

# СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОЦЕНОЗА МАКРОФИТОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЭВТРОФИРУЕМОЙ АКВАТОРИИ

*С.А. Ковардаков, Ю.К. Фирсов,  
И.К. Евстигнеева, И.Н. Танковская*

Институт биологии южных морей  
НАН Украины  
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2  
E-mail: skovardakov@mail.ru

В статье обсуждаются структурно-функциональные характеристики фитоценоза макрофитов в прибрежной акватории между бухтами Карантинной и Мартыновой (г. Севастополь). Запасы водорослей в акватории составляют весной более 300 т. Весной фитоценоз макрофитов может изымать из водной среды за сутки 16 кг минерального фосфора и 146 кг минерального азота. Летом и осенью эти показатели снижаются соответственно в 2 – 2,5 раза.

**Введение.** В последнее десятилетие все больше внимания уделяется комплексному управлению прибрежными зонами (КУПЗ) как основе устойчивого развития прибрежных регионов, которое подразумевает обеспечение улучшения условий жизни прибрежного населения при сохранении и защите ландшафта, хрупкого биологического и экологического баланса прибрежной зоны для настоящего и будущих поколений [1]. Реализация этой концепции немыслима без специальных комплексных исследований, приводящих к пониманию механизмов функционирования экосистем. В большой мере это относится к донной растительности, вносящей огромный вклад в процессы самоочищения морской среды, в регуляцию потоков химических веществ в прибрежных экосистемах [2 - 4].

Состояние макрофитобентоса прибрежной зоны Черного моря вызывает большой интерес в связи с усиливающимся антропогенным воздействием на морскую среду, поскольку происходящие изменения экологической обстановки приводят к деградации прибрежных фитоценозов изменения их видовой состав и структуру [5-7]. Испытывает высокую антропогенную нагрузку и прибрежная зона Севастополя. В самоочи-

щении морской среды активное участие принимают макрофиты. Мониторинг состояния донного фитоценоза позволяет сделать выводы о тенденциях изменения качества среды в исследуемых акваториях.

В задачу исследований входило изучение видового состава и структуры донного фитоценоза в прибрежной акватории, испытывающей антропогенное влияние. К числу таких акваторий в районе г. Севастополя относится участок между бухтами Карантинной и Мартыновой. По величине индекса эвтрофикации вод (E-TRIX), рассчитанного для данного района в 2003 году [8], эту акваторию можно отнести к объекту среднего трофического уровня.

Цель исследований – выявить структурные изменения сообщества макрофитов в акватории и оценить его самоочистительный потенциал.

**Материал и методика.** Исследования проводились на побережье между бухтами Карантинной и Мартыновой на участке протяженностью около 800 м, из которых 500 м занимает западный входной, мол, в Севастопольскую бухту (рисунок 1).

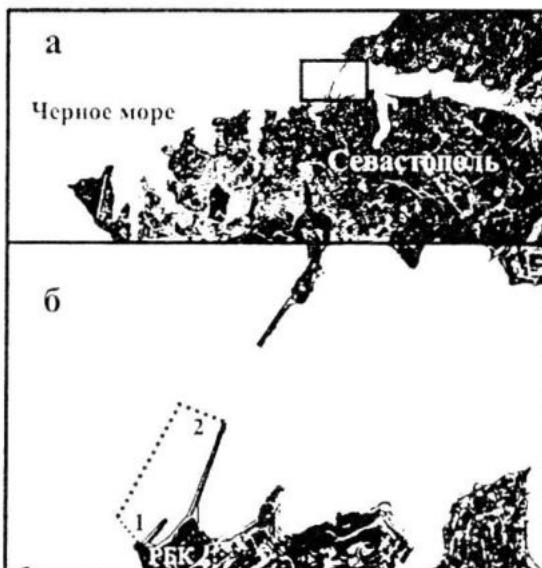


Рисунок 1 – Район исследований (а) и участок отбора проб макроводорослей (б).  
1 и 2 – месторасположение разрезов отбора проб

Особенность исследуемой акватории состоит в том, что она подвержена влиянию трех канализационных аварийных выпусков, один из которых находится непосред-

ственno на участке, а два других имеют выход в бухты Мартынова и Карантинную [9]. Кроме того, здесь располагается экспериментальное хозяйство по выращиванию мидий и устриц. Очищая воду от взвешенных частиц, мидии и устрицы выделяют в воду биогенные элементы и растворенные органические вещества.

