

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ЦИСТОЗИРЫ НА УЧАСТКАХ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

A.B.Празукин, С.А.Ковардаков

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского НАН Украины
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail:prazukin@mail.ru;
arsak@bios.iuf.net

Исследования показали, что цистозира (*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory) обладает большими адаптивными и восстановительными возможностями. При относительно сильном антропогенном эвтрофировании, при значениях концентрации азота в растениях близких к $35,5 \text{ мгN г}^{-1}$ (сухой массы) цистозира способна полностью реализовывать свои адаптивные возможности. При концентрациях азота в растениях выше названных значений в структуре популяции цистозира происходят негативные изменения, сильно снижается общая численность растений, сильно уменьшается возрастной ряд и сильно уменьшается ее общая биомасса. После снятия антропогенного прессинга популяция цистозира способна полностью восстановиться в течение последующих 15 – 20 лет.

Введение. В многолетнем изучении цистозирового фитоценоза Голубой бухты в районе Севастополя (за период его хронического загрязнения хозяйствовыми сточными водами) и ботанически аналогичных фитоценозов в районе урочища Джангуль (побережье Каркинитского залива) и пляжа в парке Победы (г. Севастополь) были собраны, проанализированы и в значительной мере опубликованы [3, 4, 6 – 8, 11] материалы. Исследования в вышеперечисленных акваториях проводились в мае – июле в разные годы на глубинах 1 – 10 м и предсновали разные цели и задачи, при этом набор основных измеряемых параметров в большинстве своем совпадал, различия были лишь в исследуемых экологических факторах [3]. В районе урочища Джангуль структурно-функциональное состояние популяции цистозира изучалось в градиенте подвижности воды, в Голубой бухте – в градиенте эвтрофирования, в парке Победы – в акватории городского пляжа – испыты-

вающей антропогенную нагрузку от купающихся здесь людей, и в менее «нагруженных» прилегающих акваториях. Ранее мы уже сравнивали отклики популяции цистозира на градиент подвижности воды и градиент эвтрофирования [3]. Широкая адаптационная пластичность водорослей и стабилизация функциональных параметров водорослей позволила проанализировать эти материалы под новым углом зрения.

Цель настоящей работы: провести сравнение состояния ценопопуляций цистозира косматой (*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory) на участках крымского побережья с разной антропогенной нагрузкой и оценить ее восстановительные возможности после снятия антропогенного прессинга.

Материал и методы. Акватория урочища Джангуль рассматривается нами как относительно чистый район моря, не испытывающий сильных антропогенных нагрузок. Цистозира в этом районе образует, уже начиная с глубины 0,2 – 0,5 м, густые, сплошные заросли; покрытие площади дна ее зарослей составляет практически 90 – 100%. В период наших исследований (июнь – июль) цистозира практически не подвергалась эпифитированию. В районе Голубой бухты мы проводили подробные исследования дважды, в 1981 г. в период активного функционирования здесь городского выброса сточных вод и в 1992 г., спустя десять лет после прекращения его действия. На момент наших исследований (май – июль 1981 г.) фитоценоз в акватории побережья Голубая бухта – м. Херсонес в течение 18 лет испытывал сильные антропогенные нагрузки, от постоянного поступления в этот район городских сточных вод. Вблизи выхода сточных вод, доминирующее положение в фитоценозе занимали мелкоразмерные сезонные формы: ульва, энтероморфа, кладофора и другие виды [1, 2]. Уже начиная с конца мая, слоевища цистозира были сильно эпифитированы. В акватории района парка Победы фитоценоз представлен преимущественно двумя видами цистозира *C. crinita*, *C. barbata*. В теплое время года цистозира эпифитирована преимущественно красными водорослями. Бывают годы, когда эпифитирование на 80-90% осуществляется видами рода *Cladophora*. По сравнению с перечисленными районами по биогенной нагрузке эта акватория занимает промежуточное положение, кроме того,

