

# СРАВНЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ ЧЕРНОМОРСКИХ ФИТОЦЕНОЗОВ С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

**С.А. Ковардаков, А.В. Празукин,  
Ю.К. Фирсов**

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины  
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2  
*E-mail: skovardakov@mail.ru, prazukin@mail.ru, yurfir@mail.ru*

*Сравниваются структурно-функциональные характеристики донных фитоценозов в прибрежных акваториях г. Севастополя, испытывающих разный уровень антропогенного воздействия. В акваториях с увеличивающимися поступлениями биогенных элементов изменения структуры и функционирования фитоценозов идут сходным образом. При снятии источника эвтрофирования степень восстановления фитоценозов определяется фоновым уровнем трофности.*

**Введение.** На протяжении последних десятилетий морская эвтрофикация стала главной проблемой для прибрежных экосистем в глобальном масштабе [1, 2]. На возросшее воздействие антропогенных стоков обратили внимание в 60-ых, и с тех пор стало очевидным, что повышенные уровни питательных веществ затрагивают морские экосистемы, изменяя разнообразие видов и структуру сообщества [3].

Прибрежные и эстuarные экосистемы самые продуктивные зоны Мирового океана. Здесь наблюдается скопление организмов, сосредоточено более 90% запасов донной растительности, сюда же поступает «львиная доля» хозяйственных стоков и загрязнений, нарушающих стабильность и нормальное функционирование организмов. Их состояние и функционирование в значительной степени зависят от состояния первичных продуцентов – макрофитов, вносящих огромный вклад в регуляцию потоков химических веществ и являющихся реципиентом биогенных элементов.

Популяции и сообщества макрофитов обладают высокой адаптивной пластичностью и в ответ на антропогенные воздействия могут радикально изменять свою структуру и функции [3 – 11], приспосабливаясь

к изменившимся условиям. В экстремальных условиях сообщества начинают деградировать [3 – 5, 7, 12, 13,].

Причины деградации отдельных сообществ могут быть абсолютно разными, поэтому понимание процессов, регулирующих и изменяющих водные экосистемы является важной проблемой гидробиологии.

В связи с этим большой интерес представляет долгосрочное изучение структуры и функционирования сообществ и ценопопуляций макрофитов в условиях различной степени трофности, когда антропогенная нагрузка со временем увеличивается или наоборот – уменьшается. Такие исследования необходимы для прогнозирования формирования донной растительности водоема или его части в изменяющихся условиях эвтрофирования, для выбора перспективных объектов культивирования, для обоснования мест размещения плантаций, для обоснования природоохранных мероприятий в нарушенных фитоценозах. Именно поэтому исследования донных фитоценозов в прибрежных экосистемах на сегодняшний день становятся особенно важными и требуют пристального внимания со стороны исследователей и чиновников, принимающих решение.

Цель: оценить изменения структуры и функционирования сообществ макрофитов в условиях различной (изменяющейся) степени трофности, выявить восстановительные характеристики популяции цистозиры, оценить участие донного фитоценоза в процессах самоочищения.

**Материал и методы.** Исследования проводились на трех участках побережья в районе г. Севастополя: 1 – в прибрежной акватории от б. Голубой до м. Херсонес, 2 – в б. Круглой, 3 – в прибрежной акватории парка Победы (рисунок 1).

Первый участок, протяженностью 3,85 км, расположен на открытом берегу, он более приглубый по сравнению с другими участками. Дно в этом районе складывается из сарматских слоистых известняков в виде плит с рваными краями и углублениями, крупных валунов и камней – идеальное место для донной растительности. С 1963 по 1981 гг. прибрежная экосистема испытывала колоссальную химическую нагрузку, т.к. в районе Голубой бухты располагался основной выпуск хозяйственных сточных вод г. Севастополя. С 1982 г. антропогенная нагрузка на акваторию значительно снизилась

в результате переноса места выпуска на глубину 90 м в 2 км от берега.

На втором участке, в закрытой мелководной бухте Круглой, располагается самый посещаемый городской пляж. Важной особенностью бухты является наличие большого количества мягких грунтов, на которых донная растительность скудна. Основные запасы макрофитов сосредоточены в горле бухты и на каменистой банке посередине ее акватории. Городской пляж

сосредоточен в мелководной наиболее удаленной от открытого моря части бухты. За долгие годы нагрузка на море в районе пляжа, со стороны отдыхающих, стабилизировалась. А в районе входного восточного мыса, даже, незначительно выросла за счет увеличения количества посетителей яхт-клуба «ЮГ», имеющего в распоряжении небольшой пляж и летние домики для отдыхающих.

