

**ВЕСЕННИЕ ЗАПАСЫ И
САМООЧИСТИТЕЛЬНЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ
МАКРОФИТОБЕНТОСА
БУХТЫ КРУГЛОЙ
(Г. СЕВАСТОПОЛЬ)**

С.А. Ковардаков, А.В. Празукин

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

*Показано, что за последние 20 лет об-
щие запасы макрофитобентоса в б. Круглой
(Севастополь) снизились в 1.2 раза, запасы
цистоциры остались на прежнем уровне,
эпифитов цистоциры – сократились в 4
раза, сопутствующих видов – выросли в 3.2
раза. Пропорционально структурной пере-
стройке снизился самоочистительный по-
тенциал фитоценоза и перераспределись
поток O_2 , P и N между его компонентами.*

Введение. В последние годы появи-
лось много публикаций, посвященных
эвтрофированию водоемов и усиливаю-
щемуся антропогенному воздействию на
морскую среду [1]. Больше всего от не-
гативных явлений страдают прибрежные
сообщества (изменяется их видовой со-
став и структура [2]), качество среды в
которых в большой степени формирует-
ся многоклеточными донными расте-
ниями, очищающими воду от биогенных
элементов и обогащающими ее кислоро-
дом [3].

Однако, самоочистительный потен-
циал водорослей не безграничен и чрез-
мерные антропогенные нагрузки могут
привести к необратимым последствиям,
когда восстановить экосистему будет
невозможно или же на ее восстановле-
ние потребуются большие затраты
средств и времени. Поэтому очень важно
проводить долгосрочный мониторинг
состояния донной растительности,
структуры и функционирования при-
брежных сообществ и ценопопуляций
макрофитов в зонах повышенной антро-
погенной нагрузки.

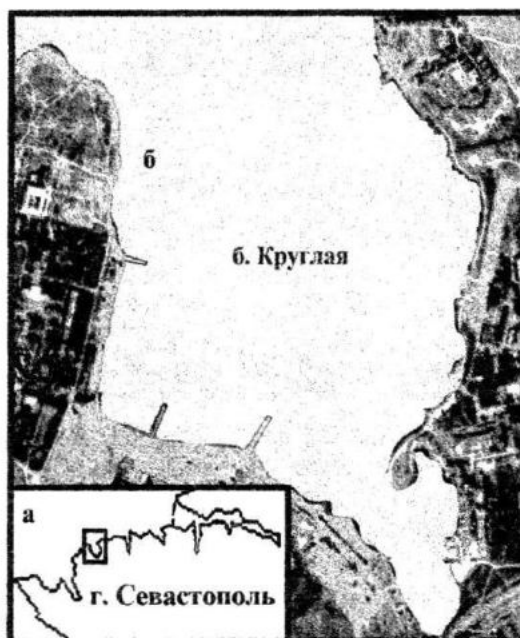
Отметим, что рассматриваемая ста-
тья является продолжением серии ста-
тей, посвященных мониторингу состоя-

ния донной растительности в прибреж-
ной акватории г. Севастополя.

Цель настоящих исследований: срав-
нение структурно-функционального со-
стояния донной растительности в аква-
тории б. Круглой (г. Севастополь) в ве-
сенний сезон 1989 и 2009 гг.

Весенний сезон выбран не случайно.
В этот период происходит бурный рост
водорослей и формирование структуры
фитоценозов, поэтому очень важно с ка-
ким функциональным потенциалом рас-
тительное сообщество вступает в летний
сезон – период максимальных антропо-
генных нагрузок.

Материал и методика. Исследова-
ния проводились в акватории бухты
Круглой (рис. 1).



Р и с. 1. Район исследований и участок
отбора проб. а) расположение б. Круглой
(черный прямоугольник на ситуационной
схеме); б) участок отбора проб – б. Круглая
(пояснения в тексте)

Это закрытая мелководная бухта,
расстояние между берегами у входа в
бухту около 650 м, ее длина около
1.3 км, а наибольшая ширина в цен-
тральной части (от городского причала
до лодочной станции) – около 0.8 км.
Площадь бухты 64 га, а полный объем
2.93 млн. кубометров. Дно бухты слага-
ется преимущественно из мягких грун-
тов, камни, валуны, плиты преобладают
на входе в бухту и в средней ее части.

