

УДК 581.526.323 (262.5)

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОННОГО ФИТОЦЕНОЗА БУХТЫ КРУГЛОЙ (СЕВАСТОПОЛЬ)

*Ковардаков С. А., Празукин А. В.*

*Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины, Севастополь,  
skovardakov@mail.ru*

По съемкам 1989 и 2008 гг. сопоставлены структурные и поточные характеристики фитоценоза макрофитов бухты Круглой (рекреационная зона г. Севастополя). Показано, что за 19 лет общие запасы макрофитобентоса снизились в 1,2 раза, запасы цистозеры и сопутствующих видов сократились соответственно в 1,7 и 1,4 раза, эпифитов – остались на прежнем уровне. Величины потоков азота, фосфора и кислорода, существенно перераспределились между элементами фитоценоза. В целом, к 2008 г. их уровень уменьшился на 15–17 %. Не смотря на снижение самоочистительного потенциала донный фитоценоз б. Круглой в 2008 г. был способен за сутки изъять весь минеральный азот, половину минерального фосфора и на 80% возобновить фонд кислорода.

*Ключевые слова:* фитоценоз, макрофитобентос, запасы, качество среды, изъятие азота и фосфора.

### ВВЕДЕНИЕ

Практика управления прибрежными зонами в развитых прибрежных государствах доказывает, что наиболее рациональным способом реализации принципов устойчивого развития в прибрежной зоне является комплексное управление прибрежными зонами (КУПЗ). Одной из целей КУПЗ является «сохранение и защита продуктивности и биоразнообразия прибрежных экосистем в основном путем предотвращения разрушения среды обитания видов, загрязнения окружающей среды и чрезмерной эксплуатации ресурсов» [1]. Поэтому, при реализации программ ориентированных на КУПЗ, необходимо исследовать во взаимосвязи природные и социально-экономические особенности.

Прибрежная зона – важнейший объект экономического и рекреационного природопользования и в последнее десятилетие она привлекает особое внимание и интерес различного рода специалистов. Благодаря богатым ресурсам, высокому продукционному потенциалу, прибрежные районы одни из наиболее эксплуатируемых зон в Мире. На данный момент более 60% населения Земли проживает в 60-мильной прибрежной зоне и миграция населения из внутренних районов в прибрежные зоны постоянно возрастает [2]. В результате этого, прибрежные районы находятся под постоянно увеличивающимся давлением. Именно с прибрежной зоной связывают потенциально опасные тенденции глобальных экологических и климатических изменений [3, 4]. Особенно страдают морские прибрежные экосистемы, для которых характерно обилие видов гидробионтов и сосредоточение основных запасов макрофитобентоса, а изменения экологической обстановки приводят к их деградации, изменяя видовой состав и структуру [5–8].

В поддержании видового разнообразия в морских прибрежных акваториях важнейшую роль играет качество водной среды, которое во многом формируется макрофитобентосом [9, 10]. Мониторинг состояния донного фитоценоза и оценка его самоочистительных возможностей позволяет сделать выводы о тенденциях изменения качества среды в исследуемых акваториях и принять меры по его стабилизации [11–14].

В г. Севастополе объектом, где исследования макрофитобентоса актуальны и требуют внимания со стороны экологов и управленцев, является б. Круглая. Уже долгое время здесь существует второй по величине и посещаемости пляж г. Севастополя. Территория вокруг бухты постепенно застраивается учреждениями рекреационного назначения, нагрузка на акваторию возрастает.

Цель исследований – по результатам съемок 1989 и 2008 гг. выявить структурно-функциональные изменения донной растительности бухты Круглой, произошедшие за 19 лет.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в акватории бухты Круглой (рис. 1), расположенной на северном побережье Гераклейского полуострова между Двойной и Стрелецкой бухтами в черте г. Севастополя. Бухта мелководная, только на ее входе глубина достигает 15 метров, а в центре бухты – скалистая отмель с глубинами до 0,3 м. Площадь акватории составляет около 0,64 км<sup>2</sup>; средняя глубина бухты – 4,5 м; полный объем – 2,93 млн. м<sup>3</sup>; протяженность с ССЗ на ЮЮВ – 1300 м; расстояние между входными мысами – 650 м, максимальная ширина – 800 м.



