УДК 574+ 591.9+550.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООБЕНТОСА ПРИКАВКАЗСКОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ (РАЙОН ДЖУБГА – ХОСТА)

Ж.П. Селифонова[1,2], В.К.Часовников[3]

[1] Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова,
РФ, Новороссийск, пр. Ленина, 93
[2] Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
РФ, Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail: Selifa@mail.ru
[3] Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
РФ, Москва, Нахимовский проспект, 36
E-mail: chasovn@mail.ru

Выделены три донных биоценоза *Chamelea gallina – Pitar rudis, Modiolula phaseolina* (Bivalvia), *Terebellides stroemi* (Polychaeta), характерные для этого региона в конце 1980-х гг., и биоценоз недавнего вселенца *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia). Отмечено увеличение биомассы и частоты встречаемости редких в конце 1990-х гг. видов *Gouldia minima, Lucinella divaricata* (Bivalvia). Структура сообществ *C. gallina – P. rudis* и *M. phaseolina* не претерпела заметных изменений. В районах городов Туапсе и Сочи отмечено незначительное превышение в грунтах ДК меди и нефтепродуктов. Состояние донных сообществ оценивается как относительно благополучное.
Ключевые слова: зообентос, биоценозы, геохимия грунтов, Джубга – Хоста, Черное море.

Введение. В Черном море постоянно происходит перестройка донных сообществ, их границ, таксономической структуры, количественных показателей (численности и биомассы). Деградацию донной фауны под воздействием антропогенного загрязнения наблюдали в 1970–1980-х гг. [1]. В это время по сравнению с 1960-ми гг. было отмечено значительное обеднение донных сообществ в масштабах всего моря, включая нижнюю часть бентали аэробной зоны. Другим существенным фактором трансформации донных экосистем стала колонизация бассейна Черного моря планктонными и донными вселенцами – *Mnemiopsis leidyi* A.Agassiz, *Rapana venosa* (Valenciennes). В результате выедания планктонных личиночных стадий донных беспозвоночных гребневиком мнемиопсисом и истребления хищным моллюском рапаной взрослых поселений двустворчатых моллюсков из прибрежных сообществ северо-восточного шельфа в конце 1990-х годов исчезли ранее доминирующие и обычные виды Bivalvia, такие как *Gouldia minima* (Montagu), *Acanthocardia paucicostata* (Sowerby), *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus) и *Polititapes aureus* (Gmelin) [2]. Характерной чертой донных сообществ этого периода стало массовое развитие Bivalvia – *Chamelea gallina* (Linnaeus) и недавнего вселенца *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga) [2–5]. Начиная с 2001 по 2008 гг. в северной области северо-восточного шельфа выявлено значительное сокращение ареалов псаммофильных видов моллюсков и увеличение численности пелофильного моллюска *Pitar rudis* (Poli), обусловленные заилением мелководий [5, 6]. Продолжающаяся перестройка бентали северо-восточного шельфа определяет необходимость анализа современного состояния, закономерностей изменений сообществ донных животных и гидрохимического состояния грунтов. Особый интерес для исследования представляет южный район северо-восточного шельфа с развитой портовой и курортной инфраструктурами, простирающийся от поселка Джубга до Хосты. В этом районе в 2009–2011 гг. была проложена газовая магистраль, при строительстве которой применялся спуск трубопровода в море без нарушения целостности береговой линии.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили бентосные пробы, собранные в октябре 2013 г. в экспедиции Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН с борта НИС «Ашамба». Исследование проводили на

