

ИЗМЕНЕНИЕ ДОННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В АКВАТОРИИ ЧЕРНОМОРСКОГО РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА В ПРОЦЕССЕ ЕГО РАЗВИТИЯ

С.А. Ковардаков, Ю.К. Фирсов

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

Сравнение параметров донной растительности в прибрежной акватории парка Победы (Севастополь) в момент организации парка и по прошествии почти 20 лет, показало, что за прошедшие годы снизились как общая биомасса цистозир, так и средняя индивидуальная масса слоевиц этих видов. Коэффициент эвтрофирования, который косвенно отражает уровень эвтрофирования, возрос за истекший период более чем в два раза. Из популяции цистозир на глубинах 2 и 4 м исчезли растения старше 12-13 лет.

Введение. Проблема сохранения и использования Чёрного моря и его биопродукционных систем приобретает все большую актуальность в связи с увеличением антропогенного воздействия. Растущее эвтрофирование прибрежной зоны является одной из важных составляющих этого воздействия. Максимальную антропогенную нагрузку испытывают прибрежные экосистемы, для которых характерно наличие многих видов организмов и где и сосредоточены основные запасы макрофитов. Этим экосистемам присущи высокие продукционные процессы, что перспективно для развития марикультуры, но сюда же поступают бытовые сточные воды с густонаселянных прибрежных территорий, которые ухудшают качество среды, нарушают стабильность и нормальное функционирование организмов. Эвтрофирование черноморских вод усугубляется всё возрастающим с каждым годом потоком отдыхающих. Понятно, что при решении рекреационной задачи, главной целевой функцией является качество воды. Решить эту задачу можно, организовав сбалансированный массообмен в системе «человек–прибрежная экосистема». Такую связь можно наладить через фитопродукционное звено, в частности через макрофиты, которые выполняют функцию

дезэвтрофикаторов [1, 2] при условии изъятия их биомассы [3]. Именно поэтому исследования прибрежных экосистем и особенно входящих в них донных фитоценозов на сегодняшний день становятся особенно актуальными и требуют пристального внимания со стороны исследователей и чиновников; принимающих решение.

В Севастополе в восьмидесятые годы был заложен рекреационный комплекс парк Победы, составной частью которого является городской пляж. Парк Победы – самый крупный рекреационный комплекс в пределах города, который развивается и застраиваться. Это означает, что нагрузка на территорию и акваторию возрастает.

Цель настоящих исследований: выявить структурно-функциональные изменения донной растительности в прибрежной акватории парка Победы, произошедшие за период с 1985 по 2004 гг. под воздействием рекреационной нагрузки.

Материал и методика. Исследования проводились на побережье между бухтами Круглой и Стрелецкой на участке протяжённостью около 700 м, из которых 300 м занимает городской пляж с бунами (рис. 1).

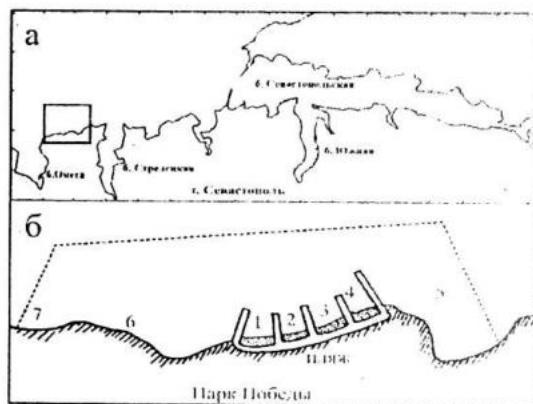


Рисунок 1 – Район исследований (а); участок отбора проб макрводорослей (б)
(1 – 7 – расположение разрезов отбора проб)

Съемки донного фитоценоза проводились в июле 1985 и 2004 гг. Пляж расположен на открытом берегу. Коренной берег сложен известковыми породами и линзами наносов, поэтому покрытие пляжа создано гравийной насыпкой, которая удерживается от размывания пятью бетонными бунами. На расстоянии 15-20 м от береговой линии и мористее наблюдаются выходы сарматских известняков в виде плит покрытых за-

рослями макрофитов. Пробы отбирали в прибрежной акватории до изобаты 4 м, где сосредоточены основные запасы донной многоклеточной растительности играющей главную роль в очистке воды от биогенных элементов и обогащающей ее кислородом. Съемки водорослей проведены по 7 разрезам на глубинах 0,5, 2,0 и 4,0 м. Съемка проводилась по стандартной методике с использованием рамок 50x50 см в четырех повторностях [4].