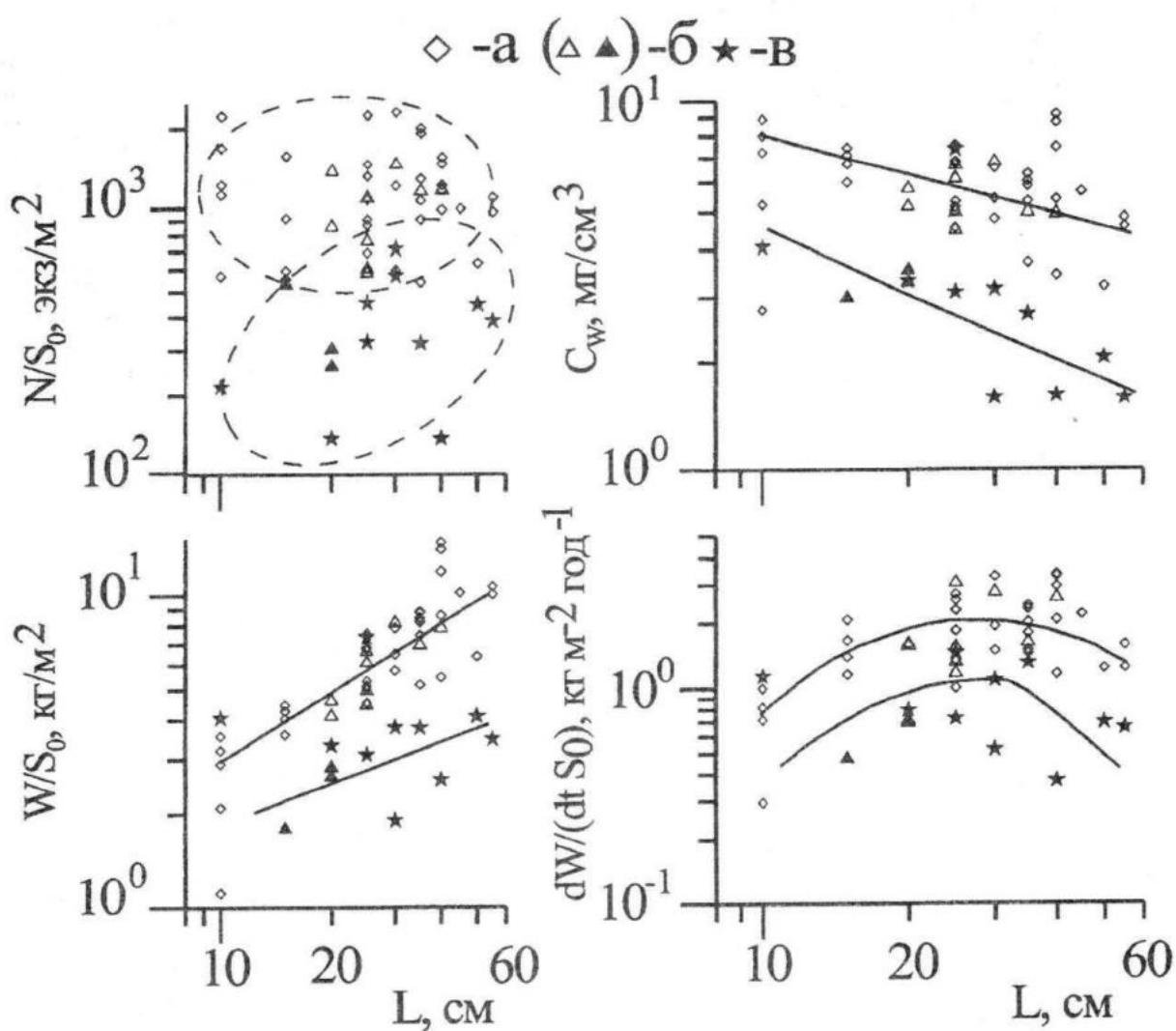


Рис. 1 – Соотношение характерной для ценопопуляции цистозиры длины светового пути в пологе (L) и ее параметров: плотности популяции (N/S_0); биомассы (W/S_0); концентрации фитомассы (C_w); и годового прироста биомассы – $dW/(dt \cdot S_0)$ в эвтрофированных и условно чистых акваториях Черного моря. а - район урочища Джангуль (побережье Каркинитского залива); б – акватория Голубой бухты (г. Севастополь); в – акватория городского пляжа “Парк Победы” (г. Севастополь).

первые два района более приглубые, с более сильным водообменом в зоне распространения донного фитоценоза. В исследуемых акваториях водоросли срезали с учетных площадок площадью $0,25 \text{ м}^2$ ($50 \text{ см} \times 50 \text{ см}$), взвешивали и подсчитывали количество слоевищ на площадке. Затем все растения разделяли на размерно-возрастные группы [5]. В каждой группе подсчитывали количество растений и определяли их общую массу. На основании этих данных рассчитывали параметры, обсуждаемые в данной статье. Методики их расчетов приведены в работах: [3, 9, 10, 12].

Результаты и обсуждение. Сравнение плотности (N/S_0), биомассы (W/S_0), объем-

ной концентрации живой массы (C_w) и скорости роста массы ($dW/dT/S^2$) ценопопуляций цистозир из условно чистой (урочища Джангуль) и эвтрофированной (район Голубой бухты) акваторий (рис.1) показало, что, средние значения этих параметров практически не различаются. Исключение составляют ценопопуляции цистозир, произрастающие в непосредственной близости (на расстоянии 200 м) от источника эвтрофирования (на рис.1 обозначены темными треугольниками), здесь все выше перечисленные параметры были заметно ниже. В условиях сильного эвтрофирования (рис. 2, $C_N = 40 \text{ mgN g}^{-1}$ (сухой массы)), компенсаторные усилия цистозир,