Рис. 1. Район исследований и участок отбора проб с разрезами

Пробы макроводорослей были отобраны в июле 1989 и 2008 гг. на стандартных гидробиотических разрезах (в четырехкратной повторности учетной рамкой 25×25 см на глубинах 0,5; 1; 3; 5; 7; 9 и 13 м) по методике [15]. Коэффициент проективного покрытия оценивали визуально. Макрофиты разбирали по видам и взвешивали. Всего собрано и проанализировано 148 проб. По результатам съемки макроводорослей рассчитали среднюю биомассу макрофитов на разной глубине, определили средний вклад доминирующих и наиболее часто встречающихся видов в биомассу донного фитоценоза. Все это позволило рассчитать запасы макрофитов по глубине и в акватории в целом.

Расчет изъятия водорослями из воды минеральных форм фосфора и азота проводили по суточному приросту макрофитов в акватории и содержанию азота и фосфора в водорослях. Суммарная величина по бухте отражает самоочистительный потенциал фитоценоза. В среднем для всех видов макрофитов из исследуемой акватории содержание азота приняли равным 1,5%, а фосфора – 0,15% от их сухой массы [16]. Суточный прирост водорослей находили по формуле 1.

$$\Delta B_i = 0,00912 \times (S/W_i)^{0,78} \times B_i, \quad (1)$$

где:  $\Delta B_i$  – суточный прирост сырой массы итого вида,  $t \times \text{сут}^{-1}$ ,  $(S/W)_i$  – величина удельной поверхности итого вида макрофитов,  $\text{м}^2 \times \text{кг}^{-1}$ ;  $B_i$  – запасы итого вида в акватории, т (сырая масса).

Расчет выделения кислорода каждым видом макрофитов проводили по формуле 2.

$$P_i = 0,025 \times (S/W)_i^{0,8} \times B_i : K_{\text{вл}} \quad (2)$$

где:  $P_i$  – величина выделения кислорода итым видом,  $t \times \text{сутки}^{-1}$ ,  $K_{\text{вл}}$  – коэффициент влажности (отношение сырой и сухой масс).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Структурные характеристики фитоценоза.** В соответствии с характером донных отложений макрофитобентос бухты Круглой представлен двумя фитоценотическими группами: 1 – ассоциация *Cystoseira crinita* Duby + *C. barbata* (Stackhouse) C. Agardh с их эпифитами и сопутствующими видами, сосредоточенная на камнях, валунах, плитах и скальных выходах расположенных в районе входных мысов, вдоль берегов и в центре бухты; 2 – ассоциация *Zostera noltii* (Cavol.) Nolte + *Z. marina* L., сосредоточена на участках дна покрытых битой ракушей и песчано-илистыми отложениями в районе пляжа, средней и кутовой частях бухты. Видовой состав донного фитоценоза представлен 16 видами макрофитов и за 19 лет практически не изменился, а общие запасы макрофитов снизились в 1,2 раза – с 1020 до 853 т сырой массы (табл. 1).

Данные, приведенные в таблице, показывают, что в 1989 г. шесть видов (*C. barbata*, *C. crinita*, *L. coronopus*, *P. subulifera*, *Z. marina*, *Z. noltii*) определяли 82% всех запасов водорослей в бухте (*C. barbata* – 210 т, *C. crinita* – 374 т сырой массы).

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОННОГО ФИТОЦЕНОЗА  
БУХТЫ КРУГЛОЙ (СЕВАСТОПОЛЬ)

В 2008 г. число видов, составляющих определяющую часть биомассы (83%), сократилось до четырех (*C. crinita*, *P. subulifera*, *Z. marina*, *Z. noltii*), и на первые два вида приходилось соответственно 300 и 236 т сырой массы.

