

Н.К. Ревков¹, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., Н.А. Болтачёва¹, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.,
И.П. Бондарев¹, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., Л.В. Бондаренко¹, мл. науч. сотр.,
В.А. Тимофеев¹, канд. биол. наук, науч. сотр.

СОСТОЯНИЕ ЗООРЕСУРСОВ БЕНТАЛИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЫ ШЕЛЬФА КРЫМА ПОСЛЕ КРИЗИСА ЧЕРНОМОРСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2010 г. на НИС «ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ»)

В результате исследований макрозообентоса (М) у берегов Крыма, выполненных в 64 и 68 рейсах НИС «Профессор Водяницкий» в 2010 г., в диапазоне глубин 22 – 123 м зарегистрировано 120 видов М при средней встречаемости 20 ± 2 видов на станцию. Выделено два фаунистических комплекса зообентоса, соответствующих известным поясам бентали черноморского шельфа – мидии (22 – 58) и фазеолины (70 – 98 м). В зоне мидиевых илов отмечено снижение биомассы М с 640 – 671 (1960 – 1970 и 1980 – 2001 гг.) до $105 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (2010 г.). Одной из составляющих данного процесса является уменьшение среднепопуляционной массы мидии с ~ 6 (1970 – 1980-е гг.) до ~ 3 (1990-е гг.) и менее $1 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1}$ (2000 – 2010-е гг.). В зоне фазеолиновых илов средние значения количественных показателей М по биомассе в 2010 г. выше аналогичных параметров 1982 – 1999 гг. и приблизительно соответствуют таковым 1960 – 1970-х гг. Данные количественного развития М на глубине более 70 м, как и размерной структуры поселений руководящего вида комплекса фазеолины, свидетельствуют об относительно стабильных условиях развития донной фауны глубоководной части шельфа Крыма в первое десятилетие XXI века. Отмечено относительно слабое, в сравнении с другими черноморскими акваториями, освоение шельфовой зоны Крыма недавним черноморским вселенцем *Anadara kagoshimensis*.

Ключевые слова: макрозообентос, *Mytilus galloprovincialis*, *Modiolula phaseolina*, *Anadara kagoshimensis*, многолетние изменения, шельф Крыма, Чёрное море

В последние десятилетия XX века в бассейне Черного моря наблюдалось ухудшение экологической ситуации (Alexandrov, Zaitsev, 1998; Black Sea... 1998; Zaitsev, Mamaev, 1997), определившее существенные изменения структуры его биологических ресурсов. На обширных (северо-западный район моря) и локальных (побережье Крыма) участках шельфовой зоны отмечались процессы трансформации донных сообществ, сокращения их видового богатства, изменения структурно-популяционных характеристик и рост морфологических аномалий отдельных видов бентоса (Заика, 1990; Заика, Сергеева, 2001; Золотарев, 1994; Киселева и др., 1997; Макаров, Костылев, 2002; Маккавеева, 1992; Миرون и др., 2003; Петров, Заика, 1993; Повчун, 1992; Ревков и др., 1992, 1999а, 1999б; Сергеева, 1992; Alexandrov, Zaitsev, 1998; Bronfman et al., 1994 и др.). Всё это не могло не вызывать обоснованных опасений относительно перспектив изменения экосистемы бентали и диктовало необходимость более детального изучения и контроля динамики происходящих процессов. Однако на рубеже веков и в первое десятилетие XXI века в силу объективных причин экономического характера экспедиционные исследования северных участков черноморского шельфа с глубинами более 50 м резко сократились. Отсутствие регулярных данных грозило утратой контроля за состоянием глубоководной донной фауны региона и невозможностью оценки тенденций её развития в непростой для черноморской экосистемы период. Особое место среди работ этого периода занимает экспедиция 1999 г. (53 рейс НИС «Профессор Водяницкий»), по результатам которой был сделан вывод об относительно благополучном состоянии донных

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, РФ.

экосистем у берегов Крыма; их существенной перестройки и тем более деградации обнаружено не было (Кириухина, Губасарян, 2000; Ревков и др., 2002). Эти выводы соответствовали данным последних лет, всё более указывавшим на улучшение экологической ситуации в бассейне Чёрного моря (Oguz et al., 2008; Заика, 2011).

Фактическое возобновление наблюдений за состоянием бентоса глубоководного участка шельфа Крыма было осуществлено после 11-летнего перерыва в 64 и 68 экспедиционных рейсах НИС «Профессор Водяницкий» только в 2010 г. Их целью являлась мониторинговая комплексная оценка состояния пелагической и донной экосистем северного участка Чёрного моря. В данной работе представлены основные результаты этих экспедиций, полученные в ходе исследования бентоса глубоководной зоны шельфа Крыма.

Материал и методы. Материал собран в 64 (июль 2010 г.) и 68 (ноябрь 2010 г.) рейсах НИС «Профессор Водяницкий» с использованием дночерпателя «Океан 50» ($S = 0,25 \text{ м}^2$) на 28 станциях в диапазоне глубин 22 – 123 м (рис. 1, табл. 1). На каждой станции отбирали по 1 – 3 дночерпательные пробы. Их промывку вели через систему сит с минимальным диаметром ячеей фильтрации 1 мм. Фиксация материала выполнена в 4 % нейтрализованном формалине.

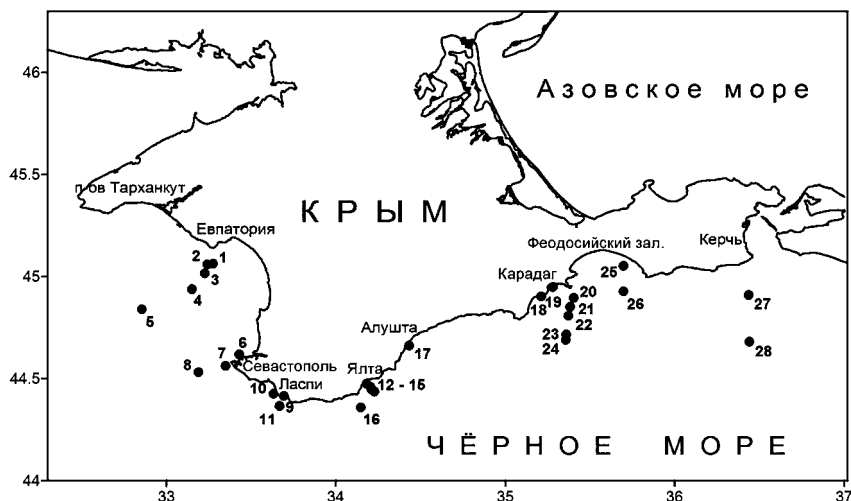


Рис. 1. Карта-схема станций, выполненных в 64 и 68 рейсах НИС «Профессор Водяницкий» у берегов Крыма

Fig. 1. Location of the benthic stations completed during expeditions 64 and 68 of R/V “Professor Vodyanitsky” near the Crimean shores

При описании количественного развития донной фауны использованы параметры численности, биомассы, индекса функционального обилия (ИФО) и индекса плотности (ИП) видов в выражениях:

$$\text{ИП} = \text{ИФО} \times p,$$

$$\text{ИФО} = N_i^{0.25} \times B_i^{0.75} \text{ (Мальцев, 1990),}$$

где: N_i и B_i – соответственно численность (экз. · м⁻²) и сырая биомасса (г · м⁻²) таксона i ; p – встречаемость таксона i (от 0 до 1) в соответствующем биоценоотическом комплексе.

Двустворчатых моллюсков взвешивали после удаления из мантийной полости фиксирующего раствора. Измерение раковин двустворчатых моллюсков выполнено штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

Табл. 1. Реестр бентосных станций, выполненных в 64 и 68 рейсах
 НИС «Профессор Водяницкий» у берегов Крыма
 Table 1. Registry of benthic stations 64 and 68
 RV "Professor. Vodyanitsky" expeditions off the Crimea coast

Район	№ станции	Код станции*	Широта	Долгота	Глубина, м
Евпатория	1	64/16	45,06390°	33,27570°	30
	2	64/16b	45,06020°	33,24080°	46
	3	64/15	45,01640°	33,22650°	70
	4	64/14	44,93850°	33,15040°	93
	5	68/31	44,83947°	32,85600°	123
Севастополь	6	68/47	44,61941°	33,42868°	65
	7	64/10	44,56370°	33,34870°	87
	8	64/12	44,53110°	33,18950°	121
Ласпи	9	68/33	44,41463°	33,69413°	45
	10	64/9a	44,42598°	33,63260°	84
	11	64/8	44,36640°	33,66810°	86
Ялта	12	68/34	44,47434°	34,18147°	55
	13	64/7a	44,45920°	34,20450°	84
	14	64/7b	44,44640°	34,21140°	88
	15	64/6	44,43650°	34,22710°	93
	16	68/35	44,35925°	34,14737°	118
Алушта	17	68/44	44,66090°	34,43225°	42
Карадаг	18	68/39	44,90333°	35,21072°	22
	19	68/38	44,94794°	35,28213°	24
	20	64/1	44,89625°	35,40385°	48
	21	68/37	44,85270°	35,38371°	58
	22	64/2	44,80835°	35,37180°	72
	23	64/3	44,71700°	35,35980°	91
	24	68/36	44,68911°	35,35781°	98
	25	68/40	45,05336°	35,69653°	22
Феодосийский залив	26	68/41	44,92727°	35,69704°	34
	27	68/42	44,90993°	36,43627°	42
Керченское предпроливье	28	68/43	44,68100°	36,44062°	79

Примечание: * над чертой – номер рейса, под чертой – номер станции по судовому бентосному журналу

Note: * above the line – the expedition number, below the line – the station number on the ship's log of benthic

При оценке структурной организации макрозообентоса использованы алгоритмы многомерной статистики. Обработка данных выполнена в пакете программ PRIMER (Cluster, MDS, SIMPER) (Bray, Curtis, 1957; Clarke, 1993; Clarke, Gorley, 2001). Выделение биоценологических комплексов (фаунистическая классификация) выполнено на основе трансформированной (присутствие/отсутствие видов) матрицы данных по станциям. В качестве меры сходства станций использована статистика Брэя-Куртиса. Определение руководящих видов выделенных пространственных группировок бентоса (комплексов) производилось на основе их вклада (по нетрансформированным значениям ИФО) во внутрикомплексное сходство. При обращении к более ранним (до 2010 г.) периодам исследования макрозообентоса у берегов Крыма использованы первичные материалы из базы данных отдела экологии бентоса ИМБИ РАН.