В летний период антропогенная нагрузка на ее водную экосистему чрезвычайно высока. Это связано с тем, что здесь сосредоточен интенсивно посещаемый городской пляж. Песок и наличие мелководий привлекают сюда отдыхающих с детьми.

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.

В силу своей закрытости бухта "работает" как ловушка для обрывков водорослей, которые при сильном прибое выбрасывает на берег, а в штиль они скапливаются на дне и разлагаются. На мелководье их заносит песком, в результате чего они разлагаются без доступа воздуха, возникают локальные сероводородные зоны.

Пробы макроводорослей отобраны в весенний сезон 1989 и 2009 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. При этом учитывались: локализация и средняя ширина зарослей, проективное покрытие, средняя биомасса и суммарная биомасса макрофитов. Пробы макрофитов разбирали по видам, отдельно взвешивали. Коэффициент проективного покрытия оценивали визуально. По результатам съемки макроводорослей 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.

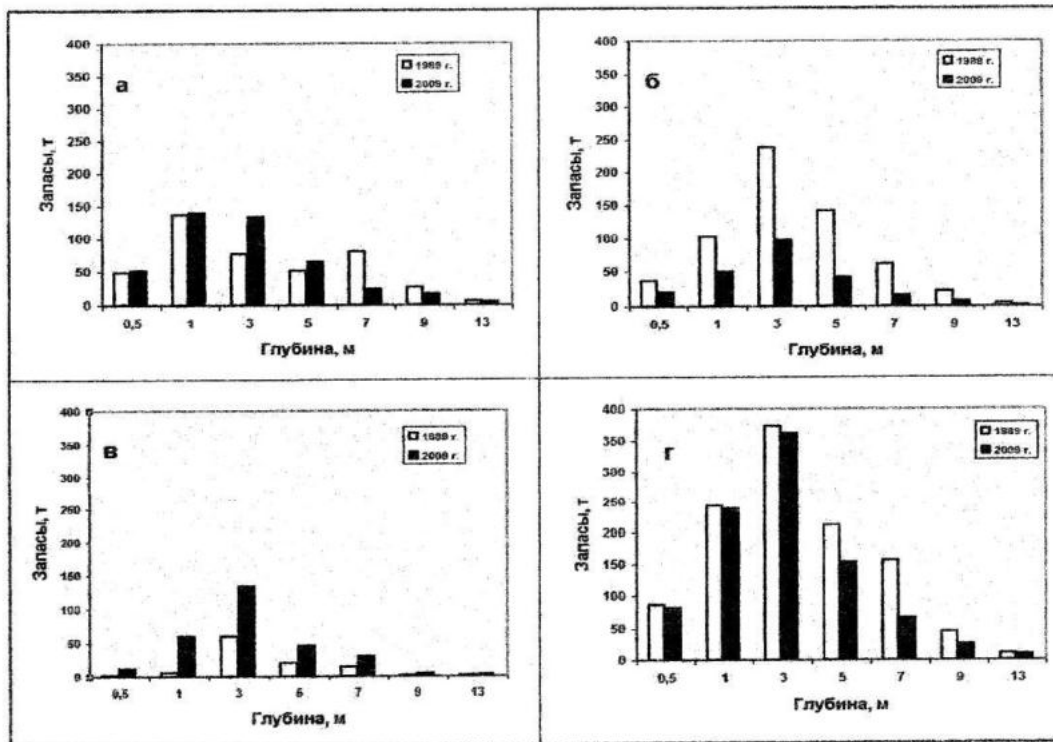
По величинам запасов макрофитов в акватории, удельным скоростям роста водорослей [4] и содержанию биогенных элементов в водорослях [5] рассчитывали величину возможного изъятия минеральных форм азота и фосфора из воды, принимая ее за самоочистительный потенциал фитоценоза. Расчет кислородной аэрации воды макрофитами проводили по уравнению фотосинтеза в соответствии с величинами удельной поверхности макрофитов и их запасами на каждой глубине [6].

