



DOI 10.23859/estr-221122

EDN GUXQRY

УДК 502.75:581.526.323(262.5)

Научная статья

Запасы макрофитобентоса охраняемых акваторий города Севастополя

Н.В. Миронова* , Т.В. Панкеева 

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, 29900, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2

**dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

Аннотация. Впервые рассчитаны запасы донной растительности памятников природы г. Севастополя на основе проведенных гидробиологических исследований (2020-2021 гг.). Показано, что наибольшие общие запасы макрофитов и входящих в их состав доминирующих *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* характерны для акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс (ПАК) у мыса Лукулл», наименьшие - для «ПАК у мыса Сарыч». Максимальный запас фитомассы *Phyllophora crispa* отмечен в акватории памятника природы «ПАК у Херсонеса Таврического». Полученные результаты могут быть рекомендованы для оптимизации природоохранного режима памятников природы.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, Черное море, макрофиты, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Комплексное исследование механизмов функционирования биотехнологических комплексов с целью получения активных веществ из гидробионтов» (№ гос. регистрации 1023032700554-2-1.6.16).

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность И.Ю. Тамойкину за помощь в отборе глубоководных проб макрофитов, а также сотрудникам отдела биотехнологий и фиторесурсов к.б.н., с.н.с. И.К. Евстигнеевой и м.н.с. И.Н. Танковской за определение видового состава водорослей и совместную работу по обработке собранного материала.

ORCID:

Н.В. Миронова, <https://orcid.org/0000-0001-7110-7081>

Т.В. Панкеева, <https://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

Для цитирования: Миронова, Н.В., Панкеева, Т.В., 2024. Запасы макрофитобентоса охраняемых акваторий города Севастополя. *Трансформация экосистем* 7 (2), 160–175. <https://doi.org/10.23859/estr-221122>

Поступила в редакцию: 22.11.2022

Принята к печати: 28.02.2023

Опубликована онлайн: 24.05.2024

DOI 10.23859/estr-221122

EDN GUXQRY

UDC 502.75:581.526.323(262.5)

Article

Macrophytobenthos stock in the protected water areas of Sevastopol city

N.V. Mironova*, T.V. Pankeeva

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, pr. Nakhimova 2, Sevastol, 29900 Russia

*dr.nataliya.mironova@yandex.ru

Abstract. For the first time, the stocks of bottom vegetation at the natural monuments of Sevastopol city were assessed on the basis of hydrobiological studies (2020–2021). The largest total macrophyte stock and their dominant species (*Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata*) are typical for the water area of the natural monument “Nearshore Aquatic Complex (NAC) at Cape Lucullus”, the lowest, for “NAC at Cape Sarych”. Maximum biomass stock of *Phyllophora crispa* algae was recorded in the waters of the natural monument “NAC at Tauric Chersonese”. The results obtained may be recommended for optimizing the environmental regime of the natural monuments.

Keywords: protected areas, Black Sea, macrophytes, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment for the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, “Comprehensive study of the mechanisms of functioning of biotechnological complexes in order to obtain active substances from aquatic organisms” (state registration no. 1023032700554-2-1.6.16).

Acknowledgements. The authors express their sincere gratitude to I.Yu. Tamoykin for assistance in collecting deep-sea samples of macrophytes. Special thanks go to Dr. I.K. Evstigneeva and I.N. Tankovskaya (Biotechnology and Phytoresources Department, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas) for the algae species identification and invaluable help in processing the collected material.

ORCID:

N.V. Mironova, <https://orcid.org/0000-0001-7110-7081>

T.V. Pankeeva, <https://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

To cite this article: Mironova, N.V., Pankeeva, T.V., 2024. Macrophytobenthos stock in the protected water areas of Sevastopol city. *Ecosystem Transformation* 7 (2), 160–175. <https://doi.org/10.23859/estr-221122>

Received: 22.11.2022

Accepted: 28.02.2023

Published online: 24.05.2024

Введение

Морские охраняемые акватории (МОА) играют важную роль в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия прибрежной зоны. В настоящее время в прибрежье Крымского полуострова расположен 31 объект, охраняемый в соответствии с государственным законодательством, международными соглашениями и конвенциями (Панкеева и др., 2022). В современных условиях особо охраняемые природные территории (ООПТ) города федерального значения Севастополя представлены четырнадцатью объектами разной категории охраны общей площадью 25021.3 га, из которых на сушу приходится 24350.4 га, а на акваторию – 670.9 га, что составляет 23.1 и 3.1% площади города и акватории соответственно. В г. Севастополе имеется 6 ООПТ, в состав которых входит МОА (4 памятника природы и 2 заказника) (Позаченюк и др., 2020). Памятники природы гидрологического профиля были созданы в г. Севастополе в период с 1972 по 1979 гг., площадь их акватории достигает 345.2 га, что составляет 51.5% общей площади охраняемой акватории региона. В прибрежной зоне памятников природы г. Севастополя научную и природоохранную ценность имеют «цистозировые» и филлофоровые сообщества, относящиеся к ключевым звеньям экосистемы Черного моря и имеющие высокий охранный статус в морях Европы (Gubbay et al., 2016).

В современных условиях в бассейне Черного моря существенная перестройка и деградация донных биоценозов, сокращение запасов донной растительности и доминирующих видов водорослей регистрируется почти повсеместно – не только на прибрежных антропогенно-преобразованных участках, но и в охраняемых акваториях. При этом многие исследователи отмечают значительное снижение ресурсного потенциала макрофитобентоса в нижней сублиторальной зоне (Вилкова, 2005; Максимова и Лучина, 2002; Мильчакова и др., 2011; Миронова и др., 2007а, б, 2009). В связи с этим в условиях возрастающего эвтрофирования водной среды, влияющего на прибрежные экосистемы, определение запасов макрофитов как основных первичных продуцентов приобретает высокую научно-практическую и экологическую значимость и служит основой рационального природопользования.

За последние годы накоплены многочисленные сведения о флористическом составе макрофитобентоса и ландшафтном разнообразии на ООПТ в прибрежной зоне Крыма (Евстигнеева и Танковская, 2021; Мильчакова и др., 2015; Особо охраняемые..., 2020; Панкеева и др., 2021; Панкеева и Миронова, 2022а, б; Садогурский и др., 2019). Однако данные о состоянии ресурсов черноморских макрофитов и их продукционных характеристиках для МОА малочисленны (Вилкова, 2005; Мильчакова и др., 2011; Миронова и др., 2007а, 2009).