Результаты и обсуждение. Качественный состав. Из 574 видов макрозообентоса, обитающих у берегов Крыма (Revkov et al., 2008), в ходе выполненных исследований зарегистрировано 120. Наиболее многочисленны представители

Annelida – 42 вида, Arthropoda – 29, Mollusca – 30 (из них Bivalvia – 17, Gastropoda – 12, Loricata – 1 вид) и сборная группа прочих видов Varia (представители Porifera, Cnidaria, Nemertea, Bryozoa, Phoronida, Echinodermata и Chordata) ~ 19 видов (таксономические группы Oligochaeta, Porifera и Nemertea до вида не идентифицированы) (табл. 2). На отдельных станциях обнаружено от 6 (123 м, р-н Евпатории) до 44 видов (45 м, р-н Ласпи) при средней встречаемости 20 ± 2 вида на станции. Кроме этого, в пробах отмечено присутствие свежих пустых раковин Bivalvia – *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758), *Thracia papyracea* (Poli, 1791), *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), *Kurtiella bidentata* (Montagu, 1803) и *Tellina donacina* Linnaeus, 1758; Gastropoda – *Tricolia pullus* (Linnaeus, 1758), *Gibbula adriatica* (Philippi, 1844), *Vitreolina incurva* (B.D.D., 1883), *Cerithiopsis tubercularis* (Montagu, 1803), *Mangelia costata* Pennant, 1777, *Marshallora adversa* (Montagu, 1803), *Monophorus perversus* (Linnaeus, 1758), *Epitonium clathrus* (Linnaeus, 1758), *Chrysallida fenestrata* (Jeffreys, 1848), *Odostomia eulimoides* Hanley, 1844, *Turbonilla delicata* Monterosato, 1874 и *Rissoa parva* (Da Costa, 1778).

Наиболее распространёнными формами макрозообентоса (встречены на всех разрезах у берегов Крыма) оказались: представители Oligochaeta, Nemertea, полихеты *Heteromastus filiformis*, *Aricidea claudiae*, *Nephtys hombergii*, *Eunereis longissima* и двустворчатый моллюск *Papillicardium papillosum*.

Табл. 2. Состав и количественные показатели развития (над чертой – численность, экз. · м⁻², под чертой – биомасса, г · м⁻²) донной макрофауны у берегов Крыма с учётом её подразделения на биоценотические комплексы / кластеры (см. рис. 5)
Table 2. Composition and quantitative development (above the line – abundance, ind. · м⁻², below the line – biomass, g · м⁻²) benthic macrofauna off the coast of the Crimea, taking into account its subdivisions on biocenotic complexes / clusters (see fig. 5)

Таксон	Кластер 1 (Пояс мидии)	Кластер 2 (Пояс фазеолины)	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
PORIFERA					
Porifera g. sp.	0,9/0,039	16,0/0,051	–	–	–
CNIDARIA					
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	0,2/0,066	–	–	–	–
<i>Actinothoe clavata</i> (Ilmoni, 1830)	0,4/0,038	–	–	–	–
<i>Podocoryna carnea</i> (M. Sars, 1846)	16,4/0,001	–	–	–	–
Hydrozoa g. sp.	7,5/0,004	0,7/0,001	–	–	–
<i>Laomedea exigua</i> M. Sars, 1857	0,2/0,002	–	–	–	–
<i>Pachycerianthus solitarius</i> (Rapp, 1829)	–	22,2/8,765	–	132/26,332	–
NEMERTEA					
Nemertini g. sp.	20,0/0,509	10,7/0,114	–	–	–
ANNELIDA					
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	0,5/0,028	–	–	2/0,04	–
<i>Amphitritides gracilis</i> (Grube, 1860)	0,2/0,012	–	–	–	–
<i>Aonides paucibranchiata</i> Southern, 1914	3,6/0,007	39,3/0,071	–	–	196/0,438
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier, 1967	265,8/0,265	0,8/0,001	7/0,005	–	–
<i>Dipolydora quadrilobata</i> (Jacobi, 1883)	–	10,7/0,014	–	–	–
<i>Erinaceusyllis erinaceus</i> (Claparède, 1863)	0,4/0,0001	–	–	–	–
<i>Eumida sanguinea</i> (Ørsted, 1843)	0,7/0,001	–	–	–	–
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	1,6/0,147	–	–	–	16/0,144
<i>Eunereis longissima</i> (Johnston, 1840)	6,2/0,150	4,5/0,223	–	2/0,048	–
<i>Exogone naidina</i> Ørsted, 1845	9,8/0,001	–	–	–	–
<i>Fabricia sabella</i> (Ehrenberg, 1836)	0,9/0,0003	0,3/0,0001	–	–	–
<i>Galathowenia</i> sp.	0,7/0,0002	–	–	–	–

<i>Goniadella bobretzkii</i> (Annenkova, 1929)	1,5/0,003	–	–	–	410/1,764
<i>Glycera alba</i> (Müller, 1776)	0,2/0,010	–	–	–	–
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	2,5/0,037	–	–	–	46/0,184
<i>H. reticulata</i> (Claparède, 1870)	2,2/0,020	0,3/0,001	–	–	46/0,138
<i>Hediste diversicolor</i> (Müller, 1776)	0,4/0,003	–	–	–	–
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	356,2/0,662	10,0/0,019	6/0,007	–	–
<i>Lagis neapolitana</i> (Claparède, 1869)	1,8/0,184	–	–	–	–
<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)	–	0,7/0,005	–	–	–
Maldanidae g. sp.	–	0,5/0,004	–	–	–
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	0,7/0,005	226,8/2,264	4/0,11	4/0,076	8/0,508
<i>Micronephthys stammeri</i> (Augener, 1932)	2,2/0,002	0,7/0,001	–	–	–
<i>Mysta picta</i> (Quatrefagues, 1865)	1,1/0,014	–	–	–	–
<i>Nephtys cirrosa</i> (Ehlers, 1868)	–	5,0/0,021	–	–	–
<i>N. hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	34,0/0,478	29,0/0,966	34/0,746	–	–
<i>Notomastus profundus</i> (Eisig, 1887)	–	21,2/0,616	–	–	–
<i>Nudisyllis pulligera</i> (Krohn, 1852)	4,4/0,002	1,3/0,001	–	–	–
Oligochaeta g. sp.	30,2/0,010	15,5/0,004	–	–	–
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	2,2/0,240	–	–	–	–
<i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus, 1767)	0,2/0,003	0,8/0,002	–	–	–
<i>Ph. mucosa</i> Örsted, 1843	0,5/0,005	39,5/0,172	4/0,008	–	–
<i>Pholoe inornata</i> Johnston, 1839	14,9/0,030	0,3/0,001	–	–	98/0,064
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1834)	–	–	–	2/0,016	–
<i>Polycirrus</i> sp.	–	31,0/0,103	–	–	–
<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	0,2/0,0001	–	–	–	–
<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883	306,0/0,472	9,2/0,016	–	–	190/0,288
<i>Protodorvillea kefersteini</i> (McIntosh, 1869)	3,3/0,003	–	–	–	–
<i>Schistomeringos rudolphi</i> (Delle Chiaje, 1828)	0,9/0,004	0,7/0,001	–	–	–
<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)	10,9/0,022	–	–	–	144/0,19
<i>Sphaerosyllis bulbosa</i> Southern, 1914	10,2/0,001	–	–	–	–
<i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	9,1/0,020	–	–	–	–
<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	2,2/0,004	–	–	–	–
<i>Terebellides stroemi</i> Sars, 1835	87,1/3,293	78,2/3,679	–	–	–
ARTHROPODA					
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	10,4/0,005	12,2/0,012	–	–	–
<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	13,3/0,224	–	–	–	–
<i>Anoplodactylus petiolatus</i> (Kroyer, 1844)	0,4/0,0004	–	–	–	–
<i>Apohyale perieri</i> (Lucas, 1849)	0,2/3,6E–05	–	–	–	–
<i>A. prevostii</i> (Milne–Edwards, 1830)	0,2/0,0001	–	–	–	–
<i>Apseudopsis ostroumovi</i> Băcescu & Carausu, 1947	–	2,0/0,003	–	–	–
<i>Athanas nitescens</i> Leach, 1814	4,4/0,003	–	–	–	–
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	11,5/0,006	–	–	–	–
<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	2,4/0,007	–	–	–	–
<i>Crangon crangon</i> (Linnaeus, 1758)	0,2/0,202	–	–	–	–
<i>Cumella pygmaea euxinica</i> Băcescu, 1950	1,1/0,0001	–	–	–	–
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	0,7/0,0001	–	–	–	–
<i>Diogenes pugilator</i> Roux, 1829	6,8/1,137	–	–	–	117/0,256
<i>Erichthonius difformis</i> Milne–Edwards, 1830	0,2/0,0001	–	–	–	–
<i>Eudorella truncatula</i> (Bate, 1856)	0,2/3,6E–05	2,2/0,001	1/0,0001	–	–
<i>Iphinoe elisae</i> Băcescu, 1950	4,9/0,003	5,3/0,006	–	–	–

<i>Medicorophium runcicorne</i> (Della Valle, 1893)	0,4/0,0001	0,7/0,0002	–	–	52/0,0005
<i>Megamphopus cornutus</i> Norman, 1869	–	1,7/0,0003	–	–	–
<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)	5,1/0,012	–	–	–	–
<i>Microdeutopus anomalus</i> (Rathke, 1843)	1,1/0,0002	1,3/0,001	–	–	–
<i>M. gryllotalpa</i> Costa, 1853	9,8/0,008	1,0/0,001	–	–	–
<i>M. versiculatus</i> (Bate, 1856)	19,6/0,011	–	–	–	138/0,018
<i>Microdeutopus</i> sp.	1,3/0,0001	0,7/0,0001	–	–	–
Mysidacea g. sp.	1,1/0,001	–	–	–	–
<i>Orchomene humilis</i> (Costa, 1853)	1,5/0,001	2,7/0,0005	–	–	–
<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769	10,2/0,002	3,2/0,002	–	–	–
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837)	–	1,7/0,014	–	–	–
<i>Synchelidium maculatum</i> Stebbing, 1906	0,9/0,0002	–	–	–	–
<i>Tanais dulongii</i> (Audouin, 1826)	0,2/3,6E–05	–	–	–	–
<i>Upogebia pusilla</i> (Petagna, 1792)	2,4/3,074	–	–	–	–
MOLLUSCA (Loricata)					
<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	0,2/0,002	–	–	–	–
MOLLUSCA (Bivalvia)					
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	10,7/0,067	11,2/0,083	3/0,005	–	–
<i>A. nitida</i> (Müller, 1776)	1,8/0,002	–	–	–	–
<i>Acanthocardia paucicostata</i> (G.B. Sowerby II, 1834)	0,7/0,009	–	–	–	–
<i>Anadara kagoshimensis</i> (Tokunaga, 1906)	26,7/12,396	–	–	–	–
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	4,7/0,006	–	–	–	–
<i>Gastrana fragilis</i> (Linnaeus, 1758)	1,5/0,695	–	–	–	–
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	52,4/2,590	–	–	–	488/60,246
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	5,1/0,084	–	–	–	–
<i>Modiolus adriaticus</i> (Lamarck, 1819)	0,5/0,825	–	–	–	2/0,068
<i>Modiolula phaseolina</i> (Philippi, 1844)	7,3/0,021	825,8/33,403	4/0,008	2/0,02	–
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	0,5/0,001	4,0/0,004	–	–	–
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	21,1/33,061	0,5/2,176	3/0,947	–	–
<i>Papillicardium papillosum</i> (Poli, 1791)	29,8/3,403	13,0/1,193	7/0,554	–	–
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	0,7/0,098	–	–	–	–
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	161,3/10,428	–	–	–	100/8,34
<i>Polititapes aureus</i> (Gmelin, 1791)	1,3/1,24927	–	–	–	–
<i>Spisula subtruncata</i> (Costa, 1778)	1,8/0,185	–	–	–	–
MOLLUSCA (Gastropoda)					
<i>Bittium reticulatum</i> (Da Costa, 1778)	4,4/0,021	–	–	–	52/0,005
<i>B. submamillatum</i> (de Rayneval & Ponzi 1854)	–	0,7/0,003	–	–	–
<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)	–	–	–	–	52/0,052
<i>Calyptrea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	7,1/0,255	–	–	–	–
<i>Cyclope neritea</i> (Linnaeus, 1758)	3,8/1,09	–	–	–	32/2,464
<i>Cylichnina umbilicata</i> (Montagu, 1803)	0,4/0,001	–	–	–	–
<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)	0,4/0,001	–	–	–	–
<i>Nassarius reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	3,3/1,838	–	–	–	–
<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)	0,9/6,845	–	–	–	–
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguiere, 1792)	–	0,7/0,002	–	2/2	–
<i>Rissoa</i> sp.	0,4/0,001	–	–	–	–
<i>Trophonopsis breviata</i> (Jeffreys, 1882)	0,7/0,004	2,0/0,022	–	–	–
BRYOZOA					
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)	29,1/0,307	–	–	–	9/0,094
<i>Schizomavella auriculata</i> (Hassall, 1842)	8,7/0,044	–	–	–	12/0,060

