



УДК 574.587(262.5)

Н. К. Ревков, канд. биол. наук, с.н.с., **Н. А. Болтачѐва**, канд. биол. наук, с.н.с., **Л. В. Бондаренко**, м.н.с.

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗООБЕНТОСА В АКВАТОРИИ ЯЛТИНСКОГО ЗАЛИВА (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА, ЧѐРНОЕ МОРЕ)

При мониторинге состояния макрозообентоса на глубине 70 – 94 м вблизи глубоководного сброса сточных вод в Ялтинском заливе (южный берег Крыма, Чѐрное море) в период с 1969 по 2011 гг. отмечено 108 видов макрозообентоса, 20 из них являются постоянными компонентами существующего на полигоне биотического комплекса *Modiolula phaseolina*. В 1976 – 1986 гг. зарегистрировано сокращение количества видов макрозообентоса до 39, против 75 в 1969 – 1970 гг. Фактическое восстановление видового богатства (58 видов) и общей численности (4541 экз. • м⁻²) макрозообентоса в 2010 – 2011 гг. до уровня конца 1960-х – начала 1970-х годов, как и увеличение средней биомассы бентоса с 35 г • м⁻² (1969 – 1999 гг.) до 152 г • м⁻² (2010 – 2011 гг.) свидетельствуют об улучшении экологической обстановки в глубоководной части залива. Отмечено соответствие многолетней динамики макрозообентоса и этапности ввода в эксплуатацию глубоководного сброса хозяйственно-бытовых вод.

Ключевые слова: макрозообентос, многолетние изменения, глубоководный сброс, Чѐрное море, Крым.

Акватория Ялтинского залива – один из наиболее исследованных гидробиологических полигонов у берегов Крыма. Первые количественные данные здесь датируются съѐмками 1957 г. [9]. Особый интерес к акватории залива начал проявляться в конце 1960-х в связи с участием Института биологии южных морей НАНУ в разработке и научном сопровождении первого в бывшем Советском Союзе проекта глубоководного сброса хозяйственно-бытовых сточных вод в районе Ялты [4]. Предполагалось, что это будет экспериментальный выпуск с последующими исследованиями эффективности его работы после завершения строительства. Основными участниками реализации проекта со стороны Института биологии южных морей были В. И. Зац (научный руководитель работ), М. С. Немировский, Б. Ф. Андрущенко, В. В. Кандыбко, В. Н. Степанов, А. К. Агарков, Е. Ф. Шульгина, Л. В. Федоренко, Л. Г. Сеничкина и М. И. Киселѐва. Этим коллективом была выполнена основная часть комплекса научных исследований по определению океанографических и гидробиологических условий глубоководного выпуска сточных вод в районе Ялты.

Работа научной группы и строительство всего комплекса сооружений сброса – шли параллельными курсами. В 1971 г. была введена в эксплуатацию первая (глубина 39 м, протяжѐнность 1 км), в 1979-м – последняя (глубина 78 м, протяжен-

ность 6250 м) очереди системы глубоководного сброса хозяйственно-бытовых вод. Далее последовали этапы введения в эксплуатацию блока механической очистки, 1-й и 2-й очереди комплексной биологической очистки. И только к 1995 г. были завершены все пуско-наладочные работы, и сооружение вышло на проектную мощность 80 тыс. м³ сточных вод в сутки [11].

Полученные за период с 1969 по 1982 гг. данные (около 300 бентосных станций, выполненных в диапазоне глубин 10 – 200 м) свидетельствовали об уменьшении загрязнения прибрежной зоны после ввода в эксплуатацию в 1979 г. глубоководного трубопровода. Это выразилось в появлении в Ялтинском заливе донных сообществ, характерных для относительно чистых районов моря [7, 8]. Площадь α -мезосапробной зоны, выявленной в 1969 г. у ранее существовавшего близберегового канализационного выпуска, настолько сократилась, что в 1980-е гг. её уже не удалось обнаружить; на глубинах 10 – 20 м было отмечено увеличение численности бентоса в 3 – 4, биомассы – в 18 – 34 раза. По данным гидрохимических исследований, выполненных в начале 1980-х, были сделаны выводы об отсутствии наблюдавшегося ранее эвтрофирования залива и его прибрежной части и фактическом «оздоровлении всей акватории Ялтинского залива» [5].

Последняя подробная бентосная съёмка акватории залива (30 станций в диапазоне глубин 10 – 210 м) проведена в 1986 г. Её итогом стал вывод о наличии «невысоких показателей бентических сообществ» [17]. В дальнейшем мониторинговая серия исследований залива, к сожалению, прерывается. Следующие и весьма фрагментарные данные по бентосу (всего 3 станции на глубинах 27, 47 и 81 м) получены только в 1999 г. (53 рейс НИС «Профессор Водяницкий») [16]. Ещё через 11 лет три экспедиции НИС «Профессор Водяницкий» в 2010 – 2011 гг. (64, 68 и 70 рейсы) дали информацию по 12 станциям района Ялты в диапазоне глубин 19 – 118 м. Полученный материал позволил вновь вернуться к оценке уже современной ситуации на ялтинском полигоне и продолжить линию многолетнего мониторинга состояния зообентоса.

Материал и методы. Для оценки современного состояния и многолетних изменений макрозообентоса Ялтинского залива выбран интервал глубин 70 – 94 м, включающий зону оголовка глубоководного сброса сточных вод (табл. 1). Этот диапазон глубин соответствует центральной зоне поясного сообщества *Modiolula phaseolina* у берегов Крыма [6]. В работе использованы первичные данные разных лет, полученные М. И. Киселёвой (1969, 1970, 1979, 1980, 1982 гг.), Н. Г. Сергеевой и Т. В. Михайловой (1986), Н. К. Ревковым и Н. А. Болтачёвой (1999, 2010, 2011), и хранящиеся в архиве отдела экологии бентоса ИнБЮМ (г. Севастополь). Материалы по 1976 г. получены Н. Ю. Миловидовой и любезно предоставлены нам С. А. Алёмовым.

Табл. 1 Объём материала, использованного в анализе многолетних изменений макрозообентоса Ялтинского залива

Table 1 The volume of material used in analysis of long-term macrozoobenthos changes in Yalta Bay

Годы	Глубины, м	Число станций
1969	70 – 90	25
1970	70 – 90	10
1976	80	2
1979	70 – 94	20
1980	71 – 90	18
1982	70 – 90	18
1986	70 – 93	14
1999	81	1
2010, 2011	78 – 94	7

Оценка количественного развития видов в различные временные периоды дана по индексам

плотности (ИП) и функционального обилия (ИФО) в выражениях:

$$\text{ИП} = \text{ИФО} \times p_i; \text{ИФО} = N_i^{0.25} \times B_i^{0.75}$$

где N_i , B_i и p_i – соответственно численность (экз. \cdot м⁻²), биомасса (г \cdot м⁻²) и станционная встречаемость «i» вида. Все значения биомассы двустворчатых моллюсков приведены к уровню их сырого веса без мантийной жидкости.

Определение различий средних параметров численности и биомассы макрозообентоса в различные периоды исследований выполнено на матрицах данных, трансформированных в степени 0.25 (ANOVA пакет STATISTICA). Иерархическая кластеризация станций (фаунистическая классификация) и их многомерное шкалирование проведены в программах CLUSTER и MDS пакета PRIMER [19]. При иерархической кластеризации станций использован метод групповых средних с мерой сходства станций по коэффициенту Брея-Куртиса (Bray-Curtys Similarity). Определение фаунистических комплексов проведено на матрице данных, трансформированной по принципу присутствие/отсутствие видов. Оценка значимости видов в выделенных временных комплексах бентоса выполнена в программе SIMPER пакета PRIMER [19] по их вкладу в среднее внутрикомплексное сходство на основании индекса функционального обилия (ИФО). В этом же пакете выполнен расчёт экологических индексов Шеннона и Пиелю (программа Diversity). Прогностическая оценка видового богатства макрозообентоса сделана на основе статистики «Chao 2» [18]. Все графические построения выполнены в программе STATISTICA.