Пробы макрофитов разбирали по видам, взвешивали. В центре исследований была цистозира, относящаяся к многолетним доминирующими видам, достигающая в благоприятных условиях 20 – 25-летнего возраста. Это позволяет использовать возрастную структуру цистозир в качестве биоиндикатора окружающей среды и обнаруживать происходящие изменения за ряд лет.

По результатам съемки макроводорослей определили вклад цистозир в наиболее часто встречающихся видов в биомассу донного фитоценоза.

Со слоевищ цистозир снимали, по возможности, все эпифиты. В пробах подсчитывали количество слоевищ цистозир (N_{11}), взвешивали общую массу слоевищ цистозир (B_{11}) и эпифитов (B_{ϑ}) выраженную в кг. Коэффициент эпифитирования рассчитывали по формуле $K_{\vartheta} = B_{\vartheta}/B_{11}$. Цистозиру разбирали на возрастные группы (T) [2, 5], в каждой из которых подсчитывалось количество растений (N_T) и определялся общий вес группы (W_T).

Статистическая обработка заключалась в расчете доверительного интервала для оценки достоверности различий между средними значениями параметров для вероятности 0,95.

Результаты и обсуждение. Для исследуемой акватории характерна ассоциация *Cystoseira crinita* Duby + *C. barbata* (Stackhouse) C. Agardh, которая распространена повсеместно начиная с глубины 0,2 – 0,5 м. Ширина зарослей цистозир в этом районе 300 – 400 м. От уреза воды до глубины 4 м преобладает *C. crinita*, увеличением глубины она вытесняется *C. barbata*, а на глубине выше 10 м преобладает *Phyllophora nervosa* (Dc.) Grev. По результатам двух съемок слоевища цистозир были в значительной степени эпифитированы сезонными видами макрофитов. В 1985 г. в составе эпифитов преобладали *Polysiphonia subulifera*

(C. Agardh) Harv., *Laurencia coronopus* J. Agardh, *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz и *Ceramium sp.* В 2004 г. к перечисленным видам добавился мелкоразмерный эпифит – *Ectocarpus confervoides* Le Jolis.

Наши предыдущие исследования [2, 5 – 12] показали, что эвтрофирование существенным образом оказывает влияние на структурные и функциональные характеристики многоклеточных водорослей и в том числе на цистозиру косматую *C. crinita* являющуюся одним из доминирующих видов в прибрежных акваториях Черного моря.

Сравнение общей популяционной численности цистозир показало, что за 19 лет, прошедшие между съемками макрофитобентоса, достоверных различий не произошло (рис. 2 а), хотя в 2004 г. на глубинах 0,5 м и 4 м наблюдается увеличение средней численности растений в популяции.

В 1985 году средняя величина биомассы цистозир в исследуемой акватории была 5,5 кг·м⁻² (рис. 2 б). Такой уровень характерен для условно чистых акваторий, [2, 13]. К 2004 г. биомасса цистозир, в зависимости от глубины, снизилась на 23 – 39 % по сравнению с 1985 г. и составила в среднем 3,6 кг·м⁻². Максимальная биомасса 6 кг·м⁻² в 1985 г. наблюдалась на глубине 2 м, к 2004 г максимум биомассы сместился на глубину 0,5 м – 4,4 кг·м⁻². С увеличением глубины до 4 метров биомасса снизилась соответственно съемкам на 22 и 46 % от максимальной величины. Снижение биомассы популяции цистозир (рис. 2б) в 2004 году происходило на фоне увеличения общего количества слоевищ (рис. 2а). Это несомненно объясняется тем, что средняя биомасса слоевищ цистозир уменьшилась в 1,7 раза с 8,5 г в 1985 году до 5 г в 2004 году (рис. 2в).