PHORONIDA					
<i>Phoronis</i> sp.	–	0,5/0,001	–	–	–
ECHINODERMATA					
<i>Amphiura stepanovi</i> Djakonov, 1954	8,2/0,072	59,5/0,623	–	–	–
Holothurioidea g. sp.	–	0,3/0,001	–	–	–
<i>Leptosynapta inhaerens</i> (Müller, 1776)	–	0,7/0,007	–	–	–
<i>Leptosynapta</i> sp.	–	1,3/0,011	–	–	–
<i>Stereoderma kirschbergi</i> (Heller, 1868)	0,4/0,036	1,2/0,22	–	–	–
<i>Synapta hispida</i> Heller, 1868	–	0,2/0,011	–	–	–
CHORDATA (Ascidiacea)					
<i>Asciadiella aspersa</i> (Müller, 1776)	11,5/15,166	0,3/0,029	–	–	–
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)	4,0/1,234	0,2/0,014	–	–	–
<i>Diplosoma listerianum</i> (Milne-Edwards, 1841)	0,4/0,105	–	–	–	–
<i>Eugyra adriatica</i> Drasche, 1884	1,1/0,278	5,7/0,226	–	–	–
<i>Molgula appendiculata</i> , Heller, 1877	0,2/0,003	35,8/3,794	–	4/0,28	–

Количество видов макрозообентоса, обнаруженных в ходе исследований 2010 г., оказалось в 4,8 раз меньше, чем в имеющейся сводке по макрозообентосу шельфовой зоны Крыма для периода до 2005 г. (Revkov et al., 2008). Указанное различие существенно, однако следует понимать, что любая бентосная съёмка по количеству регистрируемых видов будет проигрывать при сравнении с интегральными базами данных, основанных как на большем объёме фактического материала, так и на более широких пространственно-временных границах исследований. Обратим также внимание на то, что основной диапазон глубин в исследовании 2010 г. (более 40 м) находился вне зоны максимума видового богатства макрозообентоса рыхлых грунтов, который, по данным многолетних исследований, приходится на прибрежные участки с глубинами 0 – 10 и 11 – 20 м (238 и 242 вида, соответственно). С увеличением глубины наблюдается последовательное снижение количества регистрируемых видов: на горизонтах 41 – 50, 51 – 60, 61 – 70, 71 – 80, 81 – 90 и 91 – 100 м отмечено соответственно около 160, 120, 100, 90, 80 и 50 видов макрозообентоса (Ревков, 2003). Указанный ряд близок данным, полученным по результатам исследований 2010 г., где суммарное количество регистрируемых видов уменьшается с глубиной: с 82 (40 – 58 м, комплекс 1, объяснение см. далее) до 57 видов (70 – 98 м, комплекс 2). Полученные уровни видового богатства указанных горизонтов бентали в 2010 г. также соответствуют аналогичным данным 1960-х гг. (Заика, 1990). Кроме этого, мы не находим существенных различий в списках основных видов макрозообентоса, регистрировавшихся на анализируемых нами глубинах в 1960 – 1970-е (по М.И. Киселёвой (1981)) и в 2010 г.

Наибольшим числом видов в съёмках 2010 г. представлена группа Polychaeta, тогда как по сводке, охватывающий данные до 2005 г. (Revkov et al., 2008), её представители занимают только третью позицию (рис. 2). Несмотря на существенное различие общих параметров видового богатства (120 видов против 574), в 2010 г. и в период до 2005 г. отмечаются сходные пропорции трёх базовых групп макрозообентоса – Mollusca, Crustacea и Varia.

Количественное развитие. Общие диапазоны варьирования численности и биомассы макрозообентоса на исследуемом участке шельфа составляют два порядка величин: соответственно от 28 (ст. 5) до 4192 экз. · м⁻² (ст. 13) и от 2,308 (ст. 6) до 306,858 г · м⁻² (ст. 2) (табл. 3). Наиболее высокие значения индекса разнообразия по численности (H'=3,98) зарегистрированы в районе Ласпи на глубине 45 м. Из всех станций только в районе Севастополя на глубине 87 м от-

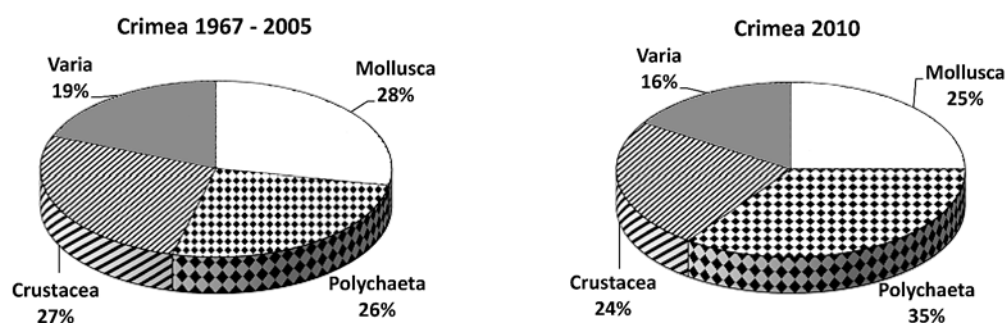


Рис. 2. Видовая представленность (в %) основных групп макрозообентоса у берегов Крыма (черноморский сектор) по данным многолетних исследований до 2005 г. (Revkov et al., 2008) и по результатам исследований 2010 г.

Fig. 2. Range of species number (%) of the main groups of macrozoobenthos off the coast of the Crimea (Black Sea sector) according to years of research until 2005 (Revkov et al., 2008) and the results of research in 2010

мечено отрицательное значение статистики Варвика ($W = -0,030$). Последнее является косвенным свидетельством относительно неблагоприятной экологической обстановки в этом районе.

Табл. 3. Основные характеристики макрозообентоса по станциям, выполненным в 64 и 68 рейсах НИС «Профессор Водяницкий» у берегов Крыма
Table 3. Main characteristics of macrozoobenthos at the stations made in 64 and 68 R/V "Professor Vodyanitsky" expeditions off the Crimea coast

Район	№ ст.	Глубина, м	S	N	B	d	J'	H'	W
Евпатория	1	30	34	2098	33,0174	4,314	0,702	3,572	0,132
	2	46	24	908	306,858	3,524	0,739	3,431	0,238
	3	70	21	528	41,2376	3,19	0,529	2,323	0,125
	4	93	24	732	18,86	3,639	0,742	3,446	0,176
	5	123	6	28	16,208	1,573	1	2,585	0,884
Севастополь	6	65	7	102	2,308	1,297	0,671	1,883	0,148
	7	87	15	1116	24,603	1,995	0,627	2,45	-0,030
	8	121	6	44	2,472	1,321	0,987	2,55	0,762
Ласпи	9	45	44	2442	147,727	5,529	0,729	3,98	0,226
	10	84	11	248	7,056	1,814	0,915	3,166	0,252
	11	86	17	672	30,314	2,458	0,829	3,389	0,344
Ялта	12	55	22	1064	144,288	3,02	0,786	3,507	0,329
	13	84	18	4192	147,872	1,919	0,282	1,153	0,050
	14	88	26	2863	86,857	2,893	0,470	2,154	0,100
	15	93	21	2626	92,407	2,414	0,484	2,091	0,038
Алушта	16	118	4	276	41,416	0,534	0,203	0,406	0,052
	17	42	34	1388	146,307	4,582	0,708	3,604	0,215
Карадаг	18	22	20	2325	75,575	2,468	0,821	3,546	0,365
	19	24	17	3480	35,449	1,962	0,515	2,105	0,076
	20	48	13	464	28,518	1,633	0,685	2,37	0,220
	21	58	28	1518	17,955	3,686	0,525	2,522	0,059
	22	72	12	388	8,368	1,845	0,853	3,056	0,277
	23	91	14	1128	35,434	1,85	0,602	2,294	0,140
	24	98	25	1024	105,594	3,462	0,824	3,827	0,349
Феодосийский залив	25	22	22	1134	20,885	2,991	0,689	3,074	0,077
	26	34	26	2698	236,023	3,291	0,486	2,309	0,033

Керченское предпроливье	27	42	26	2133	36,952	3,261	0,572	2,69	0,091
	28	79	23	3440	109,684	2,825	0,581	2,663	0,167

Примечание: N – численность, экз. · м⁻² (abundance, ind. · m⁻²); B – биомасса, г · м⁻² (biomass, g · m⁻²); S – количество видов (number of species); J' – индекс выравненности Пилоу (по численности) (Pielou equalization index (after abundance)); d – индекс Маргалефа (по численности) (Margalef index (after abundance)); H' – индекс Шеннона (по численности) по основанию 2 (Shannon index (after abundance) to the base 2); W – статистика Варвика (Warwick statistic)

Основной вклад в достижение максимумов развития бентоса по численности (с превышением 1000 экз. · м⁻²) вносят представители Annelida (Евпатория, глубина 30 м; Ласпи, 45 м; Карадаг, 22, 58 м; Феодосийский зал., 34 м; Керченское предпроливье, 42 м) и Mollusca (Ялта, 84 – 93 м; Феодосийский зал., 34 м; Керченское предпроливье, 79 м) (табл. 4). Аналогичные высокие (превышающие 60 г · м⁻²) значения биомассы достигаются представителями Bivalvia (Евпатория, 46 м; Ласпи, 45 м; Ялта, 55 – 93 м; Карадаг, 22 м; Феодосийский зал., 34 м; Керченское предпроливье, 79 м), Gastropoda (Феодосийский зал., 52 м) и представителями группы Varia (Карадаг, 98 м).