разрезах от Джубгы до Хосты (глубины 10–125 м). Пробы рыхлых грунтов на геохимические параметры и зообентос (в трех повторностях на каждой станции) отбирали дночерпателем Ван Вина с площадью захвата 0,1 м^2. Зообентос фильтровали через сито (ячея 500 мкм), камеральную обработку проводили по работе [7]. Губок, немертин и гаммарид до вида не определяли. Определение сырой биомассы Bivalvia выполнено после удаления мантийной жидкости. Выделение основных биоценотических комплексов зообентоса выполнено на логтрансформированной матрице данных индекса функционального обилия видов (ИФО). Для оценки степени однородности фаунистического состава станций использованы биотические матрицы численности, сырой биомассы и ИФО = $N^{0.25}\ B^{0.75}$, где N – средняя численность вида, экз/м^2; B – средняя биомасса вида, г/м^2. Общие тенденции в распределении сообществ изучали с помощью метода многомерного шкалирования (MDS-анализ), индекса сходства Брэя-Куртиса, индекса видового разнообразия Шеннона и выровненности Пиелу. Выполнен анализ содержания нефтепродуктов (НП), тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Mn, Fe) в соответствии с методиками ПНД Ф 16.1:2.21-98 и М-МВИ-80-2008. Для оценки связей между распределением сообществ зообентоса и факторами среды (ЗВ) проводили корреляционный анализ. Материал обрабатывали при помощи пакета прикладных программ для анализа данных MS EXCEL, PAST, PRIMER.

Результаты. Зообентос. Донная фауна района исследования включала 41 таксон: 1 – Porifera, 2 – Anthozoa, 1 – Nemertea, 14 – Polychaeta, 1 – Cirripedia, 1 – Amphipoda, 6 – Gastropoda, 13 – Bivalvia, 1 – Echinodermata, 1 – Chordata. Плотность поселений донных животных колебалась от 40 до 11150 экз/м^2, биомасса – 3,8–500,2 г/м^2, в среднем 956±473,6 экз/м^2 и 75±23,2 г/м^2 соответственно. При высокой однородности таксономического состава (≥ 50% по коэффициенту Брея-Куртиса) в составе зообентоса выделено четыре биоценоза с доминированием двустворчатых моллюсков *Chamelea gallina – Pitar rudis* (I), *Anadara kagoshimensis* (II), *Modiolula phaseolina* (III) и многощетинковых червей *Terebellides stroemi* (IV) (рис.1).

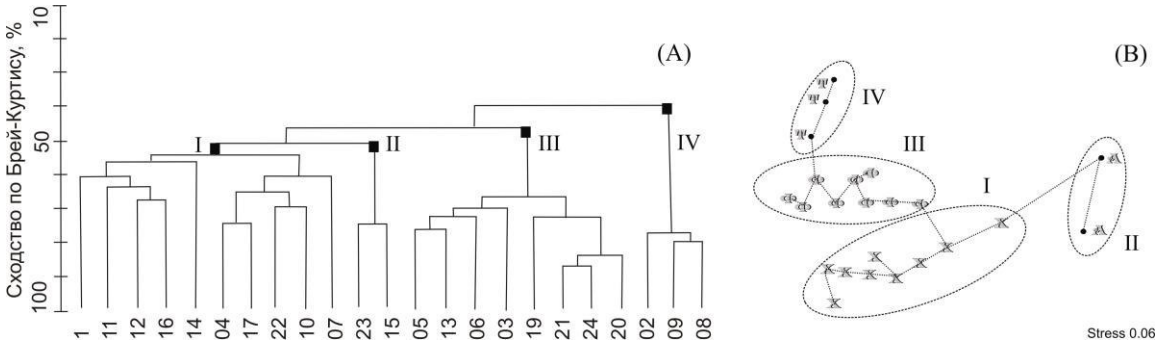

Рис. 1. Иерархическая дендрограмма станций района исследования (А), их ординация (MDS) (В), рассчитанные на основе матрицы по индексу функционального обилия (ИФО = $N^{0.25}\ B^{0.75}$)

Наибольшие площади дна занимали биоценозы *Chamelea gallina – Pitar rudis* (43,5% станций) и *Modiolula phaseolina* (34,8%) (рис. 2). Биоценоз полихет выделен на ограниченном количестве станций (13,0%). Биоценоз вида-вселенца *Anadara kagoshimensis* (8,7%) находился в стадии формирования (относительно высокая численность доминирующего вида при практически полном отсутствии взрослых особей). Двустворчатые моллюски преобладали на большинстве станций по численности и по биомассе (92–80% соответственно) за исключе-

нием Туапсинского района (Джубга – Туапсе), где располагалось сообщество многощетинковых червей (51–59,8%). В сообществах двустворчатых моллюсков отмечено уменьшение видового разнообразия по индексу Шеннона на прибрежных станциях глубин 10–24 м и глубоководных станциях 50–125 м (табл. 1).