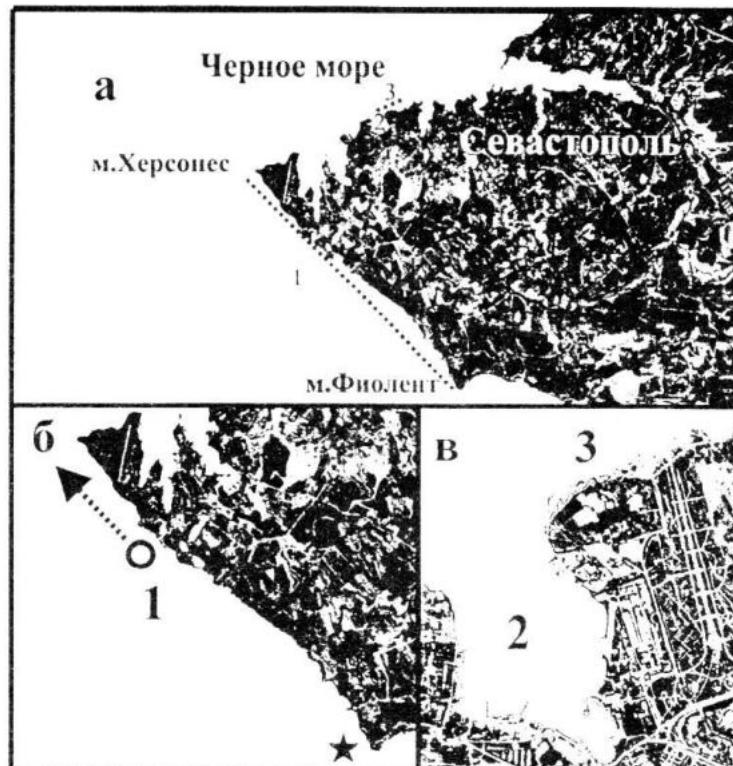


Рисунок 1 – Район исследований и участки отбора проб. а) расположение участков наблюдений (сituационная схема); б) участок 1 – мыс Херсонес; в) участок 2 и прибрежная акватория парка Победы – участок 3. Точка («Кружок») – место выпуска хозяйственных стоков до 1982 г. Пунктирной линией отмечена зона отбора проб, стрелка указывает направление уменьшения градиента концентрации химических веществ в воде поступающих со стоком. ★ – акватория м. Фиолент

Третий участок – открытое побережье между бухтами Круглой и Стреленской протяженностью 700 м, 300 м из которых находится на городской пляж. Это морская часть парка Победы – самого крупного в пределах города рекреационного комплекса, создание которого началось в восьмидесятые годы, тогда же здесь был построен городской пляж с бунами. До строительства пляжа нагрузка на побережье была незначительной. В настоящее время в парке идет бурное строительство гостиниц, аттракционов, расширяется пляжная зона. С каждым

годом нагрузка на наземную территорию и море в этом районе возрастает. Дно в районе парка сложено валунами, крупными камнями и известняковыми плитами. Непосредственно в акватории пляжа дно очищено от валунов, но здесь есть выходы известняковых плит и камни, обросшие макрофитами.

Фитоценотические исследования проводились в разные годы в летние месяцы. В Голубой бухте в июне 1981 и в июле 1993 и 2005 гг. В б. Круглой в июле 1989 и 2008 гг. В прибрежной акватории парка Победы в

июле 1985 г. – на следующий год после строительства пляжа и в 2004 г. Отбор проб проводился по разрезам на глубинах от 0.5 до 15 м. по стандартной методике с использованием рамок 50x50 см в четырех повторностях [14]. Методика обработки проб подробно описаны в работах [4, 15].

По величинам запасов макрофитов в акватории, удельным скоростям роста водорослей [16] и содержанию биогенных элементов в водорослях [17] рассчитывали величину возможного изъятия минеральных азота и фосфора из воды, принимая ее за самоочистительный потенциал фитоценоза.

