песчаных и галечно-гравийных с битой ракушей донных отложений, где показатели запаса фитомассы макрофитов и «цистозир» снижаются, тогда как эта величина для *Phyllophora crispa* существенно повышается (табл. 2).

Рассмотрим распределение общих запасов макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» по участкам.

Участок 1 (рис. 1) занимает восточную часть акватории памятника природы (от границы памятника до I трансекты). Его площадь не превышает 5,7 га. Общие запасы макрофитов составляют 237,7 т, их величина в направлении от верхней сублиторальной зоны к нижней возрастает почти на порядок (табл. 3). Запас их фитомассы варьирует в нешироком интервале от 35,9 до 50,8 т, при этом максимум отмечен на глубине 3–5 м, а минимум – на глубине 10–15 м. Характерно, что этот показатель на глубине 1–3 и 5–10 м оказался соизмеримым (46,9 и 45,3 т·га⁻¹ соответственно).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* определены в 166,0 т, их величина при повышении глубины возрастает почти в 7 раз (табл. 3). Доля «цистозир» в запасах макрофитов в диапазоне глубин 0,5–5 м слабо варьирует в пределах 80–81 %, а на глубине 5–15 м – снижается до 59–72 %. Максимальный запас их фитомассы приурочен к глубине 3–5 м, в интервале глубин 0,5–3 м эта величина возрастает от 33,5 до 37,7 т, а на глубине 5–15 м уменьшается примерно в полтора раза (табл. 3).

Запасы *Phyllophora crispa* невелики – 11,5 т, они сосредоточены, преимущественно, на глубине 5–15 м. Вклад филофоры в общих запасах макрофитов при увеличении в этом интервале глубины повышается от 4 до 9 %, а запас её фитомассы – от 1,8 до 3,3 т·га⁻¹.

Участок 2 (рис. 1) занимает центральную часть памятника природы (между трансектами I и II). Площадь участка составляет 32 га. Общие запасы макрофитов достигают 1741,4 т. Их величина при увеличении глубины от 0,5 до 15 м возрастает в 19 раз (табл. 3). Наибольший запас фитомассы макрофитов отмечен на глубине 1–5 м, а наименьший – на глубине от 0,5 до 1 м (табл. 3).

Запасы видов «цистозир» составляют 931,2 т, их величина колеблется по глубинам от 26,8 до 359,6 т. Максимальная и минимальная величины этого показателя отмечены на глубине 5–10 и 0,5–1 м соответственно. Доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в общих запасах макрофитов при увеличении глубины снижается от 78 до 42 %. Запас их фитомассы в диапазоне глубин 0,5–3 м возрастает в 1,3 раза, а на глубине от 3 до 15 м уменьшается более чем вдвое (табл. 3).

Запасы *Phyllophora crispa* оценены в 360,7 т. Её скопления приурочены, в основном, к глубине 5–15 м, где доля этого вида в общих запасах макрофитов при увеличении глубины повышается от 17 до 38 %. Филофора на глубине до 5 м встречается лишь изредка. Запас её фитомассы в интервале глубин 5–15 м возрастает вдвое (табл. 3).

Таблица 3

Изменение запасов, запаса фитомассы макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей, их доли в общих запасах макрофитов по глубинам и участкам в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» в летний период 2020 года

