

---

## ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

---

УДК 574.587:628.19(262.5)

### МЕЖГОДОВАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ (ЧЁРНОЕ МОРЕ) В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА НА УЧАСТКАХ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ\*

Алёмов С. В.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь,  
Российская Федерация,  
e-mail: [alyomov\\_sv@ibss-ras.ru](mailto:alyomov_sv@ibss-ras.ru)

В регионе с 1988 по 1991 г. отмечалась тенденция роста численности, биомассы и видового разнообразия макробентоса на большинстве участков портовых акваторий. К началу XXI века видовое разнообразие макрзообентоса возросло в 1,5–2 раза, а средняя численность — почти в 7 раз в сравнении с 80-ми годами XX века. С 2002 по 2005 г. проведены посезонные исследования количественных характеристик и разнообразия макрзообентоса. За весь период исследований в составе макрзообентоса бухты выявлено 109 видов донных животных. За период с октября 2002 г. по июль 2003 г. в составе макрбентоса обнаружено 68 таксонов донных животных, с октября 2003 г. по июль 2004 г. и с октября 2004 г. по июль 2005 г. — по 65 таксонов. Основные характеристики бентоса демонстрируют тенденцию к снижению при росте нефтяного загрязнения донных отложений. По показателям загрязнённости донных отложений и видовому составу биоценозов в акватории бухты выделено 3 региона: 1 — устье бухты и выход из неё, 2 — вершина бухты, 3 — центральная часть бухты.

**Ключевые слова:** макрзообентос, видовое разнообразие, численность, биомасса, сезонная динамика, Чёрное море

### Введение

Проблема нефтяного загрязнения приобретает в настоящее время жизненно важное значение для сохранения и поддержания в устойчивом состоянии морских экосистем. Антропогенное воздействие на экосистему Чёрного моря наиболее интенсивно проявляется в бухтах и портовых акваториях. Для Севастопольской бухты нефтяное загрязнение является одним из преобладающих [Миронов, Кирюхина, Алёмов, 2003].

Хроническое загрязнение с береговых источников и судов, залповые выбросы в результате аварийных ситуаций приводят к накоплению загрязняющих веществ в донных осадках, что вызывает серьёзные изменения структуры и количественных характеристик бентосных сообществ, вплоть до их полной деградации [Миловидова, Кирюхина, 1985]. Последнее особенно важно для акваторий, подверженных разнообразным антропогенным воздействиям в течение длительного времени, к которым, в частности, относится Севастопольская бухта. Это определяет необходимость регулярных исследований состояния донных биоценозов.

Посезонные исследования зообентоса в Севастопольской бухте были выполнены в 1990 г. [Петров, Алёмов, 1993]. В последующем, в конце XX века, наблюдалась стабилизация загрязнённости в основных портовых акваториях. В Севастопольской и Южной бухтах концентрация хлороформ-экстрагируемых соединений и нефтяных углеводородов в донных осадках была

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем», № АААА-А18-118020890090-2.

существенно ниже, чем в середине 80-х гг. XX века [Осадчая, Алёмов, Тихонова, 2011]. Акватория в районе Севастополя минимальными значениями биомассы, численности и видового разнообразия макрозообентоса характеризовалась в период с 1982 по 1985 г. [Мионов, Кирюхина, Алёмов, 2003]. С 1988 по 1991 г. отмечалась тенденция роста численности, биомассы и видового разнообразия макрозообентоса на большинстве участков портовых акваторий. К началу XXI века видовое разнообразие макрозообентоса возросло в 1,5–2 раза, а средняя численность — почти в 7 раз в сравнении с 80-ми годами XX века [Мионов, Кирюхина, Алёмов, 2003; Revkov et al., 2008].

Цель работы — исследовать сезонную и межгодовую динамику показателей обилия и видового разнообразия макрозообентоса Севастопольской бухты в условиях стабилизации уровня загрязнения и роста количественных показателей макрозообентоса в бухте в начале XXI века, охарактеризовать биоценозы макрозообентоса на участках с различным уровнем загрязнения.

### Материал и методы

В бухте Севастопольской с октября 2002 г. по июль 2005 г. посезонно (один раз в квартал — в октябре, январе, апреле и июле) проводился отбор проб макрозообентоса на семи контрольных станциях (рис. 1). По данным проб [Иванов и др., 2006], температура придонного слоя воды в бухте составляла: весной 9–12 °С, летом 12–22 °С, осенью 12–16 °С, зимой 7–9 °С. Отбор материала производили дночерпателем с площадью захвата 0,038 м<sup>2</sup>, по три раза в каждой точке, пробы промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм и фиксировали 96%-ным этиловым спиртом. В лабораторных условиях проводили обработку фиксированного материала. Определяли видовой состав [Определитель фауны ..., 1972], численность и сырой вес организмов макрозообентоса (фиксированных) [СТП ИМБИ ..., 2019]. Организмы макрофауны определяли на уровне видов. Взвешивание двустворчатых моллюсков проводили после их вскрытия и удаления фиксирующего раствора из мантийной полости [СТП ИМБИ ..., 2019].

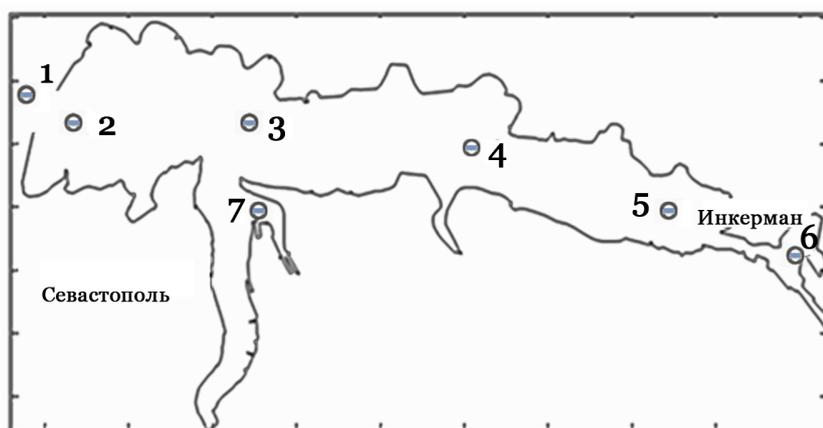


Рис. 1. Схема распределения станций отбора проб макрозообентоса в Севастопольской бухте

Расчёт значений индекса разнообразия Шеннона ( $H'$ ) и индекса выровненности Пиелу ( $J'$ ) выполняли в приложении Diverse пакета PRIMER-5. Обработка данных выполнена в пакете PRIMER (программы Cluster, MDS) [Clarke, Gorley, 2001]. В качестве меры сходства станций использована статистика Брэя — Кёртиса. Оценка внутрикомплексного сходства, а также определение вклада отдельных видов в это сходство проводились по значениям коэффициента Брэя — Кёртиса в программе SIMPER [Clarke, 1993] пакета PRIMER.