**Результаты и обсуждение.** Рассмотрим многолетние изменения фитоценозов на трех выше названных участках.

1. Акватория Голубая бухта – м. Херсонес. Состояние популяции цистозир в градиентных условиях эвтрофирования и ее восстановительные возможности. Как показали исследования 1981 г. [4, 9 – 18] в прибрежной полосе от места выпуска хозяйственных стоков в Голубой бухте до м. Херсонес структура популяции цистозир отражает градиентные условия антропогенного эвтрофирования. Плотность ( $N_T/S_0$ ) и

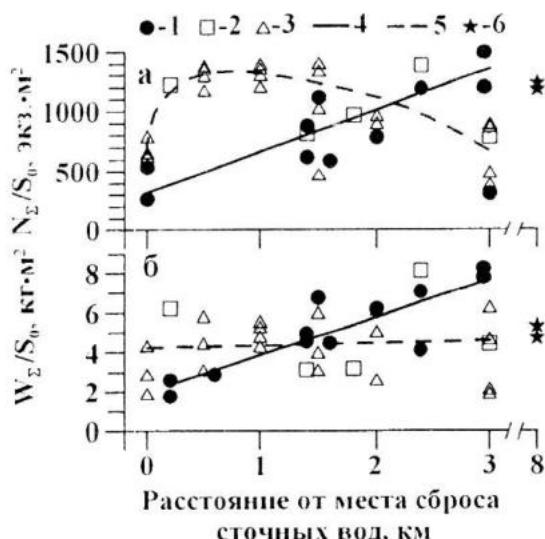


Рисунок 2 – Структурные характеристики (плотность (а) и биомасса (б)) популяции *Cystoseira crinita* в акватории б. Голубая – м. Херсонес в условиях хронического антропогенного эвтрофирования (1981 г., 1, обобщающая линия 4) и спустя 11 (2) и 22 (3) года после прекращения выпуска в моря сточных вод (обобщающая линия 5) и в акватории м. Фиолент (6)

биомасса ( $W_T/S_0$ ) популяции цистозир на

глубине 1.5 м с приближением к источнику эвтрофирования линейно снижаются [рисунок 2 а, б;  $N_T/S_0 = 243.8251 + 382.8L$  ( $R = 0.88$ ,  $n = 12$ );  $W_T/S_0 = 1992.6 + 1962.5L$  ( $R = 0.88$ ,  $n = 12$ ), здесь и во всем тексте символом W будем обозначать сырую массу растений]. Обратим внимание на высокие коэффициенты корреляции параметров уравнения

Существенным образом меняется и возрастная структура популяции. Число возрастных групп сокращается с 9 до 5 и значительно уменьшается количество в них растений (рисунок 3 а).

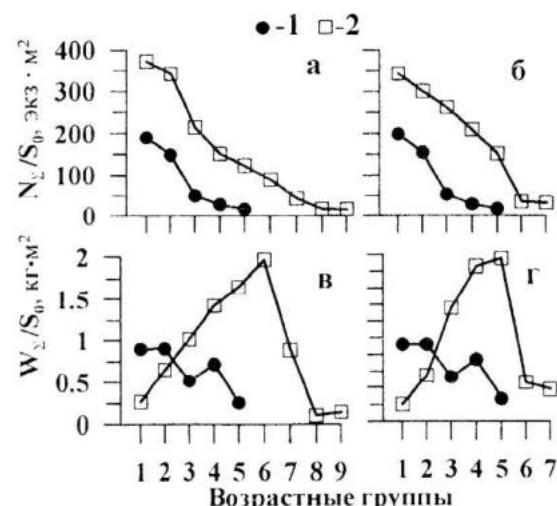


Рисунок 3 – Абсолютная численность ( $N_T/S_0$ ) и биомасса ( $W_T/S_0$ ) возрастных групп ценопопуляций *Cystoseira crinita* в акватории б. Голубая – м. Херсонес в условиях хронического антропогенного эвтрофирования [1981 г., на расстоянии 0.2 (1) и 2.9 (2) км от места сброса сточных вод] и спустя 11 (2) лет после прекращения выпуска в моря сточных вод. Возрастные группы: 1 – ≤1; 2 – <2.75; 3 – <4.50; 4 – <6.25; 5 – <8; 6 – <9.75; 7 – <11.5; 8 – <13.25; 9 – <15 год

При этом доля молодых растений (до 3 лет) в общей численности популяции возрастает до 82% (рисунок 4 а). Это приводит к большому смещению максимума  $W_T$  влево – в сторону молодых растений (нижний символ Т означает возраст размерной группы растений). На долю растений до 3-х лет приходится примерно половина (56%) всей массы популяции (рисунок 4 б).