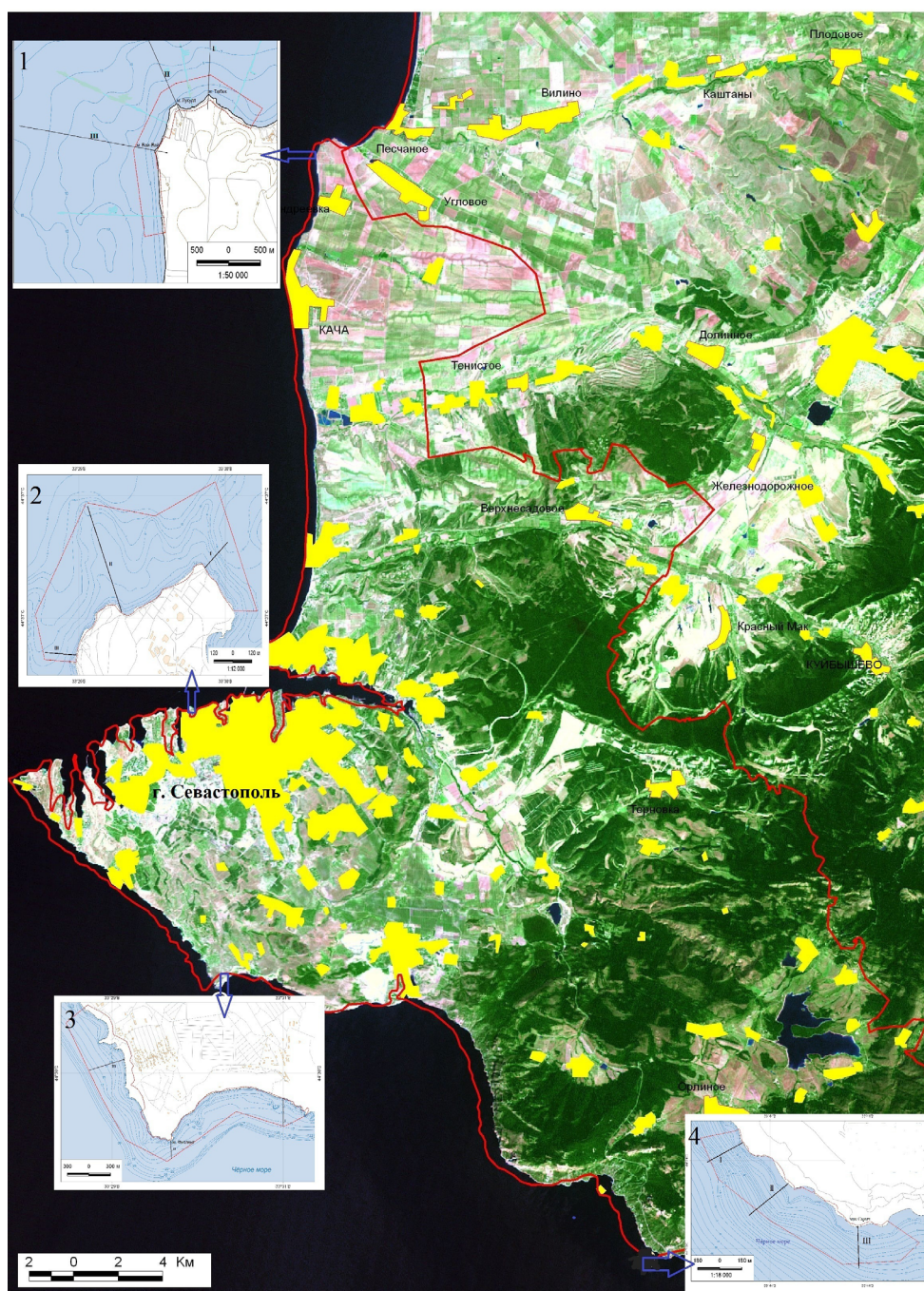
В связи с этим цель работы – оценить ресурсы донной растительности и запас фитомассы доминирующих видов водорослей, провести анализ распределения запасов макрофитов в акваториях памятников природы г. Севастополя.

Материалы и методы

Гидробиологические исследования в прибрежной зоне памятников природы («Прибрежный аквальный комплекс (ПАК) у мыса Сарыч», «ПАК у мыса Фиолент», «ПАК у Херсонеса Таврического» и «ПАК у мыса Лукулл») проводили в июле–августе 2020–2021 гг. (Табл. 1., Рис. 1).

Работы в акватории выполняли с применением легководолазного снаряжения и с использованием маломерных судов. Для изучения состава макрофитобентоса и оценки запасов донной растительности в границах каждого памятника природы было заложено по три трансекты, расположенные перпендикулярно к берегу (Рис. 1). Координаты станций определяли при помощи портативного GPS-приемника (Oregon 650). Отбор проб проводили по общепринятой методике (Калугина-Гутник, 1969). На глубинах 0.5, 1, 3, 5, 10 и 15 м располагали по четыре учетные площадки размером 25×25 см, при этом дайвер визуально определял проективное покрытие дна макрофитами (ПП). Водоросли помещали в мешки из мельничного газа и в сыром виде доставляли в лабораторию, где определяли их видовой состав. Идентификацию водорослей проводили по определителю А.Д. Зиновой (1967) с учетом последних номенклатурных изменений (AlgaeBase¹). В лабораторных условиях при обработке материала учитывали общую биомассу (сырую) макрофитов, массу литофитов и эпифитов, массу «цистозирь» (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = *Cystoseira crinita* и *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = *Cystoseira barbata*) и филлофоры

¹ AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, Ireland. Электронный ресурс. URL: <https://www.algaebase.org> (дата обращения: 03.02.2023).



Условные обозначения

- Границы памятника природы
- Изобаты, м
- Изогипсы, м
- Трансекты

Памятники природы: 1 - "ПАК у мыса Лукулл"; 2 - "ПАК у мыса Херсонес Таврический"; 3 - "ПАК у мыса Фиолент"; 4 - "ПАК у мыса Сарыч"

Рис. 1. Карта-схема географического положения районов исследования.

Табл. 1. Гидрологические памятники природы регионального значения г. Севастополя.

Название ООПТ	Площадь, га			Глубина, м (в границах памятников природы)	Год создания
	Общая	Территория	Акватория		
«ПАК у мыса Сарыч»	62.28	3.51	58.77	0.5–15	1972
«ПАК у мыса Фиолент»	179.40	66.0	113.4	0.5–15	1972
«ПАК у мыса Херсонес Таврический»	60.66	1.00	59.66	0.5–15	1979
«ПАК у мыса Лукулл»	128.58	15.12	113.46	0.5–5	1979
Итого	430.92	85.63	345.29		

(*Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon), которые являются видами-доминантами Черного моря. При определении сырой массы водоросли тщательно промокали фильтровальной бумагой, крупные формы взвешивали на весах KRUPS с погрешностью 0.01 г, мелкие формы – на весах ВК-600 с погрешностью 0.001 г. Всего было заложено 12 трансект, 65 станций, собрано и обработано 260 количественных проб макрофитобентоса. Ресурсы макроводорослей (кг, сырая масса) рассчитаны по формуле, модифицированной для морских исследований:

$$Q = V \times \text{ПП} \times S / 100,$$

где Q – запасы макрофитов (кг), V – средняя биомасса водорослей ($\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$) 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 расчете запасов макрофитов он не учитывался (Миронова и Панкеева, 2021). Определение площади акватории осуществляли с помощью программы QGIS 2.14.18.. Для того чтобы получить сравнимые данные, общие запасы макрофитобентоса и входящие в их состав доминирующие виды водорослей были пересчитаны на единицу площади (га). Для этого был введен показатель – запас фитомассы. Запас фитомассы измеряется в $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$ и определяется как отношение запасов макрофитов, («цистозир» и филлофоры) (Q) к площади участка, занятого донной растительностью (S) (Миронова и др., 2007b).

Результаты и обсуждение

На основе проведенных исследований дана оценка ресурсов донной растительности, показано распределение макрофитов и входящих в их состав доминирующих видов водорослей по глубинам для четырех памятников природы г. Севастополя. В целом в акватории всех памятников природы макрофитобентос характеризуется поясным типом распределения с доминированием «цистозирового» (*Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*) (глубина от 0.5 до 5 (10) м) и филлофорового (*Phyllophora crispa*) поясов (глубина от 5 (10) до 15 м).