Результаты и обсуждение. Фитоценоз бухты Круглой формируется из трех крупных фитоценологических группировок [7]. Из зарослей цистозир (*Cystoseira crinita* Duby и *C. barbata* (Stackhouse) C. Agardh.) с их эпифитами и сопутствующими видами (1), сосредоточенных на камнях, валунах и каменных плитах, из зарослей зостеры (*Zostera marina* и *Z. noltii*) с её эпифитами и сопутствующими видами (2), сосредоточенных в средней и кутовой части бухты на илисто-песчаных участках дна, и из оборванных талломов водорослей разных видов, образующих пласты на поверхности дна и не имеющих постоянной локализации (3). В настоящей статье рассматриваются только две первые группировки водорослей. Перечень видов водорослей, биомасса которых индивидуально учитывалась, представлен в табл. 1. Суммарная биомасса видов, не вошедших в данный список, составляет не более 0,5 % от общей массы видов фитоценоза, что делает невозможным их индивидуальный учёт при применяемой нами методике отбора проб.

На рис. 2 а представлены данные по распределению запасов цистозир по акватории водоема, наблюдается неравномерность в распределении по глубине. Основные запасы цистозир сосредоточены вдоль побережья до глубин 5 м на относительно небольшом по площади участке бухты. Небольшие различия в распределении запасов по глубине в разные сроки наблюдения (рис. 2 а) несущественны, что свидетельствует о стабильном состоянии зарослей цистозир в исследуемой акватории, чего не скажешь о запасах эпифитов цистозир и сопутствующих ей видов (рис. 2 б, в). Так, пропорции распределения запасов эпифитов цистозир и сопутствующих видов по глубине в сравниваемые годы не изменились, но абсолютные значения запасов эпифитов в 2009 г., по отношению к 1989 г. снизились в 2,6 раза (рис. 2 б), запасы сопутствующих видов в 2009 г., напротив увеличились в 2,7 раза (рис. 2 в). В целом, общие запасы многоклеточных водорослей в б. Круглой за 20 лет снизились в 1,2 раза (1128 т в 1989 г., по сравнению с 947 т в 2009 г.).

Видовой состав макрофитобентоса б. Круглой в весенний сезон

№ п/п	Таксоны	1989 г.	2009 г.
CHLOROPHYTA			
1	<i>Cladophora sericea</i> (Huds.) Kütz	+	+
2	<i>Enteromorpha intestinalis</i> (L.) Nees.	+	+
3	<i>Ulva rigida</i> C. Ag.	+	+
PHAEOPHYTA			
4	<i>Cladostephus verticillatus</i> (Lightf.) C. Ag.	+	+
5	<i>Cystoseira barbata</i> (Stackhouse) C. Agardh.	+	+
6	<i>C. crinita</i> Duby	+	+
7	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillw.) Lyngb.		+
8	<i>Stilophora rizodes</i> (Turn.) J. Ag.	+	+
RHODOPHYTA			
9	<i>Ceramium</i> sp.	+	+
10	<i>Laurencia coronopus</i> J. Agardh	+	+
11	<i>L. obtusa</i> (Huds.) J.V. Lamour.	+	
12	<i>Phyllophora nervosa</i> (Dc.) Grev.	+	+
13	<i>Polysiphonia subulifera</i> (C. Ag.) Harv.	+	+
ZOSTERACEAE			
14	<i>Zostera marina</i> L.	+	+
15	<i>Z. noltii</i> Hornem.	+	+



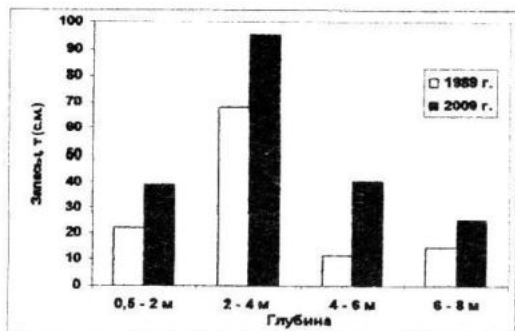
Р и с. 2. Распределение запасов макрофитобентоса б. Круглой в весенний период 1989 и 2009 гг. по глубине

а) – цистозире; б) – эпифитов цистозире; в) – сопутствующих видов; г) – фитоценоза

Отдельно следует остановиться на запасах zostеры, два вида которой доминируют на песчано-илистых грунтах

бухты. На рис. 3 представлено распределение запасов zostеры по глубине.