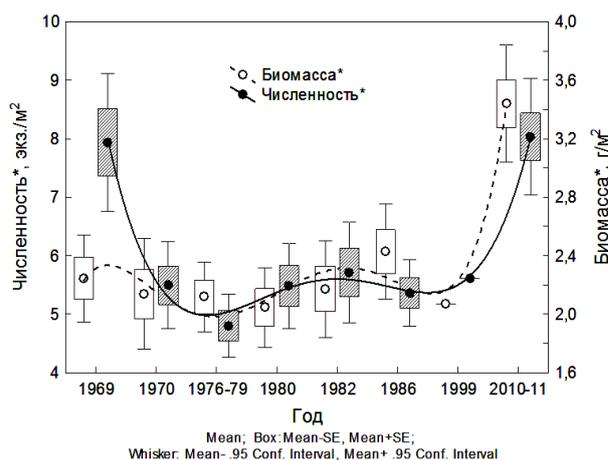
Результаты. Численность и биомасса.

Станционные численность и биомасса макрозообентоса за весь период наблюдений имеют широкие диапазоны варьирования: соответственно 32 – 27245 экз. \cdot м⁻² и 1.212 – 261.797 г \cdot м⁻². Осреднение данных, выполненное по годам, показало наличие некоторого продолжительного, относительно константного уровня развития бентоса (рис. 1). Достоверного различия средних по численности в пробах, взятых с 1970 по 1999 гг. не обнаружено ($F = 1.042$; $p = 0.399$). Более того, в последовательном временном ряду 1980 – 1986 гг. наблюдается перекрытие ошибок средних при незначительном тренде самих средних.

Рис. 1 Многолетняя динамика численности и биомассы макрозообентоса на ялтинском полигоне в диапазоне глубин 70–94 м (использованы данные, трансформированные в степени 0.25)

Fig. 1 Long-term changes of abundance and biomass of macrozoobenthos at the Yalta test site at depths 70–94 m (values of abundance (N*) and biomass (B*) were transformed in degree 0.25)

Аналогичный относительно константный уровень развития зообентоса ($F = 0.624$; $p = 0.711$), однако в несколько более широких временных границах (1969–1999 гг.), прослеживается и по параметру биомассы (см. рис. 1). В финальной серии наблюдений 2010–2011 гг. количественное развитие зообентоса выходит на новый уровень, превышающий уровень 1970–1999-х по средней численности и 1969–1999-х по биомассе в ~4 раза (табл. 2). При этом численность макрозообентоса в 2010–



2011 гг. практически соответствует начальному периоду исследований 1969 г. ($F = 0.007$; $p = 0.934$), а достигаемый пик биомассы макрозообентоса оказывается абсолютным за весь предшествующий период наблюдения.

Табл. 2 Общая численность (экз. · м⁻²) и биомасса (г · м⁻²) макрозообентоса в выделенных диапазонах их относительной константности (см. рис. 1)

Table 2 Total abundance (ind/m²) and biomass (g/m²) values of macrozoobenthos in selected ranges (see fig. 1)

Параметр	Год	Число станций	Среднее	Доверит. -95%	Доверит. +95%	Станд. отклонение	Станд. ошибка
Численность	1969	25	7126	3948	10304	7700	1540
	1970–1999	83	1143	897	1390	1127	124
	2010–2011	7	4541	2490	6591	2217	838
Биомасса	1969–1999	108	34.574	27.174	41.975	38.797	3.733
	2010–2011	7	151.504	84.305	218.704	72.660	27.463

Средняя биомасса макрозообентоса в 1969–1999 гг. (см. табл. 2) полностью соответствует аналогичному параметру (31.2 г · м⁻²), приводимому для биоценоза фазеолины у берегов Крыма для периода 1982–1999 гг.; средняя численность несколько выше (соответственно 1143 против 595 экз. · м⁻²) [13]. Современные (2010–2011 гг.) значения биомассы на ялтинском полигоне превышают средние для Крыма в ~5 раз и близки (137.8 г · м⁻²) данным 1930-х годов для диапазона глубин 51–110 м южного берега Крыма (Балаклава – м. Сарыч) [1]. Если исходить из репрезентативности последней цифры в отношении ялтинского полигона, то можно говорить, что к началу регулярных бентосных съёмки (начиная с 1969 г.) бентос приглубой зоны залива уже находился в депрессивном Морський екологічний журнал, № 2, Т. XIII, 2014

состоянии. Последнее выразилось в сокращении биомассы зообентоса к 1969 г. (в сравнении с 1937 г.) в 4 раза.

Общее таксономическое разнообразие. В диапазоне глубин 70–94 м с 1969 по 2011 гг. обнаружено 108 представителей макрозообентоса: Annelida – 37, Arthropoda – 25, Mollusca (Bivalvia) – 16, Mollusca (Gastropoda) – 8 видов. В сборную группу прочих видов (Varia) вошли представители Chordata (Ascidiacea) – 4, Cnidaria – 7, Echinodermata – 4, Porifera – 2, Bryozoa – 1, Phoronida – 1 вид; представители Nemertea и Platyhelminthes до вида не идентифицированы (табл. 3). Наибольшее количество видов зарегистрировано на полигоне в 1969 и 1970 гг. – соответственно 67 и 51 (суммарно за два года – 75 видов) (рис. 2 А).

Табл. 3 Индексы плотности видов макрозообентоса, встреченных на Ялтинском полигоне в диапазоне глубин 70 – 94 м в 1969 – 2011 гг.

Table 3 Density indices of macrozoobenthos species on Yalta test site at depths 70 – 94 m in 1969 – 2011