Пробы макрофитобентоса отобраны в апреле, июле и октябре (весенний, летний и осенний сезоны) 2005 года по геоботанической методике применительно к подводным исследованиям [10]. Площадки размером 25x25 см закладывали по двум разрезам на глубинах 0,1; 0,5; 1; 3; 5; 10; и 15 м в 4-кратной повторности. На всех площадках оценивалось проективное покрытие, определялся видовой состав и биомасса водорослей. Всего собрано и проанализировано 168 пробы.

По результатам съемок макроводорослей определили запасы макрофитов и рассчитали вклад разных отделов водорослей в биомассу донного фитоценоза.

По величинам удельной поверхности ( $S/W$ ) макроводорослей [11] и их запасам рассчитывали величины их поглощающей поверхности ( $S$ ) в акватории.

Площадь водной поверхности и объем воды акватории рассчитывали до изобаты 15 м по карте и линейным измерениям.

Показателем самоочистительного потенциала фитоценоза служила величина возможного изъятия минеральных фосфора и азота из воды, рассчитанная по величинам запасов макрофитов, уравнению их роста [12] и содержанию азота и фосфора в макрофитах [13].

Качество морских вод оценивали с помощью флористического коэффициента ( $P$ ), [14]:

$$P = (Ch + Rh)/Ph,$$

где  $Ch$ ,  $Rh$ ,  $Ph$  - количество видов зеленых, красных и бурых водорослей соответственно.

**Результаты и обсуждение.** Акватория между бухтами Карантинной и Мартыновой по своим геометрическим характеристикам (площадь 25,1 га, объем 2259000 м<sup>3</sup> и удельная площадь поверхности акватории 0,11 м<sup>-1</sup>) относится к водоемам с высоким продукционным потенциалом [15].

Макрофитобентос этой акватории представлен 56 видами, 39 родами, 24 семействами, 19 порядками отделов Chlorophyta, Phaeophyta и Rhodophyta [16]. Результаты подсчетов запаса водорослей в данном районе показали, что максимальные значения этого параметра приходятся на весенний сезон (более 300 тонн сырой массы). При этом, наибольший вклад вносят красные (180 тонн) и бурые (120 тонн) водоросли (рисунок 2). По сравнению с весной, и в летний и в осенний сезоны запасы водорослей снижаются в два раза.

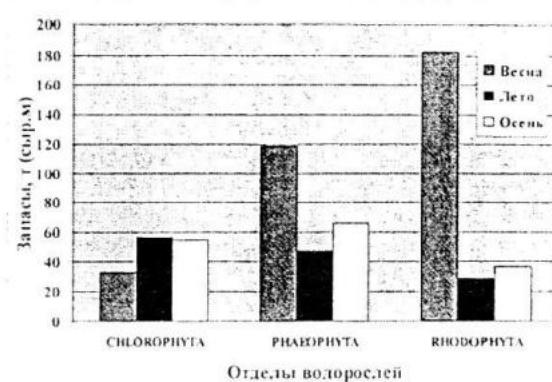


Рисунок 2 – Запасы макрофитов в акватории

Надо отметить, что красные водоросли доминируют весной не только по массе, они широко представлены и количеством видов, (рисунок 3). При этом, среди красных водорослей больше видов, зарегистрированных лишь в один из сезонов [16].

