

РЕЦЕНЗИИ

**ОБЗОР СТАТЬИ *CYSTOSEIRA* PHYTOCENOSIS AS A BIOLOGICAL BARRIER FOR HEAVY METALS AND ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN THE SPNA CAPE MARTYAN MARINE AREA (THE BLACK SEA)**

Статья В. Н. Егорова и соавторов «Фитоценоз *Cystoseira* как биологический барьер для тяжёлых металлов и хлорорганических соединений в морском районе ООПТ «Мыс Мартьян» (Чёрное море)», опубликованная в престижном журнале *Regional Studies in Marine Science*, посвящена роду *Cystoseira* и одному из его многочисленных экологических сообществ [Egorov et al., 2021]. *Cystoseira*, бурые водоросли порядка *Fucales*, включают фукоиды, содержат антерозоиды без стигматов, небольшие количества антеридиальных ветвей, трихоталлические волоски на концептакулах, крупные яйцевидные оосферы и яйца, которые прикреплены к поверхности розеток через муцилагиновые стебли до момента оплодотворения [Cystoseira, 2024].

Виды рода *Cystoseira*, в соответствии с современными представлениями, встречаются в Средиземном и Чёрном морях и в Северо-Восточной Атлантике. Виды из Индийского и Тихого океана в настоящее время относятся к различным родам. Представители *Cystoseira* являются важными средообразующими видами в прибрежных водах Средиземного моря и Северо-Восточной Атлантики. Для них требуется вода хорошего качества, и их можно использовать в качестве биоиндикаторов уровня загрязнения.

Помимо *Cystoseira barbata*\* и *Cystoseira bosporica*\*, которые указаны для Чёрного моря, в [Cystoseira, 2024] приведены ещё 19 видов. Многие из них плохо изучены, и необходима их валидация. *C. barbata* и *C. bosporica* образуют значительные популяции вдоль румынского побережья Чёрного моря в южном секторе между Констанцей и Вама-Вече, с твёрдым субстратом и каменистым дном, доминирующие в супра-, средне- и инфралиторальной зонах [Black Sea Biological Diversity, 1997; Exotic Species, 2001]. Их биомасса значительно (до 80 %) сократилась после сильных морозов зимой 1970–1971 гг. [Bologa et al., 1996]. Сейчас они, по-видимому, находятся в процессе восстановления.

Цель исследования [Egorov et al., 2021] — оценка роли фитоценоза *Cystoseira* как биологического барьера в очистке морской воды в особо охраняемой природной территории (далее — ООПТ) «Мыс Мартьян» от загрязнения тяжёлыми металлами (V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Hg, Mo, Ag, Cd, Sb и Pb) и хлорорганическими соединениями (ДДТ, ДДЕ, ДДД, ΣДДТ, ПХБ 28, ПХБ 52, ПХБ 101, ПХБ 138, ПХБ 153 и ПХБ 180).

Во «Введении» приведено описание мыса Мартьян. В «Материале и методах» представлены данные гидрботанических наблюдений, методы анализа загрязняющих веществ и концепция потоков. Приведены результаты гидрботанических исследований, а также сведения о потоках загрязняющих веществ — тяжёлых металлов и хлорорганических соединений (далее — ТМ и ХОС соответственно).

\*Примечание научного редактора:

1. *Cystoseira barbata* — unaccepted; синоним — *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze, 1891.
2. *Cystoseira bosporica* — unaccepted; синоним — *Ericaria bosporica* (Sauvageau) D. Serio & G. Furnari, 2021.

В результате исследования получены следующие основные выводы:

1. Определены параметры биотопа *Cystoseira* в морской зоне ООПТ «Мыс Мартьян»: площадь — 309 000 м<sup>2</sup>; запасы водорослей — 1425,6 т; продукция — 3136,3 т в год.
2. Для большинства изученных микроэлементов (Co, Cu, Zn, Pb, Sb, Mo, Cd, Ag, Ni, V и Hg) концентрации в акватории ООПТ «Мыс Мартьян» не достигли международных референтных значений, установленных как для острых, так и для хронических воздействий. Это в целом свидетельствовало о благоприятной экологической обстановке в акватории относительно её загрязнения ТМ.
3. Отложения 9÷99 % ТМ и 55÷96 % ХОС в биотопе *Cystoseira* обусловлены её высокой удельной биомассой (4,6 кг·м<sup>-2</sup>) и способностью концентрировать загрязняющие вещества, характеризующиеся коэффициентами накопления в диапазоне от  $n \times 10^2$  до  $n \times 10^5$  для ТМ и от  $n \times 10^2$  до  $n \times 10^3$  для ХОС.
4. Локализация фитоценозов *Cystoseira* в рекреационных зонах является важнейшим биологическим фактором самоочищения морской воды от ТМ и ХОС. В результате продукционных процессов в фитоценозе *Cystoseira* в морской зоне ООПТ «Мыс Мартьян» извлечение ТМ составляет 0,1÷967,6 кг·год<sup>-1</sup>, а ХОС — 0,044÷8,360 г·год<sup>-1</sup>. Круговорот ТМ и ХОС в биотопе варьирует в основном от суточного до сезонного.
5. Предложено уравнение для оценки максимальной способности фитоценоза *Cystoseira* к очистке воды от ТМ и ХОС. Сохранение фитоценозов *Cystoseira* в прибрежных водах и меры по увеличению их запасов и продуктивности являются одними из оптимальных механизмов качественного управления рекреационными зонами с учётом фактора загрязнения морской среды.

Работу завершают 54 библиографические ссылки, 19 из них относятся к Чёрному морю. Можно было бы добавить и некоторые другие источники, например Celan M. Notes sur la flore algologique du littoral roumain de la mer Noire. I. Sur les *Cystoseira*. *Bulletin de la Section Scientifique de l'Académie Roumaine*, 1935, vol. 17, pp. 81–94.

Таким образом, публикация доктора биологических наук В. Н. Егорова и его коллег — ценный научный вклад в изучение макрофитобентоса Чёрного моря, основанный на оригинальном подходе, новой концепции и методике. Это ещё раз подтверждает экологическую значимость сообщества *Cystoseira* в морской бентосной экосистеме.

А. Ш. Болога,  
Академия румынских учёных, отделение биологических наук,  
Бухарест/Констанца, Румыния

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Black Sea Biological Diversity : Romania* / A. Petranu (Comp.). New York : United Nations Publ., 1997, 314 p. (Black Sea Environmental Series ; vol. 4).
2. Bologa A. S., Bodeanu N., Petranu A., Țigănuș V., Zaitsev Yu. P. Major modifications of the Black Sea benthic and planktonic biota in the last three decades. In: *Les mers tributaires de Méditerranée* / F. Briand (Éd.). Monaco : Musée océanographique, 1995, pp. 85–110. (Bulletin de l'Institut océanographique, Monaco, n° special 15 ; CIESM, Science Series no. 1).
3. *Cystoseira*. In: *Wikipedia. The Free Encyclopedia* : [site]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cystoseira> [accessed: 20.05.2024].
4. Egorov V. N., Gorbunov R. V., Plugatar Yu. V., Malakhova L. V., Sadogurskiy S. E., Artemov Yu. G., Proskurnin V. Yu.,

Mirzoyeva N. Yu., Marchenko Yu. G., Belich T. V., Sadogurskaya S. A. *Cystoseira* phytocenosis as a biological barrier for heavy metals and organochlorine compounds in the SPNA Cape Martyan marine area (the Black Sea). *Regional Studies in Marine*

*Science*, 2021, vol. 41, art. no. 101572 (10 p.).  
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101572>

5. *Exotic Species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian Seas* / Yu. P. Zaitsev, B. Öztürk (Eds). Istanbul : Turkish Marine Research Foundation, 2001, 267 p.

**CYTOSEIRA PHYTOCENOSIS AS A BIOLOGICAL BARRIER  
FOR HEAVY METALS AND ORGANOCHLORINE COMPOUNDS  
IN THE SPNA CAPE MARTYAN MARINE AREA (THE BLACK SEA):  
REVIEW OF THE ARTICLE**

The article by the Academician of the Russian Academy of Sciences V. Egorov *et al.* is reviewed. The paper provides the results of the study of the role *Cystoseira* species play as a biological barrier for the flow of pollutants, heavy metals and organochlorine compounds, in waters of the specially protected natural area “Cape Martyan.”