Таблица 1

Видовой состав и запасы макрофитобентоса бухты Круглой

| №<br>п/п               | Таксоны  | S/W –<br>удельная<br>поверхность<br>видов,<br>м <sup>2</sup> ×кг <sup>-1</sup> | Запасы, т (сырой<br>массы) |              |
|------------------------|--|--|----------------------------|--------------|
|                        |  |  | 1989 г.                    | 2008 г.      |
| <b>CHLOROPHYTA</b>     |  |  |                            |              |
| 1                      | <i>Cladophora sericea</i> (Huds.) Kütz                 | 65   | 45,9                       | 12,3         |
| 2                      | <i>Enteromorpha intestinalis</i> (L.) Nees.            | 36   | 7,2                        | 14,1         |
| 3                      | <i>Ulva rigida</i> C. Ag.                              | 36   | 2,2                        | 7,5          |
| <b>Итого:</b>          |  |  | <b>54,1</b>                | <b>34,0</b>  |
| <b>PHAEOPHYTA</b>      |  |  |                            |              |
| 4                      | <i>Cladostephus verticillatus</i> (Lightf.) C. Agardh. | 60   | 18,0                       | 15,4         |
| 5                      | <i>Cystoseira barbata</i> (Stackhouse) C. Agardh.      | 10   | 210,4                      | 43,1         |
| 6                      | <i>C. crinita</i> Duby                                 | 5  | 373,6                      | 300,1        |
| 7                      | <i>Padinia pavonia</i> (L.) Gaill                      | 19   | 0,60                       | 0,9          |
| 8                      | <i>Stilophora rizodes</i> (Turn.) J. Ag.               | 6  | 5,4                        | 0,1          |
| <b>Итого:</b>          |  |  | <b>607,4</b>               | <b>359,6</b> |
| <b>RHODOPHYTA</b>      |  |  |                            |              |
| 9                      | <i>Ceramium</i> sp.                                    | 27   | 53,7                       | 2,7          |
| 10                     | <i>Gelidium latifolium</i> (Grev.) Born                | 30   | 0,1                        | 0            |
| 11                     | <i>Laurencia obtusa</i> (Huds.) J.V. Lamour.           | 8  | 30,5                       | 0            |
| 12                     | <i>L. coronopus</i> J. Agardh                          | 9  | 61,9                       | 31,1         |
| 13                     | <i>Phyllophora nervosa</i> (Dc.) Grev.                 | 14   | 18,4                       | 17,3         |
| 14                     | <i>Polysiphonia subulifera</i> (C. Ag.) Harv.          | 21   | 124,4                      | 234,9        |
| <b>Итого:</b>          |  |  | <b>288,9</b>               | <b>286,0</b> |
| <b>ZOSTERACEAE</b>     |  |  |                            |              |
| 15+16                  | <i>Zostera. marina</i> L. + <i>Z.noltii</i> Hornem     | 11   | 69,2                       | 174,0        |
| <b>Общие по бухте:</b> |  |  | <b>1020</b>                | <b>853</b>   |

По сравнению с 1989 г. запасы зеленых и бурых водорослей в 2008 г. снизились в 1,6 и 1,7 раза, красных – сохранились на прежнем уровне, при этом, запасы зостер выросли почти в 2,5 раза и составили 174 т – 20% от общих запасов. И в 1989 и в 2008 гг. наибольшие вклады в запасы фитоценоза вносили бурые и красные водоросли. Доля бурых в 1989 г. составляла 60%, красных – 28%, в 2008 г. – соответственно 42% и 34%.

Соотношения величин запасов цистозир, эпифитов, сопутствующих видов и зостер в структуре фитоценоза с разные годы существенно различаются (рис. 2).

Так, в 1989 г. запасы фитоценоза на 57% были сформированы цистозирами (574 т), эпифитов было в 2 раза меньше 28% (286 т), сопутствующие виды вносили 8% (81 т), зостеры – 7% (69 т). В 2008 г. доля цистозир в составе фитоценоза снизилась до 40% (343 т), эпифитов и зостеры – выросла, соответственно до 33% (280 т) и 20 % (174 т). Снижение запасов цистозир сказалось на коэффициенте ее эпифитирования ( $K_э$  – отношение массы эпифитов к массе цистозир), он увеличился с 0,5 до 0,85, несмотря на то, что абсолютные величины запасов эпифитов за 19 лет не изменились. Обычно, при прочих равных условиях, увеличение значения  $K_э$  косвенно отражает повышение трофности. Однако, в 2008 г. снижение запасов цистозир могло являться не только результатом повышения антропогенной нагрузки, но и последствиями ноябрьского шторма 2007 г. нанесшего колоссальный ущерб прибрежным сообществам Черного моря, в том числе, Крымского побережья. Достаточно упомянуть урон, нанесенный Керченскому проливу.