«ПАК у мыса Сарыч»

Этот памятник природы расположен в южной части г. Севастополя. Для прибрежной зоны характерен приглубый склон, сложенный грубообломочными отложениями до глубины 10 м. Начиная с глубины 3 м, отмечены мозаично галечно-гравийные с битой ракушкой донные осадки. Глубже 10 м зарегистрированы песчаные и гравийно-щебнистые с битой ракушкой отложения.

Ширина фитали не превышает 40 м. Значения ПП на глубине 0.5–5 м достигают 90–100%, а на глубине 5–15 м не превосходят 90%. В составе донной растительности на глубине 0.5–3 м доминирует *Ericaria crinita*, на глубине 3–5 м среди зарослей *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* встречается *Phyllophora crispa*. На 5–15 м господствует *Phyllophora crispa*.

Общие запасы макрофитов оцениваются в 2232.8 т, их величина варьирует в зависимости от глубины от 180.3 до 636.4 т (Рис. 2А). Наибольший запас фитомассы макрофитов зарегистрирован на глубине 3–5 м, а минимальный – на 10–15 м (Табл. 2). В среднем на 1 га сосредоточено 55.8 т макрофитов.

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* составляют 1360.9 т. Наиболее продуктивные заросли этих видов приурочены к глубине 3–5 м. Значительные запасы фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* обнаружены также на глубине от 1 до 3 и от 5 до 10 м. В нижней сублиторальной зоне на глубине 10–15 м их величина существенно уменьшается. Вклад *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в общие запасы макрофитов снижается при увеличении глубины с 68–70 до 27%.

Запасы *Phyllophora crispa* оцениваются в 319.1 т. В структуре общих запасов макрофитов вклад *Phyllophora crispa* при увеличении глубины возрастает от 2 (глубина 1–3 м) до 21–60% (глубина 5–15 м). Сходным образом изменяется запас фитомассы филлофоры, который в сопоставимом диапазоне глубин повышается от 1.5 до 12.3 т·га⁻¹.

«ПАК у мыса Фиолент»

Данный аквальный комплекс находится в юго-западной части г. Севастополя. Подводный склон приглубый. На глубине 3–10 м преобладают глыбы, прогалины заполнены преимущественно гравийно-галечными отложениями. В прибрежной акватории встречаются крутые остроконечные скалы, небольшие островки и рифы. В интервале глубин 10–15 м и глубже дно покрыто песчано-гравийно-галечными донными осадками. Ширина фитали варьирует от 80 до 450 м. В прибрежной зоне мыса Фиолент и прилегающих склонах значения ПП возрастают от 10–20 до 50–60% при увеличении глубины от 0.5 до 10 м. В составе донной растительности господствуют *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. На глубине 10–15 м значение ПП составляет 50% и доминирует *Phyllophora crispa*.

Общие запасы макрофитов составляют 3716.3 т. Их максимальная величина отмечена на глубине 5–10 м, а минимальная – на глубине от 1 до 3 м (Рис. 2В). В среднем на 1 га произрас-

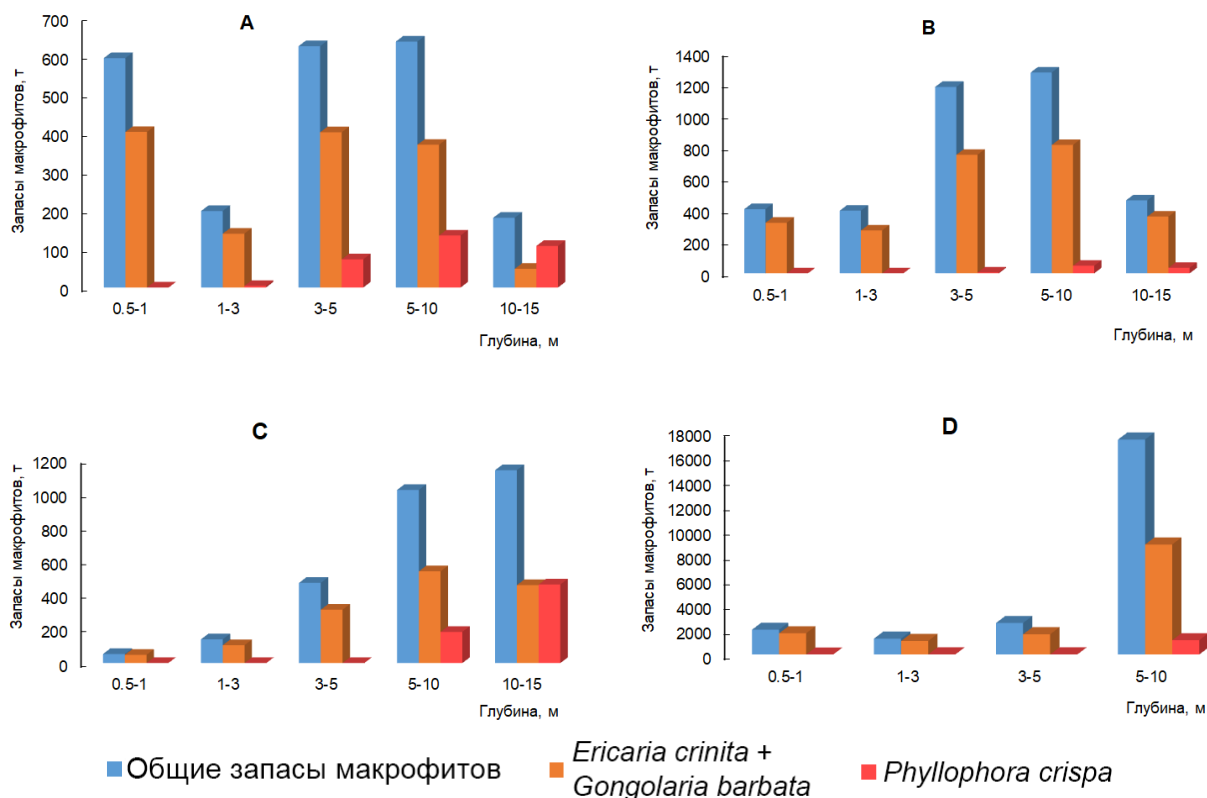


Рис. 2. Изменение запасов макрофитов и входящих в их состав доминирующих видов водорослей по глубинам в акватории памятников природы г. Севастополя в летний период 2020–2021 гг. А - «ПАК у мыса Сарыч», В - «ПАК у мыса Фиолент», С - «ПАК у Херсонеса Таврического», D - «ПАК у мыса Лукулл».

Табл. 2. Изменение запаса фитомассы макрофитов, входящих в их состав доминирующих видов водорослей и их доли в общих запасах макрофитобентоса по глубинам в акватории памятников природы г. Севастополя в летний период 2020–2021 гг.