Табл. 4. Численность (экз. · м⁻², над чертой) и биомасса (г · м⁻², под чертой) основных групп макрозообентоса на отдельных станциях районов исследований
Table 4. Abundance (ind. · m⁻², above the line) and biomass (g · m⁻², below the line) major groups of macrozoobenthos at certain stations of study areas

Район	Глубина, м	Annelida	Bivalvia	Gastropoda	Arthropoda	Varia
Евпатория	30	1394/7,351	26/13,398	0/0	584/0,436	88/11,832
	46	464/0,794	296/284,308	38/4,082	16/0,006	94/17,65
	70	400/9,431	64/30,052	0/0	12/0,003	52/1,752
	93	402/5,664	152/11,422	0/0	24/0,026	154/1,748
	123	12/0,192	4/0,04	4/4	0/0	4/11,976
Севастополь	65	78/1,188	22/1,12	0/0	2/0,0002	0/0
	87	796/10,058	132/6,792	0/0	4/0,0032	184/7,75
	121	32/0,564	12/1,908	0/0	0/0	0/0
Ласпи	45	1212/4,932	546/111,67	56/4,506	217/3,622	364/22,904
	84	152/2,188	40/3,48	0/0	0/0	56/1,388
	86	456/4,556	12/0,22	0/0	16/0,006	188/25,532
Ялта	55	568/5,146	200/117,132	16/0,05	176/0,624	104/21,336
	84	440/6,58	3612/140,352	16/0,288	24/0,0524	100/0,6
	88	864/10,724	1736/65,604	32/0,028	40/0,0136	188/10,472
	93	796/12,385	1602/61,788	0/0	0/0	228/18,234
	118	8/0,168	0/0	0/0	0/0	268/41,248
Алушта	42	892/2,807	158/11,077	52/8,691	95/10,313	148/113,322
Карадаг	22	1154/3,718	590/68,654	136/2,521	307/0,275	21/0,154
	24	3236/6,026	32/0,062	4/3,48	40/25,729	168/0,152
	48	412/22,474	24/2,872	0/0	0/0	28/3,172
	58	1296/10,489	156/6,804	8/0,046	14/0,0024	44/0,6136
	72	236/1,304	100/5,1	0/0	0/0	52/1,964
	91	336/3,634	616/26,136	0/0	56/0,0624	120/5,602
	98	468/27,708	200/9,444	0/0	136/0,071	220/68,371
Феодосийский залив	22	490/1,386	570/4,974	12/4,06	21/10,333	28/0,124
	34	1076/3,371	1464/130,82	52/96,224	18/0,556	88/5,052
Керченское предпроливье	42	1892/2,73	148/33,221	10/0,025	24/0,014	59/0,963
	79	962/4,41	1988/81,922	24/0,048	108/0,243	356/23,061

Широкие диапазоны изменения численности и биомассы макрозообентоса связаны с его разноуровневой пространственной неоднородностью. Это варьирование складывается из известных закономерностей биоценотического и вертикального распределения и региональной специфики (Киселёва, 1979, 1981; Ревков, 2003) (исследованием затронуты 3 из 5 (Водяницкий, 1949) районов шельфовой зоны Крыма), на которые накладывается микропространственная (метры – десятки метров) мозаичность развития бентоса, в наибольшей степени проявляющаяся на относительно мелководных участках шельфа (Zaika, 1998).

Полученные результаты в целом подтверждают наличие известной схемы снижения количественных показателей развития макрозообентоса с приближением к нижней границе обитаемого шельфа Чёрного моря. Однако на отдельных полигонах при увеличении глубины мы регистрируем возрастание исследуемых параметров. Такие данные имеются для керченского, ялтинского и севастопольского (по численности), керченского и карадагского полигонов (по биомассе) (табл. 3, рис. 3).

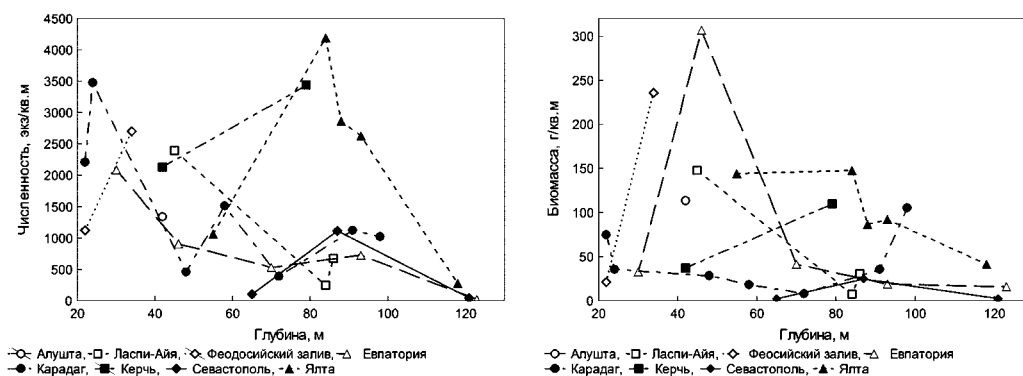


Рис. 3. Численность и биомасса макрозообентоса по полигонам и глубинам у берегов Крыма
Fig. 3. Abundance and biomass of macrozoobenthos on study areas and depths off the coast of the Crimea

Некоторые из отмеченных «аномалий» развития бентоса связаны со спецификой районов исследований и преобладанием в развитии различных форм макрозообентоса. Например, высокие параметры развития бентоса на глубинах ~80 – 100 м в районе Ялты связаны с уже описанным воздействием на зообентос расположенного здесь глубоководного сброса сточных вод (Ревков и др., 2014). Глубоководный пик численности (табл. 4) здесь формируется группой *Bivalvia* с доминированием *M. phaseolina* (1578 – 3508 экз. · м⁻²), являющейся активным потребителем взвешенного органического вещества. Аналогичное преобладание в бентосе *M. phaseolina* (1922 экз. · м⁻²) отмечено и на глубине 79 м в районе Керчи, где, по всей видимости, сказывается влияние богатых органикой азовоморских вод.

Вертикальное распределение бентоса не является однородным уже в силу формирования известных поясов бентали (Zaika, 1998) с развитием на них различных биоценотических комплексов. В связи с этим вполне понятен вариант флуктуирующего затухания развития бентоса с увеличением глубины. Графическая визуализация осреднения данных 2010 г. (полином пятой степени) даёт картину бимодальности поглубинного распределения макрозообентоса на шельфе Крыма с первым максимумом на глубинах до 60 м, вторым – на изобатах 80 – 100 м (рис. 4).

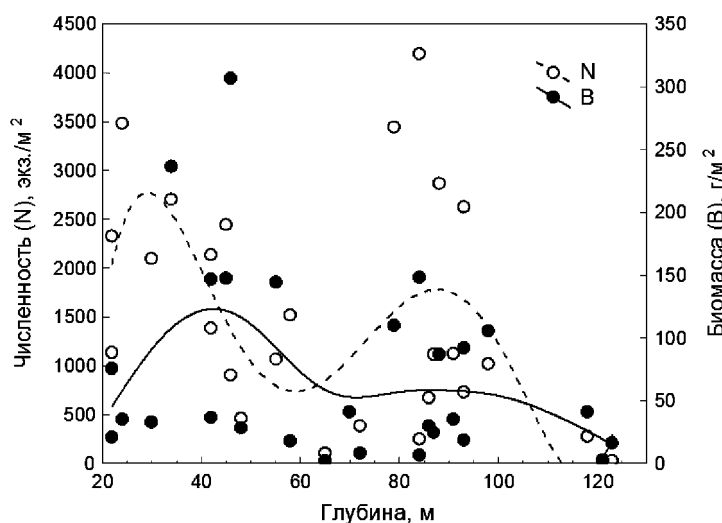


Рис. 4. Суммарное представление численности и биомассы макрозообентоса у берегов Крыма по данным 64 и 68 рейсов НИС «Профессор Водяницкий»
 Fig. 4. Total representation of abundance and biomass of macrozoobenthos off the coast of the Crimea according to 64 and 68 expeditions R/V “Professor Vodyanitsky”

Фаунистические комплексы. Фаунистическая классификация привела к подразделению всех станций на уровне 30 % сходства на пять кластеров (рис. 5). Кластеры 3, 4 и 5 не имеют достаточно сильной «поддержки» (включают всего 1 – 2 станции), являются в определённом смысле маргинальными по отношению к основному массиву данных и поэтому в данной части работы нами не рассматриваются. Кластеры 1 и 2 являются наиболее многочисленными и равновеликими (включают соответственно 11 и 12 станций).

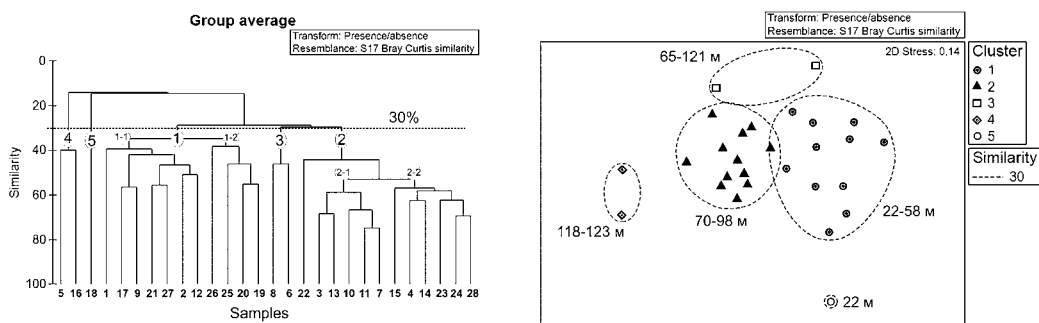


Рис. 5. Иерархическая дендрограмма бентосных станций и их ординация
 Fig. 5. Hierarchical dendrogram of the benthic stations and their ordination

Основными видами 1 кластера (комплекса) станций являются моллюски *P. papillosum*, мидия *M. galloprovincialis* и полихета *T. stroemi* (табл. 5). Их суммарный вклад во внутрикомплексное сходство по интегральному параметру развития (ИФО) оценивается в 43 %. Во 2-м кластере абсолютным лидером является двустворчатый моллюск *M. phaseolina* (фазеолина). Если основываться на комплексобразующей значимости видов, то полученные результаты указывают на наличие в бентосе исследованных акваторий у берегов Крыма двух основных

биоценологических комплексов: 1) *Papillicardium* + *Mytilus* + *Terebellides* и 2) *Modiolula*. Однако обратим внимание, что при ином подходе, основанном исключительно на абсолютных значениях количественного развития видов (в нашем случае это ИП), формируется иной список основных видов первого комплекса. Он становится комплексом мидии с субдоминированием *P. rudis*. Для 2-го комплекса результаты, полученные через оценку внутрикомплексного сходства видов и их индивидуального количественного развития (по ИП), совпадают.