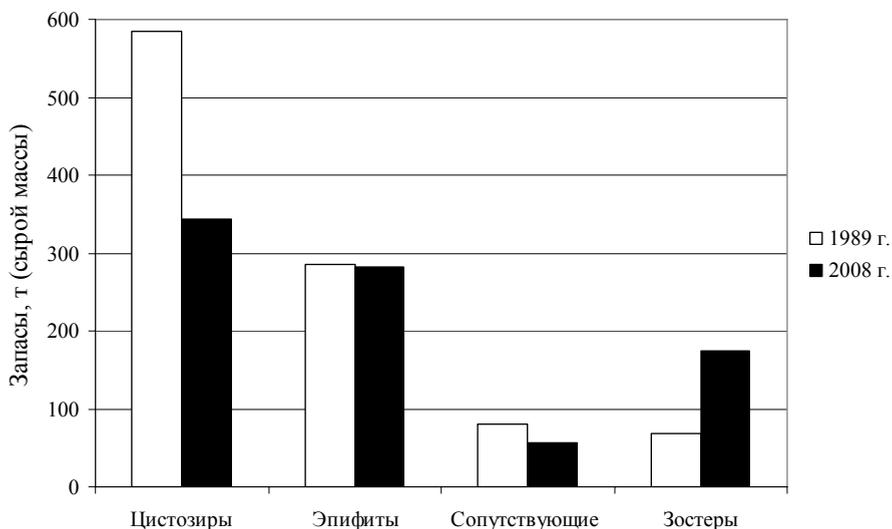


Рис. 2. Вклад цистозир, их эпифитов, сопутствующих видов и морских трав в общие запасы фитоценоза бухте Круглой в июле 1989 и 2008 гг.

В годы проведения съемок тренды общего распределения макрофитобентоса по глубине не изменились. При этом более, 80% общих запасов донной растительности сосредоточено в высокопродуктивной зоне на глубине от 0,5 до 5 м. Зависимости распределения общих запасов макрофитов от глубины хорошо описываются полиномиальными линиями тренда с максимумами в зоне глубин 1–3 м (рис. 3).

В 2008 г. общие запасы на глубинах 1 м, 3 м, 5 м и 13 м сохранились на уровне 1989 г., на остальных сравниваемых глубинах запасы за 19 лет снизились в 1,5–2 раза.

Более детально распределение запасов по глубине приведено в табл. 2.

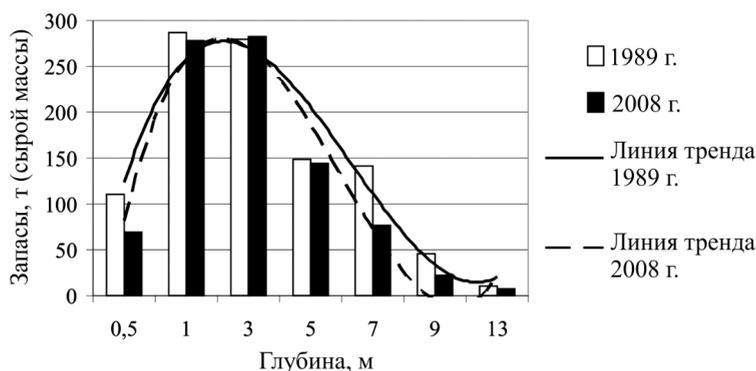


Рис. 3. Распределение общих запасов донного фитоценоза бухты Круглой по глубине в июле 1989 и 2008 гг.

Уравнения линий тренда: 1989 г. –  $y=7,8x^3-108,4x^2+406x-182,2$ ,  $R^2=0,92$ ;  
2008 г. –  $y=11,1x^3-148,3x^2+543,9x-326,4$ ,  $R^2=0,86$ .

Таблица 2

Распределение запасов макрофитобентоса бухты Круглой по глубине в июле 1989 и 2008 гг.

| Глубина  | Запасы макрофитобентоса, т сырой массы |         |         |         |                    |         |         |         |
|----------|--|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------|---------|
|          | Цистозиры                              |         | Эпифиты |         | Сопутствующие виды |         | Зостеры |         |
|          | 1989 г.                                | 2008 г. | 1989 г. | 2008 г. | 1989 г.            | 2008 г. | 1989 г. | 2008 г. |
| 0,5      | 64,5                                   | 36,9    | 35,6    | 31,4    | 10,0               | 1,3     | –       | –       |
| 1        | 182,6                                  | 133,2   | 64,6    | 57,4    | 13,2               | 22,9    | 26,1    | 64,1    |
| 3        | 129,9                                  | 85,5    | 92,9    | 90,3    | 16,5               | 11,4    | 40,3    | 95,7    |
| 5        | 86,0                                   | 44,0    | 45,9    | 65,2    | 13,9               | 4,4     | 2,8     | 30,3    |
| 7        | 86,5                                   | 30,5    | 34,8    | 27,2    | 19,8               | 12,4    | –       | 7,0     |
| 9        | 27,9                                   | 9,9     | 13,3    | 8,9     | 4,1                | 2,7     | –       | –       |
| 13       | 7,6                                    | 3,9     | 0,5     | 1,8     | 2,9                | 1,80    | –       | –       |
| По бухте | 585,0                                  | 343,9   | 287,6   | 282,2   | 80,4               | 56,9    | 69,2    | 197,1   |

