

УДК 502.75:581.526.323(262.5)

ЗАПАСЫ МАКРОФИТОВ В АКВАТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ПРИБРЕЖНЫЙ АКВАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС У МЫСА САРЫЧ»

Миронова Н. В., Панкеева Т. В.

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

На основе проведённой работы оценены ресурсы донной растительности и показано распределение макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей по глубинам и участкам в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч». Выявлено, что вдоль всего побережья памятника природы на распределение запаса фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa* оказывают влияние глубина, степень антропогенной нагрузки и литологический состав донных отложений. Установлено, что акватория памятника природы характеризуется высокими продукционными показателями макрофитобентоса, в составе которого наиболее весомый вклад вносят *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. Сохранность растительной компоненты прибрежной зоны подтверждает природоохранную ценность гидрологического памятника природы.

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечается почти повсеместное возрастание эвтрофирования шельфовой зоны Чёрного моря, которое приводит к нарушениям взаимосвязей и совместного функционирования всего биотического комплекса. Одним из основных средообразующих элементов прибрежной биоты, и во многом определяющей её состояние, является макрофитобентос. Важнейшая функциональная роль макрофитов, как первопроизводителей, участвующих в образовании органических веществ, описывается показателями их продукции. Известно, что при антропогенной трансформации водной среды ресурсная составляющая донной растительности считается наиболее уязвимым звеном побережья [1–3]. В условиях негативных изменений, происходящих в растительном покрове прибрежной зоны, возрастает природоохранный интерес к морским охраняемым акваториям (МОА), которые поддерживают биоразнообразие окружающей среды и участвуют в сохранении сырьевых ресурсов гидробионтов. В связи с этим, изучение продукционных характеристик растительной компоненты МОА приобретает особую актуальность.

В настоящее время в границах города федерального значения Севастополя расположено шесть особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в состав которых входит морская акватория (2 природных заказника и 4 памятника

природы). Своеобразие памятников природы, являющихся резерватами донной растительности и участвующих в её сохранении, состоит в том, что площадь морской акватории составляет около 80–90 % от общей площади [4]. За последние годы накоплены материалы по флористическому составу и таксономической структуре макрофитобентоса памятников природы гидрологического профиля г. Севастополя [5–8], показаны особенности его пространственного распределения с учётом ландшафтной структуры [9–12], дана оценка ресурсов макрофитов в прибрежных аквальных комплексах (ПАК), расположенных на северном и западном побережье [13, 14]. Сведения о запасах макроводорослей для памятников природы, зарегистрированных на южном побережье, отсутствуют.

Цель работы – оценить ресурсы макрофитов и доминирующих видов водорослей, показать распределение их запасов в пределах памятника природы «ПАК у мыса Сарыч».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Памятник природы «ПАК у мыса Сарыч» расположен в южной части г. Севастополя, протяжённость береговой линии достигает 1900,0 м, ширина акватории – 300 м. Его общая площадь составляет 62,28 га, из которых площадь территории – 3,51 га, акватории – 58,77 га. На большей части побережья выражен глыбовый бенч, который чередуется с участками галечникового бенча [15]. Узкий бенч круто опускается на значительную глубину. Берег у мыса Сарыч приглубый.

Гидрботанические исследования памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» проводили в летний период 2020 г. Работы в акватории выполняли с применением лёгководолазного снаряжения. Для изучения состава макрофитобентоса и оценки запасов донной растительности в границах памятника природы было заложено три трансекты, расположенных перпендикулярно к берегу (рис. 1). Координаты трансект определяли при помощи портативного GPS-приемника (*Oregon 650*) (табл. 1) Отбор проб проводили по общепринятой методике [16]. 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).

Таблица 1
Координаты и диапазон глубин на трансектах памятника природы «ПАК у мыса Сарыч»

№ разреза	Координаты		Диапазон глубин, м
	Северная широта	Восточная долгота	
I	44 ⁰ 23.566'	033 ⁰ 43.624'	0,5-15
II	44 ⁰ 23.477'	033 ⁰ 43.836'	0,5–15
III	44 ⁰ 23.244'	033 ⁰ 43.266'	0,5–15