Таксон	Год									
	1969	1970	1976	1979	1980	1982	1986	1999	2010	2011
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PORIFERA										
Porifera g. sp.	0.001	–	–	–	–	–	–	–	0.050	0.998
<i>Sycon ciliatum</i> (Fabricius, 1780)	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Suberites</i> sp.	0.0004	0.005	–	–	–	–	–	–	–	–
CNIDARIA										
<i>Actinothoe clavata</i> (Ilmoni, 1830)	0.015	0.002	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Campanularia volubilis</i> (L., 1758)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.032
<i>Clytia hemisphaerica</i> (L., 1767)	–	–	–	–	–	–	–	0.003	–	–
<i>Edwardsia claparedii</i> (Panceri, 1859)	0.003	0.003	–	–	–	–	–	–	–	0.002
<i>Obelia</i> sp.	–	–	–	–	0.001	–	–	–	–	–
<i>Pachycerianthus solitarius</i> (Rapp, 1829)	0.677	4.037	5.784	5.105	6.734	4.443	15.830	4.567	2.581	6.530
<i>Sertularella polyzonias</i> (L., 1758)	–	–	–	–	–	–	–	0.004	–	0.097
PLATYHELMINTHES										
<i>Turbellaria</i> g. sp.	0.0001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ANNELIDA										
<i>Oligochaeta</i> g. sp.	0.280	0.003	–	–	–	–	0.002	0.055	0.012	0.038
<i>Aonides oxycephala</i> (Sars, 1862)	–	–	–	–	–	–	–	0.047	–	–
<i>A. paucibranchiata</i> Southern, 1914	–	0.009	–	–	–	–	–	–	0.025	0.079
<i>Aonides</i> sp.	–	0.002	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	0.090	–	–	–	–	–	–	–	0.002	0.030
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	0.010	0.010	–	–	–	–	–	0.038	–	–
<i>Dipolydora quadrilobata</i> (Jacobi, 1883)	–	–	–	–	–	–	–	–	0.037	0.012
<i>Exogone naidina</i> Örsted, 1845	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Eumida sanguinea</i> (Örsted, 1843)	–	0.001	–	–	–	–	–	–	–	0.003
<i>Eunereis longissima</i> (Johnston, 1840)	0.017	0.002	–	–	–	–	–	0.472	0.515	1.014
<i>Fabricia sabella</i> (Ehrenberg, 1836)	–	–	–	–	–	–	–	–	0.001	–
<i>Galathowenia</i> sp.	–	–	–	0.0004	–	–	–	–	–	0.001
<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	0.002	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Harmothoe imbricata</i> (L., 1767)	0.00002	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>H. reticulata</i> (Claparède, 1870)	–	–	–	–	–	–	–	–	0.004	0.042
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	0.211	0.167	–	0.010	–	0.003	0.022	0.399	0.030	–
<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)	–	–	–	–	–	–	–	0.362	–	–
<i>Magelona rosea</i> Moore, 1907	–	0.003	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	0.045	0.025	–	0.002	0.019	0.005	0.036	5.227	15.367	7.797
<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)	0.131	0.322	–	–	0.013	0.001	–	2.109	3.251	0.413
<i>Nephtys ciliata</i> (Müller, 1776)	–	–	–	0.002	–	–	–	–	–	–
<i>N. cirrosa</i> (Ehlers, 1868)	0.281	0.249	–	0.040	1.114	–	–	–	0.082	0.027
<i>N. hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	0.074	0.141	3.632	0.056	–	0.215	0.294	0.432	3.763	4.26
<i>Nephtys</i> sp.	0.023	–	–	0.030	0.005	0.009	0.006	–	–	–
<i>Nereis</i> sp.	0.0002	0.019	–	–	–	–	0.255	–	–	–
<i>Oriopsis armandi</i> (Claparède, 1864)	0.163	0.0001	–	–	–	–	–	0.084	–	0.001
<i>Paraonis</i> sp.	0.0004	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	–	–	–	–	–	–	–	0.467	–	–
<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883	–	–	–	–	–	–	–	–	0.025	0.084
<i>P. malmgreni</i> Claparède, 1869	0.003	0.0003	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Phyllodoce</i> g.sp.	0.0002	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Phyllodoce lineata</i> (Claparède, 1870)	–	–	–	–	–	–	0.011	–	–	–
<i>Ph. maculata</i> (Linné, 1767)	0.308	0.297	–	0.003	0.003	0.004	–	–	–	–
<i>Ph. mucosa</i> Örsted, 1843	–	–	–	–	–	–	–	0.898	1.016	0.354

Многолетние изменения зообентоса в акватории Ялтинского залива...

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Phyllodoce</i> sp.	0.003	–	–	–	0.006	–	0.019	–	–	–
<i>Polycirrus jubatus</i> Bobretzky, 1869	0.0005	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Polycirrus</i> sp.	0.007	0.022	–	–	–	–	–	–	0.168	–
<i>Pholoe</i> sp.	0.0001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839	0.001	–	–	–	–	–	–	–	0.004	0.002
Sabellidae g.sp.	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)	–	–	–	–	–	–	–	–	0.025	–
Spionidae g.sp.	0.002	0.001	–	–	–	–	–	–	0.006	–
<i>Sphaerosyllis bulbosa</i> Southern, 1914	0.005	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	–	–	–	–	–	–	–	0.247	–	–
<i>Terebellides stroemi</i> Sars, 1835	2.671	4.468	9.787	4.540	2.209	5.548	0.736	1.648	2.024	5.736
NEMERTEA										
Nemertea g. sp.	0.062	0.123	–	–	–	0.003	–	0.055	0.282	0.476
ARTHROPODA										
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	0.038	0.237	0.033	–	0.001	–	–	0.011	0.009	0.129
<i>A. sevastopoliensis</i> Grintsov, 2010	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.052
<i>Apseudopsis ostroumovi</i> Bacescu & Carausu, 1947	0.008	0.0005	–	–	0.011	0.004	–	–	–	0.002
<i>Atylus guttatus</i> (Costa, 1851)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.011
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	0.020	0.008	–	–	–	–	–	–	–	0.076
<i>Caprella</i> sp.	–	–	–	–	0.003	–	–	–	–	–
<i>Corophium</i> sp.	0.0002	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cumella limicola</i> Sars, 1879	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–	0.002
<i>C. pygmaea</i> G.O. Sars, 1865	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.005
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	0.0001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Erichonius difformis</i> Milne-Edwards, 1830	–	–	–	–	–	–	–	0.014	–	–
<i>Eudorella truncatula</i> (Bate, 1856)	0.019	0.001	–	–	–	–	–	–	0.003	0.004
<i>Gammarellus carinatus</i> (Rathke, 1837)	–	0.004	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Iphinoe elisae</i> Băcescu, 1950	–	–	–	–	0.005	0.081	–	0.004	0.014	0.001
<i>I. maeotica</i> (Sowinskyi, 1893)	0.091	0.176	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Medicorophium nuncicome</i> (Della Valle, 1893)	–	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Megamphopus cornutus</i> Norman, 1869	–	0.0003	–	–	–	–	–	–	0.003	–
<i>Microdeutopus anomalus</i> (Rathke, 1843)	0.003	–	–	–	–	–	–	–	–	0.007
<i>M. gryllotalpa</i> Costa, 1853	–	–	–	–	–	–	–	–	0.005	0.003
<i>Microdeutopus</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.002
<i>Monoculodes</i> sp.	0.00003	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Orchomene humilis</i> (Costa, 1853)	–	0.002	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Periculodes longimanus</i> (Bate & Westwood, 1868)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.002
<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769	0.075	0.008	–	–	–	–	0.001	–	0.002	0.096
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837)	0.002	0.003	0.090	–	–	–	–	–	–	0.060
<i>Tanais dulongii</i> (Audouin, 1826)	–	–	–	–	–	–	–	0.009	–	–
Insecta larvae	–	–	–	–	–	–	–	–	0.012	–
Pantopoda g. sp.	0.008	0.002	–	–	–	–	–	–	–	–
MOLLUSCA (Bivalvia)										
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	0.631	0.689	0.099	0.016	0.008	0.826	0.028	0.138	0.071	1.283
<i>A. nitida</i> (Müller, 1776)	0.016	0.023	–	–	0.0003	–	0.017	–	–	–
<i>A. segmentum</i> (Récluz, 1843)	0.005	–	0.085	0.001	0.002	–	–	–	–	–
<i>Acanthocardia paucicostata</i> (G.B. Sowerby II, 1834)	0.002	0.0002	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	–	–	–	–	–	–	0.006	–	–	–
<i>Gibbomodiola adriatica</i> (Lamarck, 1819)	0.020	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	0.001	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	0.014	0.004	–	–	–	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Lucinella divaricata</i> (L., 1758)	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	0.020	–	–	–	0.109	–	0.005	–	–	0.002
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	–	–	–	–	–	–	–	0.021	0.015	–
<i>Modiolola phaseolina</i> (Philippi, 1844)	93.105	40.195	65.898	30.796	30.818	61.948	45.819	24.257	196.127	372.237
<i>Papillicardium papillosum</i> (Poli, 1791)	4.314	1.607	2.223	0.096	0.028	0.696	0.141	–	1.340	0.462
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	0.0002	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	0.002	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Spisula subtruncata</i> (Costa, 1778)	–	0.0004	–	–	–	–	–	–	–	–
MOLLUSCA (Gastropoda)										
<i>Bittium submamillatum</i> (de Rayneval & Ponzi 1854)	0.004	0.002	–	–	–	–	0.003	–	–	0.001
<i>Calyptrea chinensis</i> (L., 1758)	0.003	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Nassarius reticulatus</i> (L., 1758)	0.004	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Odostomia eulimoides</i> Hanley, 1844	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.001
<i>Odostomia</i> sp.	0.0001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguiere, 1792)	0.096	0.097	–	–	–	–	–	–	0.011	0.041
<i>Rissoa parva</i> (Da Costa, 1778)	–	–	–	–	0.008	–	–	–	–	–
<i>Trophonopsis breviata</i> (Jeffreys, 1882)	0.028	0.054	–	–	0.002	0.064	0.055	–	0.066	0.225
<i>Vitreolina incurva</i> (B.D.D., 1883)	0.0001	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BRYOZOA										
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)	–	–	–	–	–	–	–	0.025	–	–
PHORONIDA										
<i>Phoronis</i> sp.	0.00004	0.001	–	–	0.033	–	–	–	–	–
ECHINODERMATA										
<i>Amphiura stepanovi</i> Djakonov, 1954	2.934	4.291	3.908	1.539	6.073	6.202	0.197	1.134	1.881	5.433
<i>Leptosynapta inhaerens</i> (Müller, 1776)	–	–	–	–	–	–	–	–	0.048	0.032
<i>Oestergrenia digitata</i> (Montagu, 1830)	0.009	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Stereoderma kirchsbergii</i> (Heller, 1868) Panning, 1949	–	–	–	–	–	0.015	0.121	–	0.310	1.702
Synaptidae g. sp.	–	0.010	–	0.218	–	0.005	–	–	–	0.024
CHORDATA (Ascidiacea)										
Ascidiacea g. sp.	–	–	–	–	–	0.0002	0.010	–	–	–
<i>Asciadiella aspersa</i> (Müller, 1776)	–	–	–	0.001	–	–	0.006	0.988	–	–
<i>Eugyra adriatica</i> Drasche, 1884	0.005	0.0002	–	–	–	–	–	0.043	0.258	0.003
<i>Molgula appendiculata</i> , Heller, 1877	0.006	0.006	–	–	–	0.006	0.162	0.396	6.594	1.690
<i>M. euprocta</i> Drasche, 1884	0.027	–	–	–	–	0.013	–	–	–	–

