

УДК 581.526.323 (477.75)

## ЗАРОСЛИ ВЗМОРНИКА (РОД *ZOSTERA* LINNAEUS, 1753) И СВЯЗАННАЯ С НИМИ СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ФОРМА ДОННОГО МИКРОРЕЛЬЕФА У ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

© 2022 г. С. Е. Садогурский<sup>1</sup>, \*, С. А. Садогурская<sup>1</sup>, Т. В. Белич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта 298648, Россия

\*e-mail: ssadogurskij@yandex.ru

Поступила в редакцию 08.11.2021 г.

После доработки 11.01.2022 г.

Принята к публикации 31.01.2022 г.

Приведены полученные на основе мониторинга сведения об изменении состояния зарослей морских трав рода *Zostera* Linnaeus, локализованных на глубине от 5.5 до 10.5 м в границах прибрежной акватории заповедника “Мыс Мартьян” (Южный берег Крыма, Черное море). Осенью 2020 г. их фрагменты (куртины) имели признаки размыва грунта, сопровождавшегося значительным обнажением корней и корневищ морских трав, а также развитием на них обильного эпифитона. Впервые зарегистрирована специфическая форма донного микро рельефа, локализация которой связана с распределением растительности. Это многочисленные микродепрессии в рыхлых отложениях, характеризующиеся правильной округлой формой и заглублением в грунт на 10–15 см. Диаметр микродепрессий был сопоставим с размерами куртин, к которым они примыкали строго с северо-западной стороны. Микродепрессии были заполнены временными скоплениями неприкрепленных макроводорослей. Дальнейшие наблюдения выявили обратимость данного явления. Обсуждаются его причины, связанные, вероятно, с повышением локальной гидродинамики, и влияние на донную растительность рыхлых грунтов.

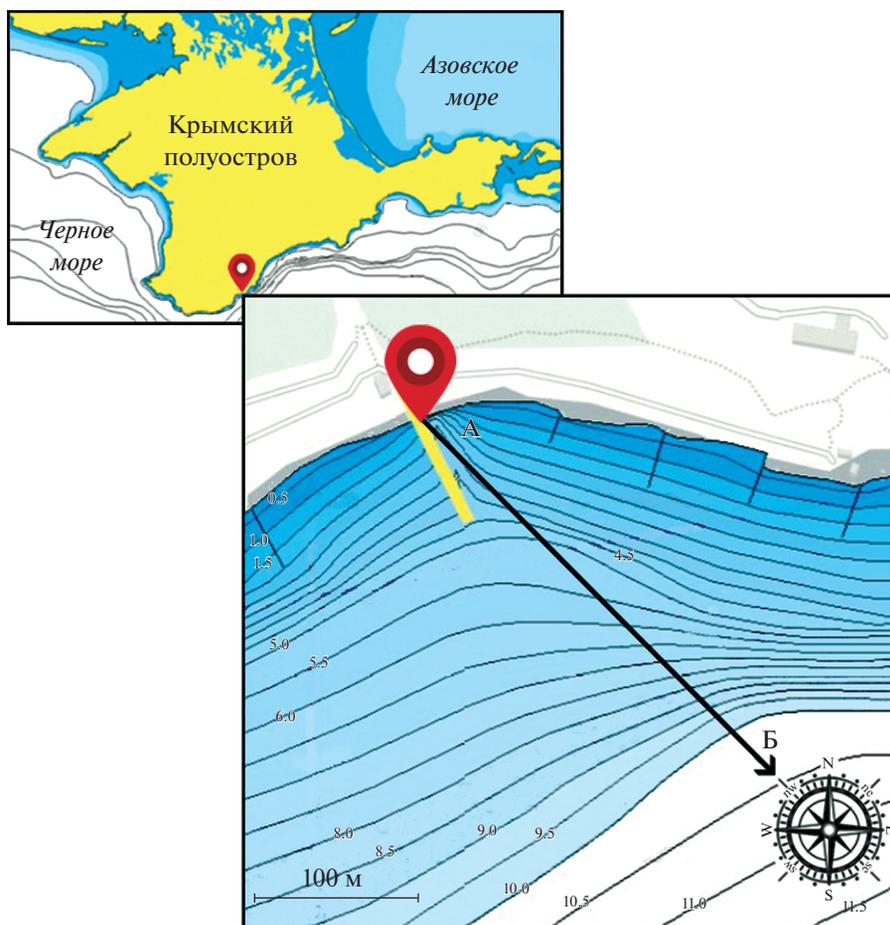
**Ключевые слова:** Черное море, Крым, мыс Мартьян, фитобентос, *Zostera*, макроводоросли, структура, распределение, микро рельеф