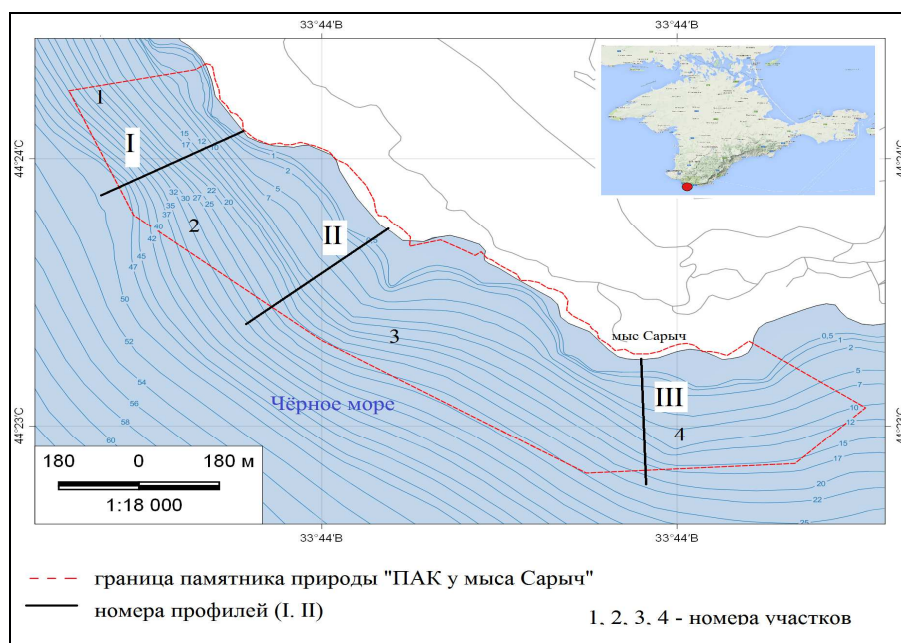


Рис. 1. Карта-схема расположения ландшафтных профилей памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» (2020 г.)

Идентификацию водорослей проводили по определителю [17] с учётом последних номенклатурных изменений [18]. 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 $Q = V \times \text{ПП} \times S / 100$, где Q – запасы (кг), V – средняя биомасса водорослей ($\text{кг} \times \text{м}^{-2}$) в зарослях, ПП – проективное покрытие дна макрофитами (%), S – площадь, занятая зарослями макрофитов (м^2) [19]. Угол уклона дна не превышал 0.06, поэтому при расчете 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 («цистозир» и филофоры) (Q) к площади участка, занятого донной растительностью (S). Таким образом, определяли запас фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*, который измеряется в $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$ [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе проведённой работы оценены ресурсы донной растительности и показано распределение макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей по глубинам и участкам в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч». Показательно, что акватория памятника природы на всех исследованных глубинах и участках характеризуется густыми зарослями водорослей, где преобладают *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*. Значения ПП в интервале глубин 0,5–3 м достигают 100 %. В составе растительного покрова на глубине 3–15 м, помимо видов «цистозир», обильно отмечена *Phyllophora crispa*, при этом значения ПП остаются высокими и варьируют в пределах 90–100 %.

Рассмотрим более подробно распределение запасов макрофитов и господствующих видов водорослей по участкам.

Участок 1. Площадь участка не превышает 1,2 га. Общие запасы макрофитов составляют 56,3 т, их величина варьирует по глубинам от 4,3 до 21,0 т. Наибольший запас фитомассы макрофитов зарегистрирован на глубине 3–5 м, а минимальный – на глубине 10–15 м (табл. 2). Показательно, что запас их фитомассы возрастает почти вдвое при увеличении глубины от 0,5 до 5 м, при дальнейшем повышении глубины от 5 до 15 м этот показатель снижается в 4 раза (табл. 2).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* определены в 36,1 т, их величина колеблется по глубинам от 2,8 до 14,4 т, с максимумом на глубине 3–5 м, минимумом – на глубине 0,5–1 м (табл. 2). Доля «цистозир» в запасах макрофитов при увеличении глубины от 0,5 до 3 м возрастает от 65 до 79 %, при дальнейшем повышении глубины снижается почти вдвое, а в диапазоне глубин 10–15 м не превышает 43 %. Наибольший запас фитомассы этих видов зарегистрирован на глубине 1–3 м, а наименьший – на глубине 10–15 м, где этот показатель ниже в 7 раз (табл. 2).

Запасы *Phyllophora crispa* невелики – 6,9 т, они сосредоточены, преимущественно, на глубине 5–15 м. Вклад филофоры в запасах макрофитов резко возрастает от 7 до 40 % при увеличении глубины от 3 до 15 м, а запас её фитомассы в этом интервале глубин повышается в полтора раза (табл. 2).

Участок 2. Площадь участка – около 10 га. Общие запасы макрофитов составляют 541,4 т. Их максимальная величина отмечена на глубине 0,5–1 м, а минимальная – на глубине от 10 до 15 м, где она ниже более чем в 5 раз (табл. 2). Запас фитомассы макрофитов наиболее высок в интервале глубин 1–5 м, этот показатель слабо варьирует (74,8–78,2 т·га⁻¹), тогда как на глубине от 5 до 15 м снижается почти втрое (табл. 2).