Дальнейшие наблюдения выявили резкое сокращение видового богатства донной фауны: с 1976 по 1986 гг. в каждой съёмке бентос был представлен только 10 – 21 видами. На 72 станциях, выполненных в этот период, в дночерпательных пробах суммарно отмечено только 39 видов макрозообентоса (см. табл. 1) при среднестанционной встречаемости 4 – 8 видов (рис. 2 В). В 1999 г. после 13-летнего отсутствия экспедиционных данных только на одной, и единственной, выполненной станции было обнаружено уже 30 видов макрозообентоса. Последняя цифра является абсолютным максимумом в ряду среднестанционных данных для года, полученных на полигоне с 1969

по 2011 гг. (рис. 2 В). Всего же 30 и более видов макрозообентоса отмечено ещё только на 4-х из 112 станций: на одной – в 1969 г. (30 видов, глубина 90 м) и 3-х – в 2011-м (30 видов, 78 и 84 м; 35 видов, 91 м). В результате в 2011 г. общий уровень видового богатства донной макрофауны (51 вид) приблизился к таковому начального периода наблюдений в 1969 (67 видов) и 1970 гг. (51 вид) (см. рис. 2 А). Суммарно на 7 станциях в 2010 – 2011 гг. встречено 58 видов зообентоса, а с учётом данных 1999 г. – 68. Последняя цифра повторяет данные, приводимые для общего количества видов макрозообентоса в биоценозе фазеолины у берегов Крыма с 1982 по 1999 гг. [14].

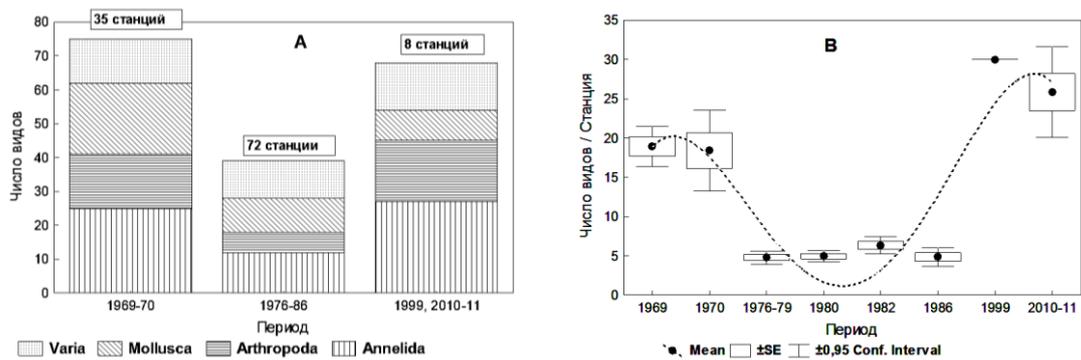


Рис. 2 Общее (А) и среднестанционное (В) количество видов макрозообентоса в разные годы
 Fig. 2 The total number of macrozoobenthos species (A) and the average number of macrozoobenthos species per one sample-station (B) in different years

Фаунистические комплексы. Донная макрофауна исследуемого полигона имеет высокое фаунистическое сходство (не ниже 40% по коэффициенту сходства Брея–Куртиса) во все периоды наблюдений (рис. 3 А), что указывает на отсутствие её кардинальных многолетних изменений. Процесс изменения структурных показателей зообентоса ялтинского полигона хорошо иллюстрирует фаунистическая ординация станций с учётом времени их выполнения (рис. 3 В). При наличии временного тренда составов донной фауны в пределах её ~40% сходства выделяются две временные области: первая включает начальный и конечный периоды исследований (1969 – 1970 и 1999 –

2011 гг.), вторая – срединное десятилетие (1976 – 1986) (рис. 3 В).

Во все периоды исследований макрозообентос был представлен комплексом *M. phaseolina*, с абсолютным вкладом последней (по ИФО) во внутрикомплексное сходство от 22.4 до 89.63 % (табл. 4). Только в 1980 г. фазеолина не была абсолютным доминантом, хотя и входила в лидирующую группу видов.

Полученные результаты указывают на то, что донная фауна после некоторых циклических изменений приближается к состоянию, характерному для периода 1969 – 1970 гг.

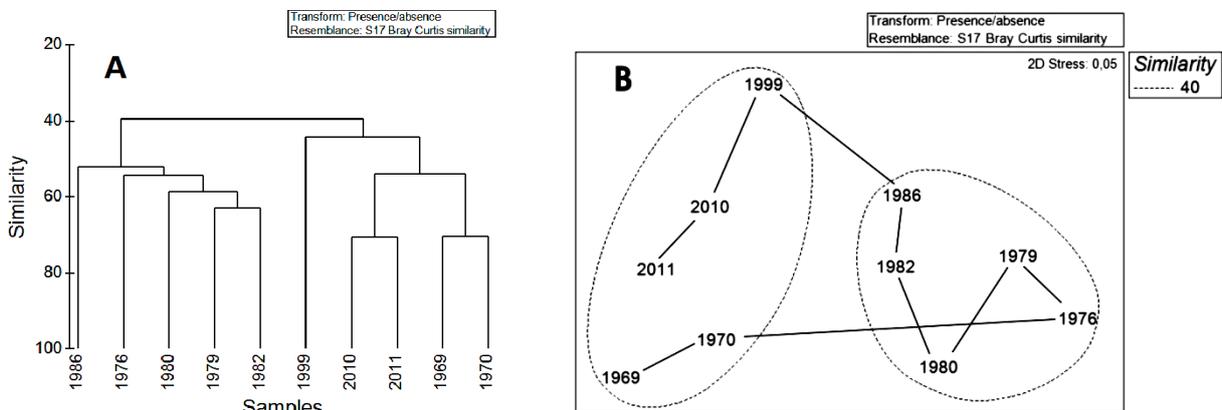


Рис. 3 Сходство состава донной макрофауны в разные периоды исследований на основе коэффициента сходства Брея–Куртиса. А – иерархическая дендрограмма фаунистических комплексов разных периодов исследования, В – многолетняя динамика состава донной макрофауны в ординационной плоскости
 Fig. 3 The Bray-Curtis similarity of macrozoobenthos species composition in different years. А – the hierarchical grouping of faunistic complexes of different years, В – long-term dynamics of macrozoobenthos species composition on the ordination plane