По результатам обеих съемок связь



Р и с. 3. Распределение запасов zostеры в б. Круглой по глубине весной 1989 и 2009 гг.

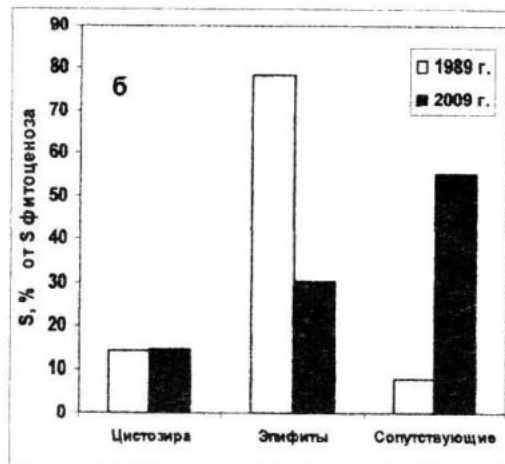
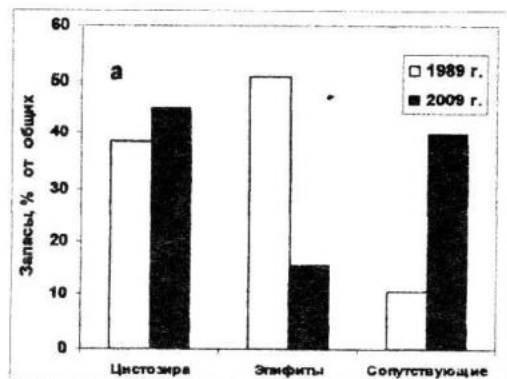
запасов zostеры с глубиной описывается одновершинной кривой с максимумом в зоне 2 – 4 м, отличие лишь в абсолютных величинах: весной 2009 г. zostеры было почти в 2 раза больше, чем в тот же сезон года в 1989 г.

В структуре фитоценоза соотношения запасов цистозеры, эпифитов и сопутствующих видов с разные годы существенно различаются (рис. 4 а).

Так, весной 1989 г. фитоценоз на половину был сформирован эпифитами цистозеры (в основном это виды *Ceramium sp.*, *Laurencia coronopus*, *Polysiphonia subulifera*, *Cladophora sericea*). Доля сопутствующих видов при этом составляла 11 %. Эпифиты по своей массе в 1.3 раза превосходили запасы цистозеры. Это отношение, известное как коэффициент эпифитирования (K_3), косвенно отражает качество водной среды. Как правило, при прочих равных условиях, высокие значения K_3 присущи акваториям с высокой степенью трофности. В 2009 г. доля эпифитов в составе фитоценоза снизилась в 3 раза, при $K_3 = 0.34$, а доля сопутствующих видов возросла в 4 раза, в основном за счет *Zostera noltii*, *Cladostephus verticillatus*, *Enteromorpha intestinalis*.

Снижение эпифитирования цистозеры подтверждает, что в 1989 г. экологическая ситуация в акватории б. Круглой была более напряженной чем в 2009 г.

Для водорослей, внешний обмен которых осуществляется через поверхность таллома, важной функциональной характеристикой является величина фотосинтетической поверхности. По нашим данным удельная скорость роста,



Р и с. 4. Относительный вклад цистозеры, ее эпифитов и сопутствующих видов в общие запасы (а) и фотосинтезирующую поверхность (б) фитоценоза б. Круглой весной 1989 и 2009 гг.