Запасы видов «цистозир» достигают 334,2 т, их величина колеблется по глубинам от 8,9 до 103,0 т. Наибольшая и наименьшая величины этого показателя отмечены на глубине 0,5–1 и 10–15 м соответственно (табл. 2). Доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в запасах макрофитов по глубинам варьирует от 30 до 75 %, где максимум зарегистрирован на глубине 1–3 м, а минимум – на глубине 10–15 м. Запас фитомассы «цистозир» при увеличении глубины от 1 до 10 м снижается вдвое, тогда как на глубине 10–15 м – не превышает 5,2 т·га⁻¹ (табл. 2).

Таблица 2

Изменение запасов, запаса фитомассы макрофитов, доминирующих видов водорослей и их доли в общих запасах макрофитобентоса по глубинам и участкам в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» в летний период (2020 г.)

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	0,09	4,3	47,8	2,8	65	31,1	0	0	0
1–3	0,09	6,7	74,4	5,3	79	58,9	0	0	0
3–5	0,27	21,0	77,8	14,4	69	53,3	1,4	7	5,2
5–10	0,33	16,7	50,6	10,3	62	31,2	2,5	15	7,6
10–15	0,40	7,6	19,0	3,3	43	8,3	3,0	40	7,5
Участок 2									
0,5–1	2,62	158,4	60,5	103,0	65	39,3	0	0	0
1–3	0,81	60,6	74,8	45,6	75	56,3	0,9	1	1,1
3–5	1,99	155,7	78,2	100,1	64	50,3	12,4	8	6,2
5–10	2,68	136,7	51,0	76,6	56	28,6	21,8	16	8,1
10–15	1,70	30,0	17,6	8,9	30	5,2	16,4	55	9,6
Участок 3									
0,5–1	4,19	274,5	65,5	185,3	67	44,2	0,1	0	0
1–3	1,13	80,2	71,0	54,7	68	48,4	2,1	3	1,9
3–5	2,82	245,6	87,1	154,7	63	54,9	29,6	12	10,5
5–10	4,17	241,4	57,9	135,6	56	32,5	51,0	21	12,2
10–15	4,09	75,8	18,5	16,8	22	4,1	48,9	64	12,0
Участок 4									
0,5–1	2,77	156,6	56,5	111,3	71	40,2	0	0	0
1–3	0,77	51,4	66,7	33,7	66	43,8	1,2	2	1,6
3–5	2,14	202,1	94,4	132,5	66	61,9	29,4	14	13,7
5–10	3,76	241,6	64,2	146,8	61	39,0	59,2	25	15,7
10–15	3,23	66,9	20,7	19,2	29	5,9	39,2	59	12,1

Запасы *Phyllophora crispa* оценены в 51,5 т. Заросли этого вида приурочены, в основном, к глубине 3–15 м (табл. 2). Доля филлофоры в запасах макрофитов при увеличении глубины в интервале от 1 до 15 м возрастает от 1 до 55%., а запас её фитомассы – от 1,1 до 9,6 т·га⁻¹.

Участок 3. Площадь участка составляет свыше 16 га. Общие запасы макрофитов достигают 917,5 т. Их величина колеблется по глубинам от 75,8 до

274,5 т, максимум и минимум зарегистрированы на глубине 0,5–1 и 10–15 м соответственно (табл. 2). Показательно, что запасы макрофитов на глубине 3–5 и 5–10 м оказались соизмеримыми (табл. 2). Запас фитомассы макрофитов в диапазоне глубин 0,5–5 м повышается, а в интервале 5–15 м снижается втрое и не превышает $18,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (табл. 2).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* определены в 547,1 т, их величина варьирует по глубинам от 16,8 до 185,3 т. Наибольшая и наименьшая величины этого показателя приходятся на те же глубины, что и общих запасов макрофитов (табл. 2). Доля «цистозеры» в запасах макрофитов при увеличении глубины снижается в 3 раза (табл. 2). Максимальный запас фитомассы этих видов отмечен на глубине 3–5 м, а минимальный – на глубине 10–15 м (табл. 2).

Запасы *Phyllophora crispa* достигают 131,7 т, наиболее значительные скопления этого вида обнаружены на глубине 5–15 м (табл. 2). Доля филлофоры в запасах макрофитов при увеличении глубины в диапазоне 3–15 м возрастает в 5 раз (табл. 2). Запас фитомассы этого вида при повышении глубины от 1 до 15 м увеличивается более чем в 6 раз (табл. 2).

Участок 4. Площадь участка – около 13 га. Общие запасы макрофитов оценены в 718,6 т. Их величина колеблется по глубинам от 51,4 до 241,6 т. Показательно, что наибольшие запасы макрофитов сосредоточены на глубине 5–10 м, а наименьшие – на глубине 1–3 м (табл. 2). Максимальный запас их фитомассы зарегистрирован на глубине 3–5 м, минимальный – на глубине 10–15 м (табл. 2).