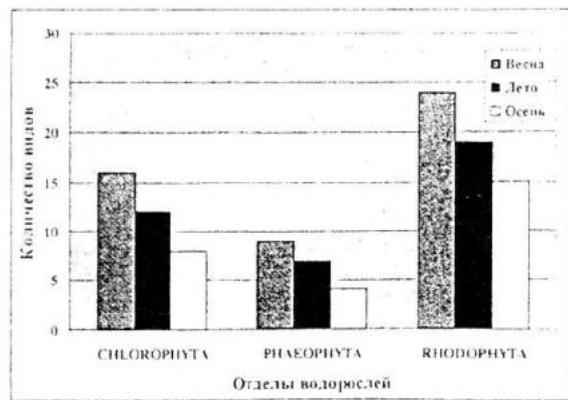


Рисунок 3 – Количество видов водорослей в составе фитоценоза по сезонам

Данные, приведенные на рисунке 3, показывают, что по количеству видов в соста-

ве фитоценоза во все сезоны года доминируют красные водоросли. Однако, в биомассе фитоценоза доля красных водорослей преобладает только в весенний период (рисунок 4).

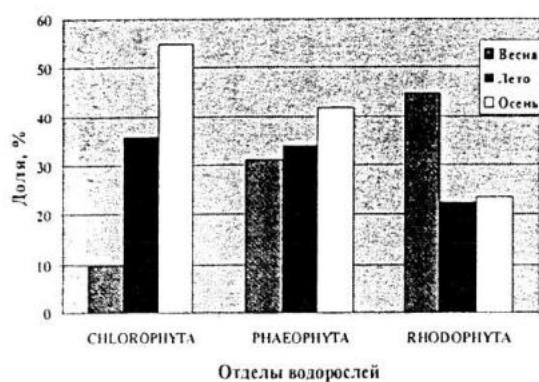


Рисунок 4 – Доля отделов водорослей в биомассе фитоценоза по сезонам

Красные виды водорослей вносят весной и наибольший вклад в биомассу фитоценоза на разных глубинах (рисунок 5), за исключением глубин 3 – 5 метров, где во все сезоны года наибольший вклад в биомассу фитоценоза вносят бурые водоросли.

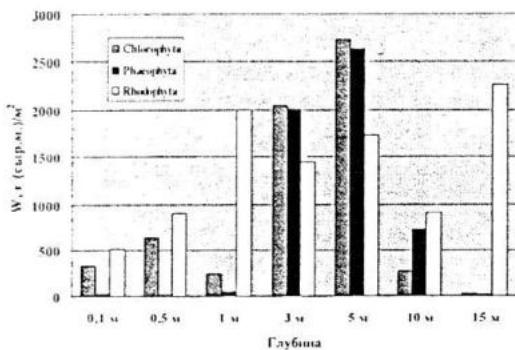


Рисунок 5 – Биомасса отделов водорослей в составе фитоценоза по глубине (весна)

Распределение биомассы фитоценоза по глубине неравномерно и зависит от сезона года (рисунок 6). Результаты съемки по двум разрезам показали, что наибольшие значения биомассы фитоценоза ( $5 \text{ кг, сыр. м}^2$ ) приходятся на весенний сезон. Максимум отмечен на глубине 5 метров. С увеличением глубины до 10 метров биомасса

снижается до  $2 \text{ кг}/\text{м}^2$ , и на глубине 15 м снова возрастает до  $4 \text{ кг}/\text{м}^2$ .

Летом и осенью наибольшие значения биомассы макрофитов приурочены к глубинам 3 и 5 метров соответственно, но уровень этих значений в 2,5 раза ниже весеннего. С увеличением глубины до 15 метров биомасса постепенно снижается более чем в два раза.

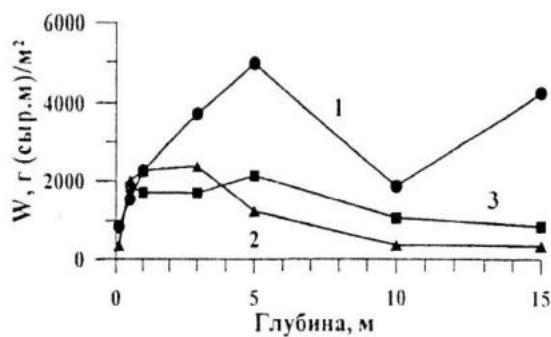


Рисунок 6 – Сезонное изменение средней биомассы макрофитобентоса в исследуемой акватории по глубине (по двум разрезам).  
1 – весна, 2 – лето, 3 – осень

Для функциональных характеристик, как фитоценоза, так и всей экосистемы большое значение имеет площадь поглощающей поверхности макрофитов. Через нее осуществляется поток химических элементов, по оценкам которого можно судить как о продукции макрофитного звена, так и о способности экосистемы к самоочищению.