DOI: 10.31857/S0134347522040106

Территориально-аквальный комплекс у мыса Мартьян, расположенный на Южном берегу Крыма (ЮБК), заповедан около полувека назад (с 1973 г. в статусе государственного природного заповедника, а ныне функционирует как природный парк). Он включает 120 га прибрежной акватории Черного моря, на которой с момента организации комплекса ведется изучение макрофитобентоса (Крайнюк, Маслов, 2012). В настоящее время среди территориально-аквальных заповедников Крыма “Мыс Мартьян” занимает второе место по разнообразию морской макрофитобиоты и лидирует по уровню ее раритетности (Sadogurskiy et al., 2019). В сублиторали на твердых грунтах доминируют продуктивные флористически разнообразные и стабильные в пространстве и во времени цистозировые (*Cystoseira sensu lato*) сообщества. На рыхлых отложениях распространены взморниковые (род *Zostera* Linnaeus) сообщества, которые менее продуктивны, но их состав, структура и фенология имеют ряд специфических черт (Садогурский, 1998а, 1998б). У открытого берега рыхлые

грунты достаточно подвижны и экстремальные штормы способны повреждать или даже уничтожать заросли морских трав, как это произошло у мыса Мартьян в 1992 г. (Садогурский, 1998а). В ходе дальнейших наблюдений существенных трансформаций здесь не выявлено, однако в 2020 г. зарегистрированы изменения в растительном покрове и обнаружена связанная с ними специфическая форма донного микро рельефа рыхлых грунтов. Цель настоящей публикации – охарактеризовать данное явление и выяснить возможные причины его возникновения.

Гидробиотическое обследование (отбор проб и визуальные наблюдения) прибрежно-морской акватории заповедника “Мыс Мартьян” (рис. 1) было выполнено по общепринятой методике (Калугина-Гутник, 1975) на глубине от 5.5 до 10.5 м с использованием легководолазного снаряжения в период с мая 2019 г. по октябрь 2021 г. В теплые сезоны года наблюдения осуществляли еженедельно, в холодные – ежеквартально. Профиль А–Б (рис. 1) был ориентирован с северо-запада



**Рис. 1.** Картограмма района исследований (по <https://webapp.navionics.com/>). А–Б – гидробиотический профиль, ориентированный с северо-запада на юго-восток.

на юго-восток вдоль азимута  $135^\circ$ ; координаты точки его пересечения с урезом воды –  $44^\circ 30' 20.8''$  N  $34^\circ 14' 18.3''$  E (у основания пирса портопункта “Никитский ботанический сад”). Объект исследования – бентосный макроскопический растительный покров. Номенклатура макрофитов дана по AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2013).

Многолетние наблюдения свидетельствуют о том, что сообщества морских трав в акватории заповедника развиваются на глубине от 5.5 до 10.5 м (местами до глубины 12.0 м), занимая площадь около 8.1 га (Артемов и др., 2019). Наиболее широко они распространены в пределах хозяйственной зоны, где граница твердых грунтов не распространяется глубже 5.0–6.0 м. Ранее здесь встречались два вида взморника – *Zostera marina* Linnaeus и *Z. noltei* Hornemann (Садогурский, 1998а), однако в последние 15–20 лет регистрируется одноярусное монодоминантное сообщество *Z. noltei*. Растительный покров фрагментирован; отдельные куртины размером 0.5–1.0 м в поперечнике удалены друг от друга на 1.0–7.0 м (местами до