Глубина, м	Площадь, га	Запасы макрофитов, т	Запас фитомассы макрофитов, т·га ⁻¹	<i>Ericaria crinita</i> и <i>Gongolaria barbata</i>			<i>Phyllophora crispa</i>		
				Запасы, т	Доля в запасах, %	Запас фитомассы, т·га ⁻¹	Запасы, т	Доля в запасах, %	Запас фитомассы, т·га ⁻¹
Участок 1									
0,5–1	0,24	9,9	41,4	8,0	81	33,5	0	0	0
1–3	0,38	17,8	46,9	14,3	80	37,7	0	0	0
3–5	0,92	46,4	50,8	37,6	81	40,9	0,1	0	0,1
5–10	1,56	70,6	45,3	50,8	72	32,5	2,7	4	1,8
10–15	2,59	93,0	35,9	55,3	59	21,4	8,7	9	3,3
Участок 2									
0,5–1	0,74	34,5	46,6	26,8	78	36,2	0	0	0
1–3	1,52	96,0	63,1	71,6	75	47,1	0	0	0
3–5	4,54	292,1	64,3	195,6	67	43,1	0,2	0	0
5–10	11,93	658,4	55,2	359,6	55	30,1	112,0	17	9,4
10–15	13,30	660,4	49,6	277,6	42	20,9	248,5	38	18,7
Участок 3									
0,5–1	0,24	8,8	36,6	7,0	80	29,2	0	0	0
1–3	0,46	25,7	55,8	18,9	74	41,1	0	0	0
3–5	2,43	132,8	54,6	80,3	60	33,0	0	0	0
5–10	7,19	288,8	40,2	128,7	45	17,9	68,4	24	9,5
10–15	10,74	380,5	35,4	125,0	33	11,6	204,3	54	19,0

Участок 3 (рис. 1) занимает западную часть памятника природы (от трансекты II до границы памятника). Площадь участка – 21,1 га. Общие запасы макрофитов определены в 836,6 т. Их величина возрастает от верхней к нижней сублиторальной зоне и варьирует в широких пределах от 8,8 до 380,5 т (табл. 3). Показательно, что значения запаса фитомассы макрофитов в диапазоне глубин 1–5 и 0,5–1; 10–15 м, в целом, оказались соизмеримыми и колеблются в интервале 55,8–54,6 и 36,6–35,4 т·га⁻¹ соответственно.

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* оценены в 359,9 т, их величина изменяется по глубинам и возрастает от 7,0 до 128,7 т (табл. 3). Наибольшее и наименьшее значение этого показателя приходятся на глубины 5–10 и 0,5–1 м соответственно. Доля «цистозир» в общих запасах макрофитов при увеличении глубины от 0,5 до 15 м снижается более чем вдвое (табл. 3). Максимальный запас их фитомассы отмечен на глубине 1–3 м, а минимальный – на глубине 10–15 м (табл. 3).

Запасы *Phyllophora crispa* составляют 272,7 т, её основные скопления обнаружены на глубине 10–15 м (75 % запасов этого вида на участке), при этом до глубины 5 м филлофора практически не регистрируется. Её доля в общих запасах макрофитов при увеличении глубины в диапазоне 5–15 м возрастает вдвое (табл. 3). Наибольший запас фитомассы *Phyllophora crispa* приходится на глубину 10–15 м, тогда как на глубине 5–10 м эта величина вдвое ниже (табл. 3).

Таким образом, анализ полученного материала показал, что в акватории памятника природы ресурсная составляющая макрофитов, *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa* отличается как по глубинам, так и по участкам. Известно, что вдоль

градиента глубины снижается уровень проникновения света, что, в целом, приводит к уменьшению количественных показателей светолюбивых водорослей и увеличению роли сциафильных видов (Калугина-Гутник, 1975). Этим объясняется батиметрическая изменчивость альгофлоры. В тоже время, сравнительная характеристика запаса фитомассы макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей по участкам выявила, что для макрофитов наибольшие значения этого показателя характерны для центрального участка (2), а наименьшие – для западного участка (3) (54,4 и 39,7 т·га⁻¹ соответственно), тогда как для *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* на восточном и центральном участках (1 и 2) эти величины оказались соизмеримыми (29,2 и 29,1 т·га⁻¹ соответственно), а на западном участке (3) – наименьшие (17,1 т·га⁻¹). Максимальный запас фитомассы *Phyllophora crispa* отмечен на западном участке (3) (12,9 т·га⁻¹), а минимальный – на восточном участке (1) (2,0 т·га⁻¹).

Памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» играет важную роль в сохранении и охране донной растительности в прибрежной зоне северной части Гераклейского полуострова (от мыса Владимира до мыса Херсонес). В настоящее время побережье этой части Гераклейского полуострова сильно изменено в результате антропогенной деятельности, в связи с этим, вероятно, для прибрежной акватории характерны разреженные скопления макрофитов и низкие значения запаса фитомассы «цистозир» и филлофоры (Миронова, Панкеева, 2016). В тоже время в границах памятника природы сосредоточено около 20 % общих запасов макрофитов, 16 % запасов *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 92 % запасов *Phyllophora crispa*, при незначительной длине береговой линии, которая составляет около 9 % от общей протяженности северного побережья Гераклейского полуострова. Макрофитобентос памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» отличается значительным видовым разнообразием, обнаружено 58 видов водорослей, из них 12 – зелёных (Chlorophyta), 13 – бурых (Ochrophyta), 33 – красных (Rhodophyta), при этом в составе альгофлоры лидировали представители олигосапробной группы (Евстигнеева и др., 2022). Донная растительность памятника природы имеет соэкологическую ценность, почти треть идентифицированных видов занесены в Красную книгу Российской Федерации (КК РФ) (Красная книга..., 2008), Красную книгу Республики Крым (КК РК) (Красная книга..., 2015) и Красную книгу Севастополя (ККС) (Красная книга..., 2018), списки международных конвенций. Так, *Phyllophora crispa* и *Stilophora tenella* (Esper) P.C. Silva входят в состав КК РФ, КК РК и ККС, а *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Laurencia coronopus* J. Agardh и *Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse – в КК РК, *Nereia filiformis* (J. Agardh) Zanard., *Dasya apiculata* (C. Agardh) J. Agardh – в КК РК и ККС, *Dermocorynus dichotoma* (J. Agardh) Gargiulo, M. Morabito & Manghisi – в ККС. «Цистозировые» и филлофоровые биотопы имеют международный охранный статус (Gubbay et al., 2016). Таким образом, прибрежная зона памятника природы характеризуется сохранностью донной растительности, альгологическим разнообразием и высокими продукционными показателями макрофитобентоса.

Однако, памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» отличается низким охранным статусом, незначительной площадью и изолированностью, что не позволяет в полном объеме выполнять природоохранные задачи (Позаченюк и др., 2020). Учитывая важную роль памятника природы в сохранении донной растительности, необходимы мероприятия по оптимизации экологической сети для этого побережья. Н. А. Мильчаковой с коллегами (2022) предложено включить прибрежную акваторию северной части Гераклейского полуострова в Каламитский приморский коридор, где были бы выделены несколько прибрежных акваторий, которым в дальнейшем можно придать природоохранный статус. К ним относятся природные заказники «Бухта Круглая» (7 га), «Бухта Солёная» (25 га) и памятник природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Херсонес» (154 га) (Мильчакова и др., 2022). Увеличение площади и количества морских охраняемых акваторий на этом побережье позволит связать отдельные разрозненные природоохранные объекты в функционально-целостную систему, что обеспечит охрану ценных биотопов, в пределах которых сохраняется весь биоценотический комплекс с характерной таксономической структурой и биоразнообразием.

ВЫВОДЫ

1. Таким образом, по расчётным данным в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» общие запасы макрофитов определены в 2815,7 т, из которых почти 1457,1 т приходится на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 644,9 т – на *Phyllophora crispa*, что составляет 52 и 23 % соответственно. В среднем, на 1 га исследуемого побережья сосредоточено 47,9 т макрофитов, в том числе, 24,8 т «цистозирь» и 11,0 т филлофоры.