рассчитанная на единицу фотосинтетической поверхности водных растений в одинаковых условиях величина постоянная. Это означает, чем более развита поверхность фитоценоза, тем выше его самоочистительный потенциал. В 1989 г. поверхность фитоценоза на 78 % была сформирована эпифитами (рис. 4 б), а в 2009 г. более половины поверхности фитоценоза формировали сопутствующие виды. В свою очередь, пропорции вклада цистозеры, ее эпифитов и сопутствующих видов в поверхность фитоценоза сохранились и в функциональных характеристиках фитоценоза: скорости роста сырой массы, изъятии минеральных форм азота и фосфора, выделении кислорода (табл. 2). Данные табл. 2 показывают, что за 20 лет характеристики, связанные с потоками азота, фосфора и кислорода, существенно перераспределились между элементами фитоценоза, но, в целом, их уровень к 2009 г. по

Самоочистительный потенциал и суточное выделение кислорода макрофитобентосом б. Круглой в весенний сезон

Характеристики макрофитобентоса	год	Цистозира	Эпифиты	Сопутствующие	Фитоценоз
Скорость роста, т(сыр.массы)/сут	1989	15.95	62.00	7	85
	2009	16.70	17.63	36	70
Изъятие азота, кгN/сут	1989	106.6	278.99	39.08	425
	2009	101.79	132.05	151.54	385
Изъятие фосфора, кгP/сут	1989	14.21	37.2	5.21	57
	2009	13.57	17.61	20.21	51
Аэрация воды, тO ₂ /сут	1989	3.98	10.42	1.46	16
	2009	3.8	4.93	5.66	14

сравнению с 1989г. уменьшился незначительно: самоочистительный потенциал на 10 %, кислородная аэрация на 13 %, скорость роста на 18 %.

Заключение. В составе донного фитоценоза б. Круглой в весенний сезон преобладают бурые и красные водоросли. Доминирование по биомассе красных водорослей наблюдалось в 1989 г. за счет эпифитирующего на цистозире церамииума.

Общие запасы макрофитобентоса за 20 лет снизились в 1.2 раза (947 т сырой массы в 2009 г. против 1128 т в 1989 г).

При этом, запасы цистозир по абсолютным значениям остались на прежнем уровне (около 430 т). В структуре фитоценоза произошли значительные компенсаторные изменения. Так, в 1989 г. запасы фитоценоза на 50 % были представлены эпифитами – 575 т. В 2009 г. доля эпифитов снизилась до 15 % от общих запасов (146 т), но до 40 % выросла доля сопутствующих видов (376 т. против 119 т в 1989 г.). Однако, структурные перестройки фитоценоза практически не отразились на его самоочистительном потенциале.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Smith V.H., Joye S.B., Howarth R.W.* Eutrophication of freshwater and marine ecosystems // *Limnol. and Oceanogr.* – 2006. – Vol. 51, No. 1, Part 2. – P. 351 – 355.
2. *Калугина-Гутник А.А.* Изменения в донной растительности Севастопольской бухты за период с 1967 по 1977 гг. // *Экология моря.* – 1982. – Вып. 9. – С. 48 – 61.
3. *Weise G., Jorga M.* Aquatic macrophytes – a potential resource. *Water Qual. Bull.*, vol. 6, No. 4. – 1981. – P. 104 – 107.
4. *Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е.* Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – Киев: Наук. думка, 1992. – 280 с.
5. *Барашиков Г.К.* Сравнительная биохимия. – М.: Пищ. пром-сть., 1972. – 335 с.
6. *Ковардаков С.А., Ковригина Н.П., Измestьва М.А.* Донный фитоценоз в акватории от мыса Балаклавского до мыса Айя и его вклад в процессы самоочищения // *Системы контроля окружающей среды / Средства и мониторинг.* – Севастополь: МГИ. НАН Украины, 2004. – С. 250 – 257.
7. *Ковардаков С.А., Празукин А.В., Фирсов Ю.К.* Сравнение многолетних изменений структурных и функциональных состояний прибрежных черноморских фитоценозов с различной антропогенной нагрузкой // *Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг.* – Севастополь: МГИ. НАН Украины, 2009. – С. 377 – 384.