Запасы «цистозеры» составляют 443,5 т, их величина варьирует по глубинам от 19,2 до 146,8 т. Наибольшее и наименьшее значение этих показателей отмечены на глубине 5–10 и 10–15 м соответственно, где в этом диапазоне глубин их запасы резко снижаются (почти в 8 раз) (табл. 2). Доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в запасах макрофитов с увеличением глубины снижаются более чем в 2 раза. Характерно, что на глубине 1–3 и 3–5 м их вклад в запасах макрофитов одинаков (табл. 2). Запас фитомассы «цистозеры» колеблется от $5,9$ до $61,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, при этом максимум зарегистрирован на глубине 3–5 м, а минимум – на глубине 10–15 м. Показательно, что в диапазоне глубин 0,5–3 м эти величины оказались практически соизмеримыми ($40,2$ и $43,8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ соответственно).

Запасы *Phyllophora crispa* оценены в 129,0 т. Скопления этого вида приурочены, в основном, к глубине 5–15 м (табл. 2). Доля филлофоры в запасах макрофитов при увеличении глубины в диапазоне 1–15 м возрастает почти в 30 раз (табл. 2). Запас её фитомассы в этом интервале глубин варьирует от $1,6$ до $15,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, где наибольшая величина была зафиксирована на глубине 5–10 м, а наименьшая – на глубине 1–3 м.

Анализ полученного материала показал, что в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» ресурсная составляющая макрофитобентоса и доминирующих в его составе видов водорослей отличаются по участкам. Известно, что по мере возрастания эвтрофирования морской среды первоначально наблюдается тенденция увеличения количества видов макрофитов, за счёт сопутствующих и эпифитирующих водорослей, предпочитающих воды с умеренной степенью загрязнения [20]. Так, в статье И. К. Евстигнеевой и И. Н. Танковской (2022),

проводивших работу в это же время в этом районе, показано, что общее число видов макрофитов, было больше на участках акватории, испытывающих локальный антропогенный пресс. Авторы отмечают, что постоянный подток сточных вод способствовал массовому развитию зелёных водорослей, являющихся индикаторами органического загрязнения водной среды [6]. Поэтому, вполне объяснимо, что запас фитомассы макрофитов на глубине 0,5–1 м на участках 2 и 3, где непосредственно у уреза воды осуществляется выпуск хозяйственно–бытовых стоков коттеджного посёлка, выше (60,5–65,5 т·га⁻¹), чем на участках 1 и 4 (47,8–56,5 т·га⁻¹), на которых источники эвтрофирования отсутствуют. В то же время, открытые берега в районе мыса Сарыч способствуют активному перемешиванию водных масс, поэтому изучаемое побережье характеризуется сравнительно высокой прозрачностью воды и её незначительной трофностью. В этом регионе в течение всего года преобладает антициклоническая завихрённость прибрежных течений. Летом наблюдаются резкие кратковременные понижения температуры воды у берега, вызываемые подъёмами глубинной воды, которая при сгонных ветрах также способствует обновлению водной толщи [21].

Характерно, что распределение донной растительности также зависит от состава и структуры донных осадков, дифференциация которых обусловлена особенностями геолого-геоморфологического строения береговой зоны [9–12]. Показательно, что вдоль прибрежной зоны «ПАК у мыса Сарыч» наблюдается резкий свал (до глубины 3 м), который представлен глыбовыми навалами с мозаично чередующимся галечниковым бенчем, глубже 3 м подводный склон выполаживается. Этим объясняется, что на всех изученных участках наиболее высокие значения запаса фитомассы макрофитов зарегистрированы на глубине 3–5 м (табл. 3). Наибольшие значения запаса фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* (43,8–61,9 т·га⁻¹) на всех участках зафиксированы на глубине 1–5 м, поскольку данный диапазон глубин является оптимальным для произрастания этих видов (табл. 3).

В акватории памятника природы, начиная с глубины 3 м, на всех участках между отдельными глыбами, где господствуют *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, встречаются прогалины, заполненные песчано-галечно-гравийными отложениями, где обнаружена *Phyllophora crispa*. Показательно, что при увеличении глубины от 5 до 15 м, в ресурсной составляющей макрофитов отмечено уменьшение запаса фитомассы видов «цистозиры», тогда как величина этого показателя для филлофоры возрастает (табл. 3). Наибольшие скопления *Phyllophora crispa* зафиксированы на участке 4 на глубине 5–10 м (табл. 3).