Во время отбора проб макрозообентоса на всех станциях дополнительно отбирали одну дночерпательную пробу для определения физико-химических характеристик донных отложений (табл. 1): натуральной влажности, Eh, pH, концентрации хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) [Кирюхина, Миронов, 2004], нефтяных углеводородов (НУ) [РД 52.10.556-95, 1996].

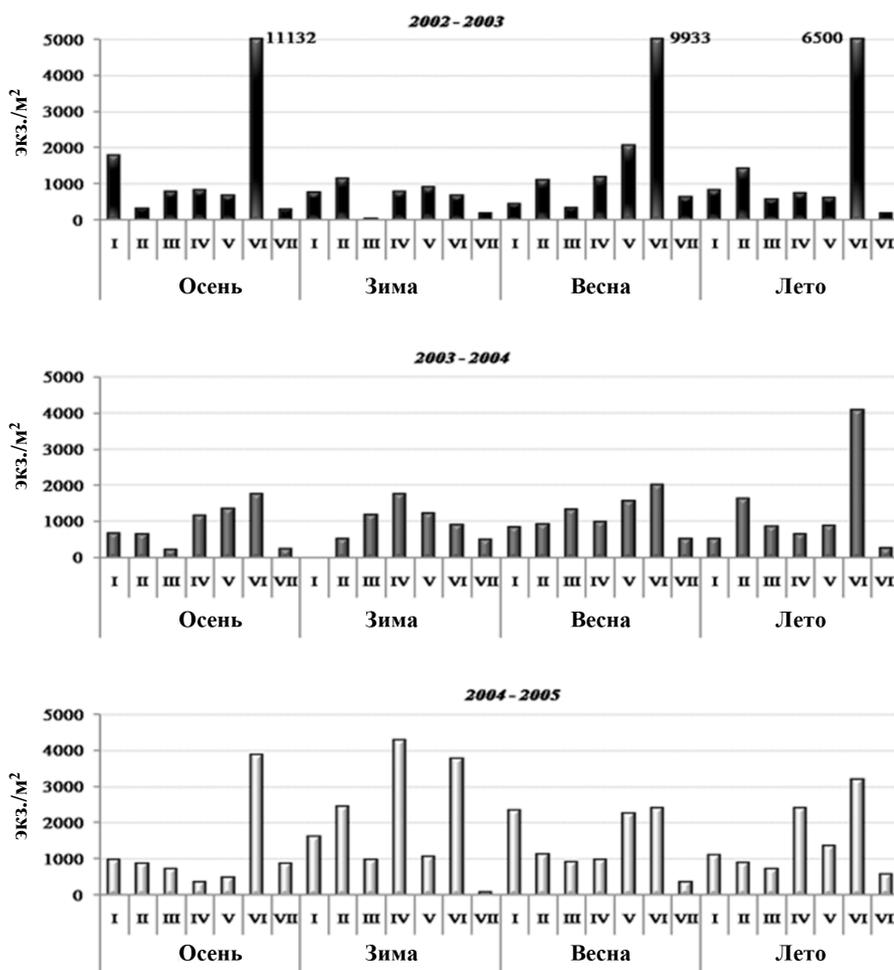
Таблица 1

Физико-химическая характеристика донных отложений в районе отбора проб макрозообентоса

№ станции	Глубина, м	Тип донных отложений	pH	Eh, mV	Натуральная влажность, %	ХЭВ, мг/100 г	НУ, мг/100 г
1	20	Серый песок с примесью ила	7,14–7,89	(+60)–(+468)	32,80–5,80	35–100	15–41
2	18	Серый ил; запах сероводорода	7,13–7,56	(–94)–(+48)	39,30–51,90	100–310	21–137
3	15	Чёрный и тёмно-серый ил; запах сероводорода, мазута	7,37–8,11	(–163)–(–27)	61,90–67,90	860–1940	281–1242
4	14	Чёрный и тёмно-серый ил; запах сероводорода, мазута	7,69–8,14	(–218)–(–32)	69,00–71,70	1320–3780	594–3006
5	9	Чёрный и тёмно-серый ил; запах сероводорода, мазута	7,41–7,57	(–99)–(–51)	48,70–69,00	250–410	102–244
6	6	Серый ил; слабый запах сероводорода	7,62–6,59	(–119)–(–14)	56,00–62,70	140–540	31–207
7	17	Чёрный ил; запах сероводорода, мазута	7,24–8,01	(–171)–(–79)	51,55–56,00	900–3880	521–2640

## Результаты и обсуждение

На рисунках 2–4 представлены основные характеристики макрозообентоса по сезонам — численность, биомасса и количество видов по контрольным станциям (I–VII). Значения, значительно превышающие средние показатели по бухте, указаны цифрами около соответствующего столбца диаграммы. Численность макробентоса с октября 2002 г. по июль 2003 г. на большинстве станций, кроме станции 6, в основном составляла около 1 тыс. экз./м<sup>2</sup> или менее. Существенное превышение данного показателя отмечалось осенью на станции 1 и весной на станции 5. На станции 1 это вызвано присутствием значительного количества *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778), на станции 5 — *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864). На станции 6 численность бентоса только зимой была ниже 1 тыс. экз./м<sup>2</sup>, в остальные сезоны она составляла от 6500 до 11130 экз./м<sup>2</sup>. Столь высокие значения численности на этой станции обусловлены высокой плотностью поселений *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805). Численность данного вида составляет до 85 % от общей численности бентоса в этой точке.



**Рис. 2.** Численность макрозообентоса (экз./м<sup>2</sup>) на контрольных станциях в Севастопольской бухте по сезонам в период 2002–2005 гг.

Численность макробентоса с октября 2003 г. по июль 2004 г. на большинстве станций, кроме станции 6, в основном составляла около 1 тыс. экз./м<sup>2</sup> или менее (рис. 2). На станции 6 численность бентоса только зимой была менее 1 тыс. экз./м<sup>2</sup>, составляя в остальные сезоны от 1700 до 4070 экз./м<sup>2</sup> за счёт высокой плотности поселений *H. acuta*. Значительные флуктуации численности бентоса в сезонной динамике в вершине бухты, очевидно, связаны с жизненным циклом *H. acuta*. Состав популяций моллюсков с коротким жизненным циклом, таких как гидробия, биттиум и др., подвержены наиболее значительным сезонным изменениям [Чухчин, 1984]. Зимние минимумы и весенне-летние максимумы численности характерны как для популяции *H. acuta* в вершине Севастопольской бухты [Макаров, 2020], так и для других представителей рода *Hydrobia* (Siegismund, 1982).