Табл. 4 Основные виды макрозообентоса на ялтинском полигоне в 1969 – 2011 гг.
Table 4 The main macrozoobenthos species on Yalta test site in 1969 – 2011

Год	Вид	ИФО	$\bar{\alpha}_i$	$\bar{\alpha}_i/SD(\alpha_i)$	$\bar{\alpha}_i\%$	Cum. %
Среднее внутрикомплексное сходство: 31.53						
1969	<i>Modiolula phaseolina</i>	93.11	21.57	0.85	68.42	68.42
	<i>Amphiura stepanovi</i>	2.93	2.99	0.87	9.50	77.92
	<i>Papillicardium papillosum</i>	5.39	2.49	0.47	7.90	85.82
	<i>Terebellides stroemi</i>	2.67	1.87	0.70	5.93	91.75
	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	1.13	0.54	0.33	1.70	93.44
	<i>Abra alba</i>	0.69	0.52	0.47	1.65	95.09
----- Среднее внутрикомплексное сходство: 35.69						
1970	<i>Modiolula phaseolina</i>	44.66	16.87	0.87	47.29	47.29
	<i>Amphiura stepanovi</i>	4.29	5.70	1.76	15.97	63.26
	<i>Terebellides stroemi</i>	4.47	5.17	0.85	14.48	77.74
	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	4.04	4.62	0.93	12.94	90.68
	<i>Papillicardium papillosum</i>	2.30	0.66	0.36	1.85	92.53
	<i>Notomastus profundus</i>	0.54	0.64	0.53	1.80	94.33
	<i>Abra alba</i>	0.86	0.55	0.62	1.56	95.89
----- Среднее внутрикомплексное сходство: 33.05						
1976, 1979	<i>Modiolula phaseolina</i>	43.32	12.23	0.56	37.02	37.02
	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	5.68	9.79	0.84	29.62	66.64
	<i>Terebellides stroemi</i>	5.75	7.57	0.78	22.90	89.54
	<i>Amphiura stepanovi</i>	2.10	3.01	0.76	9.12	98.65
----- Среднее внутрикомплексное сходство: 31.80						
1980	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	8.08	11.09	0.93	34.89	34.89
	<i>Amphiura stepanovi</i>	6.07	9.12	1.00	28.69	63.58
	<i>Modiolula phaseolina</i>	34.67	7.12	0.49	22.40	85.98
	<i>Terebellides stroemi</i>	3.62	3.18	0.53	10.00	95.98
----- Среднее внутрикомплексное сходство: 31.74						
1982	<i>Modiolula phaseolina</i>	65.59	18.64	0.95	58.71	58.71
	<i>Amphiura stepanovi</i>	6.57	5.00	0.87	15.75	74.46
	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	5.33	3.27	0.84	10.29	84.75
	<i>Terebellides stroemi</i>	6.24	2.90	0.78	9.13	93.88
	<i>Abra alba</i>	1.65	0.90	0.34	2.82	96.70
----- Среднее внутрикомплексное сходство: 38.81						
1986	<i>Modiolula phaseolina</i>	45.82	31.01	1.64	79.91	79.91
	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	27.70	6.54	0.55	16.84	96.75
----- Среднее внутрикомплексное сходство: 61.68						
2010, 2011	<i>Modiolula phaseolina</i>	296.76	55.28	3.18	89.63	89.63
	<i>Melinna palmata</i>	11.04	2.08	0.97	3.38	93.01
	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	6.63	0.99	0.69	1.60	94.60
	<i>Amphiura stepanovi</i>	3.91	0.75	1.97	1.21	95.82

Примечание: ИФО – среднее значение индекса функционального обилия, $\bar{\alpha}$ – абсолютный и $\bar{\alpha}_i\%$ – относительный вклады вида «i» в среднее сходство Брэя–Куртиса внутри комплекса, SD – стандартное отклонение, Cum. % – накопленный процент вклада видов во внутрикомплексное сходство.

Таким образом, становится очевидной возможность подразделения и дальнейшего анализа временного ряда состава донной фауны по трём периодам: первый – 1969–1970-й, второй – 1976–1986-й, третий – 1999, 2010–2011 гг. (условно 1999–2011 гг.).

Прогностическая оценка числа видов на полигоне. Имеющиеся данные по 72 станциям 1976–1986 гг. достаточно полно характеризуют общее видовое богатство полигона. Это следует из того, что кривая накопленного числа видов (статистика Chao 2) выходит на плато (~40 видов) уже на 16-й станции, и дальнейшее

увеличение отбора проб практически не влияют на изменение оценочного видового богатства зообентоса (рис. 4).

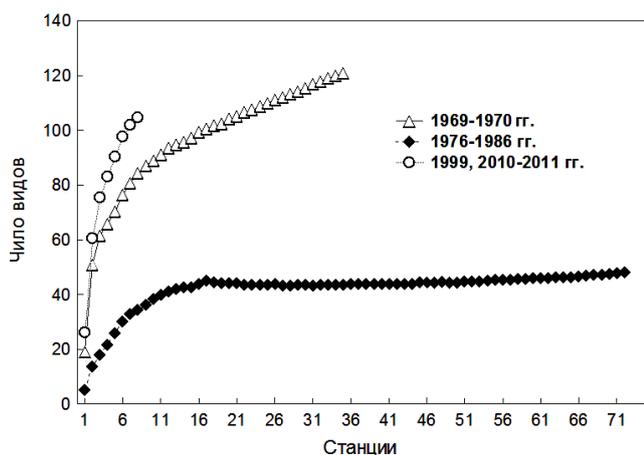


Рис. 4 Кривые накопленного числа видов (статистика «Chao 2») на ялтинском полигоне на глубинах 70–94 м в различные периоды наблюдений
 Fig. 4 The curves of cumulative number of species (statistics «Chao 2») on the Yalta test site at depths 70–94 m in different periods of observations

Прогностическая оценка количества видов зообентоса в 1976–1986 гг. совпадает с количеством видов (39), реально обнаруженных здесь в этот период. Две другие кривые, характеризующие видовое богатство акватории в 1969–1970 и 1999–2011 гг., далеки от «насыщения» (рис. 4). Это свидетельствует о неполноте выявленного состава донной фауны в соответствующие периоды исследования и предполагает расширение её видового богатства при увеличении количества выполненных станций. По-видимому, в этом случае следует говорить о наличии некоторых благоприятных условий, складывающихся на полигоне для развития более богатой донной фауны.

Временная динамика основных таксономических групп макрозообентоса. Если рассматривать первый (1969–1970 гг., 75 видов) и третий периоды (1999–2011; 68 видов) временного ряда наблюдений, то оказывается, что разница («недобор») в современном количестве регистрируемых видов приходится в основном на долю моллюсков: соответственно 21 против 9 видов (табл. 3, рис. 2). Почти все виды, встре-

ченные в 1999–2011 гг., присутствовали и в пробах 1969–1970 гг. Исключение составил только *M. lineatus*, обнаруженный в одной из проб 2010 г. в ювенильной форме. Этот вид является массовым и образует собственный биоценоз у берегов Крыма на глубине 1–16 м [13], и его присутствие в пределах глубин полигона можно считать случайным. Виды моллюсков, не отмеченные в пробах 1999–2011 гг., имеют относительно низкие значения ИП, не превышающие 0.02, и представлены в основном ювенильными формами. Четыре из них (*G. adriatica*, *V. incurva*, *N. reticulatus*, *P. exiguum*) встречаются только на одной станции, два (*G. minima*, *L. divaricata*) – на двух, три (*A. paucicostata*, *A. segmentum* и *C. chinensis*) – на трёх, один (*P. rudis*) – на шести и один (*A. nitida*) на 11 из 35 станций в 1969 и 1970 гг. Часть этих видов образуют собственные биоценозы на меньших глубинах черноморского шельфа (*P. rudis* формирует собственный биоценоз у берегов Крыма на глубине 4–70 м, *N. reticulatus* – на 1–28, *G. adriatica* – на 3–40, *A. segmentum* – на 1–12, *P. exiguum* – на 6–25, *A. nitida* – на 8–35 и *G. minima* – на 11–30 м [13]. Их обнаружение в пробах 1969–1970 гг., тем более в виде ювенильных форм, можно признать не типичным.