Общеизвестно, что состав альгофлоры и распределение донной растительности зависит от уровня освещённости, который снижается вдоль градиента глубины [20]. Сравнительный анализ распространения растительного покрова по глубинам в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч» показал, что запас фитомассы макрофитов наиболее высок в верхней и средней сублиторальной зоне (0,5–5 м) и варьирует от 61,4 до 86,4 т·га⁻¹. В нижней сублиторальной зоне (5–15 м) эти показатели снижаются и колеблются от 58,2 до 19,2 т·га⁻¹. Запас фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в верхней и средней сублиторальной зоне варьирует от 41,6 до

55,6 т·га⁻¹, а в нижней – уменьшается от 33,8 до 5,1 т·га⁻¹. Доля «цистозирь» в запасах макрофитов на глубине 0,5–10 м изменяется от 58 до 70 %, а на глубине 10–15 м – не превышает 27 %. Запас фитомассы *Phyllophora crispa* на глубине 3–15 м колеблется от 10,1 до 12,3 т·га⁻¹. Доля филлофоры в диапазоне глубин 1–15 м варьирует от 2 до 60 % общих запасов макрофитов (табл. 3).

Таблица 3
Изменение запасов, запаса фитомассы макрофитов, доминирующих видов водорослей и их доли в общих запасах макрофитобентоса по глубинам в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» в летний период (2020 г.)

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	9,67	593,8	61,4	402,4	68	41,6	0,1	0	0
1–3	2,79	198,9	71,2	139,3	70	49,8	4,1	2	1,5
3–5	7,23	624,4	86,4	401,7	64	55,5	72,8	12	10,1
5–10	10,94	636,4	58,2	369,3	58	33,8	134,6	21	12,3
10–15	9,42	180,3	19,1	48,2	27	5,1	107,5	60	11,4

Согласно расчётным данным, в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч», площадью около 40 га, общие запасы макрофитов составляют 2233,8 т, из которых почти 1360,9 т приходится на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 319,1 т – на *Phyllophora crispa*, что составляет 61 и 14 % соответственно. Характерно, что протяжённость береговой линии севастопольского взморья достигает примерно 85 км, при этом макрофитобентос сосредоточен на площади свыше 5500 га, его общие запасы оцениваются в 84,2 тыс. т., из которых 50,2 тыс. т составляют виды на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 4,8 тыс. т – *Phyllophora crispa* [22]. Сравнительный анализ показал, что на обследованной площади акватории «ПАК у мыса Сарыч», на которую приходится менее 1 % общей площади региона Севастополя, сосредоточены значительные запасы макрофитов (около 3 %) видов «цистозирь» (около 3 %) и филлофоры (около 7 %). Таким образом, акватория памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» характеризуется высокими продукционными показателями макрофитобентоса, в составе которого наиболее весомый вклад вносят *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. Природоохранная ценность гидрологического памятника природы подтверждается в статье И. К. Евстигнеевой и И. Н. Танковской (2022), которые зафиксировали в этом районе 77 видов, из которых 17 видов являются краснокнижными, что составляет 22 % от их общего числа [6].

Высокое видовое разнообразие фитобентоса, наличие видов водорослей с охранным статусом, значительная величина ресурсной составляющей

макрофитобентоса и доминирующих в его составе видов макрофитов свидетельствуют о сохранности растительной компоненты в акватории этого памятника природы. Полученные сведения позволяют проводить мониторинговые исследования, которые можно использовать для оптимизации природоохранного режима, при регулировании рекреационной нагрузки и для формирования экологической сети г. Севастополя и Республики Крым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» дана оценка ресурсов донной растительности, показано распространение макрофитов и доминирующих в их составе видов водорослей по глубинам и участкам. Выявлено, что вдоль всего побережья изучаемого памятника природы на распределение запаса фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa* оказывают влияние глубина, степень антропогенной нагрузки и литологический состав донных отложений.

Установлено, что на глубине 0,5–1 м запас фитомассы макрофитов (60,5–65,5 т·га⁻¹) на участках 2 и 3 выше, чем эти показатели (47,8–56,5 т·га⁻¹) на участках 1 и 4, что связано с эвтрофированием водной среды.

Ресурсная составляющая *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* на всех участках наиболее высока на глубине 1–5 м, при этом максимальная величина фитомассы этих видов отмечена на участке 4 на глубине 3–5 м, а минимальная – на этом же участке на глубине 1–3 м. Наибольшие скопления *Phyllophora crispa* зафиксированы также на участке 4 на глубине 5–10 м (15,7 т·га⁻¹), а наименьшие – на участке 1 на глубине 10–15 м (7,5 т·га⁻¹).

Сравнительный анализ распределения донной растительности в прибрежной зоне памятника природы показал, что запас фитомассы макрофитов наиболее высок в верхней и средней сублиторальной зоне (0,5–5 м) и варьирует от 61,4 до 86,4 т·га⁻¹. В нижней сублиторальной зоне (5–15 м) показатель этой величины снижается и колеблется от 58,2 до 19,1 т·га⁻¹.

Запас фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в верхней и средней сублиторальной зоне изменяется в интервале от 41,6 до 55,5 т·га⁻¹, а в нижней – уменьшается и варьирует от 33,8 до 5,1 т·га⁻¹. Доля «цистозир» в запасах макрофитов при увеличении глубины от 0,5 до 10 м снижается от 70 до 64 %.