Численность макробентоса осенью 2004 г. на большинстве станций, кроме станции 6, в основном составляла около 1 тыс. экз./м<sup>2</sup> или менее. Зимой, напротив, на большинстве станций численность варьировала от 1,1 до 4,2 тыс. экз./м<sup>2</sup>. В январе 2005 г. единичные экземпляры бентоса (численность составляла менее 100 экз./м<sup>2</sup>) отмечены на станции 7. Весной численность макробентоса составляла менее 1 тыс. экз./м<sup>2</sup> на наиболее загрязнённых станциях (3, 4, 7). Летом на станции 4 численность возросла более чем в 2,5 раза, в основном за счёт увеличения численности мелких детритоядных полихет и появления молоди митилид.

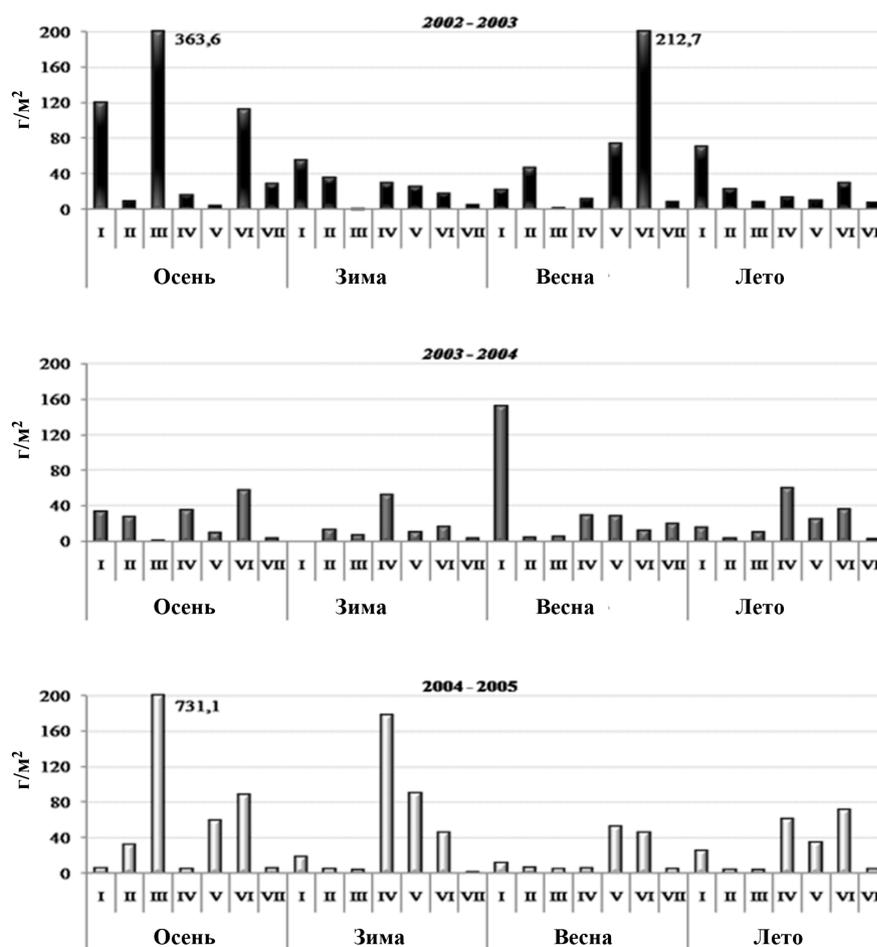


Рис. 3. Биомасса макрозообентоса (г/м<sup>2</sup>) в Севастопольской бухте по сезонам в период 2002–2005 гг. на контрольных станциях

Биомасса макробентоса варьировала в широких пределах. Стабильно более высокие значения биомассы (более 30 г/м<sup>2</sup>) отмечались на станциях 1 и 6. На остальных станциях биомасса бентоса в основном не превышала 30 г/м<sup>2</sup>. Минимальные значения биомассы отмечались зимой на станции 3 (0,2 г/м<sup>2</sup>). На этой же станции осенью 2002 г. было зарегистрировано максимальное значение биомассы — 364 г/м<sup>2</sup>. Столь высокая биомасса на этом сильно загрязнённом участке бухты вызвана присутствием в пробах нескольких крупных экземпляров мидий, биомасса которых составила около 340 г/м<sup>2</sup>, в то время как биомасса остального бентоса составила около 24 г/м<sup>2</sup>. В период 2003–2004 гг. минимальные значения биомассы отмечались в октябре 2003 г. на станции 3 (0,9 г/м<sup>2</sup>), максимальные — в апреле 2004 г. на станции 1 (151,5 г/м<sup>2</sup>) (рис. 3). Минимальные значения биомассы (менее 10 г/м<sup>2</sup>) отмечались в октябре 2004 г. на станциях 1, 4, 7; в январе 2005 г. — на станциях 2, 3, 7; в апреле 2005 г. — на станциях 2, 3, 4, 7; в июле 2005 г. — на станциях 2, 3, 7 (рис. 3). Максимальные значения биомассы в октябре 2004 г. были зафиксированы на станции 3, в январе 2005 г. — на станции 4.

В 1990 г. подобные сезонные исследования проводились на пяти станциях, которые соответствуют нашим станциям 2–6. В 1990 г. в бухте отмечалось 46 видов бентоса [Петров, Алемов, 1993], половина из которых встречалась только на отдельных станциях. За весь период исследований 2002–2005 гг. в составе макрозообентоса бухты выявлено 109 видов донных животных. За период с октября 2002 г. по июль 2003 г. в составе макробентоса обнаружено 68 таксонов донных животных, в том числе *Bivalvia* — 17 видов, принадлежащих к 9 семействам,