Средняя биомасса эпифитов на глубине 0,5 м к 2004 году снизилась в 1,8 раза, а на глубинах 2 м и 4 м увеличилась соответственно в 1,4 и 1,7 по сравнению с 1985 годом. Хотя эти различия недостоверны (рис. 2 г), но по ходу кривых можно предположить, что при увеличении объема выборки эти различия могли бы быть достоверными. Средняя биомасса эпифитов сохранилась приблизительно на том же уровне – около 1 кг·м⁻², что и в 1985 году. Отметим, что уже в 1985 г. биомасса эпифитов была значительно выше, чем в условно численных районах.

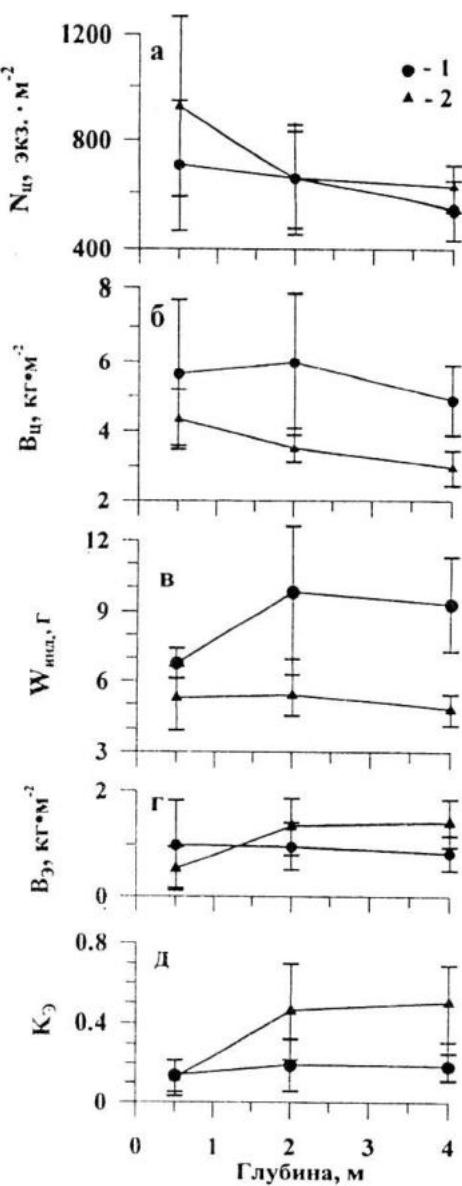


Рисунок 2 – Изменение параметров донного фитоценоза из прибрежной акватории парка Победы с глубиной. а – средняя численность (N_u) популяции цистозиры, экз. \cdot m^{-2} ; б – средняя биомасса (B_u) популяции цистозиры, кг \cdot m^{-2} ; в – средняя индивидуальная масса слоевища цистозиры, г (сырая); г – средняя биомасса макроэпифитов на цистозире, кг \cdot m^{-2} ; д – коэффициент эпифитирования цистозиры.

1 – съемка 1985 г.; 2 – съемка 2004 г.

Эпифиты, обладая высокими значениями S/W, вносят весомый вклад в поглощающую поверхность фитоценоза и незначительный в его массу. По нашим подсчетам эпифиты вносят в поглощающую поверхность фитоценоза вклад в два раза больший, чем в его биомассу. Высокие значения S/W соответствуют высокой функциональной активности [5, 14, 15]. Следо-

вательно, эпифиты принимают активное участие в процессах самоочищения. Но, в силу непродолжительной жизни, их биомасса после отмирания разлагается и возвращает химические элементы и их соединения в воду, что может приводить к вторичному эвтрофированию. Отметим, что места разложения водорослей, как правило, не совпадают с местами их произрастания. Чаще всего этот процесс происходит на глубине в отсутствии света и пониженной гидродинамики, а также на участках побережья, имеющих предпосылки к накоплению осадочных материалов и выноса отмершей «органики». Такие места визуально определяются по устойчивым скоплениям прибойных (штормовых) выбросов, включающих оборванные водоросли и бытовой мусор.