Исследования в 1992 и в 2003 гг. выявили восстановительные способности популяции цистозир, идущие противоположно выше описанным. В структуре популяции количество возрастных групп увеличивает-

ся с 5 до 7 (рисунок 3 в), увеличивается в них и численность растений и их масса, особенно в группах старше 3–х лет (рисунок 3 а), что приводит к сокращению доли молодых растений в общей численности популяции с 82% до 51% (рисунок 4 а). Максимум  $W_T$  переместился в среднюю часть возрастного ряда, на долю растений 3 – 5 возрастных групп приходится до 77% всей массы популяции (рисунок 4 в).

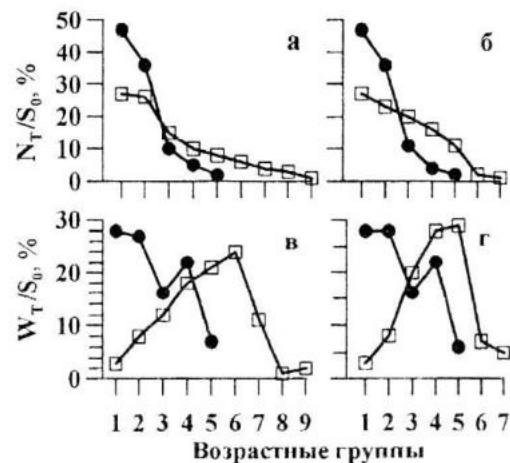


Рисунок 4 – Относительная численность ( $N_t/S_0$ ) и биомасса ( $W_t/S_0$ ) возрастных групп ценопопуляций *C. crinita* в акватории б. Голубая – м. Херсонес. Условия и обозначения те же, что и на рисунке 3

В 1981 г. цистозира, ближе 20 – 50 м непосредственно от выпуска сточных вод (в нулевой отметке, рисунок 2), не встречалась, тогда как на этом участке в 2003 г. её плотность достигала 500 – 700 экз./м<sup>2</sup>, а биомасса – 2 – 4 кг/ м<sup>2</sup>, что сопоставимо с величинами численности и биомассы цистозирой этой же съемки в районе м. Херсонес и несколько ниже значений параметров популяции цистозирой в условно чистом районе м. Фиолент. В целом на большей части рассматриваемого участка побережья обсуждаемые параметры популяции цистозирой по съемкам в 1992 и 2003 гг. сопоставимы с величинами параметров популяции цистозирой района м. Фиолент. Это говорит о том, что после снятия антроногенного прессинга, популяция цистозирой способна полностью восстановиться в течение последующих 15 – 20 лет [8].

2. Акватория б. Круглой. Растительный покров бухты Круглой охватывает большую часть поверхности дна и формируется из трех крупных фитоценотических

группировок: 1) заросли цистозир (*C. crinita* Duby и *C. barbata* (Stackhouse) C. Agardh.) с их эпифитами и сопутствующими видами сосредоточены на камнях, валунах и каменных плитах; 2) заросли зостер (*Zostera marina* и *Z. noltii*) с их эпифитами и сопутствующими видами сосредоточены к средней и кутовой части на илисто-песчаных участках дна; 3) совокупность оборванных водорослей разных видов, образующие пластины на поверхности дна и не имеющие постоянной локализации, т.к. подвержены переносу течениями и циркуляциями и чаще всего концентрируются в различных складках дна, на песчаном дне, в зонах осадконакопления.