Глубина, м	Площадь участков, га	Запас фитомассы макрофитов, т·га ⁻¹	<i>Ericaria crinita</i> и <i>Gongolaria barbata</i>		<i>Phyllophora crispa</i>	
			Запас фитомассы, т·га ⁻¹	Доля в запасах, %	Запас фитомассы, т·га ⁻¹	Доля в запасах, %
«ПАК у мыса Сарыч»						
0.5–1	9.7	61.4	41.6	68	0	0
1–3	2.8	71.2	49.9	70	1.5	2
3–5	7.2	86.4	55.6	64	10.1	12
5–10	10.9	58.2	33.8	58	12.3	21
10–15	9.4	19.2	5.1	27	11.4	60
«ПАК у мыса Фиолент»						
0.5–1	8.8	46.4	36.5	79	0	0
1–3	6.6	60.4	41.4	69	0	0
3–5	18.5	63.7	40.5	64	0.3	0
5–10	31.9	39.8	25.5	64	1.5	4
10–15	30.2	15.3	11.9	78	1.1	8
«ПАК у Херсонеса Таврического»						
0.5–1	1.2	43.6	34.3	79	0	0
1–3	2.4	59.1	44.4	75	0	0
3–5	7.9	59.7	39.7	67	0	0
5–10	20.7	49.2	26.1	53	8.9	18
10–15	26.6	42.6	17.2	40	17.3	41
«ПАК у мыса Лукулл»						
0.5–1	28.9	53.6	46.2	86	0	0
1–3	18.4	70.3	60.0	85	0	0
3–5	52.4	48.4	31.0	64	0.1	0
Вне границ «ПАК у мыса Лукулл»						
5–10	433.9	40.9	21.2	52	3.1	8

тает 38.7 т макрофитов, запас фитомассы в интервале глубин от 0.5 до 5 м возрастает от 46.4 до 63.7 т·га⁻¹, а при дальнейшем увеличении глубины до 15 м – снижается до 15.3 т·га⁻¹ (Табл. 2).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* оцениваются в 2513.6 т, их величина изменяется по глубинам от 271.8 до 812.6 т. Запас их фитомассы по глубинам варьирует так же, как и общий запас фитомассы макрофитов. Доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* снижается с 79 до 64% при увеличении глубины от 0.5 до 10 м, но на глубине 10–15 м возрастает до 78% от общих запасов макрофитов.

Запасы *Phyllophora crispa* незначительны – 87.6 т, ее заросли разрежены и приурочены преимущественно к глубине от 5 до 15 м, где сосредоточено 94% запасов этого вида, выявленного в прибрежной зоне памятника природы. Запас фитомассы филлофоры в этом интервале глубин колеблется в пределах 1.1–1.5 т·га⁻¹, а ее вклад в общие запасы макрофитов не превышает 4–8%.

«ПАК у Херсонеса Таврического»

Данный памятник природы занимает северо-западную часть г. Севастополя. В прибрежной акватории расположена полоса бенча, которая представляет собой отпрепарированный пласт известняка, перекрытый окатанными валунами. На глубине 3–10 м сформировался пересеченный рельеф, осложненный навалом глыб известняка. Глубже располагается зона песка, сменяющаяся широкой полосой ракуши, за которой глубины круто падают. Дно сложено илистыми отложениями. Ширина фитали варьирует от 160 до 360 м. Значения ПП в интервале глубин 0.5–5 м невысокие (40–50%). В растительном покрове преобладают *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. На глубине 5–10 м значения ПП не превышают 50%. В составе донной растительности доминирует *Phyllophora crispa*.

Общие запасы макрофитов составляют 2815.7 т. Их величина возрастает более чем в 20 раз (от 53.2 до 1133.9 т) при увеличении глубины от 0.5 до 15 м (Рис. 2С). В среднем на 1 га зарегистрировано 47.9 т макрофитов. Максимальный запас их фитомассы отмечен на глубине 1–5 м, а минимальный – на глубине 0.5–1 и 10–15 м (Табл. 2).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* оцениваются в 1457.2 т, при этом на глубине 5–15 м сосредоточено 68% их запасов, рассчитанных для прибрежной зоны этого памятника природы. Наибольший запас их фитомассы зарегистрирован на глубине 1–5 м. В направлении от верхней к нижней сублиторальной зоне (глубины 0.5–15 м) вклад *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* снижается вдвое (с 79 до 40%).

Массовые скопления *Phyllophora crispa* наблюдали на глубине от 5 до 15 м, где обнаружено практически 100% ее запасов, выявленных в прибрежной зоне памятника природы. Вблизи нижней границы фитали в сопоставимом диапазоне глубин вклад филлофоры в структуру общих запасов макрофитов возрастает от 18 до 41%. Сходным образом изменяется запас ее фитомассы, который увеличивается с 8.9 до 17.3 т·га⁻¹.

«ПАК у мыса Лукулл»

Этот аквальный комплекс занимает северную оконечность г. Севастополя. В прибрежной акватории у мысов сосредоточено нагромождение плит и глыб конгломератов, которые образуют выступы дна до глубины 5 м. Между мысами подводный склон отмельный, сложенный песчаными отложениями, характерны мелкие рифели (знаки ряби). На глубине 5–6 м наблюдается четкий перегиб подводного склона. Глубже дно занято глыбово-валунным навалом, в прогалинах отмечены гравийно-песчаные с битой ракушей донные осадки. Ширина фитали варьирует от 400 до 1600 м. В районе мысов значения ПП возрастают с 20–40 до 90% при увеличении глубины от 0.5 до 5 м. В растительном покрове господствуют *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. Значения ПП при увеличении глубины от 5 до 10 м снижаются от 70–90 до 30–40%. В составе донной растительности преобладает *Phyllophora crispa*.

Общие запасы макрофитов в границах памятника природы (глубина 0.5–5 м) достигают 5379.3 т. Их максимальная величина зарегистрирована в средней сублиторальной зоне на глубине от 3 до 5 м, а минимальная – в верхней на глубине от 1 до 3 м (Рис. 2D). На 1 га сосредоточено в среднем 53.9 т водорослей, при этом их наибольший запас фитомассы отмечен на глубине 1–3 м (Табл. 2).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* оцениваются в 4064.1 т. Их наиболее продуктивные скопления приурочены к глубине 3–5 м. Запас фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* изменяется от 31.0 до 60.0 т·га⁻¹ с максимумом на глубине от 1 до 3 м и минимумом на глубине 3–5 м. Их доля в общих запасах макрофитов при увеличении глубины снижается от 86 до 64%.

Запасы *Phyllophora crispa* незначительные – 5.5 т, из них 89% сосредоточено на глубине 3–5 м. Запас ее фитомассы не превышает 0.1 т·га⁻¹.

Таким образом, общие запасы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в прибрежной зоне изученных памятников природы варьируют в интервале от 2232.8 до 5379.3 т и от 1360.9 до 4064.1 т соответственно. Их максимальные величины отмечены в акватории памятника природы «ПАК у мыса Лукулл», а минимальные – в акватории «ПАК у мыса Сарыч». Запасы *Phyllophora crispa* в районах исследования изменяются в широком диапазоне от 5.5 до 644.9 т, при этом наибольшая их величина зарегистрирована в акватории памятника природы «ПАК у Херсонеса Таврического», а наименьшая – в акватории «ПАК у мыса Лукулл».

На распространение и распределение водорослей по глубинам оказывает влияние уровень проникновения света, который необходим для их фотосинтеза (Калугина-Гутник, 1975). Известно, что освещенность изменяется вдоль градиента глубины; при ее увеличении наблюдается типичная смена растительных сообществ, снижаются количественные показатели биомассы макрофитобентоса, что характерно для прибрежной зоны всех памятников природы (Табл. 2).

В акватории исследуемых памятников природы в верхней сублиторальной зоне (глубина 0.5–3 м) различия в величине запаса фитомассы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* незначительные. Так, в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч», «ПАК у мыса Фиолент» и «ПАК у Херсонеса Таврического» эти показатели колеблются от 43.6 до 71.2 т·га⁻¹ и от 34.3 до 49.9 т·га⁻¹ соответственно, а в акватории «ПАК у мыса Лукулл» – от 53.6 до 70.3 т·га⁻¹ и от 46.2 до 60.0 т·га⁻¹, хотя площадь дна в этом диапазоне глубин первых трех памятников природы варьирует в пределах от 3.6 до 15.4 га, а на четвертом – достигает значительной величины и составляет 47.3 га (Табл. 2).