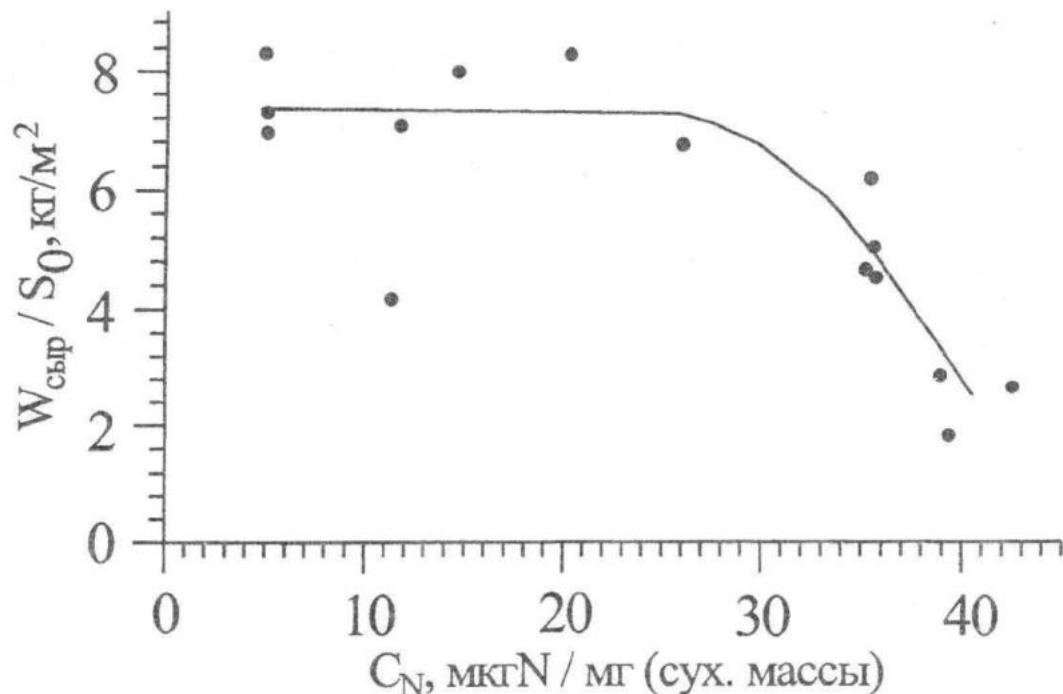


Рис. 2 – Изменение биомассы (W/S_0) популяции цистозиры в градиенте эвтрофирования (C_N) в акватории Голубой бухты (г. Севастополь).

направленные на восстановление, не могут быть полностью реализованы [7, 8], этим и объясняются низкие значения обсуждаемых параметров (рис.1), тогда как при концентрациях общего азота в растениях меньше 35,5 мкгN г^{-1} (сухой массы) цистозира за счет компенсаторных изменений на разных уровнях ее организации сохраняет функциональные характеристики, отнесенные к единице поверхности дна на относительно стабильном уровне [3, 8]. В этой связи, можно сказать, что биогеохимическая работа в расчете на единицу поверхности дна, производимая при росте популяций цистозиры в эвтрофных и условно чистых акваториях примерно одинакова и стабилизована на относительно постоянном уровне. Последнее определяется биоэкологическими стабилизирующими механизмами присущими всем автотрофным системам независимо от их уровня организации, а максимально предельный уровень работы – солнечной константой Земли.

В то же время ценопопуляции цистозиры из акватории пляжа парка Победы по всем рассматриваемым характеристикам «проигрывают» ценопопуляциям цистозиры районов урочища Джангуль и Голубой бухты (рис.1). Как и в условиях сильного эвтрофирования цистозира в районе пляжа

подвержена сильному антропогенному воздействию и поэтому ее потенциальные возможности в осуществлении биогеохимической работы не реализуются полностью.

На рисунках 3 а и 4 а, в, д показаны соответственно абсолютный и относительный возрастной состав ценопопуляций цистозир из акватории урочища Джангуль и из района Голубой бухты. На рис. 3 б и 4 б, г, д для этих же популяций – абсолютные и относительные весовые соотношения их возрастных групп. Растения во всех случаях отбирались с одной глубины (примерно 1,5 м). Отметим, что для района Голубой бухты приведены данные о состоянии ценопопуляций цистозиры вблизи источника эвтрофирования на момент его действия (1981 г.) и для того же участка побережья после десятилетнего прекращения его действия (1992 г.).

Популяция из акватории урочища Джангуль характеризуется большим числом возрастных групп (до 11, рис.4 д, е) и большой численностью растений в них (рис. 3 а). На долю молодых (до трех лет) растений приходится примерно половина (53%) от всей численности популяции (рис. 4 д). Структура популяции вблизи источника эвтрофирования в период его действия сильно упрощается (рис. 4 а, б). Число воз-

растных групп сокращается до 5 и сильно уменьшается количество растений в них. При этом доля молодых растений в общей численности популяции возрастает до 82%.