*Заросли цистозир с её эпифитами и сопутствующими ей видами.* Биомасса цистозир в 1989 г в зависимости от глубины варьировала в широких пределах от 1.3 кг/м<sup>2</sup> на глубине 11 м до 5.6 кг/м<sup>2</sup> на мелководье (0.5 м) (рисунок 5 а). Причем биомасса резко снижается в узком диапазоне глубин – 0.5 – 1 м, далее с глубиной происходит более плавное снижение. С глубиной изменяется и структура популяции, усиливается роль растений средних и старших возрастных групп, как по массе, так и по численности. К 2008 г. биомасса цистозиры снизилась в 1,5 два раза. Заметное снижение биомассы цистозирой по глубине происходит в более узком диапазоне варьирования и носит иной характер. На глубинах 0.5 – 3 м  $W/S_0$  относительно быстро снижается (с 3.2 до 1.5 кг/м<sup>2</sup>), тогда как глубже 5 м практически остается неизменно низкой (0.8 кг/м<sup>2</sup>).

Изменения в структуре популяции цистозирой б. Круглой мы связываем, в большей мере, с общим усилением эвтрофирования Черного моря. Отчасти наблюдаемое изменение могло быть усилено действием небывало сильного шторма, прошедшего в ноябре 2007 г. Крупные слоевища старших возрастных групп в результате шторма могли быть подвержены «прополке».

Значительное снижение в 2008 г. биомассы цистозирой, а следовательно и поверхности, заселаемой эпифитами способствовало снижению биомассы последних. Особенно это проявилось на глубинах до 7 м. (рисунок 5 б). В то же время коэффициент эпифитирования (отношение общей массы всех эпифитов цистозирой к её массе), на глубинах 3 – 7 м, увеличился в 1.8 –

2.7 раза (рисунок 5 в), что подтверждает усиление эвтрофирования.

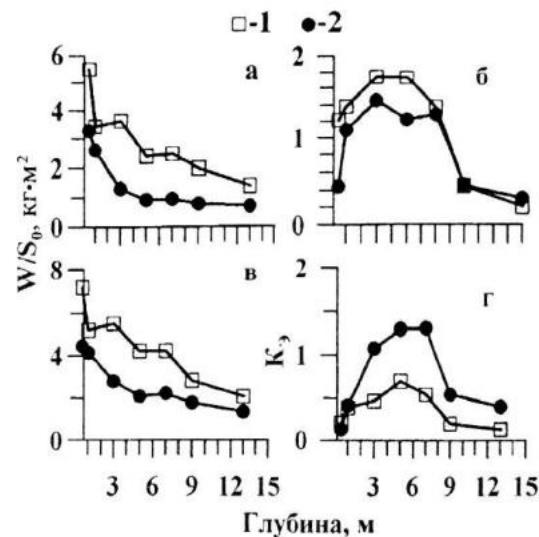


Рисунок 5 - Изменение биомассы:  
а- популяции *C. crinita*, б - её эпифитов, в- фитоценоза и коэффициента эпифитирования *C. crinita* (г) с глубиной в акватории б. Круглая в 1989 (1) и 2008 (2) гг

Средняя биомасса фитоценоза в зависимости от глубины к 2008 г. снизилась в 1.2 – 2 раза по сравнению с 1989 г. (рисунок 5

г). Наблюдаемое состояние фитоценоза есть результат двух разнонаправленных откликов системы на эвтрофирование. Это уменьшение биомассы цистозир и одновременно увеличение эпифитирования слоевищ цистозир всех возрастов.

*Заросли зостеры (Z. marina и Z. noltii).* Заросли зостер по дну бухты распределены неравномерно, на отдельных участках дна они образуют сплошной покров, на других формируют пятна разных размеров и формы. Биомасса в зарослях зостер, независимо от характера их распределения, в 1989 г. мало менялась с глубиной (1.5 – 2 кг/м<sup>2</sup>). В 2008 г. биомасса этих видов заметно увеличилась до уровня 2 – 3.5 кг/м<sup>2</sup>.

*Обобщающие характеристики фитоценоза б. Круглая.* В таблице 1 представлены абсолютные и относительные данные по общей массе и поглощающей поверхности, растений всей акватории бухты, а также общей скорости роста и скорости изъятия азота и фосфора из воды всеми растениями бухты. В расчетах учитывались значения биомасс водорослей в зарослях цистозир и зостеры и коэффициент проективного покрытия названных фитоценотических группировок.