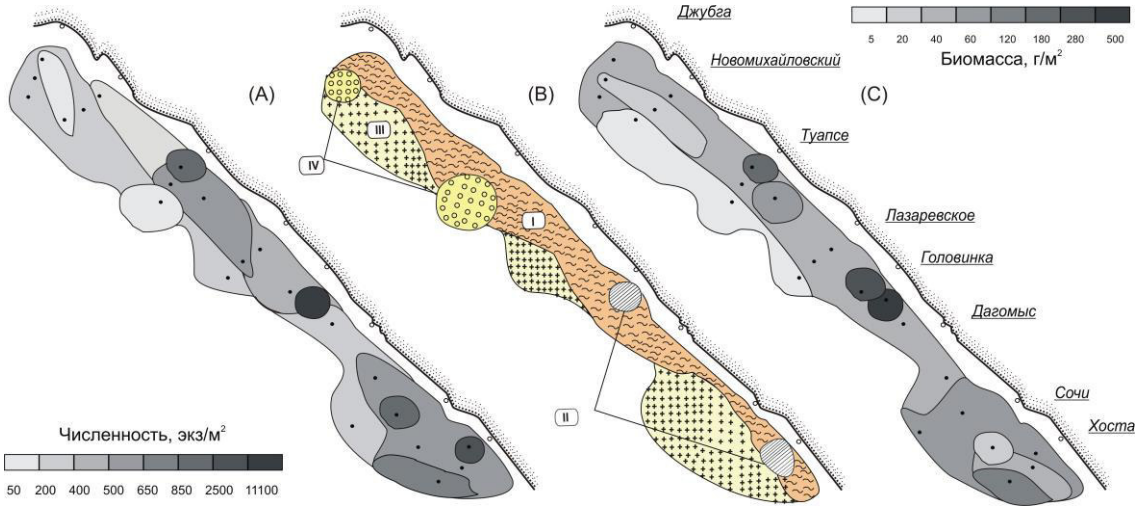

Рис. 2. Распределение численности зообентоса (А), биомассы (С) и донных сообществ (В): I – *Chamelea gallina – Pitar rudis,* II – *Anadara kagoshimensis,* III – *Modiolula phaseolina,* IV – *Terebellides stroemi*

Таблица 1. Основные характеристики сообществ зообентоса района Джубга – Хоста

Основные характеристики сообществ	Сообщества				
	C. gallina – P. rudis	*M. phaseolina*		*T. stroemi*	*A. kagoshimensis*
Район	Джубга – Хоста	Джубга – Новомихайловский	Лазаревское Дагомыс – Хоста	Джубга – Туапсе	Головинка, Хоста
Глубина, м	10–24	50–80	60–125	50–80	25–30
Число таксонов	37	10	9	20	18
Средняя плотность сообщества, экз/м^2	225	268	394	923	1420
Средняя биомасса сообщества, г/м^2	77,4	22,9	34,3	16,2	270
Средняя плотность доминирующего вида, экз/м^2	207	198	345	476	768
Средняя биомасса доминирующего вида, г/м^2	69,7	19,4	27,7	9,7	208
Индекс Шеннона	0,52	0,67	0,55	1,12	1,01
Индекс Пиелоу	0,11	0,2	0,17	0,3	0,25

В первом случае это происходило за счет доминирования двустворчатых моллюсков *C. gallina* и *P. rudis*, во втором – за счет доминирования моллюска *M. phaseolina.* Более высокие показатели индекса Шеннона были характерны для

сообществ двустворчатого моллюска *A. kagoshimensis* и многощетинковых червей *T. stroemi,* зарегистрированных на глубинах 25–30 м и 50–80 м соответственно. Индекс выравненности распределения видов Пиелоу показал сходную картину. Станции с наиболее низкими показателями биомассы располагались в Туапсинском районе (Джубга – Туапсе) на глубинах 50–80 м в сообществе *T. stroemi,* с высокими – в районе Головинки, Хосты на глубинах 25–30 м в сообществе *A. kagoshimensis* (рис. 2*а*).