Запасы цистозир, эпифитов и сопутствующих видов снизились на всех глубинах, за исключением запасов эпифитов на глубине 5 м и запасов сопутствующих видов на глубине 1 м, где в 2008 г. они увеличились, соответственно в 1,4 и 1,7 раза, что полностью или значительно компенсировало снижение запасов на остальных глубинах.

**Функциональные характеристики фитоценоза.** О средозащитной функции макрофитобентоса можно судить по величинам изъятия им биогенных элементов из воды. Расчет величины возможного изъятия минеральных форм азота макрофитами из воды (рис. 4) показал, что за 19 лет самоочистительный потенциал цистозир по азоту, снизился в 1,9 раза, эпифитов – в 1,1 раза, сопутствующих видов не

изменился, зостер – вырос в 2,5 раза. Отметим, что такие же изменения наблюдаются по фосфору и кислороду. В 1989 г., несмотря на двукратное различие в величине запасов цистозир и эпифитов (рис. 2), они имели одинаковый самоочистительный потенциал по азоту (рис. 4) и фосфору. Это связано с функциональной активностью эпифитов, которая значительно выше, чем у цистозир за счет их более высокой удельной поверхности (S/W) [17, 18], поэтому, эпифиты интенсивнее потребляют биогенные элементы, выделяют на единицу массы больше кислорода и быстрее растут. В 2008 г. пропорции функциональных параметров – потоков азота, фосфора и кислорода изменились относительно 1989 г. В 2008 г. в структуре потоков снизилась доля цистозир – 25% против 41% в 1989 г., и почти в три раза увеличились потоки азота, фосфора и кислорода через зостеры – 17% против 6% (рис. 4). Такое перераспределение легко объяснимо уменьшением запасов цистозир и увеличением запасов зостер (рис. 2). В то же самое время, при снижении запасов в 1,4 раза, потенциал сопутствующих видов даже немного вырос – с 13% до 16%. Объясняется это значительным (в 2–3 раза) увеличением запасов зеленых водорослей *E. intestinalis* и *U. rigida*, обладающих интенсивным ростом и обменом.

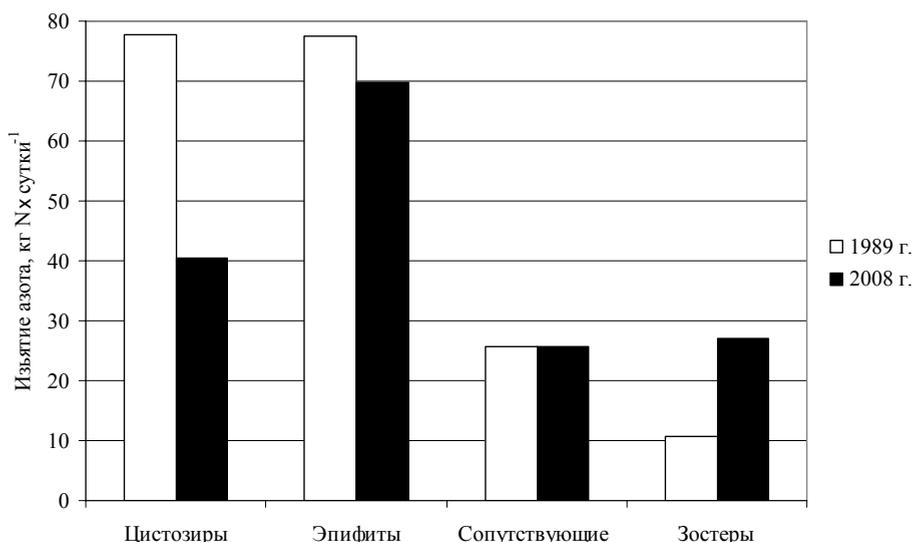


Рис. 4. Соотношение величин суточного изъятия минерального азота между цистозирами, их эпифитами, сопутствующими видами и зостерами в бухте Круглой в июле 1989 и 2008 гг.