Общими для трёх временных периодов исследования являются 6 видов моллюсков: *M. phaseolina* (ИП_{1969–70} = 76.999; ИП_{1976–86} = 41.966; ИП_{1999–2011} = 262.698), *P. papillosum* (3.477; 0.212; 0.907), *A. alba* (0.652; 0.112; 0.554), *T. breviata* (0.036; 0.016; 0.117), *M. galloprovincialis* (0.01; 0.014; 0.0005) и *B. submamillatum* (0.003; 0.0001; 0.0004). Первые три сохраняют абсолютное лидерство по ИП во все периоды исследования.

Количество видов Annelida в 1999–2011 гг. (26 видов) практически совпадает с представленностью этой группы в 1969–1970 гг. (24). Как видно, в 1999–2011 гг. произошло фактическое восстановление их видового богатства после периода депрессии 1976–1986 гг., когда было отмечено только 12 видов. Однако сравнение списочного состава 1969–1970

и 1999 – 2011 гг. указывает не на простое восстановление таксоцена до прежнего уровня, а на его динамический характер: появление 13 новых и отсутствие 10 видов, отмеченных здесь ранее (табл. 3). Общими же для трёх сравниваемых периодов являются только 6 видов полихет: *T. stroemi* (ИП_{1969–70} = 3.185; ИП_{1976–86} = 3.273; ИП_{1999–2011} = 4.191), *N. cirrosa* (0.272; 0.114; 0.038), *N. profundus* (0.177; 0.001; 1.538), *H. filiformis* (0.204; 0.005; 0.021), *N. hombergii* (0.091; 0.127; 3.578) и *M. palmata* (0.039; 0.011; 10.315). Во все периоды приблизительно одинаковый уровень количественного развития отмечен у *T. stroemi*. Однако, если в 1969 – 1970 и 1976 – 1986 гг. этот вид выступал в качестве абсолютного лидера таксоцена, то в 1999 – 2011-м в ранжированном по ИП списке видов потеснён на второе место мелинной, имевшей абсолютный для таксоцена многолетний максимум ИП = 10.315 и занимавшей в 1969 – 1970 гг. 10 место (ИП = 0.039).

Изменение видового богатства Arthropoda сходно с таковым Annelida. В сравнении с 1969 – 1970 гг., здесь отмечено более существенное (в сравнении с Annelida и Mollusca) сокращение числа видов в 1976 – 1986 гг. – с 16 до 6, и последующее восстановление его видового богатства до 18 (табл. 3). Из 16 видов Arthropoda списка 1969 – 1970 гг. только 9 отмечены в 1999 – 2011 гг. Из 9 новых видов один (*A. sevastopoliensis*), возможно, также присутствовал здесь ранее, будучи недавно выделенным из *A. diadema* [2] как самостоятельный.

Только 4 вида артропод присутствуют во все периоды исследования: *A. diadema* (ИП_{1969–70} = 0.081; ИП_{1976–86} = 0.0001; ИП_{1999–2011} = 0.083), *A. ostroumovi* (0.005; 0.002; 0.001), *Ph. marina* (0.054; 0.00004; 0.031) и *S. capito* (0.003; 0.0001; 0.015). Первый из них являлся лидером таксоцена (по ИП) в 1969 – 1970 и 1999 – 2011 гг., последний – в 1976 – 86 гг.

В сборной группе *Varia* многолетние изменения видового богатства оказались незначительными: 13 видов в 1969 – 1970-м, 11 – в 1976 – 1986-м и 14 – в 1999 – 2011 гг. Однако общими для трёх периодов наблюдения оказа-

лись представители только 4 таксонов: Nemertini g. sp. (ИП_{1969–70} = 0.077; ИП_{1976–86} = 0.0002; ИП_{1999–2011} = 0.353), асцидия *M. appendiculata* (ИП_{1969–70} = 0.006; ИП_{1976–86} = 0.010; ИП_{1999–2011} = 4.028), коралл *P. solitarius* (ИП_{1969–70} = 1.399; ИП_{1976–86} = 8.439; ИП_{1999–2011} = 4.782) и офиура *A. stepanovi* (ИП_{1969–70} = 3.322; ИП_{1976–86} = 3.190; ИП_{1999–2011} = 3.564). Последний из них имел относительно константный характер развития по ИП во все сравниваемые периоды и высокую встречаемость по станциям: 100 % – в 1969 – 1970 и 1999 – 2011-м и 82 % – в 1976 – 1986 гг.

Явными доминантами сборной группы являются *A. stepanovi* и *P. solitarius*. В 1969 – 1970 и 1976 – 1986 гг. в ранжированном списке видов их преобладание по ИП достигает двух порядков величин. В 1999 – 2011 гг. список доминирующих видов расширяется до трёх, с включением в него асцидии *M. appendiculata*, и степень их доминирования в ранжированном списке видов снижается до одного порядка.

Таким образом, в бентосе Ялтинского залива (применительно к исследуемому полигону) существует относительно стабильный во времени комплекс из 20 видов, присутствующих в каждом из трёх временных периодов: 1969 – 1970, 1976 – 1986 и 1999 – 2011 гг. Из них только 5 видов являются «абсолютными аборигенами» (встречены на всём временном ряду наблюдений): полихета *T. stroemi*, двустворчатые моллюски *M. phaseolina* и *A. alba*, коралл *P. solitarius* и офиура *A. stepanovi* (табл. 3). К ним примыкают другие 4 вида, не обнаруженные на полигоне только в одном из 10 временных случаев: полихеты *M. palmata*, *N. hombergii*, *N. profundus* и двустворчатый моллюск *P. papillosum*. Представители именно этих двух групп в разные периоды исследований становятся руководящими формами бентоса и субдоминантами на ялтинском полигоне в диапазоне глубин 70 – 94 м (табл. 3). Полученный нами список наиболее характерных форм зообентоса ялтинского полигона совпадает с таковым для биоценоза фазеолины (50 – 110 м) южного берега Крыма 1930-х гг. [1], однако с

одним исключением. Асцидия *M. euprocta*, находившаяся в 1930-е годы в ранжированном списке видов на втором месте по биомассе (12.5 г • м²) и встречаемости (90 %) в наших исследованиях обнаружена только в съёмках 1969 и 1982 гг.

При наличии некоторого стабильного во времени фаунистического ядра глубоководного комплекса видов становится понятно, что указанный ранее (см. рис. 4) «недобор» видов приходится на долю относительно редких форм бентоса, появление которых в пределах полигона на глубине 70 – 94 м может носить случайный характер.

Видовое разнообразие макрозообентоса. Оценка развития макрозообентоса, выполненная с помощью индексов видового разнообразия Шеннона и структурной выровненности Пиелю, дала результаты, адекватные многолетним изменениям количественного развития и видовому обилию (рис. 5). Учитывая, что

значение индекса Шеннона зависит от длины видового ряда и степени доминирования отдельных видов, становится понятным относительно высокий уровень значения индекса в ранний период исследований (1969 – 1970 гг.) (см. табл. 3, рис. 4). При относительно сходных (по длине) видовых рядах в 1969 – 1970 и 1999 – 2011 гг. в последнем случае наиболее низкие значения индекса Шеннона по биомассе обусловлены именно более высоким уровнем доминирования руководящих видов донного комплекса (и соответственно низким значением индекса выровненности Пиелю). Отметим также, что в 1976 – 1986 гг. в зообентосе полигона наблюдается самый высокий уровень выровненности (по индексу Пиелю) зообентоса по биомассе. Однако ввиду низкого видового богатства (в среднем около 5 видов на станцию), мы констатируем и относительно низкие (в сравнении с 1969 – 1970 гг.) соответствующие значения индекса Шеннона (рис. 5 В).