Площадь поглощающей поверхности исследованного фитоценоза рассчитана в разные сезоны года. Наибольшее ее значение, как и значение запасов биомассы, приходится на весенний сезон ( $4365152 \text{ м}^2$ ). В летний и осенний сезоны площадь поверхности фитоценоза ниже (таблица 1). Самые низкие значения характерны для фитоценоза в летний период, что с одной стороны объясняется снижением общего числа видов макрофитов и с другой стороны меньшим присутствием в составе фитоценоза видов с тонкорассечной структурой, для которых характерна большая площадь поверхности слоевиц. Так, например, выявлено, что и общее число видов Chlorophyta и их доля от весны к осени

снижается [15]. Снижается видовое разнообразие Phaeophyta, но при этом доля видов остается почти без изменений. Отметим, что среди бурых водорослей присутствуют виды с большими многолетними слоевищами (с довольно крупными структурными элементами) такие как цистозира.

Цистозира в исследуемом районе сейчас малочисленна и встречается отдельными «пятнами». В 80-е годы нижняя граница ее распространения проходила на глубине 8 м. В настоящее время нижняя граница поднялась до глубины 5 м. Деградация зарослей цистозир, по-видимому, связана с наличием в акватории аварийного выпуска хозяйствственно-бытовых сточных вод. Основные запасы макрофитов сосредоточены на скальных породах и валунах в районе мысов, в прибрежной части и на железобетонных конструкциях берегоукреплений.

Одним из показателей качества прибрежных вод является коэффициент Чени [14]. Для данной акватории значение коэффициента Чени весной равно 4, летом 5,5 и 3 осенью. Это может, в какой-то мере, свидетельствовать об антропогенной нагрузке на акваторию.

О самоочистительном потенциале исследуемой акватории можно судить по спо-

собности ее фитоценоза изъять из среды минеральный фосфор и азот (таблица 1). Расчеты, проведенные на основании результатов исследования видового состава и структуры донного фитоценоза, показали, что в весенний период фитоценоз может изъять из водной среды за сутки 16,1 кг минерального фосфора и 146,2 кг минерального азота. В летний и осенний сезоны эти показатели ниже и составляют для фосфора соответственно 8,03 и 6,3 кг в сутки и для азота соответственно 73,1 и 57,1 кг в сутки. Таким образом, самоочистительный потенциал акватории наиболее высок в весенний период. Как было показано выше, к лету меняется видовой и количественный состав фитоценоза (рисунок 3), меняются его морфометрические параметры и, как следствие, изъятие фосфора и азота снижается почти в два раза.

Весной выше и продукционные возможности фитоценоза макрофитов. Максимальная величина продукции составляет 1317 кгС/сут. Летом и осенью величина продукции фитоценоза в два раза ниже, чем весной.

Видовой состав и структура фитоценоза свидетельствуют об эвтрофировании исследованной акватории.

Таблица 1 -- Структурно-функциональные характеристики фитоценоза

| Характеристики фитоценоза                       | Весна   | Лето    | Осень   |
|---|---------|---------|---------|
| Запасы, т (сырая масса)                         | 336,7   | 132,5   | 156,5   |
| Поверхность суммарная, м <sup>2</sup>           | 4365152 | 3502531 | 3836633 |
| Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг        | 13,96   | 26,43   | 24,51   |
| Листовой индекс, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> | 17,40   | 13,95   | 15,29   |
| Продукция, кгС/сут                              | 1317    | 664     | 735     |
| Изъятие минерального Р, кг/сут                  | 16,1    | 8,0     | 6,3     |
| Изъятие минерального N, кг/сут                  | 146,2   | 73,1    | 57,1    |
| Аэрация воды, кгO <sub>2</sub> /сут             | 4213    | 2125    | 2352    |

**Заключение.** В прибрежной акватории между бухтами Карантинной и Мартыновой запасы водорослей составляют весной 336,7 т (сырая масса), в летний и осенний сезоны эти запасы снижаются в два раза.