2. Сравнительный анализ распределения донной растительности в прибрежной зоне памятника природы показал, что запас фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* наиболее высок на глубине 1–5 м, где эти показатели варьируют от 46,9 до 64,3 и от 33,0 до 47,1 т·га⁻¹ соответственно. Вклад «цистозирь» в общих запасах макрофитов при увеличении глубины от 0,5 до 15 м снижается более чем вдвое (от 81 до 33 %).

Запас фитомассы *Phyllophora crispa* на глубине 5–15 м возрастает более чем в 2 раза и изменяется от 1,8 до 19,0 т·га⁻¹. Доля филлофоры в этом диапазоне глубин повышается более чем на порядок (от 4 до 54 % общих запасов макрофитов).

3. Установлено, что наибольшие значения запаса фитомассы макрофитов характерны для центральной части памятника природы (участок 2), а наименьшие – для западной (участок 3) (54,4 и 39,7 т·га⁻¹ соответственно), тогда как для *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* для центральной и восточной части (участки 1 и 2) эти показатели оказались соизмеримыми (29,2 и 29,1 т·га⁻¹ соответственно), а для западной части (участок 3) – наименьшие (17,1 т·га⁻¹). Максимальный запас фитомассы *Phyllophora crispa* отмечен для западной части памятника природы (участок 3) (12,9 т·га⁻¹), а минимальный – для восточной части (участок 1) (2,0 т·га⁻¹).

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам отдела биотехнологий и фиторесурсов канд. биол. наук, с.н.с. И. К. Евстигнеевой, м.н.с. И. Н. Танковской за совместную работу по сбору и обработке первичного материала, а также А. М. Щербачу за отбор глубоководных альгологических проб.

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (гос. рег. № 121030300149-0).

Список литературы

- Блинова Е. И., Пронина О. А., Штрик В. А. Методические рекомендации по учёту запасов промысловых морских водорослей прибрежной зоны // Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. – М.: Труды ВНИРО, 2005. – Вып. 3. – С. 80–127.
- Горячкин Ю. Н., Долотов В. В. Морские берега Крыма. – Севастополь: ООО «КОЛОРИТ», 2019. – 256 с.
- Евстигнеева И. К., Танковская И. Н., Евстигнеев В. П. Макрофитобентос памятника природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» // Экосистемы. – 2022. – Вып. 30. – С. 22–37.
- Зинова А. Д. Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – Л.: Наука, 1967. – 397 с.
- Калугина-Гутник А. А. Исследование донной растительности Чёрного моря с применением лёгководолазной техники // Морские подводные исследования. М.: Наука, 1969. – С. 105–113.
- Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря. – К.: Наукова думка, 1975. – 248 с.
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы/ [Отв. ред. д.б.н. А. В. Ена, к.б.н. А. В. Фатерьга]. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015 – 480 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
- Красная книга Севастополя. – Калининград: «Издательский Дом «РОСТ-ДОАФК», 2018. – 432 с.

Куфтаркова Е. А., Родионова Н. Ю., Губанов В. И. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья // Труды ЮГНИРО, 2008. – Т. 46. – С. 100–117.

Мильчакова Н. А., Александров В. А., Бондарева Л. В., Панкеева Т. В., Чернышева Е. В. Морские охраняемые акватории Крыма. – Симферополь: Н. Орианда, 2015. – 312 с.

Мильчакова Н. А., Бондарева Л. В., Александров В. В. Природные ядра регионального экологического каркаса г. Севастополя // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17, № 2. – С. 102–114. DOI: org/10.18470/1992-1098-2022-2-102-114

Миронова Н. В., Мильчакова Н. А., Рябогина В. Г. Ресурсы макрофитов побережья Гераклеяского полуострова и особенности их многолетней динамики (Крым, Чёрное море) / [Ред. В. И. Соколов и др.]. // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел. – М.: Труды ВНИРО, 2007. – Т. 147. – С. 381–396.

Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Запасы макрофитов как показатель экологического состояния береговой зоны региона Севастополя // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: сб. материалов Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции. (Севастополь, 19–24 сент. 2016 г.). – Севастополь, 2016. – Т. 3. – С. 306–309.