Таблица 1 – Обобщающие характеристики фитоценоза б. Круглая

Год	Фитоценоз	Цистозиры	Эпифиты	Зостеры и сопутствующие виды	Цистозиры	Эпифиты	Зостеры и сопутствующие виды
Запасы, т				Запасы, %			
1989	1020	585	285	150	57	28	15
2008	853	344	282	228	40	33	27
Поглощающая поверхность, м <sup>2</sup>							
1989	15014026	3982236	8402040	2629750	27	56	18
2008	12003331	1932989	6387192	3683151	16	53	31
Скорость роста, т/сут				Скорость роста, %			
1989	70.17	23.57	34.52	12.07	34	49	17
2008	58.24	11.98	28.66	17.59	21	49	30

Как следует из таблицы 1 величины всех рассматриваемых параметров в целом для всего фитоценоза в 2008 г. в сравнении с 1989 г. в среднем ниже на 16%. В отдельности по каждой фитоценотической группе растений величины изменений отличаются от общепопуляционных показателей. Наи-

более заметные изменения связаны с параметрами цистозир и группой водорослей, включающей зостеры и сопутствующие виды. Для цистозир характерно снижение их параметров, а для группы водорослей - увеличение.

В 1989 г. большая половина всей фито-

массы фитоценоза бухты формировалось за счет цистозир, на долю эпифитов и растений, не включенных в две первые группы, приходилось соответственно 28% и 15% массы. В 2008 г. картина изменилась, в общей биомассе ценоза снизилась доля цистозир (40%) и увеличилась доля остальных двух групп. В результате цистозир и их эпифиты имели примерно одинаковый вклад в формирования общей биомассы. В то же время эпифиты цистозир вносят основной вклад в формирование поверхности ценоза, соответственно 56% и 53% в 1989 и 2008 гг. Доля цистозир снижается до 16%, тогда как роль зостеры и сопутствующих видов в формировании поверхности ценоза увеличивается с 18% в 1989 г. до 31% в 2008 г. Таким образом, благодаря такой компенсации фитоценоз за 19 лет ненамного изменил свои основные структурные характеристики, величину общей массы и поверхности. Существенно не изменилась и общая скорость роста и скорости входного потока общего азота и фосфора.

**3. Парк «Победы».** В фитоценозе доминирующими видами являются *C. crinita* Duby и *C. barbata* (Stackhouse) C. Agardh. Ширина зарослей цистозир в этом районе 300 – 500 м. От уреза воды до глубины 5 – 6 м преобладает *C. crinita*, увеличением глубины она вытесняется *C. barbata*, а на глубине свыше 10 м преобладает *Phyllophora nervosa* (Dc.) Grev. И в 1985 и в 2004 гг. Цистозира была в значительной степени эпифитирована 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. [19]

Плотность популяции цистозир к 2004 г. сохранилась на уровне 1985 г., но произошли заметные изменения возрастной структуры. На глубине свыше 0.5 м из популяции исчезли растения старше 12 – 13 лет и произошло сокращение численности растений старше 6 лет. На всех глубинах произошло увеличение численности молодых растений возраста 1 – 3 года. Смещение структуры популяции в сторону младших возрастных групп характерно для эвтрофных районов [4, 5, 7, 9].

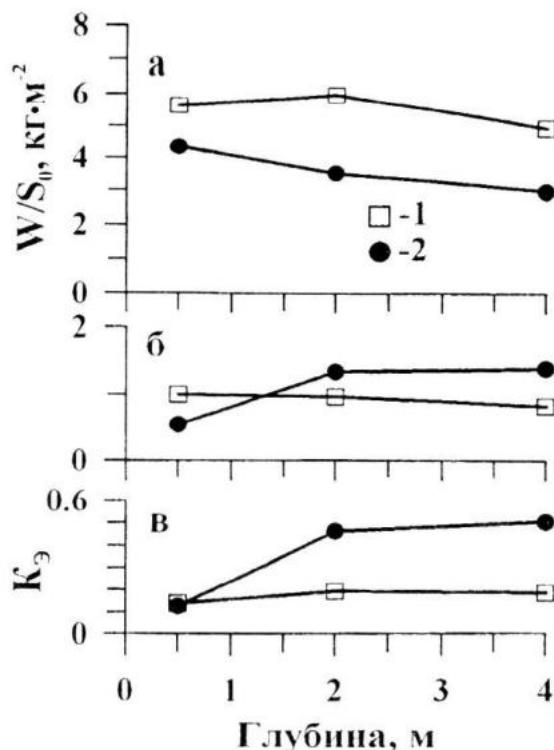


Рисунок 6 – Изменение биомассы популяции *C. crinita* (а), её эпифитов (б) и коэффициента эпифитирования *C. crinita* с глубиной в прибрежной акватории парка «Победы» в 1985 (1) и в 2004 (2) гг

К 2004 г. средняя биомасса цистозир в исследуемой акватории снизилась в среднем до  $3.6 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ , по сравнению с  $5.5 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$  в 1985 г. (рисунок 6 а), когда биомассы соответствовала величине характерной условно чистым акваториям [4, 20]. При этом максимум биомассы, который в 1985 г. был на глубине 2 м сместился на глубину 0.5 м.