Пропорции и их изменения структурных характеристик донного фитоценоза, о которых говорилось выше, существенно, но не полностью сохранились в поточных характеристиках фитоценоза. Так, состав видов, более чем на 80% определяющих величину потоков азота, фосфора и кислорода (табл. 3), не совсем совпадает с составом видов определяющим запасы на такую же величину, о чем говорилось

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОННОГО ФИТОЦЕНОЗА  
БУХТЫ КРУГЛОЙ (СЕВАСТОПОЛЬ)

выше. Это связано с возрастанием роли видов, обладающих высокими значениями удельной поверхности, в формировании потоков питательных веществ.

Таблица 3

Функциональные характеристики донного фитοценоза бухты Круглой  
в июле 1989 и 2008 гг.

| № п/п          | Виды                                   | Функциональные характеристики фитοценоза |         |   |         |   |         |
|----------------|--|--|---------|---|---------|---|---------|
|                |  | Изъятие азота,<br>кг×сутки <sup>-1</sup> |         | Изъятие фосфора<br>кг×сутки <sup>-1</sup> |         | Выделение<br>кислорода, т×сутки <sup>-1</sup> |         |
|                |  | 1989 г.                                  | 2008 г. | 1989 г.                                   | 2008 г. | 1989 г.                                       | 2008 г. |
| 1              | <i>C. sericea</i>                      | 26,10                                    | 6,98    | 2,61                                      | 0,70    | 4,99  | 1,33    |
| 2              | <i>E. intestinalis</i>                 | 3,01                                     | 5,91    | 0,30                                      | 0,59    | 0,57  | 1,12    |
| 3              | <i>U. rigida</i>                       | 0,35                                     | 3,11    | 0,04                                      | 0,31    | 0,07  | 0,00    |
| 4              | <i>C. verticillatus</i>                | 15,02                                    | 12,85   | 1,50                                      | 1,29    | 2,86  | 2,45    |
| 5              | <i>C. barbata</i>                      | 37,08                                    | 7,56    | 3,71                                      | 0,76    | 6,93  | 1,41    |
| 6              | <i>C. crinita</i>                      | 40,76                                    | 32,81   | 4,08                                      | 3,28    | 7,57  | 6,09    |
| 7              | <i>P. pavonia</i>                      | 0,14                                     | 0,22    | 0,01                                      | 0,02    | 0,04  | 0,00    |
| 8              | <i>S. rizodes</i>                      | 1,51                                     | 0,02    | 0,15                                      | 0,00    | 0,29  | 0,40    |
| 9              | <i>Ceramium</i> sp.                    | 16,01                                    | 0,80    | 1,60                                      | 0,08    | 3,02  | 0,15    |
| 10             | <i>G. latifolium</i>                   | 0,03                                     | –       | 0,00                                      | –       | 0,01  | 0,06    |
| 11             | <i>L. abtusa</i>                       | 2,34                                     | –       | 0,23                                      | –       | 0,44  | 0,27    |
| 12             | <i>L. coronopus</i>                    | 4,00                                     | 2,01    | 0,40                                      | 0,20    | 0,74  | 0,37    |
| 13             | <i>P. nervosa</i>                      | 3,50                                     | 3,55    | 0,35                                      | 0,36    | 0,65  | 0,00    |
| 14             | <i>P. subulifera</i>                   | 31,31                                    | 59,88   | 3,13                                      | 5,99    | 5,90  | 11,28   |
| 15             | <i>Z. marina</i> +<br><i>Z. noltii</i> | 10,77                                    | 27,09   | 1,08                                      | 2,71    | 2,02  | 5,07    |
| Общее по бухте |  | 192                                      | 163     | 19  | 16      | 36  | 30      |

Примечание к таблице: скорость роста рассчитывалась на сырую массу.

Таблица 4

Соотношение фондов биогенных элементов акватории бухты Круглой с поточными характеристиками донного фитοценоза в июле 2008 г.

| Поточные характеристики            | Минеральный азот | Минеральный фосфор | Кислород |
|------------------------------------|------------------|--------------------|----------|
| Изъятие, кг×сутки <sup>-1</sup>    | 163              | 16                 | 10       |
| Выделение, т × сутки <sup>-1</sup> | -                | -                  | 30       |
| Фонды в бухте, кг                  | 146              | 32                 | 25       |
| Время оборота, сутки               | 0,9              | 2                  | 1,25     |

Примечание к таблице: по кислороду все расчеты выполнены в тоннах.