10.0 м). Биомасса макрофитов в куртинах в зависимости от сезона года колеблется от 283 до  $1050 \text{ г/м}^2$ , а осенью достигает  $391.67 \pm 121.11 \text{ г/м}^2$  при проективном покрытии 30–35%. Всего было обследовано около 30 куртин, состояние которых, как и облик прилегающих участков дна, долгое время оставалось стабильным. Однако в середине октября 2020 г. в рыхлых отложениях были выявлены многочисленные микродепрессии, имеющие правильную округлую форму, с глубиной 10–15 (до 20) см от поверхности дна. Диаметр каждой микродепрессии был сопоставим с размером куртины, к которой она примыкала строго с северо-западной стороны (рис. 2). Степень заглубления, как и наличие или отсутствие четких краев (бровок), выраженных у некоторых микродепрессий, не зависели от глубины локализации. На фоне песчаного дна они хорошо выделялись благодаря скоплениям макроводорослей (рис. 3), среди которых доминировали *Callithamnion corymbosum* (Smith) Lyngbye (визуально до 40–50% объема скоплений) и *Ceramium virgatum* Roth (до 20–

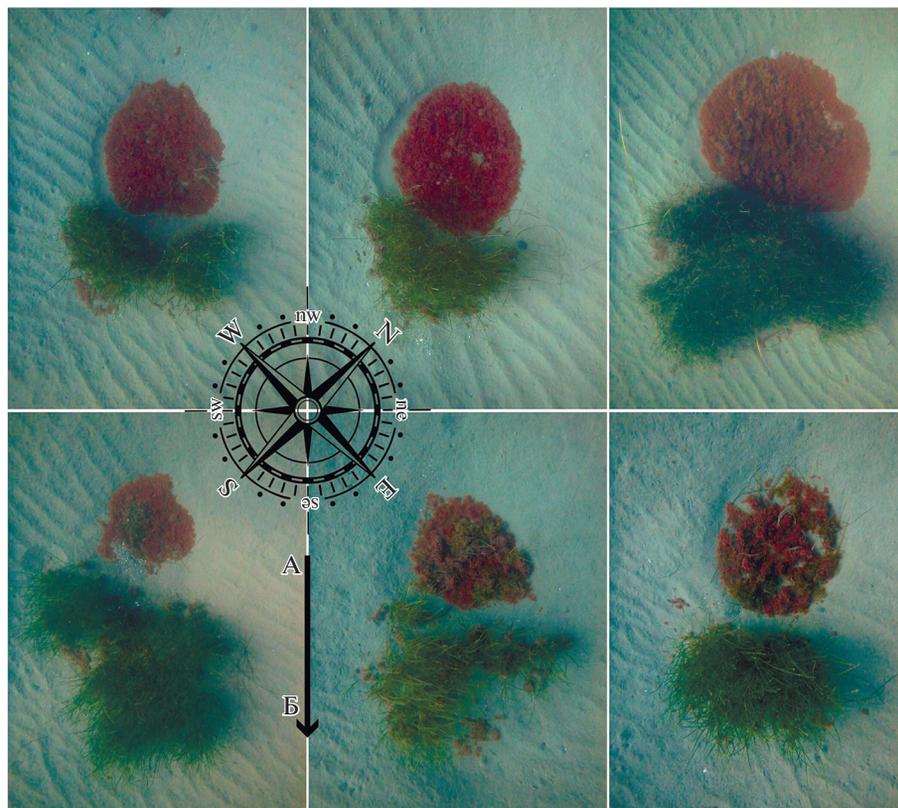
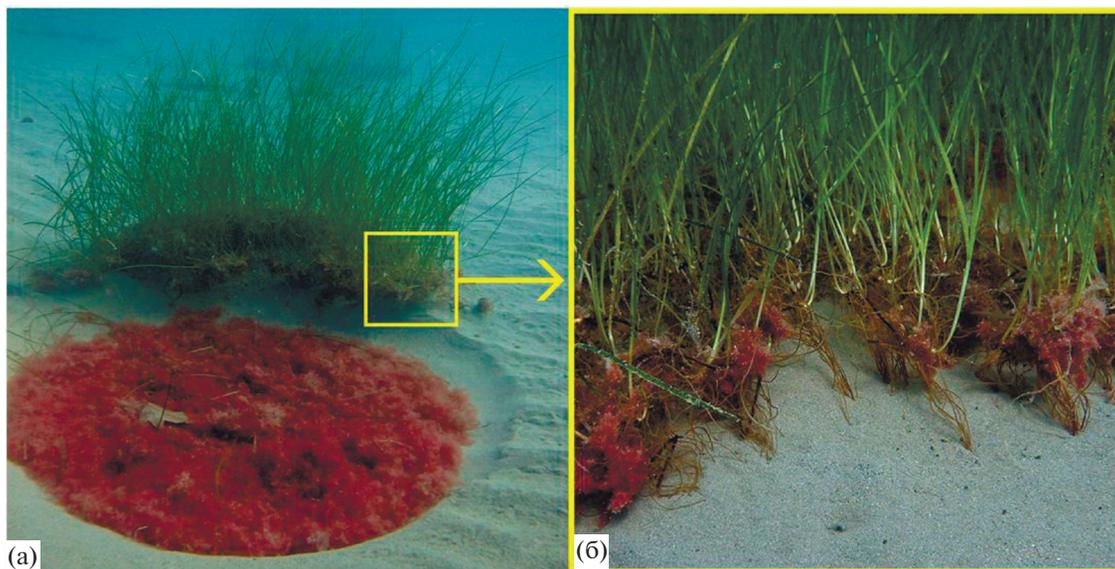