Для прибрежной зоны всех памятников природы наибольшая доля доминирующих *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в общих запасах макрофитов зарегистрирована на глубине 0.5–3 м, где ее вклад варьирует от 68 до 86%. При этом максимальные значения рассматриваемого показателя зафиксированы в акватории «ПАК у мыса Лукулл», а минимальные – в акватории «ПАК у мыса Сарыч». Известно, что в настоящее время для черноморского побережья Крыма характерно смещение основных зарослей макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* на меньшую глубину, хотя ранее эколого-фитоценотический оптимум этих видов приходился на глубину 3–5 м (Калугина-Гутник, 1975; Мильчакова и др., 2011; Миронова и др., 2007а, 2009).

В акватории памятников природы «ПАК у мыса Сарыч», «ПАК у мыса Фиолент» и «ПАК у Херсонеса Таврического» на глубине 3–5 м зарегистрирован максимальный запас фитомассы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, который изменяется в пределах 59.7–86.4 и 40.5–55.6 т·га⁻¹ соответственно (Табл. 2). В акватории «ПАК у мыса Лукулл» эти показатели несколько ниже (48.4 и 31.0 т·га⁻¹ соответственно).

В прибрежной зоне изучаемых памятников природы при увеличении глубины от 5 до 15 м отмечены различия в снижении величины запаса фитомассы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* («ПАК у мыса Сарыч» – в 3.0 и 6.6 раза соответственно, «ПАК у мыса Фиолент» – в 2.6 и 2.1 раза, ПАК у Херсонеса Таврического» – в 1.1 и 1.5 раза). В акватории «ПАК у мыса Лукулл» при повышении глубины от 5 до 10 м зафиксировано уменьшение этих показателей в 1.2 и 1.5 раза соответственно (Табл. 2). Такие различия, вероятно, связаны не только с изменением освещенности, но и с особенностями геолого-геоморфологического строения подводного склона и его морфометрическими характеристиками. В пользу наших утверждений служат работы О.Ю. Вилковой (2005), У.В. Симаковой (2009) и Е.И. Игнатова с коллегами (2014), которые показали, что особенности рельефа дна и геолого-морфологического строения подводного склона оказывают существенное влияние на плотность распределения донной растительности, изменения в структурных элементах и продукционных характеристиках сообществ. В своих исследованиях С.Е. Садогурский (2018) также обратил внимание на различия в видовом разнообразии и биомассе макрофитобентоса, зависящие от особенностей геолого-геоморфологического строения берегов двух близкорасположенных мысов на Тарханкутском полуострове.

Показательно, что на распределение запаса фитомассы макрофитов и входящих в их состав доминирующих *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* оказывает влияние литологический состав донных отложений. Так, в акватории памятников природы «ПАК у мыса Сарыч», «ПАК у мыса Фиолент» и «ПАК у Херсонеса Таврического» на глубине 0.5–1 м преобладают грубообломочные отложения, которые в условиях высокой гидродинамической активности этих районов (Горячкин и Долотов, 2019) препятствуют и затрудняют прикрепление слоевищ водорослей к такому типу субстрата. Этим объясняются более низкие значения запаса фитомассы макрофитов и «цистозир» на данной глубине по сравнению с аналогичными показателями на глубине 1–3 м (Табл. 2). При-

брежная зона «ПАК у мыса Лукулл» на глубине 0.5–1 м сложена преимущественно песчаными отложениями с выходами коренных пород, которые приурочены к мысам, что приводит к снижению величины запаса фитомассы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* (Табл. 2). Таким образом, в акватории исследуемых памятников природы наибольшие показатели запаса фитомассы макрофитов и «цистозир» зарегистрированы на глубине 1–5 м, где отмечены субстраты, более подходящие для прикрепления и роста макроводорослей.

Подводный склон в акватории памятников природы в нижней сублиторальной зоне (глубина 5–15 м) выполаживается, происходит изменение гранулометрического состава донных отложений. В литологическом составе наряду с глыбово-валунными отложениями встречаются песчаные и гравийно-галечные донные осадки, которые определяют распространение *Phyllophora crispa*. Этот вид в акватории памятников природы (за исключением «ПАК у мыса Сарыч») на глубине 0.5–3 м не обнаружен, основные заросли *Phyllophora crispa* сосредоточены на глубине свыше 5 м. Наибольшие значения запаса фитомассы филлофоры зарегистрированы в акватории памятников природы «ПАК у мыса Сарыч» и «ПАК у Херсонеса Таврического», где на глубине 5–15 м они изменяются от 8.9 до 17.3 т·га⁻¹, а в акватории «ПАК у мыса Фиолент» и «ПАК у мыса Лукулл» эти величины значительно ниже (0.1–1.5 т·га⁻¹). Доля *Phyllophora crispa* в прибрежной зоне памятников природы при увеличении глубины от 5 до 15 м возрастает от 4 до 60% общих запасов макрофитов.

В настоящее время выявлен подъем нижней границы произрастания многих глубоководных видов водорослей, в том числе и *Phyllophora crispa*. За последние годы известны многочисленные сведения о ее массовом обитании вдоль кавказского и крымского шельфа на глубине 3–10 м вместо характерных 25–30 м, при этом запасы вида снизились более чем втрое (Вилкова, 2005; Максимова и Лучина, 2002; Мильчакова и др., 2011; Миронова и др., 2007а, 2009; Симакова, 2009). Вероятно, причинами негативного воздействия на сциафильные (тенелюбивые) виды макроводорослей являются снижение прозрачности воды и увеличение степени ее эвтрофирования.

Полученные данные о ресурсах макрофитобентоса могут быть использованы для научного обоснования границ охраняемой акватории памятников природы г. Севастополя. В начале 70–80-х гг. прошлого века на момент организации сети объектов ООПТ в Крыму и г. Севастополе для гидрологических памятников природы регионального значения была установлена своеобразная территориальная «квота» – 300 м ширины от кромки воды вглубь морской акватории. Однако научные обоснования данной величины для каждой конкретной охраняемой акватории памятников природы отсутствуют, хотя эта цифра требует значительной корректировки (Панкеева и др., 2021).

В акватории «ПАК у мыса Лукулл» на глубине 5–10 м, то есть на площади, которая не входит в границы памятника природы, сосредоточены существенные запасы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa* (17736.5, 9210.2 и 1147.7 т соответственно). Запас их фитомассы соответственно составляет 40.9, 21.2 и 3.1 т·га⁻¹. Для оптимизации природоохранного режима имеет смысл дополнительно включить часть морской акватории в состав памятника природы. В работе Н.А. Мильчаковой с соавторами (2022) для включения в состав памятника природы «ПАК у мыса Лукулл» предложена акватория площадью 627 га.

Согласно материалам береговых экспедиций, проведенных в прибрежной зоне г. Севастополь в летний период 1997–2015 гг., общие запасы макрофитов оцениваются в 84.2 тыс. т, из которых 50.2 тыс. т приходится на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, 4.8 тыс. т – на *Phyllophora crispa* и менее 1 т – на виды *Zostera* (Миронова и Панкеева, 2016). Известно, что общая площадь акватории г. Севастополя составляет 21.6 тыс. га, из них охраняемая морская часть памятников природы составляет 345.3 га (Позаченюк и др., 2020).