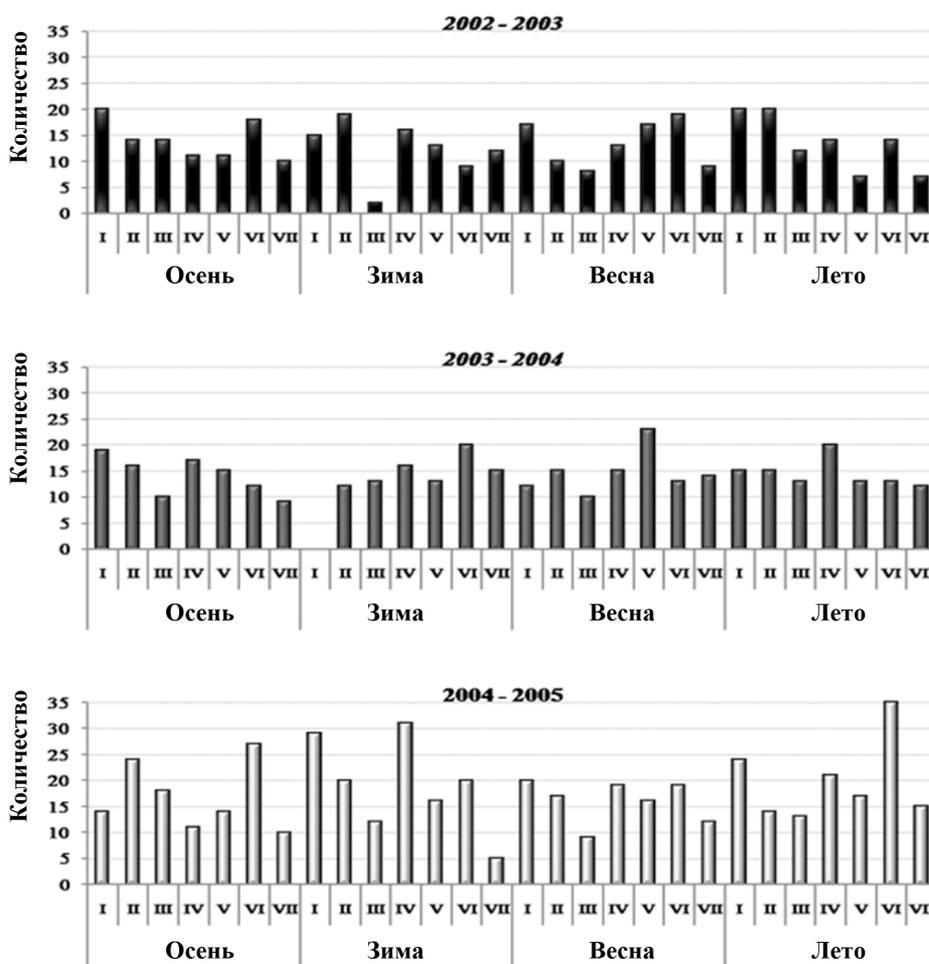


Рис. 4. Количество видов макрозообентоса в Севастопольской бухте по сезонам в период 2002–2005 гг. на контрольных станциях

Gastropoda — 12 видов из 6 семейств, Crustacea — 10 видов из 9 семейств, Polychaeta — 19 видов из 10 семейств. Помимо этого, встречались представители Olygochaeta, Coelenterata, Chordata, Tentaculata, Platyhelminthes. Общее количество видов в летне-осенний период превышает аналогичный показатель в весенне-летний период 2002–2003 гг. В каждый из сезонов в бухте регистрировали 36–40 видов макрозообентоса (рис. 4). Больше число видов отмечалось на станциях 1 и 2 (10–20 видов) и на станции 6 (9–18 видов). Минимальное число видов регистрировали на станциях 3 и 7 (2–14 видов).

За период с октября 2003 г. по июль 2004 г. в составе макрозообентоса на семи контрольных станциях обнаружено 65 таксонов донных животных, в том числе Bivalvia — 19 видов, Gastropoda — 9 видов, Crustacea — 10 видов, Polychaeta — 19 видов. Помимо этого, встречались представители Olygochaeta, Nemertini, Tentaculata, Platyhelminthes. Общее количество видов в весенне-летний период превышает аналогичный показатель в осенне-зимний период. В каждый из сезонов в бухте регистрировали 34–44 вида макрозообентоса. Больше число видов отмечалось на станциях 1 и 2 (12–19 видов) и на станции 6 (12–20 видов) (рис. 4).

В октябре 2004 г. отмечено 53 таксона донных животных, в январе 2005 г. — 56, в апреле 2005 г. — 41, в июле 2005 г. — 56 (в общей сложности 65 видов). На отдельных станциях число видов варьировало от 9 до 35. Общее количество видов было выше на станциях 1, 2 и 6. Как и в январе 2005 г., большое количество видов отмечено на станции 4 (рис. 4). В 2005 г. в целом

наблюдалось увеличение количества видов в Севастопольской бухте в сравнении с 2003–2004 гг. Наиболее распространённые виды — *H. filiformis* и *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, которые встречались на всех станциях в осенне-зимний период. В весенне-летний период более чем на 50 % станций отмечены 11 таксонов, 26 видов (40 % от общего количества) встречены только на одной из станций. Наиболее распространённые в весенне-летний период виды — *H. filiformis* (встречался на всех станциях), *N. hombergii*, *Iphinoe elisae* Văcescu, 1950 и *Olygochaeta* (встречаемость более 90 %).

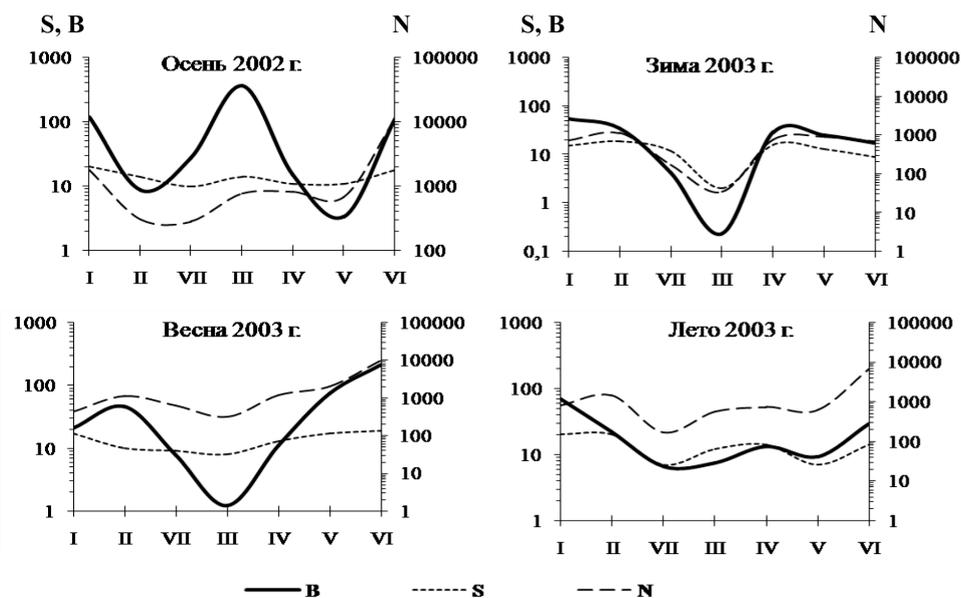


Рис. 5. Сезонные колебания количества видов (S), биомассы (B, г/м<sup>2</sup>) и численности (N, экз./м<sup>2</sup>) на станциях в Севастопольской бухте

Таким образом, количественные показатели бентосных сообществ в основном имели более высокие показатели в устье и вершине бухты. В центральной части и в районе бухты Южной численность, биомасса и количество видов бентоса, как правило, имели меньшие величины (рис. 5).