Биоценоз *Chamelea gallina – Pitar rudis*. Данный биоценоз располагался на ракушечно-песчаных, местами галечно-песчано-илистых грунтах в диапазоне глубин 10–24 м. В пределах этих глубин обнаружено 37 таксонов: 1 – Porifera, 2 – Anthozoa, 1 – Nemertea, 12 – Polychaeta, 1 – Cirripedia, 1 – Amphipoda, 6 – Gastropoda, 12 – Bivalvia, 1 – Chordata. Данный биоценоз являлся одним из наиболее богатых по таксономическому составу. Плотность сообщества *C. gallina – P. rudis* колебалась в пределах 160–1840 экз/м^2, в среднем 225±127,0 экз/м^2, биомасса 29–180,2 г/м^2, в среднем 77,4±29,6 г/м^2 (см. рис. 2*а*). Плотность доминирующих видов составляла 207±98,6 экз/м^2 (92% от средней), биомасса – 69,7±23,1 г/м^2 (90%). Доминантом в сообществе зообентоса ракушечно-песчаных биотопов с примесью ила был двустворчатый моллюск *C. gallina*, субдоминантом – *P. rudis.* Плотность *P. rudis* в среднем составляла 100 экз/м^3, встречаемость 50–60%. Часто в этом биотопе его плотность значительно превосходила плотность доминирующего вида *C. gallina,* но из-за малых размеров биомасса была не высока. Смешанное сообщество с доминированием *C. gallina – P. rudis,* отмечено вдоль всего побережья от Джубгы до Хосты (см. рис. 2*б*). Структура популяции *C. gallina* представлена моллюсками длиной до 2,5 мм и 7–11 мм. Наиболее высокие значения биомассы данного биоценоза отмечены в биотопах, населенных крупными брюхоногими моллюсками *Rapana venosa* (районы Головинки и Туапсе). Средняя плотность поселения рапаны *R. venosa* составляла 3 экз/м^2, биомасса 68,7 г/м^2. Кроме рапаны в сообществе *C. gallina – P. rudis* отмечены хордовые *Ascidiella asperca* (Müller), актинии *Sagartiogeton undatus* (Müller) (syn. *Actinothoe clavata* (Ilmoni)), *Edwardsia claparedii* (Panceri), усоногие раки *Amphibalanus improvisus* (Darwin), многощетинковые черви *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, *Nephtys* sp., *Malacoceros* sp., *Melinna palmata* Grube, *Heteromastus filiformis* (Claparède), *Capitella capitata* (Fabricius), *Aricidea (Strelzovia) claudiae* Laubier, *Prionospio cirrifera* Wirén, *Phyllodoce* sp., *Alitta succinea* (Leuckart), *Polydora cornuta* Bosc, *Harmothoe* sp., брюхоногие моллюски *Rissoa* sp., *Tritia reticulata* (Linnaeus), *Retusa* sp., *Calyptraea chinensis* (Linnaeus), *Gibbula* sp. и двустворчатые моллюски *Gouldia minima* (Montagu) (150 экз/м^2, биомасса 8,2 г/м), *Lucinella divaricata* (Linnaeus) (80 экз/м^2, биомасса 0,57 г/м^2). Доля двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga) в сообществе *C. gallina – P. rudis* составляла не более 5–10% от общей численности. Другие двустворчатые моллюски – *Spisula subtruncata* (Da Costa), *Mytilus galloprovincialis* Lamark, *Mytilaster lineatus* (Gmelin), *Abra nitida* (O.F.Müller), *Donax* sp., *Parvicardium exiguum* (Gmelin), *Acanthocardia paucicostata* (Sowerby II) в пробах были в единичных экземплярах.