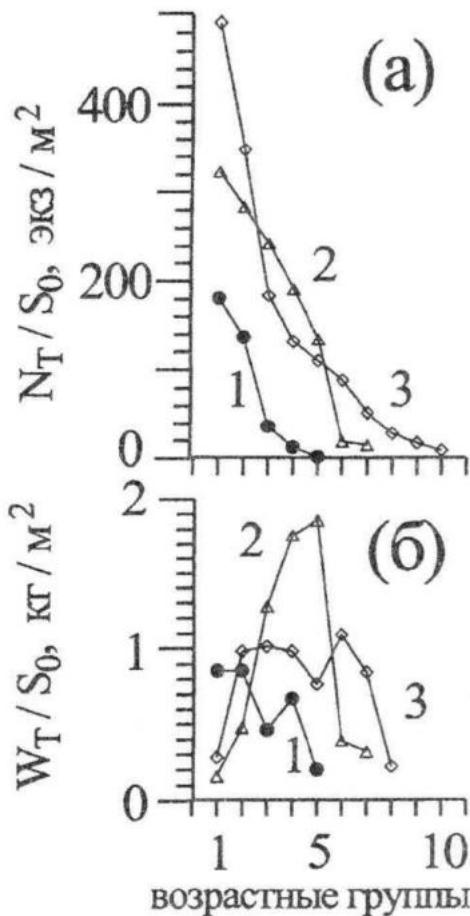


Рис. 3 – Абсолютная численность (N_t / S_0 , а) и биомасса (W_t / S_0 , б) возрастных групп цистозиры косматой в эвтрофированных и условно чистых акваториях Черного моря. 1 – района Голубой бухты (г. Севастополь), съемка 1981; 2 – того же района, съемка 1992 г. 3 - в районе урочища Джангуль (побережье Каркинитского залива). Возрастные группы: 1 – ≤ 1 ; 2 – $\leq 2,75$; 3 – $\leq 4,50$; 4 – $\leq 6,25$; 5 – ≤ 8 ; 6 – $\leq 9,75$; 7 – $\leq 11,5$; 8 – $\leq 13,25$; 9 – ≤ 15 ; 10 – $\leq 16,75$; 11 – $\leq 18,5$ год.

У популяций цистозиры из акватории урочища Джангуль основная популяционная масса (77%) распределяется практически равномерно между пятью средними возрастными группами (с третьей по седьмую), это растения с большими биологическими и экологическими возможностями (рис. 4 е). В условиях высокого эвтрофирования максимум W_t (%) сильно сдвигается

влево, в сторону молодых растений. На долю растений до 3-х лет приходится примерно половина (56%) всей массы популяции (рис. 4 б).

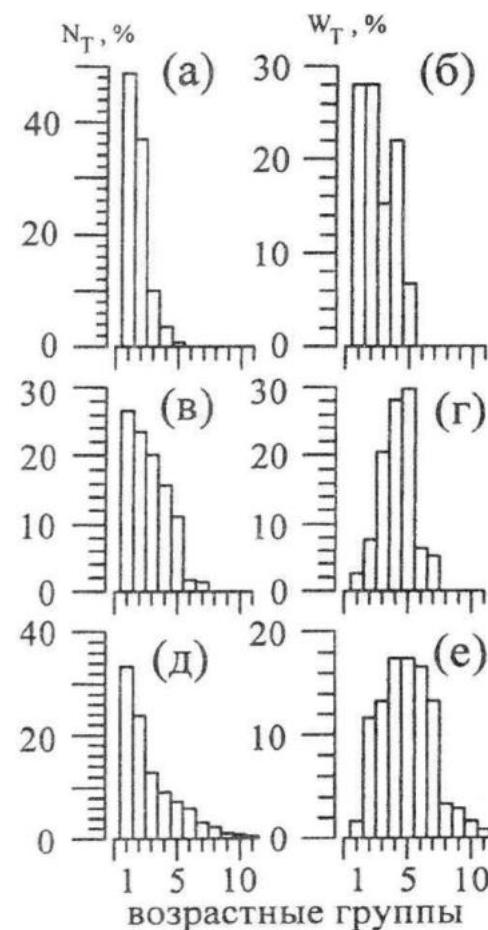


Рис. 4 – Относительная численность ($N_t, \%$) и биомасса ($W_t, \%$) возрастных групп цистозиры косматой в эвтрофированных и условно чистых акваториях Черного моря. а, б – района Голубой бухты (г. Севастополь), съемка 1981; в, г – того же района, съемка 1992 г.; д, е - района урочища Джангуль (побережье Каркинитского залива). Остальные обозначения те же, что на рис. 2.