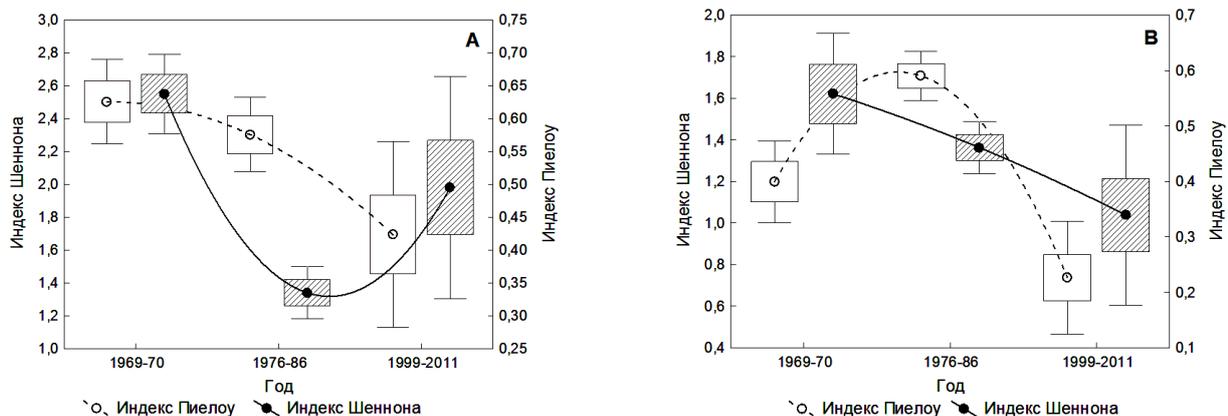


Рис. 5 Многолетняя динамика индексов видового разнообразия Шеннона (H') и структурной выровненности Пиелю (J') макрозообентоса по численности (А) и биомассе (В)

Fig. 5 Long-term changes in diversity indices Shannon (H') and Pielou (J') both by abundance (A) and biomass (B) of macrozoobenthos species

Обсуждение. Основной целью принятых нами исследований являлось продолжение мониторинга состояния донных сообществ Ялтинского залива в условиях функционирующего «экспериментального» глубоководного сброса хозяйственно-бытовых сточных вод. Как следует из полученных результатов, 1976 – 1986 гг. знаменуют некоторый кри-

тический период в развитии макрозообентоса, совпадающий со строительством и поэтапным вводом в эксплуатацию глубоководного сброса хозяйственно-бытовых вод в заливе. Поступающие в залив сточные воды в это время или не имели очистки (в самом начале реализации проекта) или проходили только механическую очистку (по крайней мере, с 1979 по 1983 гг.

[5]). Заглубление сброса загрязнений привело к оздоровлению прибрежных мелководных экосистемы [8], однако, как показал анализ многолетних данных, в ущерб развитию зообентоса глубоководной части залива с существующим там природным биофильстром – поясным сообществом *M. phaseolina*.

В противоположность прибрежной экосистеме с ранее существовавшим мелководным сбросом сточных вод [7, 8], в глубоководной части залива всплеска развития каких-либо организмов макрозообентоса, как и кардинальной смены сообществ, не произошло. «Адаптация» донной фауны к условиям 1976 – 1986 гг. выразилась в снижении видового богатства и численности макрозообентоса. Глубоководная система оказалась ограниченной в «выборе» ответной реакции, уже исходя из наличия малого набора видов, присутствующих в зоне глубоководного сброса. Так из ~ 600 видов макрозообентоса, обитающих у берегов Крыма [14], в 1950 – 1970-е гг. для сообщества фазеолины в Черном море был известен 81 вид [6], в 1982 – 1999-е – 68 [14]. На ялтинском полигоне в диапазоне рассматриваемых глубин 70 – 94 м за весь период наблюдений зарегистрировано 108 видов макрозообентоса, при этом в период 1979 – 1986 гг. – только 39.

При оценке регрессивных изменений в бентосе глубоководной части залива, наряду с воздействием глубоководного сброса сточных вод, не следует упускать из вида и факт изменений в рассматриваемый период трофического статуса всего черноморского бассейна [3, 21]. Рост эвтрофирования пелагиали Чёрного моря на рубеже 1980 – 1990-х определил изменения в бентали, выразившиеся в массовом развитии потребителей избытка этого органического вещества. Известные данные по многолетней динамике зообентоса на меньших глубинах (до 25 – 30 м) различных участков черноморского шельфа свидетельствует о значительном повышении биомассы зообентоса в конце прошлого столетия за счёт массового развития организмов донной группировки, относимой к фильтраторам-сестонофагам (*Ch. gallina*, 60

M. galloprovincialis, *C. glaucum*) [10, 12, 13, 15, 20]. При этом на пике биомассы макрозообентоса в 1990-е гг. сокращения количества видов в прибрежной зоне Крыма не происходило.

К сожалению, для анализируемых глубин ялтинского полигона (70 – 94 м) данные по 1990-м годам фактически отсутствуют (выполнена только одна станция), и «возможное» (по аналогии с прибрежной зоной с глубинами до 25 – 30 м) возрастание биомассы зообентоса, как ответной реакции на общий уровень эвтрофирования бассейна Чёрного моря, в последнее десятилетие 20 века здесь не зарегистрировано. При наличии канализационного сброса в глубоководной части акватории Ялтинского залива возникли специфические условия развития донной фауны. В 1976 – 1986 гг., в отличие от шельфовой зоны Крыма с глубинами до 25 – 30 м, здесь произошло существенное сокращение видового богатства макрозообентоса. Понятно, что канализационный сброс является прямым поставщиком не только «чистого» органического вещества, но и любых других компонентов хозяйственной деятельности человека. По-видимому, к деградации донной экосистемы Ялтинского залива вблизи глубоководного канализационного сброса в 1976 – 1986 гг. привёл не сам избыток органики, а какие-то неочищенные компоненты этого сброса. На это, в частности, указывает то, что уже в 1999 г. через 4 года после завершения всех работ и введения в эксплуатацию системы биологической очистки [11] отмечается тенденция к восстановлению видового богатства акватории. К 2010 – 2011 гг. донная экосистема вблизи глубоководного канализационного сброса по видовому богатству и численности макрозообентоса уже мало чем отличалась от таковой периода конца 1960 – начала 1970-х гг., а общая биомасса макрозообентоса в разы была выше.

Выводы. 1. В 1969 – 2011 гг. донная макрофауна Ялтинского полигона (70 – 94 м) во все периоды исследования представлена биотическим комплексом *Modiolula phaseolina*. Обнаружено 108 представителей макрозообентоса, из них только 20 видов являются посто-

янными компонентами бентоса, отмеченными на полигоне во все периоды исследования. 2. По-видимому, период с 1976 по 1986 гг. для бентоса глубоководной части залива следует считать кризисным. На это указывает резкое сокращение количества обнаруженных на полигоне видов и снижение общей численности макрозообентоса. Фактическое восстановление видового богатства и общей численности макрозообентоса в 2010 – 2011-х до уровня конца 1960-х – начала 1970-х годов, как и увеличение средней биомассы бентоса с $34,574 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (1969 – 1999 гг.) до $151,504 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (2010 – 2011 гг.) свидетельствует о современном улучшении

экологической ситуации в глубоководной зоне Ялтинского залива. 3. Отмечаемые многолетние изменения макрозообентоса соответствуют этапности ввода в эксплуатацию глубоководного сброса хозяйственно-бытовых вод, что может быть косвенным основанием для признания его влияния на экологическую ситуацию в глубоководной части Ялтинского залива.

Благодарности. Авторы выражают благодарность В. А. Тимофееву и И. П. Бондареву как участникам сбора материалов в 64 и 68 рейсах НИС «Профессор Водяницкий» а также Г. А. Добротиной, В. Н. Копытовой, Н. Аннинской за помощь в обработке рейсовых материалов.