Табл. 5. Основные параметры развития видов (на основе ИФО) внутри комплексов 1 и 2
Table 5. The main parameters of species development (based on IFA) in complexes 1 and 2

Виды	ИП	p	ИФО	$\bar{\alpha}_i$	ИНД	$\bar{\alpha}_i$, %
Комплекс 1						
<i>Papillicardium papillosum</i>	5,01	0,91	5,50	2,15	0,58	16,04
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	15,47	0,55	28,13	1,90	0,25	14,20
<i>Terebellides stroemi</i>	4,19	0,64	6,54	1,66	0,22	12,42
<i>Heteromastus filiformis</i>	3,18	1,00	3,18	1,50	1,33	11,24
<i>Ascidia aspersa</i>	6,22	0,45	13,82	1,16	0,40	8,65
<i>Pitar rudis</i>	12,56	0,64	19,62	0,81	0,32	6,03
<i>Aricidea claudiae</i>	1,48	1,00	1,48	0,79	0,82	5,89
<i>Prionospio cirrifera</i>	2,03	0,91	2,23	0,67	0,45	5,02
<i>Anadara kagoshimensis</i>	2,87	0,27	10,63	0,55	0,19	4,11
<i>Nephtys hombergii</i>	0,90	0,73	1,23	0,51	0,74	3,83
<i>Nassarius reticulatus</i>	0,91	0,45	2,02	0,31	0,26	2,28
<i>Upogebia pusilla</i>	0,52	0,18	2,88	0,30	0,13	2,22
Комплекс 2						
<i>Modiolula phaseolina</i>	68,40	0,92	74,35	14,38	0,77	53,04
<i>Terebellides stroemi</i>	6,70	1,00	6,70	2,67	0,68	9,86
<i>Melinna palmata</i>	6,51	0,92	7,08	2,53	0,80	9,32
<i>Stenicella appendiculata</i>	5,14	0,83	6,19	1,76	0,58	6,49
<i>Pachycerianthus solitarius</i>	6,88	0,67	10,27	1,48	0,58	5,45
<i>Amphiura stepanovi</i>	1,92	1,00	1,92	1,40	1,15	5,18
<i>Nephtys hombergii</i>	2,03	0,92	2,21	1,16	1,14	4,30

Примечание: ИП – индекс плотности (density index); p – встречаемость вида в пределах комплекса (occurrence of the species within the complex); ИФО (IFA) – индекс функционального обилия (index of functional abundance); $\bar{\alpha}_i$ – абсолютный (absolute) и $\bar{\alpha}_i$, % – относительный (the relative) вклады вида «i» в среднее сходство Брэя–Куртиса внутри комплекса (contributions of «i»-species to the average Bray-Curtis similarity within the complex); SD – стандартное отклонение (standard deviation); $ИНД = \bar{\alpha}_i / SD(\alpha_i)$.

Первый комплекс, в сравнении со вторым, менее однороден. На уровне 38 % сходства он распадается на два подкомплекса (1–1 и 1–2, рис. 5). В первом из них интегральными (как по ИП, так и по вкладу во внутрикомплексное сходство) доминантами выступают *M. galloprovincialis* + *P. papillosum* + *A. aspersa*, во втором – абсолютным лидером по ИП является *P. rudis*. Однако, даже несмотря на 100 % встречаемость и абсолютно высокое значение ИФО, в силу разброса стационарных значений последнего в пределах 5-ти порядков величин (от 0.022 до 156.832), *P. rudis* не входит как в число индикаторных (см. значение ИНД, табл. 6), так и главных комплексообразующих видов (см. $\bar{\alpha}_i$, табл. 6). Подкомплекс 1–1 (глубины 30 – 58 м) представлен практически на всех выполненных полигонах (Евпатория, Ласпи, Ялта, Алушта, Карадаг, Керчь), в то время как подкомплекс 1–2 (22 – 48 м) более регионспецифичен – отмечен только в районах Карадага и Феодосийского залива.

Табл. 6. Основные параметры развития видов (на основе ИФО) внутри подкомплексов 1-1 и 1-2
 Table 6. The main parameters of species development (based on the index of the functional abundance IFA) inside sub-complexes 1-1 and 1-2

Species	ИП	p	ИФО	$\bar{\alpha}_i$	ИНД	$\bar{\alpha}_i$ %
Подкомплекс 1-1						
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	38,02	0,86	44,21	4,97	0,42	28,59
<i>Papillicardium papillosum</i>	7,94	1,00	7,94	3,79	0,79	21,77
<i>Ascidiella aspersa</i>	15,42	0,71	21,72	3,03	0,73	17,43
<i>Heteromastus filiformis</i>	1,38	1,00	1,38	1,12	1,19	6,43
<i>Prionospio cirrifera</i>	2,99	1,00	2,99	0,80	0,43	4,59
<i>Aricidea claudiae</i>	1,33	1,00	1,33	0,71	0,87	4,09
<i>Terebellides stroemi</i>	3,42	0,71	4,82	0,50	0,43	2,88
<i>Gouldia minima</i>	4,57	0,57	8,02	0,47	0,40	2,69
<i>Nephtys hombergii</i>	0,89	0,71	1,26	0,38	0,73	2,21
Подкомплекс 1-2						
<i>Upogebia pusilla</i>	3,96	0,50	7,91	2,73	0,41	22,53
<i>Heteromastus filiformis</i>	6,33	1,00	6,33	2,38	1,85	19,67
<i>Nassarius reticulatus</i>	3,74	0,75	4,98	2,16	0,70	17,88
<i>Terebellides stroemi</i>	4,77	0,50	9,54	0,96	0,41	7,97
<i>Pitar rudis</i>	41,29	1,00	41,29	0,91	0,44	7,49
<i>Nephtys hombergii</i>	0,89	0,75	1,18	0,69	0,65	5,70
<i>Aricidea claudiae</i>	1,75	1,00	1,75	0,67	1,11	5,55
<i>Anadara kagoshimensis</i>	6,69	0,50	13,37	0,63	0,41	5,21

Донный комплекс 2 (*Modiolola*) имеет более выраженное внутреннее единство (в сравнении с комплексом 1), однако на уровне 55 % может быть подразделён на два подкомплекса (см. рис. 5). Различия между ними проявляются в степени доминирования руководящего вида – *M. phaseolina*, в последовательности субдоминантов и в длине видового ряда (30 таксонов в 2-1 против 51 в 2-2).

Первый и второй биоценотические комплексы включают станции, располагающиеся соответственно на изобатах 24 – 58 и 70 – 98 м, и их поглубинное распределение совпадает с отмеченными выше двумя максимумами количественного развития макрозообентоса на шельфе Крыма (см. рис. 4). Полученное биоценотическое подразделение (как по диапазонам глубин, так и по ключевым видам комплексов) соответствуют двум известным поясам бентали черноморского шельфа: мидии и фазеолины. Средние значения численности и биомассы макрозообентоса в них у берегов Крыма оказались равны соответственно 1747 ± 270 экз. \cdot м⁻² и $104,888 \pm 29,866$ г \cdot м⁻², 1579 ± 385 экз. \cdot м⁻² и $59,023 \pm 13,562$ г \cdot м⁻².

Сопоставим полученные в 2010 г. данные с аналогичными для более ранних периодов: 1960 – 1970 (Киселёва, 1981) и 1980 – 2001 (для мидии), 1982 – 1999 гг. (для фазеолины) (Revkov et al., 2008). В комплексе (биоценозе) мидии в последовательном временном ряду (1960 – 1970) – (1980 – 2001) – 2010 гг. отмечается незначительное по численности (соответственно 2050, 1767 и 1747 экз. \cdot м⁻²) и существенное по биомассе (640, 671 и 105 г \cdot м⁻²) снижение параметров развития макрозообентоса. В комплексе фазеолины аналогичные тренды представлены по-другому: по численности – 3700, 596 и 1579 экз. \cdot м⁻², по биомассе – 59, 31 и 59 г \cdot м⁻². В отличие от комплекса мидии в комплексе фазеолины после снижения численности и биомассы бентоса в 1982 – 1999 гг. в современных условиях регистрируется возвращение указанных параметров развития к докризисному уровню 1960 – 1970 гг.

Графическое разложение матрицы данных в направлении запад – восток крымского побережья, основанное на подразделении бентоса на два основных донных комплекса, представлено на рис. 6.

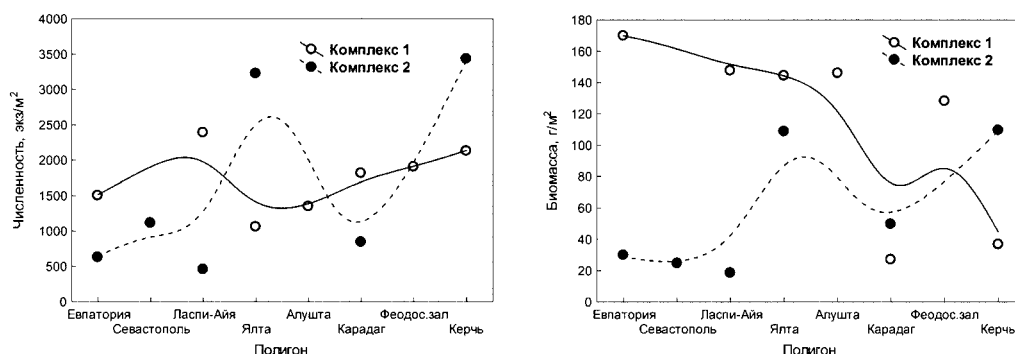


Рис. 6. Численность и биомасса макрозообентоса в комплексах 1 и 2 по полигонам. Каждая точка – осреднение данных по станциям, расположенным в соответствующих комплексах полигонов

Fig. 6. Abundance and total biomass of macrozoobenthos in complexes 1 and 2 for study areas. Each point – averaging data for stations located in the respective study areas complexes

В комплексе 1 на фоне относительно высоких значений биомассы (районы Евпатории, Ласпи, Ялты, Алушты и Феодосийского залива), держащейся на уровне $130 - 170 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, самые низкие значения ($\sim 20 - 40 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$) отмечены в акваториях Карадага и Керчи. Наиболее высокие значения численности группы Annelida в данном комплексе зарегистрированы в акваториях Карадага и Керчи. В районе Карадага на фоне абсолютного минимума средней биомассы зообентоса отмечен абсолютный (среди всех районов) максимум развития аннелид ($\sim 13 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$), среди которых основная доля ($10,64 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$) принадлежит *T. stroemi*.

В глубоководном комплексе 2 наиболее высокие значения численности и биомассы макрозообентоса, связанные с массовым развитием представителей Bivalvia и Gastropoda (см. табл. 4), зарегистрированы в районах Ялты и Керчи.

Структура популяций мидии и фазеолины. Из 28 станций, выполненных в диапазоне глубин 22 – 123 м, мидия встречена на 9 (глубины 30 – 121 м), и на 6 из них она доминировала по биомассе. К сожалению, только дночерпательные пробы (при отсутствии драгирования) не могут дать достаточно полного представления о развитии иловых поселений мидии у берегов Крыма. Тем не менее, мы отмечаем пик биомассы мидии в диапазоне 40 – 60 м (рис. 7). В сравнении с данными предыдущих лет, основанными на массиве из 315 станций (из базы данных отдела экологии бентоса ИМБИ, г. Севастополь), выполненных у берегов Крыма на участке м. Тарханкут – Керченское предпроливье, материалы 2010 г. выглядят крайне удручающе. Полученные для диапазонов глубин 50 – 60 и 40 – 50 м средние значения биомассы мидии соответственно в ~ 3 и 8 раз ниже аналогичных параметров развития этого моллюска в 1950 – 1990-х гг.

Размерный спектр популяции иловой мидии (на выборке из 100 экз.) представлен всеми диапазонами (при шаге 15 мм) с превалированием ($\sim 60\%$) молоди с длиной раковины до 15 мм (рис. 8). По данным М.И. Киселёвой (1981), популяция иловой мидии у берегов Крыма в 1950 – 1960-х гг. имела бимодальную размерную структуру (мода 1 – особи длиной до 10 мм, 35%; мода 2 – особи длиной 30 – 40 мм, $\sim 30\%$). В наших сборах 2010 г. также присутствуют два пика размерно-частотного распределения моллюсков в диапазонах 1 – 15 и 45 – 60 мм.