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 (рисунок 6 б). Непосредственно в акватории городского пляжа биомассы эпифитов выросли в 2 и более раз.

Снижение биомассы цистозир и повышение биомассы эпифитов привело в 2004 году к увеличению коэффициента эпифитирования более чем в 2 раза на глубинах 2 м и 4 м (рисунок 6 в). Эти изменения, как мы полагаем, вызваны повышенным поступлением азота и фосфора в зоны купания от отдыхающих [21].

Запасы цистозир в зоне пляжа снизились почти вдвое, а эпифитов – увеличились в 2.2 раза, при этом общие запасы

макрофитов сократились почти на четверть, а общая поглощающая поверхность фитоценоза выросла в 1.5 раза. Однако общее снижение биомассы не отразилось на его самоочистительном потенциале фитоценоза (величинах возможного изъятия макрофитами минеральных азота и фосфора из воды), который благодаря эпифитам был скомпенсирован и сохранился на прежнем уровне (таблица 2).

**Заключение.** Многолетнее изучение структурной и функциональной организации макрофитных сообществ, территориально разобщенных и имеющих различную историю и уровень антропогенного воздействия позволили сделать следующие за-

ключения:

В акваториях с увеличивающимися антропогенными нагрузками (повышение поступлений биогенных элементов в среду) изменения структуры и функционирования фитосистем идут сходным образом:

На уровне популяций ценозообразующих видов – *C. crinita* и *C. barbata* цистозирзы значительно сокращаются возрастной ряд растений (за счет элиминации растений старших возрастов) и количество растений в группах. При этом доля молодых растений в общей численности и биомассе популяции возрастает. Доля короткоживущих форм растений в общей массе и поверхности фитоценоза увеличивается.

Таблица 2 – Структурно-функциональные характеристики фитоценоза и акватории городского пляжа парка «Победы»

Годы	Запасы			Поглощающая поверхность			Изъятие фосфора и азота	
	Цистозира	Эпифиты	Фитоценоз	Цистозира	Эпифиты	Фитоценоз	Фитоценоз	
				т	т	т	м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>
1985	58	9	69	291489	292228	601253	1.8	18.4
2004	31	20	53	157656	704985	895358	1.9	18.8

На уровне фитоценоза перестройки в условиях повышения трофности носят компенсаторный характер. Снижение биомассы и самоочистительных функций одного вида компенсируется увеличением таковых других видов, в результате чего уровни потоков биогенных веществ через фитоценоз стабилизируются, а если изменяются, то незначительно. Компенсаторные изменения фитоценоза проявились в б. Круглой, где запасы и величины потоков азота и фосфора незначительно уменьшились при существенной перестройке структуры фитоценоза. Снижение массы крупнотельных видов цистозир отчасти компенсировалось повышением массы мелкотельных форм и в частности эпифитов цистозир. Увеличение проективного покрытия поверхности дна в б. Круглой в какой-то мере компенсировало снижение запасов донной растительности. В парке «Победы» компенсаторный механизм проявился в повышении общей массы и поверхности растений за счет эпифитов

цистозир. Эпифитный комплекс стал в основном определять общую величину потоков азота и фосфора на этом участке моря.

Перестройки в фитоценозах направлены на увеличение «пропускной» способности биогенных элементов. Благодаря эфемерным видам, имеющим развитую поверхность, биогенные элементы быстро «связываются» на время вегетации растений. Обладая коротким жизненным циклом эти растения, в конце концов, обрываются и их уносит течение в места, где они окончательно отмирают и разлагаются, возвращая химические элементы в воду, что в закрытых бухтах, таких как б. Круглая, может приводить к вторичному эвтрофированию.