За 19 лет величины скорости роста, потребления азота, фосфора и выделения кислорода, существенно перераспределились между элементами фитοценоза, но, в целом, их уровень к 2008 г. по сравнению с 1989 г. уменьшился незначительно: изъятие азота, фосфора на 15%, выделение кислорода на 17%.

Величины, приведенные в табл. 3, сами по себе мало что говорят. По ним невозможно оценить насколько эффективно фитоценоз участвует в процессах самоочищения. Для этого их необходимо соотнести с величинами фондов азота, фосфора, кислорода в акватории бухты. Мы рассчитали эти соотношения по данным 2008 г. (табл. 4).

Расчеты показывают, что в 2008 г. донный фитоценоз бухты Круглой потенциально мог за сутки изъять весь минеральный азот, половину минерального фосфора и полностью возобновить фонд кислорода.

## **ВЫВОДЫ**

1. Более, 80% общих запасов донной растительности бухте Круглой сосредоточено в высокопродуктивной зоне с глубиной до 5 м.

2. За период с 1989 г. по 2008 г. видовой состав донного фитоценоза б. Круглой практически не изменился, сохранились тренды общего распределения макрофитобентоса по глубине, при этом общие запасы макрофитов снизились в 1,2 раза (с 1020 до 853 т сырой массы).

3. Основной вклад в запасы фитоценоза вносили бурые и красные водоросли. Доля бурых в 1989 г. составляла 60%, красных – 28%, в 2008 г. – соответственно 42% и 34%.

4. В структуре фитоценоза запасы цистозир и сопутствующих видов сократились соответственно в 1,7 и 1,4 раза, запасы эпифитов сохранились на прежнем уровне, запасы морских трав зостер увеличились в 2,5 раза.

5. Благодаря структурным изменениям перераспределились потоки кислорода, фосфора и азота между компонентами фитоценоза. В 2008 г. в структуре потоков снизилась доля цистозир – 25% против 41% в 1989 г., и почти в три раза увеличились потоки азота, фосфора и кислорода через зостеры. В итоге самоочистительный потенциал фитоценоза снизился лишь на 15%.

6. Несмотря на снижение поточных характеристик в 2008 г., фитоценоз бухты Круглой потенциально мог за сутки изымать из воды около 163 кг азота, 16 кг фосфора, выделяя при этом около 30 т кислорода, что обеспечивало полную утилизацию растворенного в воде минерального азота, половину минерального фосфора и 80% возобновление фонда кислорода.

## **Список литературы**

1. Бухарестская конвенция по защите Черного моря от загрязнения стратегический план действий по организации КУПЗ для региона Черного моря на 2004–2007 гг. / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sea.gov.ua/GIS/BSR/UA/documents/legislation/ICZMStrategyandActionPlanRusv4.htm>.
2. Guidelines for Integrated Coastal Zone Management. / [Ed. by Jan C. Post and Carl G. Lundin]. – Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series No. 9. The World Bank. Washington, 1996. – 17 p.
3. Nixon S. Marine eutrophication: a growing international problem / S. Nixon // *Ambio*. – 1990. – Vol. 19. – P. 101.