1. Арнольди Л. В. Материалы по количественному изучению зообентоса в Чёрном море // Труды ЗИН. – 1941. – 7, вып.2. – С. 94 – 113.
2. Гринцов В. А. *Ampelisca sevastopoliensis* sp. N. (Amphipoda, Ampeliscidae) – новый вид бокоплова из прибрежной зоны Крыма (Чёрное море) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол. – 2011. – 116, вып. 1. – С. 67 – 69.
3. Заика В. Е. Де-эвтрофикация Чёрного моря и влияние климатических осцилляций / Сб. науч. ст., посвящ. 90-летию Новороссийской морской биологической станции им. проф. В. М. Арнольди. – Краснодар. – 2011. – С. 88 – 91.
4. Зац В. И., Немировский М. С., Андрющенко Б. Ф., Кандыбко В. В., Степанов В. Н., Агарков А. К., Шулъгина Е. Ф., Киселёва М. И., Сеничкина Л. Г., Федоренко Л. В. Опыт теоретического и экспериментального исследования проблемы глубоководного сброса сточных вод на примере района Ялты. – Киев: Наук. думка, 1973. – 274 с.
5. Зац В.И., Немировский М.С., Күфтаркова Е.А., Ковригина Н.П., Киселёва М.И., Розман Л.Д., Чепурнова Э.А., Сеничкина Л.Г. Состояние качества воды прибрежной зоны района Ялты как результат комплекса природоохранных мероприятий / III Съезд советских океанологов (Ленинград, 14–19 декабря 1987). Тез. докл. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 96 – 98.
6. Киселева М.И. Бентос рыхлых грунтов Черного моря – Киев: Наук. думка, 1981. – 165 с.
7. Киселёва М.И. Характеристика донных сообществ Ялтинского залива в различные сезоны 1979 – 1982 гг. / Ин-т биол. юж. Морей АН УССР. – Севастополь, 1985. – 31 с. – Деп. в ВИНТИ, №2165 – 85.
8. Киселева М.И. Макрозообентос прибрежной зоны Чёрного моря после прекращения сброса сточных вод // Гидробиол. журн. – 1987. – 23, №1. – С. 40 – 43.
9. Киселёва М. И., Славина О. Я. Донные биоценозы южного берега Крыма // Труды Севаст. биол. ст. – Киев: Изд-во АН УССР, 1963. – 16. – С. 176 – 191.
10. Ковалёва М. А., Болтачёва Н. А., Костенко Н. С. Многолетняя динамика состояния поселений Mutilidae на скалах Карадага // Мор. экол. журн. – 2012. – 11, № 2. – С. 39 – 44.
11. Кочуров В. Л. ЯКОС к курортному сезону готов // Вестник Ялтинского водоканала. – 2011. – №2. – С. 2. (www.yaltavodokanal.com.ua).
12. Ревков Н.К. Некоторые замечания по составу и многолетней динамике фауны моллюсков рыхлых грунтов юго-восточного Крыма (Чёрное море) / Сб. науч. тр., посв. 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 251 – 261.
13. Ревков Н. К. Количественное развитие макрозообентоса и его многолетняя динамика / Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 144 – 152.
14. Ревков Н. К. Таксономический состав макрозообентоса украинского шельфа Чёрного моря / Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 141 – 144.
15. Ревков Н.К., Валова Н.А., Колесникова Е.А., Николаенко Т.В., Шалятин В.К. К вопросу о реакции черноморского макрозообентоса на эвтрофирование / Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч. тр. – Севастополь, 1999. – С. 199 – 212.
16. Ревков Н. К., Болтачёва Н. А., Николаенко Т. В., Колесникова Е. А. Биоразнообразие зообентоса рыхлых грунтов крымского побережья Чёрного

- моря // Океанология. – 2002. – 42, № 4. – С. 561 – 571.
17. *Sergeeva H. G.* Характеристика фауны свободноживущих нематод Ялтинского залива в периоды функционирования мелководного и глубоководного выпусков хозяйственных вод / В кн.: Многолетние изменения зообентоса Черного моря. – Киев, 1992. – С. 170 – 184.
18. *Chao A.* Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability // *Biometrics*. – 1987. – 43. – P. 783 – 791.
19. *Clarke K. R., Gorley R. M.* PRIMER v5: User Manual / Tutorial. Primer – E: Plymouth. – 2001. – 92 p.
20. *Revkov N. K., Abaza V., Dumitrache C., Todorova V., Konsulova T., Mickashavidze E., Varshanidze M., Sezgin M., Ozturk B., Chikina M. V., Kucheruk N. V.* The state of zoobenthos // *State of the Environment of the Black Sea (2001 – 2006/7)*. Ed. Temel Oguz. – Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea against Pollution (BSC) 2008 – 3. 2008. – Istanbul, Turkey. – P. 273 – 320.
21. *Yuney O.A., Moncheva S., Carstensen J.* Long-term variability of vertical chlorophyll *a* and nitrate profiles in the open Black Sea: eutrophication and climate change // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 2005. – 294. – P. 95 – 107.

Поступила 08 июля 2013 г.

После доработки 04 ноября 2013 г.

В окончательном виде 19 мая 2014 г.

Багаторічні зміни зообентосу в акваторії Ялтинської затоки (Чорне море, південний берег Криму). М. К. Ревков, Н. О. Болтачева, Л. В. Бондаренко. Наводяться результати моніторингових досліджень стану макрозообентосу на глибині 70 – 94 м поблизу глибоководного скидання стічних вод у Ялтинській затоці (південний берег Криму, Чорне море) в період з 1969 по 2011 рр. Всього відзначено 108 видів макрозообентосу, проте тільки 20 з них є постійними компонентами існуючого на полігоні дослідження біотичного комплексу *Modiolula phaseolina*. У 1976 – 1986 рр. відзначено скорочення кількості видів макрозообентосу до 39, проти 75 у 1969 – 1970 рр. Фактичне відновлення видового багатства (58 видів) і загальної чисельності (4541 екз. • м⁻²) макрозообентосу у 2010 – 2011 рр. до рівня кінця 1960-х – початку 1970-х років, як і збільшення середньої біомаси бентосу з 35 (1969 – 1999 рр.) до 152 г • м⁻² (2010 – 2011 рр.) свідчить про сучасне поліпшення екологічної обстановки в глибоководній зоні затоки. Відзначено відповідність багаторічної динаміки макрозообентосу і етапності введення в експлуатацію глибоководного скидання господарсько-побутових вод.

Ключові слова: макрозообентос, багаторічні зміни, глибоководне скидання стічних вод, Чорне море, Крим.

Long-term changes of zoobenthos in Yalta Gulf (Black Sea, southern coast of Crimea). N. K. Revkov, N. A. Boltacheva, L. V. Bondarenko. The results of long-term researches of the state of macrozoobenthos in the area of the deepwater sewage discharge in the Gulf of Yalta are given. In the period from 1969 to 2011, at depths of 70 to 94 m in total of 108 macrozoobenthos species were registered. Only 20 of species are permanent components of biocenotic complex *Modiolula phaseolina* (Mollusca, Bivalvia) existing in the area of research. In 1976 – 1986, compared with 1969 – 1970, the reduction of the macrozoobenthos species number from 75 to 39 was noted. The actual recovery of species richness (58 species) and abundance (4541 ind. • m⁻²) of macrozoobenthos in 2010 – 2011 up to the level of the late 1960s and early 1970s, as well as growth of the average biomass from 35 g • m⁻² (1969 – 1999) to 152 g • m⁻² (2010 – 2011) indicates the contemporary improvement of the ecological status the deep-water zone of the Yalta Gulf. An accordance between long-term changes of macrozoobenthos development and the commissioning stages of a deep-water discharge of domestic sewage was stated.

Keywords: macrozoobenthos, long-term changes, deep-discharge of waste water, the Black Sea, Crimea.