Миронова Н. В., Панкеева Т. В. Пространственное распределение макрофитобентоса с учётом ландшафтной структуры юго-западной части региона Севастополя // Экосистемы. – 2018. – Вып. 14 (44). – С. 20–30.

Позаченюк Е. А., Панкеева Т. В., Панкеева А. Ю., Пизова Е. В. Состояние особо охраняемых природных территорий города федерального значения Севастополя // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т. 6. – Вып. 16. – С. 161–171.

Удовик В. Ф., Михайличенко С. Ю., Горячкин Ю. Н. О возможном пути решения проблемы защиты берегов заповедника «Херсонес Таврический» // Морской гидрофизический журнал. – 2016. – № 2. – С. 27–37.

Alexandrov V. V., Milchakova N. A. Do protected areas influence populations of the threatened red alga *Phyllophora crispa* along the southwestern coast of Crimea (the Black Sea) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2022. – Т. 7, N 4. – С. 70–83. DOI: org/10.24189/ncr.2022.037

AlgaeBase: world-wide electronic publication. Source Code Development. Ltd. URL. – 1996. http://www.algaebase.org (date accessed: 03.02.2023).

Gubbay S., Sanders N., Haynes T., Janssen J. A. M., Rodwell J. R., Nieto A., Garcia Criado M., Beal S., Borg J., Kennedy M., Micu D., Otero M., Saunders G., Calix M. European Red List of Habitats. – Marine Habitats, Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 2016. – Part 1. – 52 p.

Mironova N. V., Pankeeva T. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos in the Coastal Zone of Karanski Nature and Landscape Reserve (Sevastopol, Black Sea) // Biology Bulletin. – 2021. – Vol. 48, N 10. – P. 1941–1949. DOI: org/10.1134/S1062359021100320

Pankeeva T. V., Mironova N. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea) // Oceanology. – 2019. – Vol. 59, iss. 1. – P. 86–98. DOI: 10.1134/S0001437019010168

Mironova N.V., Pankeeva T.V. Distribution of macrophyte stocks in the natural monument «Coastal aquatic complex near Chersonesos Tavrishesky» // Ekosistemy. 2023. Iss. 33. P. 88–96.

As a result of the conducted research in the water area of the natural monument “Coastal aquatic complex near Chersonesos Tavrishesky” the stocks of bottom vegetation were evaluated, the distribution of macrophytobenthos and the dominant algae species included in them by depths and sections was shown. In the coastal zone of the nature monument, the resource component of macrophytes, *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa* differs both by depth and by sites, which can be explained by the decrease of lightness with increasing depth and by different geological-geomorphological and hydrodynamic conditions of the coastal zone. The analysis of benthic vegetation distribution within water area of the nature monument indicated that the phytomass stock of macrophytes, *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* was the highest at a depth of 1–5 m, and *Phyllophora crispa* – at a depth of 5–15 m. The contribution of “cystoseira” to the total macrophyte stocks more than halved with the increase of depth from 0.5 to 15 m, and the proportion of phyllophora increased by more than 10-fold with increase of depth from 5 to 15 m. According to the calculated data, the total reserves of macrophytes were defined as 2815.7 tons, of which *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* made almost 1457.1 tons and *Phyllophora crispa* accounted for 644.9 tons (52 and 23 %, respectively). On average, the macrophyte concentration of the studied coastal area was 47.9 tons (including 24.8 t of Cystosira and 11.0 t of Phyllophora crispa) per one ha. It was found that the natural monument played an important role in the conservation and protection of the bottom vegetation in the coastal zone of the northern part of the Heracles Peninsula. The obtained results can be used for monitoring of protected macrophytobenthos habitats.

Key words: macrophytobenthos, protected areas, resources, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, Black Sea.

Поступила в редакцию 10.03.23

Принята к печати 25.03.23