Биоценоз *Anadara kagoshimensis*. Биоценоз располагался на глубинах 25–30 м в районах Головинка и Хосты на сильно заиленном песке с большим количеством раковинного материала. В составе биоценоза отмечено 18 видов донных беспозвоночных, из них 9 видов Polychaeta, 6 – Bivalvia, 1 – Gastropoda, 1 – Chordata, 1 – Cirripedia. В 2013 г. сообщество *A. kagoshimensis* находилось в стадии формирования. Отмечена относительно высокая численность сообщества при практически полном отсутствии взрослых особей. Размер моллюсков колебался от 10,5 до 17,6 мм. В районах Головинка и Хосты его плотность в 5–6 раз превышала плотность сообщества *C. gallina – P. rudis.* Плотность сообщества *A. kagoshimensis* составляла 110–2740 экз/м^2, в среднем 1420±1315экз/м^2, биомасса 40–500,2 г/м^2, в сред-

нем 270±230,1 г/м^2 (рис. 2*а*). Плотность доминирующего вида *A. kagoshimensis* составляла 768±534 экз/м^2 (54% от средней для сообщества), биомасса – 208±195,4 г/м^2 (77%). На уровне субдоминант в сообществе отмечены *C. gallina, P. rudis* (суммарно 15% с плотностью поселения 100 экз/м^2) и многощетинковые черви *M. palmata*, *H. filiformis*, *A. claudiae*, *P. cirrifera* (суммарно 23% с плотностью поселения 360 экз/м^2). В данном биоценозе встречены многощетинковые черви *Nephtys hombergii*, *Nephtys* sp., *M. palmata*, *H. filiformis*, *C. capitata*, *P. cirrifera*, *A. claudiae*, *A. succinea*, *P. cornuta*, двустворчатые моллюски *C. gallina, P. rudis, A. kagoshimensis, A. nitida*, *P. exiguum*, *M. galloprovincialis* и брюхоногие моллюски *R. venosa.*

Биоценоз *Modiolula phaseolina* располагался на глубинах от 50 до 125 м. На глубинах 50–60 м грунт неоднородный. Чаще наблюдали серый ил с различным количеством ракуши. Локально встречали песчанистый ил с примесью гравия и ракуши. На глубинах 75–125 м отмечены фазеолиновые илы. Судя по окраске грунта и наличию в некоторых случаях запаха сероводорода, содержание кислорода здесь было недостаточное. Нередко серый по цвету грунт имел черный слой, близко расположенный к поверхности дна. Температурный режим характеризовался относительно низкими показателями (9–11°С). Фауна в пределах этих биотопов представлена 10 таксонами: 1 – Porifera, 1 – Chordata, 4 – Polychaeta, 3 – Bivalvia, 1 – Echinodermata. Доминирующим видом биоценоза указанных глубин был двустворчатый моллюск *M. phaseolina*. В пробе в среднем отмечено 7–8 таксонов. Плотность организмов в биоценозе колебалась от 325 до 2060 экз/м^2, биомасса 20–120 г/м^2. Плотность сообщества *M. phaseolina* в районе Джубга – Новомихайловский (глубины от 50 до 80 м) достигала в среднем 268±63 экз/м^2, биомасса – 22,9±2,7 г/м^2. Плотность доминирующего вида – 198±49,5 экз/м^2 (73,8% от средней для сообщества), биомасса – 19,4±4,5 г/м^2 (75,9%). В биоценозе отмечены офиура *Amphiura stepanovi* Djakonov, многощетинковые черви *T. stroemi* Sars, *N. hombergii, H. filiformis* (Claparède), *Notomastus profundus* (Eisig). Двустворчатые моллюски *Abra nitida*, *Parvicardium simile* (Milaschewitsch) были постоянными компонентами биотопа, но не достигали высокой численности. Плотность сообщества *M. phaseolina* на глубинах от 60 до 125 м (район Сочи) достигала в среднем 394±100 экз/м^2, биомасса – 34,3±13,8 г/м^2. Плотность доминирующего вида – 345±87,2 экз/м^2 (87,7% от средней для сообщества), биомасса – 27,7±9,9 г/м^2 (80,7%). Двустворчатые моллюски *A. nitida*, *P. simile* в биоценозе отмечены единично. Максимальную биомассу биоценоза *M. phaseolina* (120 г/м^2) наблюдали в районе Хосты, где фазеолина образовывала поселения высокой плотности (2,06 тыс. экз/м^2). Характерные представители донных беспозвоночных на глубинах 75–125 м – асцидия, офиура, многощетинковые черви. Высокую плотность поселения и частоту встречаемости имели многощетинковые черви *T. stroemi, N. hombergii*.