Анализ полученных результатов показал, что в акватории памятников природы «ПАК у мыса Сарыч» и «ПАК у мыса Фиолент» донная растительность распространена на меньшей площади, чем площадь охраняемой акватории. В связи с этим общая площадь обследованной морской части памятников природы не превысила 294.3 га (1.4% общей площади акватории г. Севастополя) (Табл. 1). Однако по расчетным данным на этой охраняемой акватории сосредоточены значительные запасы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa* – 17.3, 19.4 и 22% соответственно общих запасов макрофитобентоса г. Севастополя. Среди изученных памятников природы наибольшие запасы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* зарегистрированы в акватории памятника природы «ПАК у мыса Лукулл» (6.9 и 8.8% соответственно), а *Phyllophora crispa* – в акватории «ПАК у Херсонеса Таврического» (12.5% общих запасов макрофитобентоса г. Севастополя).

Показательно, что памятники природы г. Севастополя характеризуются высокими значениями ресурсов макрофитов, значительной степенью сохранности «цистозировых» и филлофоровых фитоценозов. *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* входят в состав Красной книги Республики Крым, а *Phyllophora crispa* включена в Красную книгу Российской Федерации, Республики Крым и г. Севастополя (Красная книга..., 2008, 2015, 2018). Однако низкий природоохранный статус памятников природы не позволяет в полном объеме обеспечить сохранение донной растительности (Alexandrov and Milchakova, 2022). При научно обоснованном подходе в дальнейшем необходимо повышение категории их природоохранного статуса. Исследованные памятники природы отличаются изолированностью расположения в прибрежной зоне и незначительной площадью морской части. Для обеспечения сохранения и оптимального функционирования ООПТ г. Севастополя необходимо, чтобы заповедные территории представляли собой не разобщенные объекты, а формировали единую систему – экологическую сеть (Панкеева и др., 2021).

Заключение

1. Впервые рассчитаны общие запасы макрофитов и запасы входящих в их состав *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в акватории памятников природы г. Севастополя. Их максимальные величины отмечены в прибрежной зоне «ПАК у мыса Лукулл», а минимальные – в акватории «ПАК у мыса Сарыч». Наибольшие запасы *Phyllophora crispa* зарегистрированы в акватории «ПАК у Херсонеса Таврического», а наименьшие – в прибрежной зоне «ПАК у мыса Лукулл».

2. Анализ изменений запаса фитомассы макрофитов и доминирующих видов водорослей по глубинам выявил:

– в акватории исследуемых памятников природы запас фитомассы макрофитов и входящих в их состав *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* наиболее высок на глубине от 1 до 5 м, а в прибрежной зоне «ПАК у мыса Лукулл» наибольшие показатели зарегистрированы на глубине 1–3 м.

– в акватории памятников природы «ПАК у мыса Сарыч» и «ПАК у Херсонеса Таврического» отмечены максимальные значения запаса фитомассы *Phyllophora crispa*, в прибрежной зоне «ПАК у мыса Фиолент» эта величина значительно ниже, а в акватории «ПАК у мыса Лукулл» наблюдается минимальный запас фитомассы данного вида.

3. Отмечено, что в акватории изученных памятников природы наибольшая доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в общих запасах макрофитов зарегистрирована на глубине 0.5–3 м, при этом максимальных значений этот показатель достигал в прибрежной зоне «ПАК у мыса Лукулл», а минимальных – в акватории «ПАК у мыса Сарыч». Вклад *Phyllophora crispa* в общие запасы макрофитов в акватории памятников природы возрастает при увеличении глубины от 5 до 15 м, при этом наибольшее значение этого показателя отмечено в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч», а наименьшее – в акватории «ПАК у мыса Фиолент».

4. Показано, что в акватории памятников природы сосредоточены значительные запасы макрофитов, в частности *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, составляющие 17.3, 19.4 и 22% соответственно общих запасов макрофитобентоса г. Севастополя. Наибольшие запасы макрофитов *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* зарегистрированы в акватории «ПАК у мыса Лукулл» (6.9 и 8.8% соответственно), а *Phyllophora crispa* – в прибрежной зоне «ПАК у Херсонеса Таврического» (12.5% общих запасов макрофитобентоса г. Севастополя). Полученные данные могут быть использованы для оптимизации природоохранного режима исследуемых памятников природы.

Список литературы

Блинова, Е.И., Пронина, О.А., Штрик, В.А., 2005. Методические рекомендации по учету запасов промысловых морских водорослей прибрежной зоны. В: Блинова, Е.И. (ред.), *Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки*. Вып. 3. ВНИРО, Москва, Россия, 80–127.

Вилкова, О.Ю., 2005. Роль рельефа береговой зоны в распределении макробентоса. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, 1–8. Деп. ВИНТИ № 1115 от 01.08.05.

Горячкин, Ю.Н., Долотов, В.В., 2019. Морские берега Крыма. Колорит, Севастополь, 256 с.

- Евстигнеева, И.К., Танковская, И.Н., 2021. Гидробиотические исследования охраняемой акватории Западного Крыма (Черное море). *Фиторазнообразие Восточной Европы* 15 (4), 16–33. <https://doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33>
- Зинова, А.Д., 1967. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Наука, Москва – Ленинград, СССР, 397 с.
- Игнатов, Е.И., Орлова, М.С., Санин, А.Ю., 2014. Береговые морфосистемы Крыма. ЭКОСИ-Гидрофизика, Севастополь, 266 с.
- Калугина-Гутник, А.А., 1969. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники. В: Мантейфель, Б.П. (ред.), *Морские подводные исследования*. Наука, Москва, СССР, 105–113.
- Калугина-Гутник, А.А., 1975. Фитобентос Черного моря. Наукова Думка, Киев, СССР, 248 с.
- Красная книга города Севастополя, 2018. Довгаль, И.В., Корженевский, В.В. (ред.). РОСТ-ДОАФК, Калининград – Севастополь, Россия, 432 с.
- Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы, 2015. Ена, А.В., Фатерыга, А.В. (ред.). Ариал, Симферополь, 480 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы), 2008. Бардунов, Л.В., Новиков, В.С. (ред.). Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 855 с.
- Максимова, О.В., Лучина, Н.П., 2002. Современное состояние макрофитобентоса у побережья северного Кавказа: реакция фитали на эвтрофикацию черноморского бассейна. В: Зацепин, А.Г., Флинт, М.В. (ред.), *Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря*. Наука, Москва, Россия, 297–308.
- Мильчакова, Н.А., Александров, В.А., Бондарева, Л.В., Панкеева, Т.В., Чернышева, Е.В., 2015. Морские охраняемые акватории Крыма: научный справочник. Нижняя Оріанда, Симферополь, 312 с.
- Мильчакова, Н.А., Бондарева, Л.В., Александров, В.В., 2022. Природные ядра регионального экологического каркаса г. Севастополя. *Юг России: экология, развитие* 17 (2), 102–114. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-102-114>
- Мильчакова, Н.А., Миронова, Н.В., Рябогина, В.Г., 2011. Морские растительные ресурсы. В: Еремеев, В.Н. и др. (ред.), *Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей*. ЭКОСИ-Гидрофизика, Севастополь, 117–139.
- Миронова, Н.В., Мильчакова, Н.А., Александров, В.В., 2007а. Многолетние изменения макрофитобентоса некоторых объектов природно-заповедного фонда у берегов Крыма. *Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию проведения международного семинара «Оценка потребностей сохранения биоразнообразия Крыма» (Гурзуф, 1997)*. Симферополь, 115–121.
- Миронова, Н.В., Мильчакова, Н.А., Рябогина, В.Г., 2007б. Ресурсы макрофитов прибрежья Гераклеийского полуострова и особенности их многолетней динамики (Крым, Черное море). *Труды ВНИРО* 147, 381–396.
- Миронова, Н.В., Мильчакова, Н.А., Рябогина, В.Г., 2009. Оценка состояния ресурсов макрофитов некоторых объектов природно-заповедного фонда у берегов Крыма. *Материалы V Международной научно-практической конференции «Заповедники Крыма. Теория, практика и перспективы заповедного дела в Черноморском регионе»*. Симферополь, 205–208.