Снижение биомассы цистозиры при незначительном повышении биомассы эпифитов привело в 2004 году к увеличению коэффициента эпифитирования более чем в 2 раза на глубинах 2 м и 4 м (рис. 2д). Эти изменения в фитоценозе, как мы полагаем, вызваны антропогенным влиянием.

Проведено сравнение данных возрастной структуры популяции цистозиры 1985 и 2004 годов по численности (рис. 3а, б, в) и биомассе (рис. 3г, д, е). Результаты исследований свидетельствуют, что в возрастной структуре популяции произошли заметные изменения. На глубине 0,5 м количество возрастных групп к 2004 г. сохранилось таким же, как и в 1985 г. (рис. 3а, г), а с увеличением глубины произошло сокращение их количества. Так к 2004 г. на глубине 2 м отсутствовали растения старше 13, а на глубине 4 м – старше 12 лет (рис. 3б, в, д, е). Кроме того, с увеличением глубины от 0,5 до 4 м количество однолетних растений снижается вдвое. Такое снижение характерно в целом для популяций цистозиры [2, 5, 9].

За 19 лет изменился вклад растений разных возрастных групп в структуру популяции цистозиры. Значительно выросла численность молодых 1 – 3-хлетних, в некоторых случаях – 4-хлетних растений. Особенно это заметно на глубине 0,5 м, где количество однолетних слоевиц выросло в 2 раза. Растений старше 7 лет в 2004 г. наоборот стало меньше.