Рис. 2. Вид сверху на фрагменты зарослей *Zostera noltei* и примыкающие к ним микродепрессии в донных отложениях (район мыса Мартыан, 17.10.2020, глубина 6–8 м); направление луча А–Б совпадает с направлением профиля на рис. 1.

30%), по 5–10% приходилось на *Nereia filiformis* (J. Agardh) Zanardini и *Cladostephus hirsutus* (Linnaeus) Boudouresque et M. Perret-Boudouresque ex Heesch et al. Среди прочих наиболее были представлены *Chondria capillaris* (Hudson) M.J. Wynne, *Palisada thuyoides* (Kützing) Cassano, Senties, Gil-Rodríguez et M.T. Fujii и *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze. Собственно фрагменты зарослей морских трав в этот период напоминали абрадирующие микроплато, описанные для Азовского моря (Садогурский, 1999), которые, достигая 1.0–6.0 м в поперечнике при высоте 15–20 см над окружающим дном, размывались только по периферии. В нашем случае куртины были размывы до их центров, при этом корневища полностью обнажались, а заросли фиксировались в грунте лишь дистальными концами корней, поэтому казалось, что они стоят на многочисленных “ножках” (рис. 3). На корневищах и отчасти на корнях обнаружено большое количество макроводорослей *S. corymbosum* и *S. virgatum*, а также менее многочисленные *Cladophora albida* (Nees) Kützing, *Ch. capillaris*, *Acrochaetium secundatum* (Lyngbye) Nägeli и *Vertebrata fucoides* (Hudson) Kuntze. В период наблюдений основная масса *S. corymbosum* и *S. virgatum* удерживалась среди обнажившихся подзем-

ных частей взморника лишь механически, однако некоторые экземпляры имели органы прикрепления (как и представители других таксонов, зарегистрированных в эпифитоне). Скопившиеся в микродепрессиях макрофиты были жизнеспособны, но не прикреплены, хотя под ними на поверхности дна сконцентрировалось множество раковин псаммофильных *Bivalvia*, к которым макроводоросли способны эффективно прикрепляться в условиях рыхлых грунтов. Очевидно, это были временные скопления, сформированные из целых и фрагментированных талломов макрофитов, которые развивались в данной акватории преимущественно на твердых грунтах (о чем свидетельствовал состав скоплений).

Интерес представляют причины возникновения и динамика микродепрессий, а также современное состояние растительного покрова. Что касается растительности, то вопреки опасениям к началу февраля 2021 г. корни взморника вновь затянуло песком, корневища были обнажены лишь частично и обильно покрыты эпифитами. Размеры и конфигурация куртин визуально не изменились. Микродепрессии исчезли, а ровное дно было покрыто лишь рифелями. Такую картину мы



**Рис. 3.** Общий вид фрагмента зарослей *Zostera noltei* и прилегающей к нему микродепрессии в рыхлых донных отложениях (а) и развитие макроэпифитов на обнажившихся из грунта корневищах и корнях *Z. noltei* (б) в районе мыса Мартьян (17.10.2020, глубина 6.5 м).

наблюдали вплоть до момента написания рукописи в конце октября 2021 г.