Запас фитомассы *Phyllophora crispa* на глубине 1–15 м изменяется от 1,5 до 12,3 т·га⁻¹, при этом минимальное значение этого показателя отмечено на глубине 1–3 м, а максимальное – на глубине 5–10 м. Доля филофоры в этом диапазоне глубин возрастает от 2 до 60 % общих запасов макрофитов.

По расчётным данным в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч», площадью около 40 га, общие запасы макрофитов оцениваются в 2233,8 т, из которых 1360,9 т приходится на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 319,1 т – на *Phyllophora crispa*, что составляет 61 и 14 % соответственно. В среднем, на 1 га исследуемого побережья сосредоточено 55,8 т макрофитов, в том числе, 34,0 т «цистозир» и 8,0 т филофоры.

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 м.н.с. И. Ю. Тамойкину 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

1. Мильчакова Н. А. Состояние ключевых фитоценозов морских охраняемых акваторий и проблемы их сохранения (юго-западный Крым, Чёрное море) / Н. А. Мильчакова, В. В. Александров, В. Г. Рябогина // Сборник ГНБС. – 2019. – Т. 149. – С. 113–123.
2. Pankeeva T. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea) / T. V. Pankeeva, N. V. Mironova // *Oceanology*. – 2019. – Vol. 59, iss. 1. – P. 86–98. doi.org/10.1134/S0001437019010168.
3. Mironova N. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos in the Coastal Zone of Karanskii Nature and Landscape Reserve (Sevastopol, Black Sea) / N. V. Mironova, T. V. Pankeeva // *Biology Bulletin*. – 2021. – Vol. 48, N 10. – P. 1941–1949. doi.org/10.1134/S1062359021100320
4. Особо охраняемые природные территории Севастополя / Под редакцией д. б. н. проф. Е. И. Голубевой, д. г. н. проф. Е. А. Позаченюк. – Симферополь, ИТ АРИАЛ, 2020. – 140 с.
5. Евстигнеева И. К. Гидробиотические исследования охраняемой акватории западного Крыма (Чёрное море) / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская // *Фиторазнообразие Восточной Европы*. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 16–33. doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33
6. Евстигнеева И. К. Флористический состав и таксономическая структура макрофитобентоса гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Чёрное море) в современных условиях / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская // *Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2022. – Т. 8 (74), № 3. – С. 32–56.
7. Евстигнеева И. К. Таксономический анализ макрофитобентоса акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» (Чёрное море) / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская // *Вестник Пермского ун-та. Серия Биология*. – 2023. – Вып. 2. – С. 179–194.
8. Евстигнеева И. К. Макрофитобентос памятника природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская, В. П. Евстигнеев // *Экосистемы*. – 2022. – Вып. 30. – С. 22–37.
9. Панкеева Т. В. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова, А. В. Пархоменко // *Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского - природного заповедника РАН*. – 2021 – Вып. 2 (18) – С. 36–48.
10. Панкеева Т. В. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова, А. В. Пархоменко // *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН*. – 2022. – Т. 7 (23), № 3. – С. 45–60. <https://doi.org/10.21072/eco.2022.23.05>
11. Панкеева Т. В. Ландшафтная структура береговой зоны памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова // *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН*. – 2022 а. – Т. 7 (21), № 1.– С. 51–60. doi.org/10.21072/eco.2022.21.06

12. Панкеева Т. В. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» (Севастополь) / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2022 б. – Т. 8 (18), № 1. – С. 161–175.
13. Миронова Н. В. Распределение запасов макрофитов в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» / Н. В. Миронова, Т. В. Панкеева // Экосистемы. – 2023 а. – № 33. – С. 88–96.
14. Миронова Н. В. Запасы макрофитов в акватории памятника природы «ПАК у мыса Лукулл» / Н. В. Миронова, Т. В. Панкеева // Биоразнообразие и устойчивое развитие (ранее Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН.) – 2023 б. (в печати)
15. Горячкин Ю. Н., Долотов В. В. Морские берега Крыма / Ю. Н. Горячкин, В. В. Долотов / – Севастополь: ООО «КОЛОРИТ», 2019. – 256 с.
16. Калугина А. А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легкоподлазной техники / А. А. Калугина // Морские подводные исследования. – М.: Наука. – 1969. – С. 105–113.
17. Зинова А. Д. Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР / А. Д. Зинова – М.-Л.: Наука, 1967. – 397 с.
18. Guiry M. D. AlgaeBase. World-wide electronic publication / M. D. Guiry, G. M. Guiry. – Galway: Nat. Univ. Ireland. – 2023. URL: www.algaebase.org (date accessed: 21.08.2023).
19. Блинова Е. И. Методические рекомендации по учету запасов промысловых морских водорослей прибрежной зоны / Е. И. Блинова, О. А. Пронина, В. А. Штрик // 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.
20. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря / А. А. Калугина-Гутник – Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.
21. Агаркова-Лях И. В. Природные комплексы береговой зоны Южного берега Крыма / И. В. Агаркова-Лях // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2015. – Т. 1 (67), № 3. – С. 42–58.
22. Панкеева Т. В. Запасы макрофитов как показатель экологического состояния береговой зоны региона Севастополя / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: сб. материалов Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологич. станции (Севастополь, 19–24 сент. 2016 г.) / Под редакцией А.В. Гаевской. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 3. – С. 306–309.