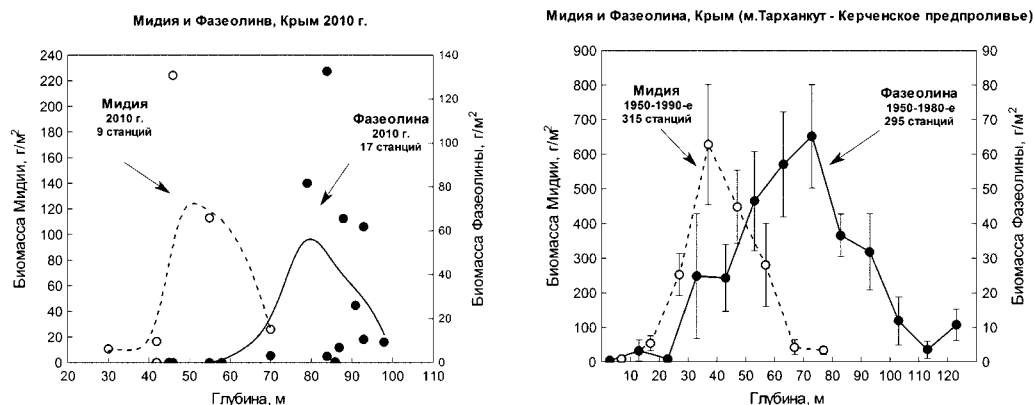


Рис. 7. Вертикальные профили распределения биомассы *M. galloprovincialis* и *M. phaseolina* у берегов Крыма (м. Тарханкут – Керченское предпроливье) по данным 64 и 68 рейсов НИС «Профессор Водяницкий» и в предшествующие периоды исследований
 Fig. 7. Vertical profiles of biomass *M. galloprovincialis* and *M. phaseolina* off the coast of the Crimea (cape Tarkhankut – pre-Kerch Strait area) according to the 64 and 68 R/V “Professor Vodyanitsky” expeditions and for previous study periods

Отмеченная бимодальность является признаком долго существующих поселений мидии (Заика и др., 1990). В нашем случае, при сборе информации с обширного участка побережья, это может свидетельствовать об интегрально нормальном потенциале (!?) развития поселений иловой мидии у берегов Крыма. На фоне отмеченного выше общего снижения биомассы мидии этот вывод выглядит довольно парадоксальным. Однако с формальной точки зрения это так, поскольку в иловой популяции мидии 2010 г. у берегов Крыма присутствуют и сеголетки, и моллюски старших размерно-возрастных классов. Другое дело – низкая относительная представленность последних, вызывающая перекокс в развитии поселений в сторону значительного преобладания молодежи и снижение, в связи с этим, среднепопуляционной массы моллюсков.

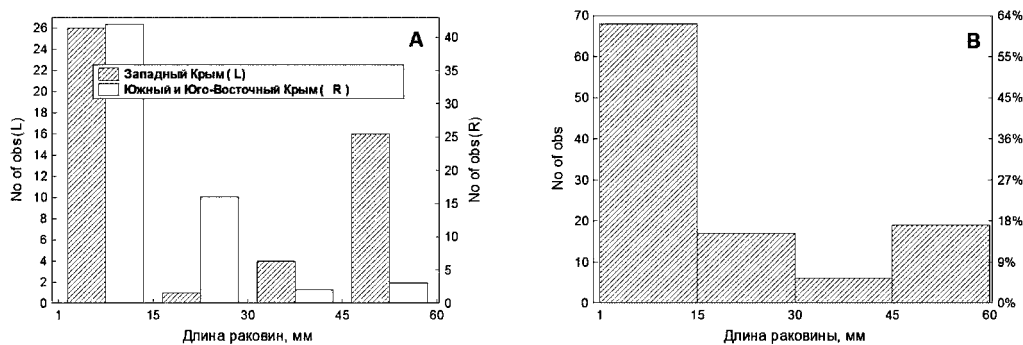


Рис. 8. Размерная структура популяции мидии по данным 64 и 68 рейсов НИС «Профессор Водяницкий»: по отдельным регионам (А) и в целом у берегов Крыма (В)
 Fig. 8. Sizes mussel population structure according to 64 and 68 R/V «Professor Vodyanitsky» expeditions: on separate regions (A) and on the whole coast of the Crimea (B)

Сопоставление материалов, полученных для иловых поселений мидии (в диапазоне глубин 20 – 60 м) в разные периоды исследований, приводит к выводу о наличии многолетней тенденции уменьшения средней массы особей в

популяции моллюсков у открытых берегов Крыма: с ~ 6 (1970 – 1980-е) до ~ 3 (1990-е) и менее $1 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1}$ (2000 – 2010-е гг.) (рис. 9). Отметим при этом, что наиболее высокие значения среднепопуляционной массы мидии отмечались в 1970 – 1980 гг. – в период интенсивного эвтрофирования акватории Чёрного моря, данные 1990-х уже фактически возвращаются к уровню предкризисного периода 1950 – 1960-х гг.



Рис. 9. Средняя масса особей в популяции иловой мидии у берегов Крыма в различные годы (по материалам из базы данных отдела экологии бентоса ИМБИ, Севастополь)
 Fig. 9. The average weight of individuals in silt mussels' population off the Crimea coast in different years (based on the database department the benthic ecology IMBR, Sevastopol)

Зарегистрированные нами снижения биомассы макрозообентоса и руководящего вида, как и весовой доли последнего в общей структуре мидийного пояса бентали (Ревков, 2011), сопровождаются, таким образом, достаточно явным снижением средних размеров моллюсков. Результаты анализа материалов 2010 г. свидетельствуют, что такое снижение в современных условиях реализуется за счёт преобладания в популяции моллюсков с длиной раковины до 15 мм и возрастом – до 1 года.

Другим массовым видом моллюсков, образующим у берегов Крыма поясное сообщество, является *M. phaseolina*. В наших исследованиях 2010 г. этот вид выступает доминантом в собственном биоценоотическом комплексе 2 в диапазоне глубин 70 – 98 м (см. табл. 5). В целом же на исследованных глубинах (22 – 123 м) фазеолина встречается на 17-ти станциях из 28 (глубины 45 – 123 м).

Сопоставление вертикальных профилей (см. рис. 7) указывает на относительно стабильное развитие поселений фазеолины (в 2010 г. в сравнении с данными 1950 – 1980-х) в диапазоне глубин 70 – 100 м. Полученные в 2010 г. для этого диапазона глубин средние значения биомассы находятся в пределах ошибки средней более раннего периода исследований. В данном случае, в силу рассмотрения данных на более широком временном отрезке, произошло нивелирование регистрируемого в 1982 – 1999 гг. (см. выше) снижения биомассы макрозообентоса в зоне фазеолиновых илов. На меньших глубинах (менее 70 м) в 2010 г. биомасса фазеолины была на крайне низком уровне: ниже аналогичных значений периода 1950 – 1980-х гг. на один порядок и более.

При незначительных региональных отличиях в представленности различных размерно-возрастных классов у берегов Крыма в целом отмечается типичная бимодальная структура поселений фазеолины (рис. 10). Поскольку данная структура популяции устанавливается, как минимум, в течение 8 лет с начала

её формирования (Заика и др., 1990), то можно говорить об относительно стабильных условиях развития фазеолины у берегов Крыма (по крайней мере, на глубине более 70 м) в первое десятилетие 21 века.

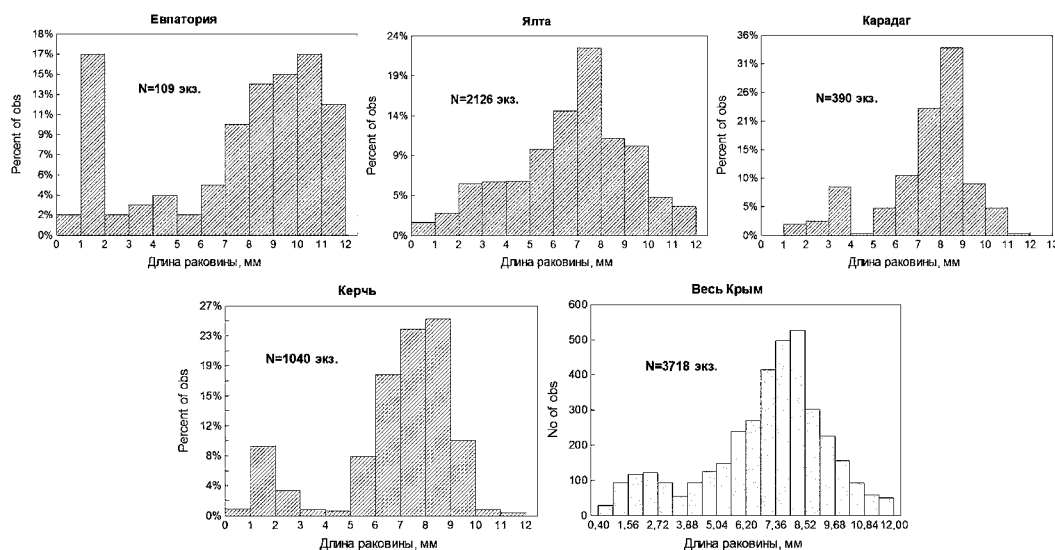


Рис. 10. Размерная структура поселений фазеолины на отдельных полигонах и в целом у берегов Крыма по данным 64 и 68 рейсов НИС «Профессор Водяницкий»
Fig. 10. Size structure of phaseolin settlements in research sites and the whole coast of the Crimea according to the 64 and 68 R/V “Professor Vodyanitsky” expeditions

Оценка развития поселений *Anadara kagoshimensis* (анадара) у берегов Крыма представляет особый интерес. Данный вид (ранее в Чёрном море известен как *Sinearca cornea*, *Scapharca inaequalis*, *A. inaequalis*) широко распространён в Индийском и Тихом океанах (Habe, 1965). В акватории Чёрного моря впервые обнаружен у берегов Кавказа в 1968 г. (Киселёва, 1992). Однако как о новом элементе в фауне Чёрного моря о нём заговорили чуть позже, в 1980 – начале 1990-х гг., когда поселения анадары стали обнаруживать вдоль шельфа Болгарии, Румынии, Украины, России и Турции (Gomoiu, 1984; Цветков, Маринов, 1986; Золотарев, Золотарев, 1987; Duzgunes, 1995; Zolotarev, 1996; Zaitsev, Mamaev, 1997; Chikina, Kucheruk, 2005; Синегуб, 2006; Чикина, 2009; Болтачева и др., 2011).