Исследования, проведенные в районе б. Голубая – м. Херсонес, показывают, что ценопопуляция *C. crinita* способна за 10 – 15 лет полностью восстановиться. При снятии локального источника эвтрофирования степень восстановления будет определяться

фоновым уровнем трофности.

## Л и т е р а т у р а

1. Nixon S. Marine eutrophication: a growing international problem. //Ambio. – 1990. – vol. 19. – P. 101.
2. Smith V.H., Tilman G.D., Nekola J.C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution. – 1999. – vol. 100. – P.179 – 196.
3. Cloern J.E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. //Marine Ecology Progress Series. – 2001. – vol. 210. – P. 223 – 253.
4. Ковардаков С.А. Празукин А.В., Фирсов Ю.К., Попов А.Е. Комплексная адаптация цистозиры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы) – Киев: Наук. думка, 1985. – 215 с.
5. Хайлов К.М., Празукин А.В., Завалко С.Е., Измельцева М.А., Рындина Д.Д. Морские макрофиты в градиенте бытовогоeutrofирования // Водные ресурсы. – 1984. – № 5. – С. 88 – 103.
6. Парчевский В.П., Празукин А.В., Попов А.Е., Бурдин К.С., Крупина М.В., Савельев И.Б. Изучение влияния городских сточных вод на популяционные и организационные параметры черноморской буроводоросли *Cystoseira crinita* (Desf.) Bory // Вест. Моск. ун-та. – Сер. 16. Биология. – 1985. – № 2. – С. 32 – 38.
7. Празукин А. В. Структурные и функциональные изменения черноморской цистозиры в условияхeutrofирования (Иерархический подход): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1991. – 25 с.
8. Празукин А. В., Ковардаков С. А. Состояние ценопопуляции цистозиры на участках крымского побережья с разной антропогенной нагрузкой // Сб. науч. Трудов. «Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг», Севастополь, МГИ. – 2005. – С. 283 – 287.
9. Празукин А.В. Компенсаторные изменения на разных уровнях организации прибрежной фитосистемы в условиях хронического антропогенногоeutrofирования (Черное море) / Материалы X Международной научно-практической экологической конференции. г. Белгород, 15 – 18 сентября 2008 г. – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2008. – С.168.
10. Brown V.B., Davies S.A., Synnot R.N. Long-term monitoring of the effects of treated sewage effluent on the intertidal macroalgal community near Cape Schank, Victoria, Australia. // Botanica Marina. . –1990. – vol 33. – C. 85 – 98
11. Littler M.M., Murray S.N. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. //Marine Biology. – 1975. – vol. 30. – P. 277 – 291
12. Беляев В. И., Калугина-Гутник А.А., Хайлов К.М. Математическое моделирование сообщества прибрежных морских макрофитов, подверженногоeutroфикации от берегового стока //Экология моря. – 1980. – Вып.1 – С. 69 – 79.
13. Duarte C.M. Marine biodiversity and ecosystem services: an elusive link. //Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 2000. – vol. 250. – P. 117 – 131.
14. Калугина А.А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // морские водные исследования. – М., Наука. – 1969. – С. 105 – 113.
15. Хайлов К.М., Парчевский В.П. Иерархическая регуляция структуры и функций морских растений. – Киев: Наук. думка, 1983. – 253 с.
16. Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – Киев: Наук. думка, 1992. – 280 с.
17. Барашков Г.К. Сравнительная биохимия. – М.: Пищ. пром-сть., 1972. – 335 с.
18. Лазоренко Г.Е., Празукин А.В., Хайлов К.М. Влияние бытовых сточных вод на распределение ряда металлов в черноморской буроводоросли *Cystoseira crinita* (Desf.) // Экология. – 1985. – N 2. – С. 82 – 85.
19. Ковардаков С. А., Фирсов Ю. К. Изменение донной растительности в акватории черноморского рекреационного комплекса в процессе его развития / Системы контроля окружающей среды: Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ: – Севастополь, 2007. – С. 347 – 351.
20. Евстигнеева И. К. Экологофитоценотическая характеристика и запасы донной растительности бухты Планерская (Черное море) // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 4. – С. 423–432.
21. Schulz L. Nährstoffeintrag in Seen durch Badegäste. // Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene. – 1981. I. Abt. Originale B 173. – S. 528 – 548.