Миронова, Н.В., Панкеева, Т.В., 2016. Запасы макрофитов как показатель экологического состояния береговой зоны региона Севастополя. *Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции «Морские биологические исследования: достижения и перспективы»*. Т. 3. Севастополь, 306–309.

Миронова, Н.В., Панкеева, Т.В., 2021. Распределение запасов макрофитов у Джангульского побережья Крымского полуострова. *Вестник Московского университета. Серия 5. География* 3, 120–131.

Особо охраняемые природные территории Севастополя, 2020. Голубева, Е.И., Позаченюк, Е.А. (ред.). Ариал, Симферополь, 140 с.

Панкеева, Т.В., Дрыгваль, А.В., Миронова, Н.В., 2022. Картографирование биотопов донной растительности Джангульского побережья с использованием ГИС. *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий»* 28 (2), 614–631. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-614-631>

Панкеева, Т.В., Миронова, Н.В., 2022а. Ландшафтная структура береговой зоны памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч». *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН* 1 (21), 51–60. <https://doi.org/10.21072/eco.2022.21.06>

Панкеева, Т.В., Миронова, Н.В., 2022б. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» (Севастополь). *Геополитика и экогеодинамика регионов* 8 (18), 161–175.

Панкеева, Т.В., Миронова, Н.В., Пархоменко, А.В., 2021. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл». *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН* 2 (18), 36–48. <https://doi.org/10.21072/eco.2021.18.03>

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

Садогурский, С.Е., 2018. Макрофитобентос прибрежной акватории у мыса Тарханкут (Крым, Черное море). *Альгология* 28 (1), 40–56. <https://doi.org/10.15407/alg28.01.040>

Садогурский, С.Е., Белич, Т.В., Садогурская, С.А., 2019. Макрофиты прибрежно-морских акваторий природных заповедников Крымского полуострова (Черное и Азовское моря). *Альгология* 29 (3), 322–351. <https://doi.org/10.15407/alg29.03.322>

Симакова, У.В., 2009. Влияние рельефа дна на сообщества цистозеры Северокавказского побережья Черного моря. *Океанология* 49 (5), 672–680.

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

Gubbay, S., Sanders, N., Haynes, T., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.R. et al., 2016. European Red List of Habitats. Part 1: Marine Habitats. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 52 p. <https://doi.org/10.2779/032638>

References

- Alexandrov, V.V., Milchakova, N.A., 2022. Do protected areas influence populations of the threatened red alga *Phyllophora crispa* along the southwestern coast of Crimea (the Black Sea). *Nature Conservation Research* 7 (4), 70–83. <https://doi.org/10.24189/ncr.2022.037>
- Blinova, E.I., Pronina, O.A., Shtrik, V.A., 2005. Metodicheskiye rekomendatsii po uchetu zapasov promyslovykh morskikh vod pribrezhnoy zony [Recommended practice of commercial marine algae stock recording in the coastal zone]. In: Blinova, E.I. (ed.), *Izuchenie ekosistem rybokhozyaystvennykh vodoemov, sbor i obrabotka dannykh o vodnykh biologicheskikh resursakh, tekhnika i tekhnologiya ikh dobychi i pererabotki. Vip. 3 [Ecosystem Studies of Fishery Reservoirs, Collection and Data Processing on Aquatic Biological Resources, Equipment and Technology of their Mining and Processing. Vol. 3]*. All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia, 80–127. (In Russian).
- Evstigneeva, I.K., Tankovskaya, I.N., 2021. Gidrobotanicheskie issledovaniya okhranyaemoy akvatorii Zapadnogo Kryma (Chernoe more) [Hydro-botanical studies of the protected water area of the Western Crimea (Black Sea)]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy [Phytodiversity of Eastern Europe]* 15 (4), 16–33. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33>
- Goryachkin, Yu.N., Dolotov, V.V., 2019. Berega Kryma [Sea coasts of Crimea]. Colorit, Sevastopol, Russia, 256 p. (In Russian).
- Gubbay, S., Sanders, N., Haynes, T., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.R. et al., 2016. European Red List of Habitats. Part 1: Marine Habitats. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 52 p. <https://doi.org/10.2779/032638>
- Ignatov, E.I., Orlova, M.S., Sanin, A.Yu., 2014. Beregovye morfosistemy Kryma [Coastal morphosystems of the Crime]. EKOSI-Gidrofizika, Sevastopol, 266 p. (In Russian).
- Kalugina-Gutnik, A.A., 1969. Issledovanie donnoi rastitel'nosti Chernogo morya s primeneniem legkovodolaznoi tekhniki [Investigation of the bottom vegetation of the Black Sea with the use of light diving equipment]. In: Manteifel, B.P. (ed.), *Morskie podvodnye issledovaniya [Marine underwater research]*. Nauka, Moscow, USSR, 105–113. (In Russian).
- Kalugina-Gutnik, A.A., 1975. Fitobentos Chernogo morya [Phytobenthos of the Black Sea]. Naukova Dumka, Kiev, USSR, 248 p. (In Russian).
- Krasnaya kniga goroda Sevastopolya [Red Book of the City of Sevastopol], 2018. Dovgal, I.V., Korzhenevsky, V.V. (eds.). ROST-DOAFK, Kaliningrad – Sevastopol, Russia, 432 p. (In Russian).
- Krasnaya kniga Respubliki Krym. Rasteniya, vodorosli i griby* [Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and mushrooms], 2015. Yena, A.V., Fateryga, A.V. (eds.). Arial, Simferopol, Russia, 480 p. (In Russian).
- Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (rasteniya i griby)* [Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)], 2008. Bardunov, L.V., Novikov, V.S. (eds.). KMK Scientific Press Ltd, Moscow, Russia, 885 p. (In Russian).
- Maksimova, O.V., Luchina, N.P., 2002. Sovremennoe sostoyanie makrofitobentosa u poberezhya severnogo Kavkaza: reaktsiya fitali na evtrofikatsiyu chernomorskogo basseina [Current state of macrophytobenthos off the coast of the Northern Caucasus: phytal response to eutrophication of the Black Sea basin]. In: Zacepin, A.G., Flint, M.V. (eds.), *Kompleksnyye issledovaniya severo-vostochnoi chasti Chernogo morya [Comprehensive studies of the north-eastern part of the Black Sea]*. Nauka, Moscow, Russia, 297–308. (In Russian).