STOCKS OF MACROPHYTE IN THE NATURAL MONUMENT «COSTAL AQUATIC COMPLEX AT CAPE SARYCH»

Mironova N. V., Pankeeva T. V.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

Macrophytobenthos is one of the main environment-forming elements of coastal biota. The essential functional role of macrophytes is described by indicators of their production. Under conditions of anthropogenic transformation of the aquatic environment, the resource component of bottom vegetation decreases. There is now increasing conservation interest in Marine Protected Areas (MPA) that support environmental

biodiversity and participate in the conservation of raw hydrobiont resources. In this connection, the study of the productive characteristics of the plant component of the MPA is of particular relevance. The aim of the work is to assess the resources of macrophytes and dominant species of algae, to show the distribution of their stocks within the natural monument «Costal aquatic complex (CAP) at cape Sarych».

Hydrobotanical studies of the "CAP at cape Sarych" water area were conducted in the summer period of 2020. Three transects were laid out within the boundaries of the natural monument to study the composition of macrophytobenthos and assess the stocks of bottom vegetation. Sampling was carried out according to the generally accepted methodology. At depths of 0.5; 1; 3; 3; 5; 10 and 15 m, four 25×25 cm survey plots were placed each. The total biomass (raw) of macrophytes, the biomass of "cystoseira" (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = *Cystoseira crinita* and *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = *Cystoseira barbata*) and phyllophora (*Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon), which are the dominant species of the Black Sea, were taken into account when processing the material. Macroalgae resources (kg, crude weight) were calculated using a methodology modified for marine studies. The diver visually determined the projective coverage of the bottom by macrophytes while performing the work.

On the basis of the conducted work it was revealed that along the whole coast of the natural monument the distribution of phytomass of macrophytes, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* and *Phyllophora crispa* is influenced by the depth, the degree of anthropogenic load, composition and structure of bottom sediments, the differentiation of which is conditioned by the peculiarities of geological and geomorphological structure of the coastal zone. Analysis of vegetation cover distribution by depth in the coastal zone "CAP at cape Sarych" showed that the phytomass stock of macrophytes, *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* is highest in the upper and middle sublittoral zone (0.5–5 m) and varies from 61.4 to 86.4 and from 41.6 to 55.6 t ha⁻¹, respectively. In the lower sublittoral zone (5–15 m), these values decrease from 58.2 to 19.2 and 33.8 to 5.1 t ha⁻¹, respectively. The share of "cystosira" in the reserves of macrophytes at the depth of 0.5–10 m varies from 58 to 70 %, and at the depth of 10–15 m it does not exceed 27 %. The phytomass stock of *Phyllophora crispa* at a depth of 3–15 m varies from 10.1 to 12.3 t ha⁻¹. The share of phyllophora in the depth range of 1–15 m varies from 2 to 60 % of the total macrophyte reserves. It was revealed that the stock of phytomass of macrophytes at a depth of 0.5–1 m at the sites where the domestic sewage of the cottage settlement is discharged directly at the water edge is higher (60.5–65.5 t ha⁻¹) due to the mass appearance of epiphytes than at the sites (47.8–56.5 t ha⁻¹) where there are no sources of eutrophication. As the depth increases above 1 m, the influence of anthropogenic pressure decreases, as the open shores in the area of Cape Sarych promote active mixing of water masses. It is indicative that at all sites the highest values of phytomass of macrophytes, *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* were recorded at 3–5 m depth, where the underwater slope becomes more gentle, after a sharp depth drop.

According to the calculated data, the total reserves of macrophytes were defined as 2233,8 tons, of which *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* made almost 1360,9 tons and *Phyllophora crispa* accounted for 319,1 tons (61 and 14 %, respectively).

It was established that the water area of the natural monument "CAP at Cape Sarych" is characterized by high productive indicators of macrophytobenthos, in which *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* make the most significant contribution. Preservation of the vegetation component of the riparian zone confirms the nature conservation value of the hydrological natural monument. The obtained data allow us to conduct monitoring studies that can be used to optimize the environmental regime, in the regulation of recreational load and to form an ecological network of Sevastopol and Republic of Crimea.