Биоценоз *Terebellides stroemi* выделен на илистых грунтах на трех станциях с глубинами 50 м (разрез Джубгы) и 50–80 м (разрез Туапсе). В биоценозе зарегистрировано 20 таксонов зообентоса: 1 – Nemertea, 14 – Polychaeta, 1 – Amphipoda, 1 – Gastropoda, 3 – Bivalvia. По численности и биомассе доминировали многощетинковые черви. Средняя плотность сообщества *T. stroemi* составляла 920±120 экз/м^2, биомасса 16,2±8,1 г/м^2, плотность доминирующего вида – 470±78,5 экз/м^2 (51,5% от средней для сообщества), биомасса – 9,7±4,7 г/м^2 (59,8%). На уровне субдоминант отмечены многощетинковые черви *N. hombergi* (15 % с плотностью поселения 130 экз/м^2). Представители малакофауны были единичны (*A. nitida*, *P. simile, M. phaseolina, T. reticulata).*

Геохимия грунтов. Общая картина распределения полей ЗВ, в данной акватории, является результатом взаимодействия различных факторов, имеет наложенный характер, охватывая различные типы осадков, причем каждый тип ЗВ обнаруживает определенное своеобразие

количественного распределения. Для района исследования можно выделить некоторые общие закономерности распределения химических элементов в донных отложениях. Совпадение областей повышенных концентраций наблюдали для нефтепродуктов, свинца, цинка, меди. Максимумы их концентрации сосредоточенны в районах крупных портовых и курортных городов Сочи – Хоста и Джубга – Туапсе (рис. 3).