Возрастная структура популяции цистозиры по биомассе описывается одновер-

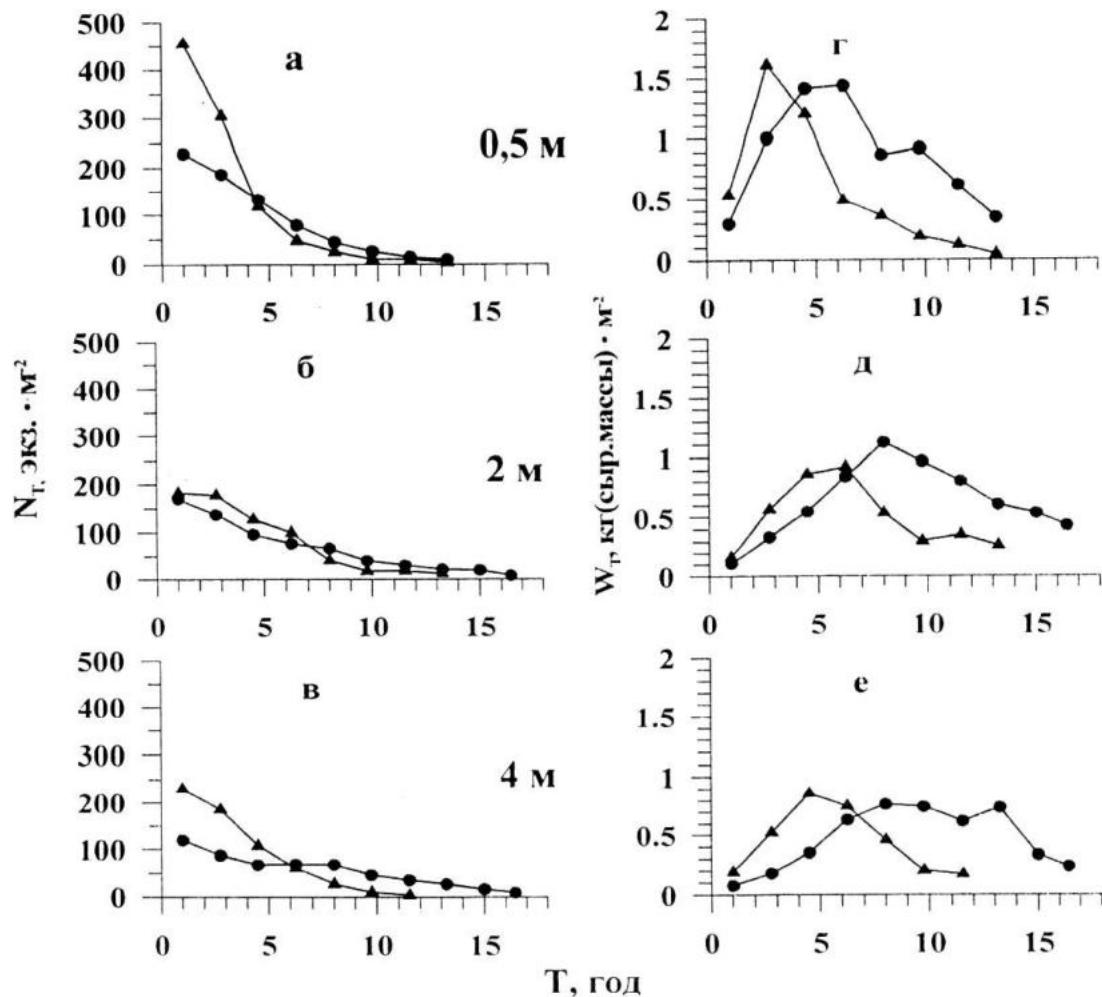


Рисунок 3 – Возрастная структура популяции цистозиры (Т) по численности (N_T) и биомассе (W_T) на глубинах 0,5 м – (а, г), 2 м (б, д) и 4 м (в, е). Обозначения как на рисунке 2

шнинными кривыми (рис.3). Сходство популяции по биомассе в 1985 и 2004 гг. состоит в близких значениях их максимальных величин по глубинам (рис. 3г, д, е) и в снижении максимального значения биомассы с увеличением глубины. Так если на 0,5 метрах значения сырой массы цистозиры достигали величины 1,6 кг·м⁻², то на глубине 4 метра эта величина не более 0,8 кг·м⁻². Различие состоит в том, что максимальные биомассы в 1985 и 2004 гг. обеспечивались разными возрастными группами растений. На глубине 0,5 м в 1985 г. максимальный вклад в биомассу популяции вносили растения 4 – 6 лет, в 2004 г. – трехлетние растения. На глубине 2 м соответственно 6 - 9-летние и 4 – 6-летние. При этом почти в два раза увеличился вклад четырехлетних слоевиц в биомассу популяции, а вклад слоевиц старше восьми лет, наоборот, снизился в два раза. На глубине 4 м в 1985 г. биомасса популяции формировалась в ос-

новном за счет вклада растений 6 – 13-летнего возраста, в 2004 г. – 4 – 6-летними растениями (рис. 3е). Биомасса возрастных групп старше восьми лет, так же как и на двухметровой глубине снизилась в два раза.

Заключение. За период с 1985 по 2004 гг. донный фитоценоз претерпел структурно-функциональные изменения. Не смотря на 16 % увеличение популяционной численности цистозиры за счет молодых растений, ее биомасса снизилась на 40 %, благодаря снижению средней индивидуальной массы слоевиц с 8,5 до 5 г. Результаты двух съемок свидетельствуют о том, что слоевища цистозиры в районе пляжа в значительной степени эпифитированы сезонными видами макрофитов. Коэффициент эпифитирования за 19 лет вырос с 20 до 50 %, при этом в состав эпифитов добавились мелко-размерные виды водорослей. Средняя биомасса цистозиры за это время уменьшилась в два раза, а биомасса эпифитов стала в 2

10 раз больше, чем в неэвтрофированной среде.