В видовом составе макрозообентоса в большей степени представлены моллюски. Они составляют около 40 % видов на каждой из станций. Несколько меньшую долю видов составляют полихеты — около 25 %. При возрастании уровня загрязнения отмечается тенденция снижения доли ракообразных и двустворчатых моллюсков в видовом составе бентоса.

Различается вклад отдельных групп в общую численность и биомассу бентоса. На менее загрязнённых станциях (за исключением станции 2) доля моллюсков в общей численности составляет 55–75 %. На сильно загрязнённых станциях относительный вклад моллюсков (особенно сестонофагов) снижается и возрастает доля полихет-детритофагов, что характерно для сообществ макрозообентоса в целом и для Чёрного моря в частности [Миловидова, Кирюхина, 1985; Мионов, Кирюхина, Алёмов, 2003; Петров, 2000].

В то же время в общей биомассе доля полихет невелика — в основном не превышает 5 %. Основную часть в общей биомассе составляют моллюски, что характерно для бентоса Чёрного моря. При этом опять следует отметить снижение доли моллюсков при увеличении загрязнения. Особенно это выражено для двустворчатых моллюсков — с 50–60 до 10–30 % (рис. 6). В трофической структуре бентоса на менее загрязнённых станциях (1, 2, 6) основную долю в общей биомассе бентоса составляют фильтраторы. На загрязнённых участках возрастает доля детритофагов, и особенно плотоядных.

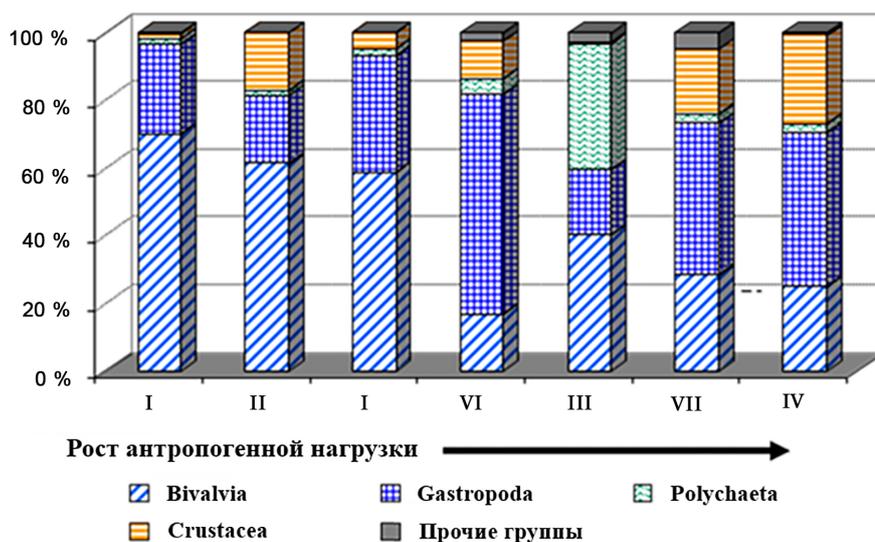


Рис. 6. Вклад основных групп макрозообентоса в общую биомассу

Основные количественные характеристики бентоса демонстрируют тенденцию к снижению при росте нефтяного загрязнения донных осадков. Так, средняя биомасса бентоса снижается в 3–4 раза (рис. 7). Несмотря на довольно широкий диапазон колебаний численности бентоса на различных станциях, тем не менее также отмечается отрицательная корреляция между численностью организмов и содержанием нефтяных углеводородов в донных осадках. Для показателей разнообразия в большей степени эта тенденция выражена для количества видов бентоса. Общее число регистрируемых видов снижается с 35 до 23–25, а среднее число видов на 1 станцию снижается с 17 до 9–13 видов.

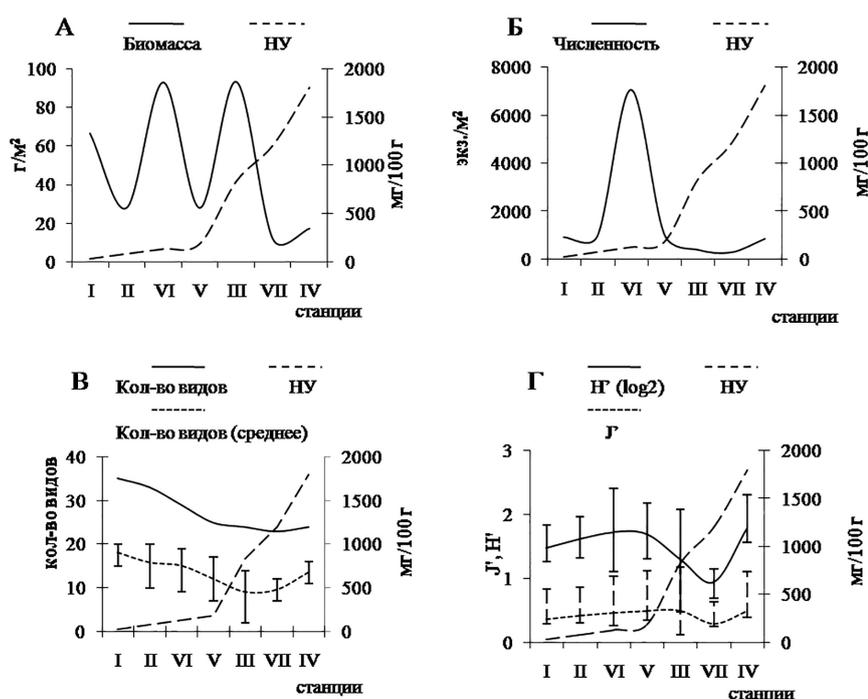


Рис. 7. Зависимость основных биологических характеристик макрозообентоса от содержания НУ в донных осадках (А — биомасса, Б — численность, В — количество видов, Г — индексы Шеннона (H) и Пиелу (J))

При этом не отмечено зависимости между степенью загрязнённости донных осадков нефтяными углеводородами и величиной индекса видового разнообразия Шеннона (H) и индекса выровненности Пиелу (J). Однако при высоких уровнях загрязнения индекс Шеннона имеет широкий диапазон колебаний, что может указывать на нестабильное состояние сообществ бентоса.