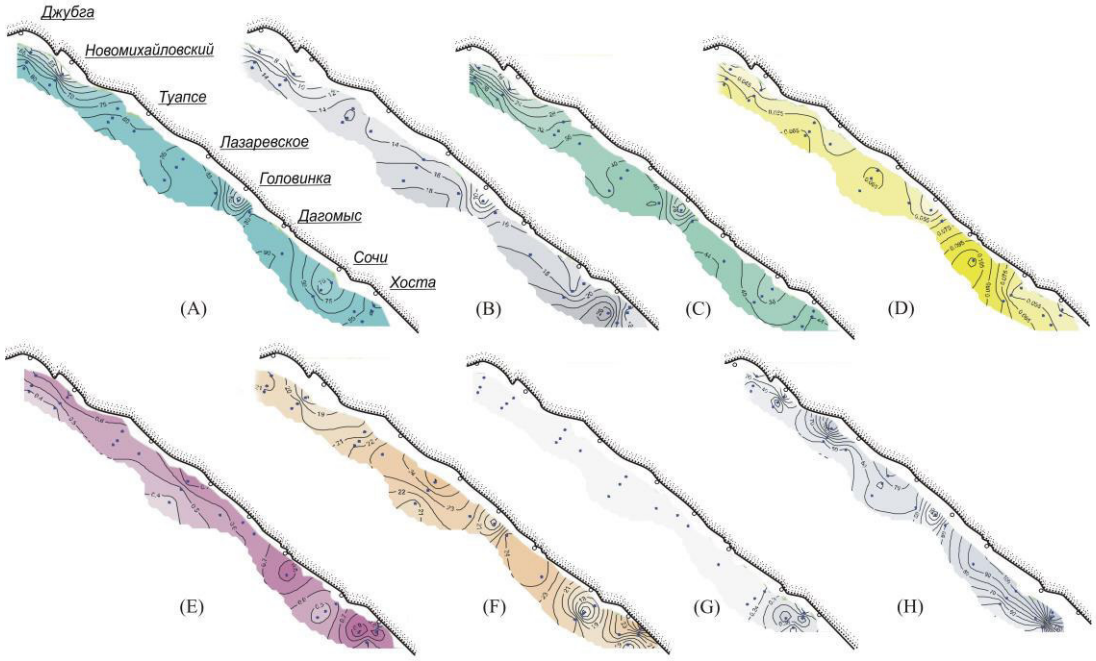

Рис. 3. Распределение цинка Zn (A), свинца Pb (B), меди Cu (C), ртути Hg (D), кадмия Cd (G), нефтепродуктов (H) в мкг/г и марганца Mn (E), железа Fe (F) в мг/г

Таблица 2. Минимальные, максимальные и средние значения химических элементов в донных осадках в районе Джубга – Хоста

Элемент	Минимум	Максимум	Среднее	ДК
Ртуть, мкг/г	0,03	0,12	0,06	0,3
Кадмий, мкг/г	< 0,2	0,53	0,23	0,8
Свинец, мкг/г	4,47	28,68	15,22	85
Медь, мкг/г	10,62	46,25*	36,05*	35
Цинк, мкг/г	40,94	92,50	78,60	140
Марганец, мг/г	0,367	1,044	0,595	–
Железо, мг/г	14,13	26,83	21,42	–
Нефтепродукты, мкг/г	0,32	168,4*	66,39*	50

* – превышение допустимых уровней концентраций (ДК) загрязняющих веществ в донных отложениях водоемов в соответствии с зарубежными нормами (Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95)

В районе Сочи – Хоста отмечены повышенные величины – марганца, железа, ртути, кадмия и нефтепродуктов. В целом, уровень загрязнения донных отложений с незначительным превышением допустимых концентраций (ДК) средних значений по полигону отмечен только для для нефтепродуктов (1,3–3,3 ДК) и меди (1,3 ДК) (табл. 2). Для остальных параметров не зафиксировано устойчивого отклонения от нормы.