Самое поразительное различие за прошлый период состоит в том, что хотя значения максимальных биомасс для трех глубин и в 1985 и в 2004 гг. были близки, но эти величины в первом и во втором случаях обуславливались разными возрастными группами, т.е. отчетливо видно изменение возрастной структуры популяций. Причем изменения произошли не только в сдвиге максимумов одновершинных кривых, но сами формы кривых существенно отличаются. В 1985 г. форма кривых более растянута, т.е. охватывает больший возрастной диапазон, и слажена, а в 2004 г. возрастной диапазон сужен, ярче выражены пики кривых. Из популяции исчезли растения старше 12 – 14 лет. Возросла численность молодых – однолетних и трехлетних растений, вносящих основной вклад в численность популяции.

Рекреационные нагрузки на прибрежную акваторию парка Победы изменяют биологические параметры донной растительности, что не может не сказатьсь на функционировании фитоценоза и его самоочищательном потенциале.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Weise, M. Jorga. Aquatic macrophytes – a potential resource // Water Qual. Bull., 1981. – vol. 6, N. 4. – P. 104–107.
2. С.А. Ковардаков, А.В. Празукин, Ю.К. Фирсов, А.Е. Попов. Комплексная адаптация цистозиры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы). – Киев: Наук. думка, 1985. – 214 с.
3. К.М. Хайлов, С.А. Ковардаков, А.В. Празукин. Обоснование выбора параметров для оценки состояния водных экосистем при их многочисленном использовании // Водн. Ресурсы. – 1986. – № 6. – С. 65–75.
4. А.А. Калугина-Гутник. Фитобентос Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1975. – 248 с.
5. К.М. Хайлов, В.П. Парчевский. Иерархическая регуляция структуры и функций морских растений. – Киев: Наук. думка, 1983. – 253 с.
6. К.М. Хайлов, А.В. Празукин, С.Е. Завалко, М.А. Измельцева, Д.Д. Рындина. Морские макрофиты в градиенте бытового эвтрофирования // Водные ресурсы. – 1984. – № 5. – С. 88 – 103.
7. В.П. Парчевский, А.В. Празукин, А.Е. Попов, К.С. Бурдин, М.В. Крупина, И.Б. Савельев. Изучение влияния городских сточных вод на популяционные и организационные параметры черноморской буровой водоросли *Cystoseira crinita* (Desf.) Bory // Вест. Моск. ун-та. – Сер. 16. Биология. – 1985. – № 2. – С. 32–38.
8. А.В. Празукин. Структурные и функциональные изменения черноморской цистозиры в условиях эвтрофирования (Иерархический подход): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1991. – 25 с.
9. А.В. Празукин, Ю.Г. Каменир. Обобщенное описание биологического действия эвтрофирования на примере изменения размерного спектра цистозиры // Труды V Всесоюз. совещ. по санитарной гидробиологии. – М.: МГУ. – 1990. – С. 124 – 128.
10. С.А. Ковардаков, Н.П. Ковригина, М.А. Измельцева. Донный фитоценоз в акватории от мыса Балаклавского до мыса Ая и его вклад в процессы самоочищения // Сб. науч. Трудов. «Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг». – Севастополь, МГИ. – 2004. – С. 250–257.
11. А.В. Празукин, С.А. Ковардаков. Изменения размерно-возрастной структуры ценопопуляции черноморской цистозиры в условиях хронического эвтрофирования и после исключения антропогенного прессинга // "Актуальные проблемы современной альгологии", Материалы III Межд. Конференции, Харьков 20–23 апреля 2005. – Харьков. 2005. – С. 127–128.
12. Ю.К. Фирсов, С.А. Ковардаков. Оценка состояния прибрежного фитоценоза в акватории рекреационного комплекса // "Актуальные проблемы современной альгологии", Материалы III Межд. Конференции, Харьков 20–23 апреля 2005. – Харьков. 2005. – С. 168–169.
13. И.К. Евстигнеева. Эколо-фитоценотическая характеристика и запасы донной растительности бухты Планерская (Черное море) // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 4. – С. 423–432.
14. Ю. Одум. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 739 с.
15. К.М. Хайлов, А.В. Празукин, С.А. Ковардаков, В.Е. Рыгалов. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – Киев: Наук. думка, 1992. – 280 с.