Для анализа состояния сообществ часто используют кривые доминирования — разнообразия. Известно, что в стрессовых условиях угол наклона данной кривой к оси абсцисс увеличивается [Одум, 1986]. На рисунке 8 видно, что кривые для станций 1, 2 и 6 лежат выше, чем кривые для станций 3, 4, 7. Таким образом, условия для развития бентоса на этих станциях более благоприятны, чем на станциях в центральной части бухты. Это соответствует и данным по физико-химическим характеристикам донных осадков.

Из 68 найденных видов 36 встречались менее чем на 10 % станций, они нами обозначены как редкие. При этом 23 вида (30 % от общего состава) были отмечены только на одной из станций. 10 видов встречались более чем на 50 % станций, они обозначены как основные. Среди них 4 вида полихет, 5 видов моллюсков и 1 ракообразное. Наибольшим распространением в бухте характеризуются *Heteromastus filiformis*, *Bittium reticulatum* и *Cerastoderma glaucum* (Bruguère, 1789) (71–86 %). Еще у 22 видов встречаемость составляла 10–43 %, их отнесли к обычным видам. Хотя обнаруженный за 4 сезона видовой состав не полностью характеризует видовой состав бентоса в Севастопольской бухте, все основные виды и 19 обычных были обнаружены уже во время первой съёмки в октябре 2002, а все обычные виды — к весне 2003 г. Эти две группы видов (основные и обычные) составляли 89–100 % от общей биомассы и 92–100 % от общей численности бентоса на станциях. Таким образом, менее 50 % отмеченных видов определяли основную структуру бентосных сообществ (но не разнообразие).

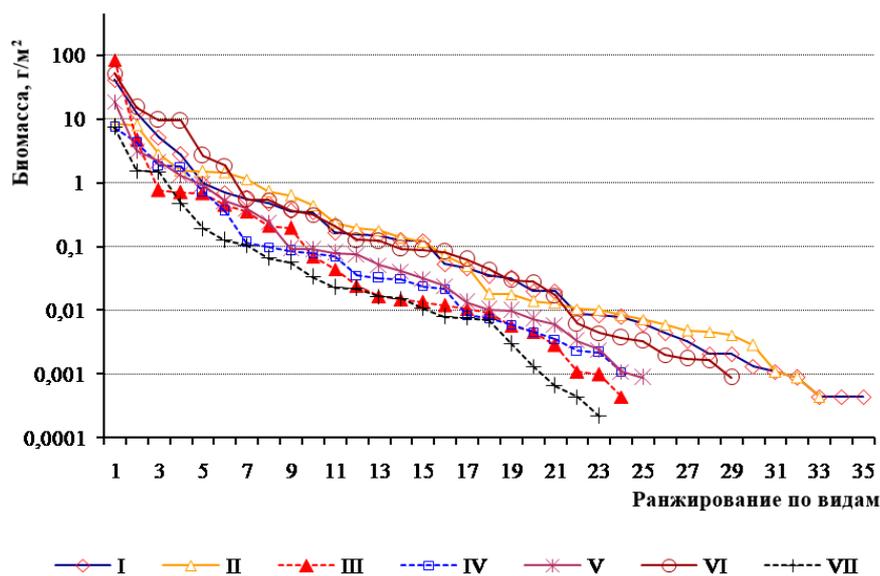
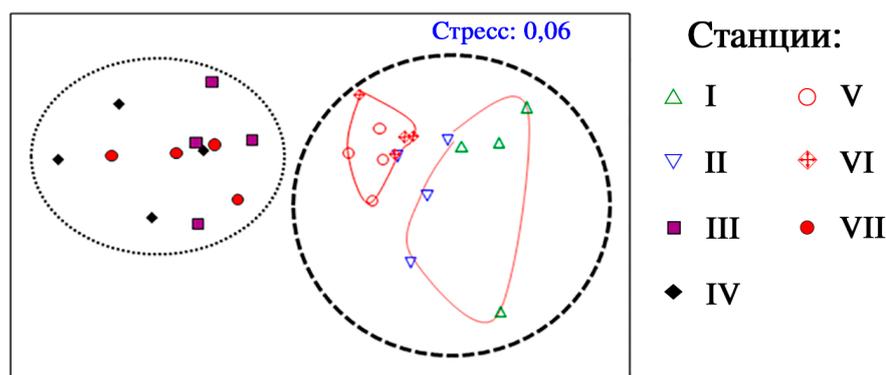


Рис. 8. Кривые доминирования — разнообразия для сообществ макрозообентоса в Севастопольской бухте (I–VII — номера станций)

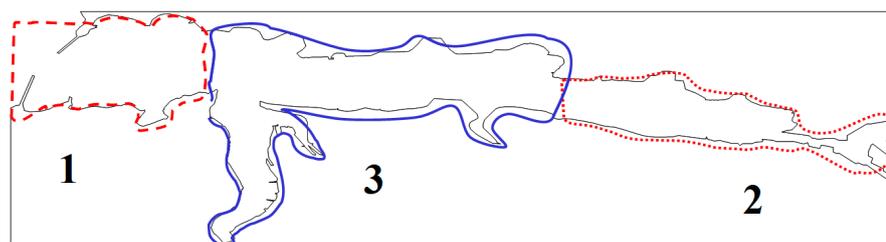
Общим трендом пространственного распределения нефтяного загрязнения по основной оси Севастопольской бухты является повышение концентраций углеводородов в донных осадках от вершинной части — к центральной и последующее их снижение — к выходу из акватории. Как показывает сравнение мониторинговых данных во временном масштабе (1985–2009 гг.), такая ситуация регистрируется на протяжении десятилетий [Миронов, Кирюхина, Алёмов, 2003; Санитарно-биологические ..., 2018]. Для определения различий условий

среды на станциях использовались данные по характеристикам донных осадков: концентрация хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ), нефтяных углеводородов (НУ), натуральная влажность, Eh, pH. Для этих целей в пакете PRIMER была выполнена кластеризация, которая позволила выделить две большие группы станций (рис. 9). Первая группа включала станции 1 и 2 в устье бухты и станции 5 и 6 в вершине бухты. Вторая группа состояла из станций центральной части бухты. Применение MDS-анализа показало, что станции 5 и 6 имеют большее сходство параметров между собой, чем со станциями 1 и 2.



**Рис. 9.** Применение MDS анализа для районирования акватории Севастопольской бухты по характеристикам донных осадков

Таким образом, в акватории бухты можно выделить 3 региона, достаточно хорошо различающихся по характеристикам донных осадков: 1 — устье бухты и выход из неё, 2 — вершина бухты, 3 — центральная часть бухты (рис. 10). Это в целом совпадает с районированием бухты по гидролого-гидрохимическим характеристикам [Иванов и др., 2006]. В частности, донные осадки в центральной части бухты имеют более высокую натуральную влажность, высокое содержание углеводородов. Все это определяет и степень развития бентосных сообществ: количество видов бентоса в центральной части ниже, чем в устье и вершине бухты.