Нельзя не заметить, что колонизация данным видом бассейна Чёрного моря происходила в период и фактически на пике эвтрофирования (кризиса) последнего. Избыточность доступной органики, несомненно, сыграла положительную роль в освоении анадарой, относящейся по типу питания к фильтраторам-сестонофагам, новых акваторий. По-видимому, здесь можно говорить о некотором феномене появления и массового развития анадары в Чёрном море именно в период её наибольшей востребованности, как потребителя избыточного органического вещества. Всё это вполне согласуется с известным положением об усилении развития фильтраторов-сестонофагов в условиях роста органического обогащения акваторий (Несис, 1965; Ревков и др., 1999 а), каковыми явились западные и северо-западные приустьевые зоны шельфа Чёрного моря и прикерченский район. Но одно дело – усиление развития уже существующих в акватории Чёрного моря форм бентоса (например, пик массового развития в 1990-е гг. у берегов Крыма другого двустворчатого моллюска *Chamelea gallina*),

другое – появление новых форм бентоса на пике их востребованности. Так, массовая колонизация и формирование собственного биоценоза со средней биомассой анадара, как руководящего вида, $173,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (Синегуб, 2006) на северо-западном участке шельфа Чёрного моря (СЗЧМ) шли на фоне заморозов и массовой гибели бентоса (в разные годы от 0,3 до 8 млн т (Зайцев, 1992)) из-за дефицита кислорода на площади от 8 (1995 г.) до 17 тыс. км² (1994 г.) (цит. по Oguz et al., 2008). Сходную биомассу в 1980 – 1990-х гг. сформировала анадара у берегов Кавказа в собственном биоценозе и в биоценозе анадара-упогебия (Гудаутская банка) – соответственно $124,28$ и $233,04 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (Золотарёв, Терентьев, 2012) и более 1 кг – на болгарском участке шельфа (Marinov, 1990).

Оценку роли анадара в условиях локальных или глобальных (как это было отмечено для СЗЧС) кризисных явлений в донных экосистемах Азово-Черноморского бассейна ещё предстоит дать. Однако несомненным является то, что особенности широкой экологической пластичности, определяемой физиолого-биохимическими адаптациями к гипоксическим условиям среды (Андреев и др., 2014), позволили данному виду на пике эвтрофирования Черноморского бассейна, относимого к периоду конца 1980 – началу 1990-х (Юнев, 2012), принять на себя часть кризисной нагрузки в переработке избытка взвешенного органического вещества.

У берегов Крыма анадара впервые обнаружена в 1999 г. (районы Карадага и Алушты) (Ревков и др., 2002), то есть уже в период начала де-эвтрофикации бассейна Чёрного моря (Заика, 2011; Юнев, 2012). Причина столь позднего освоения крымского шельфа данным видом пока не ясны. Мы не находим здесь и её обширных поселений: они, хотя и обычны, но крайне разрежены. Из 393 станций, выполненных у берегов Крыма в 2000 – 2010 гг. на глубинах до 40 м, анадара встречена только на 41, то есть в 10 % случаев.

В связи с тем, что распространение анадара в Чёрном море ограничено относительно мелководными (до 40 м) участками бентали (Marinov, 1990), трудно было ожидать получения массового материала в экспедиционных исследованиях 2010 г., ориентированных на глубоководную зону шельфа. Из 4-х станций, выполненных на глубинах менее 35 м, анадара обнаружена на двух, расположенных в районе Феодосийского залива (ст. 25 и 26, гл. 22 и 34 м) (см. рис. 1). Межстанционный (ст. 25 – ст. 26) размах варьирования численности и биомассы составил соответственно $230 – 34 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$ и $1.792 – 53.000 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Ещё на одной станции в районе Ласпи (ст. 9) моллюски обнаружены на глубине 45 м. Их численность здесь составляла $30 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$, биомасса – $81.56 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, размерный ряд представлен особями длиной 12,1 – 44,0 мм.

Фаунистический анализ донного населения позволил отнести анадару к комплексу 1 мидийного пояса (см. табл. 4), в котором данный вид больше тяготеет (если в биоценотической классификации руководствоваться главенствующей ролью абсолютных значений ИП) к сообществу *P. rudis* (подкомплекс 1–2, см. табл. 5), представленному в районах Карадага и Феодосийского залива. Ранее по результатам бентосной съёмки 2006 г. были получены сходные результаты, позволившие выделить в Феодосийском заливе на глубинах 28 – 34 м смешанное сообщество *A. kagoshimensis* – *P. rudis* (Болтачева и др., 2011). В то же время у берегов Кавказа на глубине 20 – 30 м анадара формирует собственный биоценоз, дистанцированный с биоценозом *P. rudis* (Чикина, 2009).

Для лучшего представления ситуации в отношении развития поселений анадара у берегов Крыма обратимся к итоговой выборке (включены данные и по 64 и 68 рейсам НИС) из базы данных отдела экологии бентоса ИМБИ (табл. 7).

Как видно, регистрируемая плотность поселений анадары на всех полигонах не превышает $100 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$, что соответствует аналогичным данным для побережья Кавказа 1980 – 1990-х гг.: 5,6 и $15,2 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$ – соответственно в биоценозе анадары и анадары-упогебии (Золотарёв, Терентьев, 2012) и побережья Болгарии – $100 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$ (Marinov, 1990). Биомасса крымских поселений анадары не превышает $100 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, что ниже аналогичных средних, указываемых цитируемыми авторами для районов Кавказа и Болгарии (соответственно 124,28, 233,04 и более $1000 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$). К 2003 г. у берегов Кавказа в биоценозе анадары (р-н Адлер – Геленджик) отмечено возрастание численности данного вида до 190 – 2590 $\text{экз.} \cdot \text{м}^{-2}$ (в среднем 1160) и биомассы до 110 – 1180 $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$ (в среднем 450) (Чикина, 2009).

Табл. 7. Количественные показатели развития поселений *A. kagoshimensis* у берегов Крыма
Table 7. Quantitative indicators of *A. kagoshimensis* settlements off the Crimean coast

Район	Годы	Кол-во станций*	Глубина, м	Численность, $\text{экз.} \cdot \text{м}^{-2}$	Биомасса, $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$
Каркинитский залив	2011	1	18	2	5,238
Западный Крым (р-н Учкеевки)	2003 – 2012	22	8 – 19	22	55,052
б. Севастопольская	2006 – 2013	6	4 – 17	10	0,219
б. Балаклавская	2006 – 2013	5	9 – 15	10	0,339
р-н Ласпи	2010	1	45	30	81,560
р-н м.Плака	2006	2	13, 15	20	39,614
Карадаг	2006	5	27 – 35	11	56,326
Феодосийский залив	2006 – 2011	8	21 – 34	83	77,896
Керченский пролив	1986	4	7 – 13	5	20,5
Керченское предпроливье	2011	1	32	20	5,138

Примечание: * – учтены станции, на которых обнаружена анадара
Note: * – selected the station which anadara was found

Используя приведённые выше данные, обратим внимание на средневыборочные веса моллюсков. У берегов Крыма в 2003 – 2013 гг. они колеблются в пределах $0,02 – 2,7 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1}$, исключая район Керченского пролива ($4,1 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1}$), в 1980 – 1990 гг. соответствующие средние у берегов Кавказа и Болгарии были на порядок выше – составляли соответственно 4–22 и более $10 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1}$, в 2003 г. у берегов Кавказа снизились до $0,39 \text{ г} \cdot \text{экз.}^{-1}$. В последнем случае понижение средневыборочного веса моллюсков происходило на фоне абсолютно высоких показателей их численности.

Аналогичные относительно низкие значения средневыборочного веса моллюсков, указывающие на преобладание в поселении молоди, отмечены и у берегов Крыма, но при более низких общих параметрах количественного развития. Данный вывод хорошо иллюстрируют материалы, полученные в ходе экспедиционных исследований 2010 г. (рис. 11). На обследованном участке Феодосийского залива поселение анадары имеет бимодальную размерную структуру с максимальной длиной раковины 29,4 мм, где около 95 % моллюсков представлены молодью длиной до 5 мм.

Анализ уже имеющихся данных указывает, что даже по прошествии более 40 лет с момента первого обнаружения анадары в Чёрном море, достаточно полного освоения ею крымского шельфа Чёрного моря не произошло. Причины относительно низкого количественного развития, преобладание в поселениях анадары более мелких моллюсков, как и сам факт более позднего (в сравнении с другими участками побережья Чёрного моря) освоения шельфовой зоны Крыма, с нашей точки зрения, могут иметь общую природу и нуждаются в специальном рассмотрении.

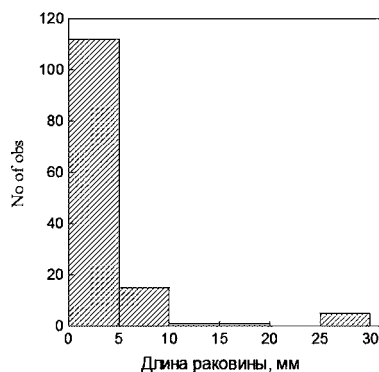


Рис. 11. Размерная структура поселений *Anadara kagoshimensis* в районе Феодосийского залива (ст. 25 и 26) по данным экспедиционных исследований на НИС «Профессор Водяницкий» в 2010 г.

Fig. 11. Size structure of *Anadara kagoshimensis* settlements near Feodosia Bay (station 25 and 26), according to research expeditions on the R/V “Professor. Vodyanitsky” in 2010

Заключение. Полученные результаты в определённой мере являются оценочными, поскольку основываются на ограниченном количестве доступного материала. В связи с этим, можно говорить о предварительном характере сделанных выводов. С нашей точки зрения весьма явной оказывается неоднозначность ситуации на различных участках шельфовой зоны Крыма. Если наиболее глубоководный пояс бентали, представленный биоценозом фазеолины, в целом можно характеризовать как относительно стабильный, то не может не вызывать тревогу сокращение пояса иловой мидии. Последнее проявляется в снижении её биомассы при достаточно явном сокращении среднепопуляционных размеров моллюсков. В отношении недавнего черноморского вселенца анадары можно говорить пока в целом о слабом освоении данным видом акватории шельфовой зоны Крыма, в сравнении с другими акваториями Черноморского бассейна.

Благодарности. Авторы благодарны Г.А. Добротиной за помощь в первичной обработке полученного материала. Работа выполнена в рамках Целевой комплексной программы научных исследований НАН Украины «Комплексна оцінка стану і прогнозування динаміки морського середовища та ресурсів Азово-Чорноморського басейну» № 0110U006203 и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-44-01038 p_юг_a.

Литература

- Андреенко Т.И., Солдатов А.А., Головина И.В. Специфика тканевого метаболизма у двусторчатого моллюска-вселенца *Anadara inaequalis* (Brugiere, 1789) / Ред. Г.Е. Шульман, А.А. Солдатов. Черноморские моллюски: элементы сравнительной и экологической биохимии. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – С. 169 – 216.
- Болтачева Н.А., Колесникова Е.А., Мазлумян С.А. Макрозообентос Феодосийского залива / Ред. В.Н. Еремеев, А.В. Гаевская, Г.Е. Шульман, Ю.А. Загородняя. Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 163 – 169.
- Водяницкий В.А. О естественноисторическом районировании Чёрного моря и в частности у берегов Крыма // Тр. Севастоп. биол. станции. – 1949. – 7. – С. 249 – 255.
- Заика В.Е. Изменение количества видов макробентоса в Черном море на глубинах 50 – 200 м // Докл. АН УССР. – Серия Б. – 1990. – № 11. – С. 68 – 71.
- Заика В.Е. Де-эвтрофикация Чёрного моря и влияние климатических осцилляций // Состояние экосистемы шельфовой зоны Чёрного и Азовского морей в условиях антропогенного воздействия: Сборник статей, посвящённый 90-летию Новороссийской

морской биологической станции им. профессора В.М. Арнольди. – Краснодар, 2011. – С. 88 – 93.