- Smith V.H. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems / V. H. Smith, G. D. Tilman, J. C. Nekola // *Environmental Pollution*, vol. 100. 1999. – P. 179–196.
- Duarte C. M. Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes / C. M. Duarte // *Ophelia*. – 1995. – Vol. 41. – P. 87–112.
- Rodriguez-Prieto C. Effects of sewage pollution on the structure and dynamics of the community of *Cystoseira mediterranea* (Fucales, Phaeophyceae) / C. Rodriguez-Prieto, L. Polo // *Scientia Marina*. – 1996. – Vol. 60. – P. 253–263.
- Rogers C. S. Degradation of marine ecosystems and decline of fishery resources in marine protected areas in the US Virgin Islands / C. S. Rogers, J. Beets // *Environmental Conservation*. – 2001. – Vol. 28. – P. 312–322.
- Ковардаков С.А. Изменение донной растительности в акватории черноморского рекреационного комплекса в процессе его развития / С. А. Ковардаков, Ю.К. Фирсов // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг (сб. науч. тр.): [ред. колл. В. Н. Еремеев]. – Севастополь, МГИ. – 2007. – С. 347–351.
- Weise G. Aquatic macrophytes – a potential resource / G. Weise, W. Jorga // *WHO Water Qual. Bull.* 1981. – Vol. 6, N 4. – P. 104–107.
- Комплексная адаптация цистозеры к градиентным условиям (научные и прикладные проблемы) / [С.А. Ковардаков, А.В. Празукин, Ю.К. Фирсов, А.Е. Попов]. – Киев: Наук. думка, 1985. – 214 с.
- Хайлов К. М. Обоснование выбора параметров для оценки состояния водных экосистем при их многочисленном использовании / К. М. Хайлов, С. А. Ковардаков, А. В. Празукин // *Водн. Ресурсы*. – 1986. – № 6. – С. 65–75.
- Brown V. B. Long-term monitoring of the effects of treated sewage effluent on the intertidal macroalgal community near Cape Schank, Victoria, Australia / V. B. Brown, S. A. Davies, R. N. Synnot // *Botanica Marina*. – 1990. – Vol. 33. – P. 85–98.
- Cloern J. E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem / J. E. Cloern // *Marine Ecology Progress Series*. – 2001. – Vol. 210. – P. 223–253.
- Празукин А. В. Состояние ценопопуляции цистозеры на участках крымского побережья с разной антропогенной нагрузкой / А. В. Празукин, С. А. Ковардаков // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг (сб. науч. тр.): [ред. колл. В. Н. Еремеев]. – Севастополь, МГИ. – 2005. – С. 283 – 287.
- Калугина А. А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники / А. А. Калугина // *Морские подводные исследования*. – М.: Наука, – 1969. – С. 105 – 113.
- Барашков Г. К. Сравнительная биохимия. / Г. К. Барашков. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 335 с.
- Nielsen S. L. Allometric scaling of maximal photosynthetic growth rate to surface/volume ratio / S. L. Nielsen., K. Sand-Jensen // *Limnol. Oceanogr.* – 1990. – Vol. 35, N 1. – P. 177–181.
- Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей / [К. М. Хайлов, А. В. Празукин, С. А. Ковардаков, В. Е. Рыгалов]. – Киев: Наук. думка, 1992. – 280 с.

**Ковардаков С. А., Празукин О. В. Структурно-функціональні характеристики донного фітоценозу бухти Круглої (Севастополь) // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2012. Вип. 7. С. 138–148.**

За зйомок 1989 і 2008 роках зіставляються структурні і потокові характеристики фітоценозу макрофітів бухти Круглої (рекреаційна зона м. Севастополя). Показано, що за 19 років загальні запаси макрофітобентосу знизилися в 1,2 рази, запаси цистозіри і супутніх видів скоротилися відповідно до 1,7 і 1,4 рази, епіфітів залишилися на колишньому рівні. Величини потоків азоту, фосфору і кисню, істотно перерозподілилися між елементами фітоценозу. В цілому, їх рівень до 2008 р. зменшився на 15–17%. Не дивлячись на зниження потенціалу самоочищення, донний фітоценоз бухти Круглої в 2008 р. був здатний за добу вилучити весь мінеральний азот, половину мінерального фосфору і повністю відновити фонд кисню.

*Ключові слова:* фітоценоз, макрофітобентос, запаси, якість середовища, вилучення азоту і фосфору.

**Kovardakov S. A., Prazukin A. V. Structural and functional characteristics of the bottom seaweeds community in Kruglaya bay (Sevastopol) // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2012. Iss. 7. P. 138–148.**

The surveys of 1989 and 2008 the structural and flows characteristics of algae community in Kruglaya bay (recreation zone of Sevastopol) are mapped. For 19 years the total stock of seaweeds decreased by 1.2 times, the stock of *Cystoseira* and complementary species of seaweeds decreased respectively 1.7 and 1.4 times, and the stock of epiphytic seaweeds remained at the same level shown. The value of the flows of nitrogen, phosphorus and oxygen, significantly redeploy between the elements of the community. Values of nitrogen, phosphorus and oxygen flows significantly redistributed between elements of community. The level of flux in 2008 has decreased by 15–17%. Despite a decrease in self purification capacity, seaweed community of Kruglaya bay in 2008 was capable of the day uptake the whole mineral nitrogen, half of mineral phosphorus and fully resume fund of oxygen.

*Key words:* seaweeds community, stocks, environment quality, uptake of nitrogen and phosphorus.