Keywords: macrophytobenthos, specially protected natural areas, resources, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, Black Sea.

References

1. Milchakova N. A., Alexandrov V. V., Ryabogina V. G. State of key phytocenoses of marine protected areas and problems their conservation (southwestern Crimea, Black Sea), *Works of the State Nikit. Botan. Gard*, **149**, 113 (2019).
2. Pankeeva T. V., Mironova N. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea), *Oceanology*, **59**, **1**, 86 (2019).
3. Mironova N. V., Pankeeva T. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos in the Coastal Zone of Karanskii Nature and Landscape Reserve (Sevastopol, Black Sea), *Biology Bulletin*, **48**, **10**, 1941 (2021).
4. *Specially Protected Natural Areas of Sevastopol*. Pod. red. Ph. D. E. I. Golubeva, Ph. D E. A. Pozacheniuk (Simferopol, IT ARIAL, 2020), 140 p.
5. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. Hydro-botanical studies of the protected water area of the western Crimea (Black Sea), *Phytodiversity of Eastern Europe*, **15**, **4**, 16 (2021).
6. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. Floristic composition and taxonomic structure of macrophytobenthos of the hydrological nature monument "Coastal aquatic complex near Cape Sarych" (Black Sea) under current conditions, *Scientific Notes of Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **8** (74), **3**, 32 (2022).
7. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. Taxonomic analysis of macrophytobenthos in the area of the Natural Monument "Coastal aquatic complex near Cape Fiolent" (Black Sea), *Bulletin of Perm University. Biology*, **2**, 179 (2023).
8. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N., Evstigneev V. P. Macrophytobenthos of the regional Natural Monument "Coastal aquatic complex near Tauric Chersoneses", *Ekosistemy*, **30**, 22 (2022).
9. Pankeeva T. V., Mironova N. V., Parkhomenko A. V. Landscape researches Natural Monument "Coastal Marine Protected Areas at Cape Lucull", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, **2** (18), 36 (2021).
10. Pankeeva T. V., Mironova N. V., Parkhomenko A. V. Landscape researches Natural Monument "Coastal Marine Protected Areas at Cape Fiolent", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, **7** (23), **3**, 45 (2022).
11. Pankeeva T. V., Mironova N. V. Landscape structure of the coastal zone of the Nature Monument "Coastal aquatic complex at Cape Sarych", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, **7** (21), **1**, 51 (2022 a).
12. Pankeeva T. V., Mironova N. V. Landscape researches Natural Monument "Coastal aquatic complex near Tauric Chersoneses (Sevastopol)", *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, **8** (18), **1**, 161 (2022 b).
13. Mironova N. V., Pankeeva T. V. Distribution of macrophyte stocks in the area Natural Monument "Coastal aquatic complex near Tauric Chersoneses", *Ekosistemy*, **33**, 88 (2023 a).
14. Mironova N. V., Pankeeva T. V. Stocks of macrophyte in the area Natural Monument "Coastal aquatic complex at Cape Lucull", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, (2023 b). (in press)
15. Goryachkin Yu. N., Dolotov V. V. *Sea coasts of Crimea*, (Sevastopol: COLORIT, 2019). 256 p.
16. Kalugina A. A. Study of bottom vegetation of the Black Sea with the use of light-diving equipment, *Marine Underwater Research*. 105 (M.: Nauka, 1969).

17. Zinova A. D. *Identifier of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR*, (M. - L.: Nauka, 1967). 397 p.
18. Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase. Worldwide electronic publication Galway: Nat. Univ. Ireland. URL. www.algaebase.org* (accessed 21.08.2023).
19. Blinova E. I., Pronina O. A., Shtrik V. A. The accounting of stocks of commercial sea algae of the coastal zone, *Ecosystem Studies of Fishery Reservoirs, Collection and Data Processing on Aquatic Biological Resources, Equipment and Technology of their Mining and Processing: Methods of Landscape Studies and Evaluation of Bottom Invertebrates and Algae from the Marine Coastal Zone*. – M.: VNIRO, **3**, 80 (2005).
20. Kalugina-Gutnik A. A. *Phytobenthos of the Black Sea*, (Kyiv: Naukova dumka, 1975). 248 p.
21. Agarkova-Lyakh I. V. Nature complexes of the coastal zone of the southern coast of Crimea, *Scientific Notes of Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 1 (**67**), **3**, 42 (2015).
22. Pankeeva T. V., Mironova N. V. The macrophyte stock as an indicator of the ecological state of the coastal zone of the Sevastopol region, *Marine biological research: achievements and perspectives: in 3 vol.: Proceedings of All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation dedicated to the 145 th anniversary of Sevastopol Biological Station* (Sevastopol, 19–24 September, 2016). Ed. A. V. Gaevskaya. (Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2016), **3**, 306.