- Milchakova, N.A., Aleksandrov, V.V., Bondareva, L.V., Pankeeva, T.V., Chernysheva, E.B., 2015. Morskije okhranyaemye akvatorii Kryma: naushnyi spravochnik [Marine protected areas of Crimea. Scientific handbook]. Nizhnyaya Orianda, Simferopol, Russia, 312 p. (In Russian).
- Milchakova, N.A., Bondareva, L.V., Alexandrov, V.V., 2022. Prirodnye yadra regionalnogo ekologicheskogo karkasa g. Sevastopolya [Core areas in the structure of the regional ecological framework of Sevastopol City]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: Ecology, Development]* 17 (2), 102–114. (In Russian). <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-102-114>
- Milchakova, N.A., Mironova, N.V., Ryabogina, V.G., 2011. Morskiye rastitelnyye resursy [Marine plant resources]. In: Ereemeev, V.N. et al., (eds.), *Promyslovyye bioresursy Chernogo i Azovskogo morey [Commercial bioresources of the Black and Azov Seas]*. EKOSI-Gidrofizika, Sevastopol, Russia, 117–139. (In Russian).
- Mironova, N.V., Milchakova, N.A., Alexandrov, V.V., 2007a. Mnogoletnie izmeneniya makrofitobentosa nekotorykh ob'ektov prirodno-zapovednogo fonda u beregov Kryma [Long-term changes in the macrophytobenthos of some objects of the natural reserve fund near the coast of Crimea]. *Materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 10-letiyu provedeniya mezhdunarodnogo seminara "Ocenka potrebnostej sohraneniya bioraznoobraziya Kryma" (Gurzuf, 1997) [Materials of the IV International Scientific and Practical Conference dedicated to the 10th anniversary of the international seminar "Assessing the needs for the conservation of Crimea biodiversity" (Gurzuf, 1997)]*. Simferopol, Ukraine, 115-121. (In Russian).
- Mironova, N.V., Milchakova, N.A., Ryabogina, V.G., 2007b. Resursy makrofitov pribrezh'ya Gerakleiskogo poluostrova i osobennosti ikh mnogoletni dinamiki (Krym, Chernoe more) [Macrophyte resources of the coastal Heracleian Peninsula and features of their long-term dynamics (Crimea, Black Sea)]. *Trudy VNIRO [Proceedings of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography]* 147, 381–396. (In Russian).
- Mironova, N.V., Milchakova, N.A., Ryabogina, V.G., 2009. Otsenka sostoyaniya resursov makrofitov nekotorykh ob'ektov prirodno-zapovednogo fonda u beregov Kryma [Assessment of the status of macrophyte resources of some objects of the natural reserve fund near the coast of Crimea]. *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Zapovedniki Kryma. Teoriya, praktika i perspektivy zapovednogo dela v Chernomorskom regione" [Materials of the V International Scientific and Practical Conference "Reserves of Crimea. Theory, practice and prospects of conservation in the Black Sea region"]*. Simferopol, Ukraine, 205–208. (In Russian).
- Mironova, N.V., Pankeeva, T.V., 2016. Zapasy makrofitov kak pokazatel' ekologicheskogo sostoyaniya beregovoi zony regiona Sevastopolya [Macrophyte reserves as an indicator of the ecological state of the coastal zone of the Sevastopol region]. *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, priurochennoy k 145-letiyu Sevastopolskoy biologicheskoy stantsii "Morskiye biologicheskiye issledovaniya: dostizheniya i perspektivy". T. 3 [Collection of materials from the All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 145th anniversary of the Sevastopol Biological Station "Marine biological research: achievements and prospects". Vol. 3]*. Sevastopol, Russia, 306–309. (In Russian).
- Mironova, N.V., Pankeeva, T.V., 2021. Raspredelenie zapasov makrofitov u Dzhangul'skogo poberezh'ya Krymskogo poluostrova [Distribution of macrophyte resources near the Dzhangul coast of the Crimean peninsula]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya [Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography]* 3, 120–131. (In Russian).
- Osobo okhranyaemye prirodnye territorii Sevastopolya [Especially protected natural area of Sevastopol], 2020. Golubeva, E.I., Pozachenyuk, E.A. (eds.). Arial, Simferopol, Russia, 140 p. (In Russian).
- Pankeeva, T.V., Drygval, A.V., Mironova, N.V., 2022. Kartografirovaniye biotopov donnoi rastitelnosti Dzhangul'skogo pribrezh'ya s ispolzovaniem GIS [GIS mapping benthic vegetation biotopes of the

Dzhangul coast]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii "InterKarto. InterGIS. Geoinformatsionnoye obespecheniye ustoychivogo razvitiya territoriy"* [Proceedings of the International Conference "InterCarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories"] **28** (2), 614–631. (In Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-614-631>

Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., 2022a. Landshaftnaya struktura beregovoi zony pamyatnika prirody "Pribrezhnyi akvalnyi kompleks u mysa Sarych" [Landscape researches coastal zone natural monument "Costal marine protected areas at cape Sarych"] *Trudy Karadagskoi nauchnoi stantsii im. T.I. Vyazemskogo – prirodnogo zapovednika RAN* [Proceedings of the Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky – Nature Reserve RAS] **1** (21), 51–60. (In Russian). <https://doi.org.10.21072/eco.2022.21.06>

Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., 2022b. Landshaftnye issledovaniya pamyatnika prirody "Pribrezhnyi akvalnyi kompleks u Hersonesa Tavricheskogo" (Sevastopol) [Landscape researches of the natural monument "Coastal aquatic complex near Tauric Chersones" (Sevastopol)]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions] **8** (18), 161–175. (In Russian).

Pankeeva, T.V., Mironova, N.V., Parkhomenko, A.V., 2021. Landshaftnye issledovaniya pamyatnika prirody "Pribrezhnyi akvalnyi kompleks u mysa Lukull" [Landscape researches natural monument "Costal Marine Protected Areas at Cape Lucull"]. *Trudy Karadagskoi nauchnoi stantsii im. T.I. Vyazemskogo – prirodnogo zapovednika RAN* [Proceedings of the Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky – Nature Reserve RAS] **2** (18), 36–48. (In Russian). <https://doi.org.10.21072/eco.2021.18.03>

Pozachenyuk, E.A., Pankeeva, T.V., Pankeeva, A.Yu., Pizova, E.V., 2020. Sostoyanie osobo ohranyaemykh prirodnykh territorii goroda federalnogo znacheniya Sevastopolya [The state of specially protected natural areas of the city of federal importance of Sevastopol]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions] **6** (16), 161–171. (In Russian).

Sadogurskiy, S.E., 2018. Makrofitobentos pribrezhnoi akvatorii u mysa Tarhankut (Krym, Chernoe more) [Macrophytobentos of the cape Tarkhankyt coastal water area (the Crimean Peninsula, Black Sea)]. *Algologia* [Algology] **28** (1), 40–56. (In Russian). <https://doi.org.10.15407/alg28.01.040>

Sadogurskiy, S.E., Belich, T.V., Sadogurskaya, S.A., 2019. Makrofity pribrezhno-morskikh akvatoriy prirodnykh zapovednikov Krymskogo poluostrova (Chernoe i Azovskoe morya) [Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (the Black Sea and the Azov Sea)]. *Algologiya* [Algology] **29** (3), 322–351. (In Russian). <https://doi.org.10.15407/alg29.03.322>

Simakova, U.V., 2009. Vliyanie relyefa dna na soobshchestva tsistoziry Severokavkazskogo poberezhya Chernogo morya [Influence of the sea bottom relief on the *Cystoseira* communities of the North Caucasian coast of the Black Sea]. *Okeanologiya* [Oceanology] **49** (5), 672–680. (In Russian).

Vilkova, O.Yu., 2005. Rol' relyefa beregovoy zony v raspredelenii makrobentosa [The role of coastal relief in the distribution of macrobenthos]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography], Dep. VINITI № 1115 from 01.08.05, 8 p. (In Russian).

Zinova, A.D., 1967. Opredeletel' zelenykh, burykh i krasnykh vodoroslei yuzhnykh morei SSSR [Key of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR]. Nauka, Moscow – Leningrad, USSR, 397 p. (In Russian).