Заика В.Е., Валовая Н.А., Повчун А.С., Ревков Н.К. Митилиды Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.

Заика В. Е., Сергеева Н.Г. Макрозообентос нижних горизонтов черноморского шельфа (глубже 40 – 50 м) по данным последних съемок XX века // Экология моря. – 2001. – Вып. 57. – С. 25 – 30.

Зайцев Ю.П. Экологическое состояние шельфовой зоны Чёрного моря у побережья Украины (обзор) // Гидробиол. журн. – 1992. – 28, №4. – С. 3 – 18.

Золотарёв В.Н., Золотарёв П.Н. Двустворчатый моллюск *Sineasga sognea* – новый элемент фауны Чёрного моря // Докл. АН СССР. – 1987. – 297, № 2. – С. 501 – 503.

Золотарев П.Н. Структура биоценозов бентали северо-западной части Черного моря и ее трансформация под воздействием антропогенных факторов. Автореф. дисс... канд. биол. наук. – Севастополь, 1994. – 19 с.

Золотарёв П.Н., Терентьев А. С. Изменения в сообществах макробентоса Гудаутской устричной банки // Океанология. – 2012. – 52, № 2. – С. 251 – 257.

Кирюхина Л.Н., Губасарян Л. А. Биогеохимические характеристики черноморских донных осадков шельфовой зоны Крыма // Экология моря. – 2000. – Вып. 50. – С. 18 – 20.

Киселёва М.И. Зообентос. Состав, размерная характеристика и вертикальное распределение / Под ред. В.Н. Грезе. Основы биологической продуктивности Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 208 – 211.

Киселёва М.И. Бентос рыхлых грунтов Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1981. – 165 с.

Киселёва М.И. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа // Многолетние изменения зообентоса Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 84 – 99.

Киселева М.И., Ревков Н.К., Копытов Ю.П. Современное состояние и многолетние изменения зообентоса Стрелецкой бухты (район Севастополя) // Гидробиол. журн. – 1997. – 33, № 1. – С. 3 – 13.

Макаров Ю.Н., Костылев Э. Ф. Моллюски в эвтрофированных районах украинского шельфа Черного моря (по результатам наблюдений 1997–1998 гг.) // Вісник Житомирського педагогічного університету. Біол. науки. – 2002. – Вып. 10. – С. 120 – 122.

Маккавеева Е.Б. Виды макроэпифитона, исчезающие в районе Севастополя // Многолетние изменения зообентоса Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 10.

Мальцев В.И. О возможности применения показателя функционального обилия для структурных исследований зооценозов // Гидробиол. журн. – 1990. – 26, № 1. – С. 87 – 89.

Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алемов С.В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.

Несис К.Н. Некоторые вопросы пищевой структуры морского биоценоза // Океанология. – 1965. – 5, вып. 4. – С. 701 – 714.

Петров А.Н., Заика В.Е. Патологические изменения структуры раковин *Cerastoderma glaucum* Poiret (Mollusca: Bivalvia) в Севастопольской бухте // Экология моря. – 1993. – Вып. 43. – С. 56–60.

Повчун А.С. Изменения донных сообществ Каркинитского залива // Многолетние изменения зообентоса Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 105 – 138.

Ревков Н.К. Таксономический состав донной фауны Крымского побережья Черного моря. Региональные особенности зообентоса. Вертикальное распределение зообентоса. Многолетние изменения зообентоса рыхлых грунтов в районе Юго-Западного Крыма / Ред. В.Н. Еремеев, А.В. Гаевская. Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – С. 209 – 228, 326 – 338.

Ревков Н.К. Макрозообентос украинского шельфа Чёрного моря. Современное состояние зооресурсов бентали Азово-Черноморского бассейна / Ред. В.Н. Еремеев, А.В. Гаевская, Г.Е. Шульман, Ю.А. Загородняя. Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 144 – 162.

Ревков Н.К., Просви́ров Ю.В., Лога́чев В.С. Распределение и состояние бентоса под влиянием сброса шламовых вод (район Балаклавы, глубина 25–88 м) // ИнБЮМ АН Украины. – Севастополь, 1992. – 16 с. – Деп. в ВИНТИ 20.02.92. N 585 – В92.

Ревков Н.К., Валова́я Н.А., Колесникова Е.А., Николаенко Т.В., Шаля́тин 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, 1999а. – С. 199 – 212.

Ревков Н.К., Дивавин И.А., Мачкевский В.К., Валова́я Н.А. Аномалии мидий в аквакультуре // Гидробиол. Журн. – 1999б. – 35, №4. – С.53 – 62.

Ревков Н.К., Болтачѐва Н.А., Николаенко Т.В., Колесникова Е.А. Биоразнообразие зообентоса рыхлых грунтов Крымского побережья Чёрного моря // Океанология. – 2002. – 42, № 4. – С. 561 – 571.

Ревков Н.К., Болтачѐва Н.А., Бондаренко Л.В. Многолетние изменения зообентоса в акватории Ялтинского залива (Южный берег Крыма, Чёрное море) // Морской экологический журнал. – 2014. – 13, №2. – С. 49 – 62.

Сергеева Н.Г. Характеристика донных сообществ Ялтинского залива в условиях антропогенного воздействия / Ред. В.Е. Заика. Многолетние изменения зообентоса Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 138 – 170.

Синегуб И.А. Макрозообентос. Донные сообщества. 1984 – 2002 гг. // Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология. – Киев: Наук. думка, 2006. – С. 276 – 286.

Цветков Л.П., Маринов Т.М. Фаунистическое пополнение Чёрного моря и изменение его донных экосистем // Гидробиология (София). – 1986. – 27. – С. 3 – 21.

Чикина М.В. Макрозообентос рыхлых грунтов Северо-Кавказского побережья Чёрного моря: пространственная структура и многолетняя динамика // автореф. дисс... канд. биол. наук. – Москва, 2009. – 25 с.

Юнев О.А. Антропогенная эвтрофикация и ее влияние на состояние экосистемы пелагиали Чёрного моря // Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Чёрного моря / Ред. В. Н. Еремеев, С. К. Коновалов. – Севастополь: ЭКО-СИ-Гидрофизика, 2012. – С. 300 – 330.

Alexandrov B.G., Zaitsev Yu. P. Black sea biodiversity in eutrophication conditions // Conservation of the Biological Diversity as a Prerequisite for Sustainable Development in the Black Sea Region. – Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1998. – P. 221 – 234.

Black Sea Biological Diversity // Ukrainian National Report. Black Sea environmental series / Compl. Yu.P. Zaitsev and B.G. Alexandrov. – New York: United Nations Publication. – 1998. – 351 p.

Bray J.R., Curtis J.T. An ordination of the upland forest communities of South Wisconsin // Ecol. Monogr. – 1957. – 27. – P. 325 – 347.

Bronfman A.M., Vorobyova L.V., Garkavaya G.P., Zaitsev Yu.P., Nesterova D.A. Main features and tendencies of anthropogenic changes in the ecosystems of the north-western Black sea shelf / Proc. Of the Black Sea Symposium “Ecological problems and economical prospects” / 16–18 Sept. 1991. Istanbul, Turkey. Printing: Acar Matbaacilik A.S. Istanbul, 1994. – P. 59 – 75.

Chikina M.V., Kucheruk N.V. Long-term changes in the structure of coastal benthic communities in the northeastern part of the Black Sea: influence of alien species // Oceanology. – 2005. – 45, suppl. 1. – P. 176 – 182.

Clarke K.R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure // Aust. J. Ecol. – 1993. – 18. – P. 117 – 143.

Clarke K.R., Gorley R.M. PRIMER v5: User Manual / Tutorial. Primer–E: Plymouth. – 2001. – 92 p.

Duzgunes E. Ecological characteristic of *Anadora cornea* in the eastern Black Sea / Editor E. Ozhan. Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment. Tarragona, Spain. – 1995. – P. 75 – 85.

Gotoiu, M.-T., Scapharca inaequalvis (Bruguiere) – a new species in the Black Sea // Cercetari Marine, IRCM. – 1984. – 17. – P. – 131 – 141.

Habe T. The arcid subfamily Anadarinae in Japan and its adjacent areas (Mollusca) // Bull. Nat. Sci. Mus. – 1965. – 8, № 1. – P. 71 – 85.

Marinov T.M. The Zoobenthos from the Bulgarian sector of the Black Sea. – Sofia: Bulg. Academy of Sci. Publ., 1990. – 195 p.

Oguz T., Velikova V., Kideys A. Overall assessment of the present state of Black Sea ecosystem // 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. – Istanbul, Turkey, 2008. – P. 417 – 448.

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). Edited by Temel Oguz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC) 2008. – 3. – 2008. – Istanbul, Turkey. – P. 273 – 320.

Zaika V.E. Spatial structure of the Black Sea benthic communities: influence of the pelagic processes. Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea. – Kluwer Acad. Publ., 1998. – 1. – P. 293 – 299.

Zaitsev Yu., Mamaev V. Biological diversity in the Black Sea. A study of change and decline // Black Sea environmental series. – 1997. – 3. – 208 p.

Zolotarev V. The Black Sea ecosystem changes related to the introduction of new mollusc species // Marine Ecology. – 1996. – 17. – P. 227 – 236.

The state of animal resources benthic deep-sea zone Crimean shelf after the crisis of the Black Sea ecosystem in second-half of XX century (based on expeditionary research 2010 on the RV “Professor Vodyanitsky”), N.K.Revko, N.A.Boltachova, I.P.Bondarev, L.V.Bondarenko, V.A.Timofeev. A result studies of macrozoobenthos (M) off the coast of the Crimea, from 64 and 68 expeditions RV “Professor Vodyanitsky” in 2010, in the depth range 22 – 123 m recorded 120 species of M with an average incidence of 20 ± 2 species on the station. Two faunal assemblages of zoobenthos corresponding to the known benthic Black Sea shelf zones – mussels’ (22 – 58 m) and the phaseolin one (70 – 98 m) were defined. In the area of silts mussels there was a decrease biomass M from $640 - 671 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (1960 – 1970 and 1980 – 2001) to $105 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (2010). One of the components of this process is to reduce the weight of the average in population mussels with ~ 6 (1970 – 1980s.) to ~ 3 (1990s) and less than $1 \text{ g} \cdot \text{ind.}^{-1}$ (2000 – 2010s.). In the area of phaseolin silts average values of quantitative indicators M by biomass in 2010 higher than similar parameters of 1982 – 1999 and approximately correspond to those of 1960 – 1970s. These M quantitative development data at a depth of 70 m as well as the size structure of the phaseolin complex leading settlements’ species indicate relatively stable development conditions of the deep-sea benthic fauna of the Crimea shelf in the XXI century first decade. A relatively weak colonization of the Crimea shelf zone of the recent invader – *Anadara kagoshimensis* in comparison with other Black Sea areas noted.

Keywords: Macrozoobenthos, *Mytilus galloprovincialis*, *Modiolula phaseolina*, *Anadara kagoshimensis*, Long-term Changes, Crimean shelf, the Black Sea.