В качестве причины описанного явления рассматривалось биогенное (зоогенное) и абиогенное (гидродинамическое) воздействие. В пользу второго свидетельствует отчетливая ориентация обследованных пар “микродепрессия – куртина” в направлении с северо-запада на юго-восток с азимутом  $125^{\circ}$ – $135^{\circ}$  (гидробиотический профиль А–В для наглядности направлен соответственно; см. рис. 1 и 2). Сомнительно, что роющие животные способны подобным образом синхронизировать свою активность в пространстве, поэтому наиболее вероятным пространственно ориентированным фактором представляется движение воды, ее волнение или течение. Действительно, в обследованном районе по повторяемости и силе доминирует штормовое волнение с восточного и юго-восточного направлений (Горячкин, Репетин, 2009). Однако описываемый феномен был локализован относительно далеко от берега и глубоко, к тому же нашим наблюдениям предшествовал длительный период без существенных штормов (Архив погоды..., 2021). Кроме того, не наблюдалось явной зависимости размера и выраженности микродепрессий от глубины в ее обследованном интервале. Под влиянием волнения картина выглядела бы иначе. Так, известно, что шторм 14–15 ноября 1992 г. уничтожил заросли на глубине 6 м, лишь повредив их на глубине 8 м и глубже (Садогурский, 1998а). То, что микродепрессии были локализованы лишь с одной сторо-

ны куртин, также свидетельствует, скорее, не о возвратно-поступательном движении, а об устойчивом однонаправленном перемещении воды, т.е. о течении. Детальная информация о режиме течений в точке отбора проб отсутствует, однако известно, что в районе исследований вдольбереговое течение обычно совпадает с основной струей Черноморского течения и направлено примерно на запад со скоростью, редко превышающей 10 см/с (Белокопытов и др., 2003). На динамику прибрежных вод существенно влияют ветры. При сопутствующем ветре примерно в 5% случаев скорость вдольберегового течения превышает 30 см/с, иногда достигает 50 см/с и, крайне редко, 100 см/с. Известно, что скорость сейшевых течений у ЮБК может достигать 70 см/с, а при параллельных берегу восточных (или близких к ним) ветрах из-за ускорения Кориолиса у соответствующих вдольбереговых течений возникает поперечная составляющая, направленная к берегу (Горячкин и др., 2002; Горячкин, Иванов, 2006). Наши наблюдения, не претендуя на полноту, также свидетельствуют о том, что при сопутствующих устойчивых восточных (или близких к ним) ветрах вдольбереговое течение, огибая мыс Мартьян, значительно ускоряется и отклоняется к берегу. Изредка оно становится настолько интенсивным, что перемещает по дну крупные фрагменты природного и антропогенного происхождения, а заросли макрофитов полегают, как на речном дне. Возможно, подобный поток, сформированный совокупным воздействием те-

чения и ветра, мог на своем пути размыть донные препятствия (куртины), а преодолев их, из-за повышения турбулентности сформировал с тыльных сторон куртин микродепрессии в рыхлых отложениях. В литературе упоминаний о такой форме микрорельефа не найдено, но последствия взаимовлияния зарослей морских трав, микрорельефа и гидродинамики в донных ландшафтах, в том числе в Средиземноморском регионе, весьма разнообразны (Widdows et al., 2008; Gobert et al., 2016; Abadie et al., 2018).

Таким образом, зарегистрированное явление, вероятно, обусловлено повышением локальной гидродинамики и имеет обратимый характер, однако заслуживает более пристального изучения и обсуждения, так как может существенно (возможно, негативно) влиять на распределение, состав и структуру растительного покрова не только в акватории заповедника, но и в регионе в целом. Дальнейшие наблюдения позволят уточнить информацию о характере, повторяемости и масштабах явления. Их актуальность связана в том числе с планами по трансформации береговой зоны обследованного участка, которая предполагает возведение новых крупных волнорезов, искусственных мысов, рифов и т.д., что повлияет на прибрежную гидродинамику, бентосный растительный покров и общую экологическую ситуацию.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ

Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артемов Ю.Г., Садогурский С.Е., Плугатарь Ю.В. и др. Гидроакустическое исследование макроскопической донной растительности в заповедной морской акватории у мыса Мартыян (Крым, Черное море) // Мор. биол. журн. 2019. Т. 4. № 3. С. 15–25. <https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.3.02>
- Архив погоды в Никитском саду. 2021. <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=33995> Accessed 28.10.2021.
- Белокопытов В.Н., Саркисов А.А., Шуров С.В. Течения прибрежной зоны на участке Крымского полуострова от мыса Сарыч до поселка Качивели // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2003. № 8. С. 64–68.
- Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. Севастополь. 2006. 210 с.
- Горячкин Ю.Н., Иванов В.А., Репетин Л.Н., Хмара Т.В. Сейши в Севастопольской бухте // Наук. праці УкрНДГМІ. 2002. Вип. 250. С. 342–353.
- Горячкин Ю.Н., Репетин Л.Н. Штормовой ветро-волновой режим у черноморского побережья Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2009. № 19. С. 56–69.
- Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. Киев: Наукова думка. 1975. 248 с.
- Крайнюк К.С., Маслов И.И. ПЗ Мис Мартыян // Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України. Ч. 1. Біосферні заповідники. Природні заповідники / Під ред. В.А. Онищенко і Т.Л. Андрієнко. Київ: Фітосоціоцентр. 2012. С. 277–290.
- Садогурский С.Е. Эколого-биологические особенности видов рода *Zostera* L. у Южного берега Крыма // Бюл. Никитск. ботан. сада. 1998а. Вып. 80. С. 27–36.
- Садогурский С.Е. Альгофлора фитоценозов *Zostera* L. у Южного берега Крыма // Бюл. ГБНС. 1998б. Вып. 80. С. 36–48.
- Садогурский С.Е. Растительность мягких грунтов Арабатского залива (Азовское море) // Альгология. 1999. Т. 9. № 3. С. 231–238.
- Abadie A., Pace M., Gobert S., Borg J.A. Seascape ecology in *Posidonia oceanica* seagrass meadows: Linking structure and ecological processes for management // Ecol. Indic. 2018. V. 87. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.029>
- Gobert S., Lepoint G., Pelaprat C. et al. Temporal evolution of sand corridors in a *Posidonia oceanica* seascape: a 15-years study // Mediterr. Mar. Sci. 2016. V. 17. № 3. P. 777–784. <https://doi.org/10.12681/mms.1816>
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electron. publ. Nat. Univ. Ireland, Galway. 2013. <http://www.algaebase.org> Accessed 28.10.2021.
- Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and Azov Sea) // Int. J. Algae. 2019. V. 21. № 3. P. 253–270. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i3.50>
- Widdows J., Pope N.D., Brinsley M.D. et al. Effects of seagrass beds (*Zostera noltii* and *Z. marina*) on near-bed hydrodynamics and sediment resuspension // Mar. Ecol.: Progr. Ser. 2008. V. 358. P. 125–136. <https://doi.org/10.3354/meps07338>

## **Eelgrass Beds (Gen. *Zostera* Linnaeus, 1753) and the Related Specific Form of the Bottom Microrelief at the Southern Coast of Crimea (the Black Sea)**

**S. Ye. Sadogurskiy<sup>a</sup>, S. A. Sadogurskaya<sup>a</sup>, and T. V. Belich<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Yalta 298648, Russia*

Based on the results of monitoring, this paper presents data on the state of eelgrass beds (*Zostera* Linnaeus), distributed at depths of 5.5–10.5 m (up to 12 m) within the marine coastal waters of the “Cape Martyan” Nature Reserve (Southern Coast of Crimea, the Black Sea). In the autumn of 2020, fragments of eelgrass thickets (beds) showed signs of soil erosion, leading to significant exposure of underground roots and rhizomes of sea grasses and the development of abundant epiphyton on them. For the first time, a specific form of the bottom microrelief was registered, and the localization of this bottom relief was associated with distribution of sea vegetation. There were found numerous micro depressions in loose deposits at a depth of 10–15 cm, they were characterized by a regular rounded shape. The diameters of the micro depressions were commensurate with the size of the beds, to which they were adjoined strictly on the north-western side. Micro depressions were filled with temporary accumulations of unattached macroalgae. Further observations revealed the reversibility of this phenomenon. Causes of the microrelief (probably related to increased local hydrodynamics) and probability of the potential impact of soft soils on the bottom vegetation are discussed.

*Keywords:* the Black Sea, Crimea, Cape Martyan, phytobenthos, *Zostera* Linnaeus, macroalgae, structure, distribution, microrelief