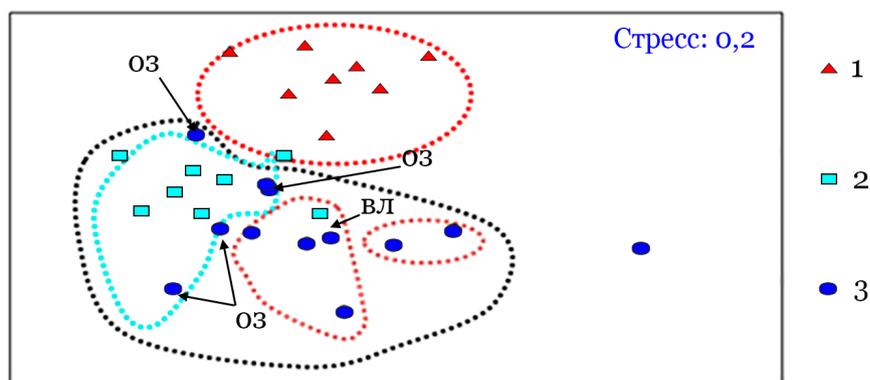


**Рис. 10.** Районирование Севастопольской бухты по показателям загрязнения донных отложений и биоценозам макрозообентоса

*Примечание.* Здесь и на рис. 11 районы бухты обозначены цифрами 1, 2, 3

Различия видового состава сообществ в этих регионах мы оценивали по статистике Брэя — Кёртиса с трансформацией данных по типу присутствия — отсутствия видов. Данный метод позволил выделить две группы станций на уровне 40%-го сходства. Одну составляют станции в устье бухты, вторая включает все остальные станции, при этом вторая группа неоднородна. На уровне 50%-го сходства в этой большой группе можно выделить 3 подгруппы. Две небольшие группы включают станции региона 3, собранные в весенне-летний период, а также одну станцию региона 2, собранную в тот же сезон. Третья подгруппа включает подавляющее большинство станций региона 2, а также все станции региона 3, относящиеся к осенне-зимнему периоду (рис. 11).

Среднее сходство бентосных сообществ, рассчитанное в программе Simper пакета PRIMER, в каждом из регионов не очень велико — от 27 до 36 (табл. 2). В регионе 1 четыре вида определяют 60 % видового сходства — *Bittium reticulatum*, *Pitar rudis* (Poli, 1795), *Diogenes pugilator* (P. Roux, 1829), *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758).



**Рис. 11.** Применение MDS-анализа для районирования акватории Севастопольской бухты по характеристикам сообществ макрозообентоса (по признаку наличия/отсутствия вида)  
*Примечание.* ОЗ — осенне-зимние характеристики, ВЛ — весенне-летние характеристики

Учитывая высокое значение отношения Sim/SD, первые три вида можно отнести к видам-индикаторам для этого региона. В регионе 2 руководящим видом является *Tritia reticulata* (Linnaeus, 1758), а характерными видами первого порядка являются *Cerastoderma glaucum* и *Hydrobia acuta*. Наряду с ними на роль индикаторного вида может также претендовать *Bittium reticulatum*. В регионе 3 основной вклад в общее сходство сообществ вносят *Tritia reticulata* и *Cerastoderma glaucum*, однако все виды имеют низкое значение отношения Sim/SD ввиду высокой вариабельности оцениваемых параметров.

Таким образом, несмотря на значительные различия характеристик донных осадков, регионы 2 и 3, по-видимому, населены единым биоценозом с руководящими видами *Tritia reticulata* и *Cerastoderma glaucum*. Различия между этими участками бухты в значительной степени связаны с сезонными флуктуациями в наборе характерных видов. Кроме того, сообщество в регионе 3 (центральная часть бухты) является обеднённой версией биоценоза с менее стабильной видовой структурой.

Таксономическая структура бентосных сообществ в выделенных трёх регионах бухты представлена одинаковым количеством крупных таксономических групп, но различается при переходе на низшие уровни. Так, бентос в устье бухты представлен большим разнообразием семейств и родов животных. При этом отличие данного региона от двух остальных, которое было выявлено на уровне видов, сохраняется как на уровне рода, так и на уровне семейства.

### Заключение

В 2003 г. отмечен рост числа видов на всех станциях по сравнению с 1990 г., за исключением станции 3, где число видов значительно сократилось. Чёткие изменения величины биомассы выделить трудно. Характер закономерности носит лишь уменьшение биомассы бентоса на станции 6, где в течение трёх сезонов 1990 г. оно было более значительным, чем в 2003 г. В то же время численность бентоса на протяжении последних исследований практически всегда была выше, чем в 1990 г. При этом в ряде случаев (например, весной и летом) численность бентоса возросла на порядок. Небольшое снижение численности летом на станции 3 и осенью на станции 2 имеет незначительный характер.

Таблица 2

## Вклад наиболее значимых видов в биоценологическое сходство внутри выделенных регионов

Виды	Среднее сходство	Стандартное отклонение	Относительный вклад вида, %	Накопительный вклад вида, %
Регион 1				
Среднее сходство: 33,20				
<i>Bittium reticulatum</i>	5,46	2,87	16,43	16,43
<i>Pitar rudis</i>	5,30	1,05	15,96	32,39
<i>Chamelea gallina</i>	4,92	0,48	14,81	47,20
<i>Diogenes pugilator</i>	4,15	2,32	12,50	59,70
<i>Tritia reticulata</i>	2,83	0,45	8,51	68,21
<i>Cerastoderma glaucum</i>	2,72	0,62	8,20	76,41
Регион 2				
Среднее сходство: 36,12				
<i>Tritia reticulata</i>	10,36	0,97	28,68	28,68
<i>Cerastoderma glaucum</i>	7,76	0,95	21,48	50,16
<i>Hydrobia acuta</i>	7,12	1,51	19,70	69,86
<i>Bittium reticulatum</i>	4,19	1,01	11,59	81,46
Регион 3				
Среднее сходство: 27,54				
<i>Tritia reticulata</i>	7,95	0,63	28,86	28,86
<i>Cerastoderma glaucum</i>	5,90	0,69	21,44	50,30
<i>Nephtys hombergii</i>	2,42	0,52	8,77	59,07
<i>Balanus improvisus</i>	2,36	0,46	8,56	67,62
<i>Abra nitida milachevichi</i>	1,61	0,41	5,86	73,49
<i>Hydrobia acuta</i>	1,61	0,64	5,84	79,33

В период 2003–2005 гг. снижение количественных показателей бентоса (численность, биомасса) на большинстве станций отмечалась в 2004 г. В сезонной динамике показателей бентоса зимние минимумы и весенне-летние максимумы численности в вершине бухты в большей степени связаны с флуктуациями численности моллюсков с коротким жизненным циклом.