Биомасса фитоценоза (г, сыр. м / м<sup>2</sup>) больше в весенний период на глубине 3 – 5 метров, в летний и осенний сезоны биомас-

са фитоценоза на этих глубинах в два раза ниже, чем весной.

По количеству видов в составе донного фитоценоза во все сезоны преобладают красные водоросли. Доминирование по биомассе красных водорослей наблюдалось только весной, в летний и осенний сезоны их биомасса в составе фитоценоза в 1,5 – 2

раза меньше, биомассы и зеленых и бурых водорослей.

На разных глубинах (за исключением глубин 3 – 5 м) наибольший вклад в биомассу фитоценоза весной вносят красные водоросли. На глубинах 3 – 5 метров во все сезоны года наибольший вклад в биомассу фитоценоза вносят бурые водоросли.

Величина продукция фитоценоза в весенний период составляет 1317 кгС/сут, в летний и осенний период эта величина в два раза ниже.

Фитоценоз исследованной акватории способен в весенний период изъять из морской среды за сутки 16,1 кг минерального фосфора и 146,2 кг минерального азота. В летний и осенний сезоны эти показатели в 2 – 2,5 раза ниже.

### Л и т е р а т у р а

1. Комплексное управление прибрежными зонами : (правовой глоссарий) / редкол.: А.Н. Вылегжанин (отв. ред.), Ю.М. Колосов, Ю.Г. Михайличенко. – Рига: ВКИ, 2005. – 135 с.

2. Littler M.M., Murray S.N. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Marine Biology*, vol. 30. 1975. – P. 277 – 291.

3. Duarte C.M. Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. *Ophelia*, vol. 41. 1995. – P. 87–112

4. Ковардаков С.А., Празукин А.В., Фирсов Ю.К., Попов. Комплексная адаптация цистозиры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы). – Киев: Наук. думка, 1985. – 214 с.

5. Беляев В.И., Калугина-Гутник А.А., Хайлов К.М. Математическое моделирование сообщества прибрежных морских макрофитов, подверженного эвтрофикации от берегового стока // Экология моря. – 1980. – Вып. 1. – С. 69 – 79.

6. Хайлов К.М., Празукин А.В., Завалко С.Е., Измельцева М.А., Рындина Д.Д. Морские макрофиты в градиенте бытового эвтрофирования // Водные ресурсы. – 1984.

– № 5. – С. 88 – 103.

7. Празукин А. В. Структурные и функциональные изменения черноморской цистозиры в условиях эвтрофирования (Иерархический подход): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1991. – 25 с.

8. Куфтаркова Е. А., Губанов В.И., Ковригина Н.П., Еремин И.Ю., Сеничева М.И. Экологическая оценка современного состояния вод в районе взаимодействия Севастопольской бухты с прилегающей частью моря // Морской экологический журнал. – 2006. – Т. V, № 1. – С. 72 – 91.

9. Овсяный Е.И., Романов А.С., Миньковская Р.Я., Красновид И.И., Озюменко Б.А., Цымбал И.М. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона. // Экологическая безопасность прибрежной шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. – Вып. 2. – С. 138 – 152.

10. Калугина А.А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. – М.: Наука, – 1969. – С. 105 – 113.

11. Миничева Г.Г. Прогнозирование структуры фитобентоса с помощью показателей поверхности водорослей // Ботан. журн. – 1990. – Т.75, № 11. – С. 1611 – 1618.

12. Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – Киев: Наук.думка. 1992. – 280 с.

13. Баращков Г.К. Сравнительная биохимия. – М.: Пиц. пром-сть 1972. – 335 с.

14. Cheney D.T. R + C /P – a new and improved ratio for comparing seaweed floras // J. Phycol. – 1977. – 13, No. 2. – P. 12.

15. Хайлов К.М. Околограницевые явления в водоемах и перспективы их использования в биотехнологии // Экология. – 1982. – № 6. – С. 3 – 9.

16. Евстигнеева И.Е., Ковардаков С.А., Фирсов Ю.К., Танковская И.Н. Сезонная и батиметрическая динамика макрофитобентоса бухты Карантинная // См. данный сборник.