В целом в условиях сильного эвтрофирования уменьшается численность слоевищ каждой возрастной группы и одновременно сокращается возрастной ряд за счет выпадения старших возрастных групп. В популяции уменьшается абсолютная и увеличивается относительная численность самых молодых слоевищ и снижается абсолютная и относительная численность крупных.

Как показали наши исследования, после десятилетнего прекращения сброса сточных вод популяция цистозиры в акватории Голубой бухты стала постепенно восстанавливать свою структуру. Количество возрастных групп в популяции увеличилось с 5 до 7 (рис. 3, 4 в, г), увеличилась в них и численность растений, особенно в группах старше 3-х лет (рис. 3 а), а поэтому доля молодых растений в общей численности популяции сократилась с 82% до 51% (рис. 4 в). Максимум W_T (%) переместился в среднюю часть возрастного ряда, на долю растений 3 – 5 возрастных групп приходится до 77% всей массы популяции (рис. 4 г).

Заключение. Наши исследования показали, что цистозира обладает большими адаптивными и восстановительными возможностями. При относительно сильном антропогенном эвтрофировании, при значениях концентрации азота в растениях близких к $35,5 \text{ мгN г}^{-1}$ (сухой массы) цистозира способна полностью реализовывать свои адаптивные возможности. При концентрациях азота в растениях выше названных значений в структуре популяции цистозиры происходят негативные изменения, сильно снижается общая численность растений, сильно уменьшается возрастной ряд и сильно уменьшается ее общая биомасса. После снятия антропогенного прессинга популяция цистозиры способна полностью восстановиться в течение последующих 15 – 20 лет.

ЛИТЕРАТУРА

- 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.
- Калугина-Гутник А.А., Костенко Н.С. Донная растительность Феодосийского залива // Экология моря. – 1980. – Вып. 7. – С. 10 – 25.
- Ковардаков С.А., Празукин А.В., Фирсов Ю.К., Попов А.В. Комплексная адаптация цистозиры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы). – Киев: Наук.думка, – 1985. – 214 с.
- Лазоренко Г. Е., Празукин А. В., Хайлов К.М. Влияние бытовых сточных вод на распределение ряда металлов в черноморской бурой водоросли *Cystoseira crinita* (Desf.) // Экология. – 1985. – № 2. – С. 82 – 85.
- Парчевский В.П., Парчук Г.В. Анализ морфологических признаков черноморских цистозир в онтогенетическом ряду в природных условиях // III Всесоюз. совещ. по морской альгологии – макрофитобентосу: Тез. докл. (Севастополь, 1979 г.) – Киев: Наук.думка, 1979. – С. 96 – 98.
- 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 бурой водоросли *Cystoseira crinita* (Desf.) Bory // Вестн. Моск.ун-та. Сер.16.Биол. – 1985. – № 2. – С. 32 – 38.
- Празукин А. В. Компенсаторные изменения на разных уровнях организации многоклеточной морской водоросли цистозиры косматой при ее адаптации к условиям эвтрофирования // Актуальные проблемы современной альгологии: Тез. докл. Первой Всесоюзной конф. Черкасы, сентябрь 1987. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 136 – 137.
- Празукин А. В. Структурные и функциональные изменения черноморской цистозиры в условиях эвтрофирования (Иерархический подход): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1991. - 25 с.
- Празукин А. В., Хайлов К.М., Ковардаков С.А. Сравнение структурно-функциональных соотношений в морских фитосистемах разного уровня организации на основе их унифицированного описания // Морской экологический журнал. – 2003. – 2, № 3. – С. 51 – 62.
- Хайлов К.М., Парчевский В.П. Иерархическая регуляция структуры и функции морских растений. – Киев: Наук. думка, 1983. – 253 с.
- 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.
- Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – Киев: Наук. думка, 1992. – 280 с.