Основные биологические характеристики бентоса демонстрируют тенденцию к снижению при росте нефтяного загрязнения донных осадков. Так, средняя биомасса бентоса снижается в 3–4 раза, общее число регистрируемых видов снижается с 35 до 23–25, а среднее число видов на 1 станцию — с 17 до 9–13 видов. По показателям видового состава биоценозов в акватории бухты выделено 3 региона: 1 — устье бухты и выход из неё, 2 — вершина бухты, 3 — центральная часть бухты. В регионе 1 четыре вида определяют 60 % видового сходства — *Bittium reticulatum*, *Pitar rudis*, *Diogenes pugilator*, *Chamelea gallina*. Регионы 2 и 3, по-видимому, населены единым биоценозом с руководящими видами *Tritia reticulata* и *Cerastoderma glaucum*. Различия между этими участками бухты в значительной степени связаны с сезонными флуктуациями в наборе характерных видов.

Автор выражает глубокую благодарность Шадриной Т. В. за предоставленные данные по физико-химическим характеристикам донных отложений.

### Список литературы

1. Иванов В. А., Овсяный Е. И., Репетин Л. Н., Романов А. С., Игнатъева О. Г. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 91 с.
2. Кирюхина Л. Н., Миронов О. Г. Химическая и микробиологическая характеристика донных осадков севастопольских бухт в 2003 г. // Экология моря. – 2004. – Вып. 66. – С. 53–58.
3. Макаров М. В. Сезонная изменчивость таксоцены Mollusca рыхлых грунтов контактной зоны реки Черной и Севастопольской бухты (Юго-Западный Крым) // Экосистемы. – 2020. – Вып. 21 (51). – С. 109–118. <https://doi.org/10.37279/2414-4738-2020-21-109-118>
4. Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. Черноморский макрозообентос в санитарно-экологическом аспекте. – Киев : Наукова думка, 1985. – 104 с.
5. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.
6. Одум Ю. Экология : в 2 томах. Т. 2 / под ред. В. Е. Соколова ; пер. с англ. Б. Я. Виленкина. – Москва : Мир, 1986. – 376 с.
7. Осадчая Т. С., Алёмов С. В., Тихонова Е. А. Особенности нефтяного загрязнения портовых акваторий Севастополя (Черное море) // Состояние экосистем шельфовой зоны Черного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия : сб. ст., посвящ. 90-летию Новороссийской морской биологической станции им. проф. В. М. Арнольди. – Краснодар : Кубанский гос. ун-т, 2011. – С. 109–118.
8. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей : в 3 томах / АН УССР, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. – Киев : Наукова думка, 1972. – Т. 3: Свободноживущие беспозвоночные. – 340 с.
9. Петров А. Н. Реакция прибрежных макробентосных сообществ Черного моря на органическое обогащение донных отложений // Экология моря. – 2000. – Вып. 51. – С. 45–51.
10. Петров А. Н., Алёмов С. В. Распределение, количественные характеристики и показатели состояния зообентоса в бухтах, различающихся по степени загрязнения // Ихтиофауна Черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. – Киев : Наукова думка, 1993. – С. 25–45.
11. РД 52.10.556-95. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси : метод. указания. – Москва : Федерал. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – 56 с.
12. Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века / под ред.: О. Г. Миронова, С. В. Алёмова ; Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2018. – 276 с.
13. СТП ИМБИ 077-2019. Методика анализа качественного и количественного состава мейо- и макрозообентоса. (утвержд. 20.03.2019 пр. № 25-од от 19.03.19).
14. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря. – Киев : Наукова думка, 1984. – 176 с.
15. Clarke K. K., Gorley K. M. PRIMER v5: User Manual/Tutorial. – Plymouth : Primer-E Ltd, 2001. – 92 p.
16. Clarke K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure // Australian Journal of Ecology. – 1993. – Vol. 18, iss. 1. – P. 117–143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>

17. Revkov N. K., Petrov A. N., Kolesnikova E. A., Dobrotina G. A. Comparative analysis of long-term alteration in structural organization of zoobenthos under permanent anthropogenic impact (Case study: Sevastopol Bay, Crimea) // Morskoj ekologicheskiy zhurnal. – 2008. – Vol. 7, no. 3. – P. 37–49.
18. Siegismund H. R. Life Cycle and production of *Hydrobia ventrosa* and *H. neglecta* (Mollusca: Prosobranchia) // Marine Ecology Progress Series. – 1982. – Vol. 7. – P. 75–82. <https://doi.org/10.3354/MEPS007075>

**SEASONAL AND INTERANNUAL DYNAMICS OF MACROZOOBENTHOS  
COMMUNITIES IN SEVASTOPOL BAY (THE BLACK SEA) AT THE BEGINNING  
OF THE XXI CENTURY IN AREAS WITH DIFFERENT POLLUTION LEVELS**

**Alyomov S. V.**

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,  
e-mail: [alyomov\\_sv@ibss-ras.ru](mailto:alyomov_sv@ibss-ras.ru)*

From 1988 to 1991 in the Sevastopol region, there is a trend of growth in the number, biomass and species diversity of macrobenthos. By the beginning of the XXI century, the species diversity of macrozoobenthos increased 1.5–2 times, and the average number – 7 times in comparison with the 80-ies of the XX century. In 2002–2005, seasonal studies of quantitative characteristics and diversity of macrozoobenthos were conducted. During the entire research period (2002–2005) 109 species of macrozoobenthos were identified in the Bay. For the period from October 2002 to July 2003 68 taxa of benthic animals were found in the macrobenthos, 65 taxa each from October 2003 to July 2004 and from October 2004 to July 2005 periods. The main characteristics of benthos show a downward trend with an increase in oil pollution of bottom sediments. In terms of contamination of sediments and species composition of biocenosis in the Bay area is divided into 3 regions: 1 – the mouth of the Bay, 2 – the top Bay, 3 – the Central part of the Bay.

**Keywords:** Macrozoobenthos; species diversity; abundance; biomass; seasonal dynamics; Black sea.

Сведения об авторе

Алёмов Сергей Викторович	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», <a href="mailto:alyomov_sv@ibss-ras.ru">alyomov_sv@ibss-ras.ru</a>
--------------------------------	--

*Поступила в редакцию 16.03.2020 г.  
Принята к публикации 27.01.2021 г.*