Обсуждение результатов. На исследуемом участке Джубга – Хоста выявлено три донных биоценоза с доминированием *Chamelea gallina – Pitar rudis, Modiolula phaseolina* (Bivalvia), *Terebellides stroemi* (Polychaeta), которые были характерны для этого региона в конце 1980-х гг. [1], и сообщество недавнего вселенца двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensi*s. В многолетней динамике структура прибрежного сообщества *C. gallina – P. rudis* не претерпела заметных изменений. В 1960 и 1980-х гг. фильтратор-сестонофаг *C. gallina* формировал «ядро биоценоза» двустворчатых моллюсков на глубинах 20–30 м [1, 2]. Постоянными компонентами этого сообщества были двустворчатые моллюски *P. rudis, G. minima* и *L. divaricata*. Причем авторы отмечали более высокую численность мелкоразмерной популяции этих видов в сравнении с доминирующим видом *C. gallina*. В последние годы на кавказском шельфе за счет заиления наблюдали смещение наиболее продуктивного пояса бентали песчаной и илисто-песчаной зоны Черного моря на меньшие глубины [5]. В результате происходило сужение зоны, занимаемой сообществом *C. gallina*. В 2013 г. аналогично 2001–2005 гг. [5] доминирующий вид *C. gallina* занимал глубины 10–25 м, а его популяция была молодой (до 11 мм). Взрослые черноморские особи вида обычно достигают длины раковины 43 мм [8]. Отсутствие старших возрастных стадий двустворчатых моллюсков напрямую связано с выеданием их рапаной [2, 5]. В наших исследованиях на песчано-илистых грунтах плотность поселения рапаны достигала 3 экземпляра на квадратный метр. Массовое развитие рапаны в северо-восточной части моря наблюдали в 1999 г. (45–50 экз/м^2) [2]. Очевидно структура популяции *C. gallina* претерпевает резкие циклические колебания, связанные со вспышками хищника *R. venosa*. Изменение плотности популяции *C. gallina* в целом отражает динамику долговременного состояния черноморской экосистемы и ее межгодовых периодов [4, 5]. В импактных техногенных зонах на изменения состояния популяции вида могут оказывать влияние эдафические условия биотопа и гидрохимический состав среды. Популяция *C. gallin*а в северо-восточной части Черного моря находится в более угнетенном состоянии по сравнению с популяцией *P. rudis* [5, 6]. В связи с заилением северных областей шельфа на песчаном грунте отмечено ежегодное увеличение количественных показателей популяции *P. rudis* [6]. В наших исследованиях в районе Джубга – Хоста данный вид входил в состав смешанных сообществ *C. gallina – P. rudis* в качестве субдоминанта. В то же время в этом сообществе отмечена тенденция увеличения плотности и частоты встречаемости ранее редких в конце 1990-х гг. видов двустворчатых моллюсков *G. minima, L. divaricata* [2]. Конкурентное преимущество перед популяцией *C. gallina* на заиленных илах имеет популяция *A. kagoshimensis* [4, 5]. Авторы отмечают максимальное развитие данного вида в эстуарных, наиболее подверженных органическому загрязнению участках шельфа. Это обусловлено широкой экологической пластичностью и стрессоустойчивостью *A. kagoshimensi*s, которые определяются ее физиолого-биохимическими адаптациями к гипоксическим условиям среды, часто сопровождающим высокоэвтрофированные

акватории. Феномен появления и массового развития в Черном море *A. kagoshimensis* отмечен в период востребованности как потребителя избыточного органического вещества, в условиях пика эвтрофирования бассейна в конце 1980-х – начале 1990-х гг. [4]. В Туапсинском районе тропический вид-вселенец *A. kagoshimensis* впервые официально зарегистрирован на глубине 20 м в 1986 г. [1]. Несколько живых экземпляров размером 35–40 мм обнаружены в биотопе илистого песка. В 2001–2005 гг. в южной области северо-восточного шельфа на глубине 30 м его плотность достигала 2100 экз/м^2 [5]. В 2013 г. сообщество *A. kagoshimensis* находилось в стадии формирования. В районе Головинки средняя плотность сообщества анадары в шесть раз превышала среднюю плотность сообщества *Chamelea – Pitar*. Вполне возможно, что мозаичное распределение сообщества *A. kagoshimensis* и доминирование молоди в популяции связано с ранее проводимыми в этом районе гидротехническими работами. По данным [4] *A. kagoshimensis* в современных условиях фактически реализовала свой биотический потенциал как минимум на двух (западном и восточном) участках черноморского шельфа, где пики ее количественного развития пройдены, и при сохранении тенденции де-эвтрофирования бассейна Черного моря следует ожидать снижения и стабилизации количественного развития анадары, за исключением зон вблизи источников органического обогащения.

Заметные изменения в многолетней динамике претерпела структура донных сообществ на глубинах 40–80 м в Туапсинском районе, который в результате деятельности нефтеналивного порта, гидростроительства портовой инфраструктуры, речного стока испытывает все возрастающую антропогенную нагрузку. С годами роль отдельных видов в создании общей биомассы таксоцена в этом районе изменилась. В 1970-х гг. массовыми видами на глубине 40–50 м были двустворчатые моллюски *P. simile* и *G. minima* [1]. В конце 1990-х гг. эти виды стали редкими [2]. По численности и биомассе доминировали представители сем. Mytilidae *M. phaseolina* и *M. galloprovincialis,* с глубиной возрастала роль фазеолины. В 2013 г. на нижних горизонтах шельфа вместо фазеолины располагалось сообщество многощетинковых червей *T. stroemii*. Сукцессия биоценоза двустворчатых моллюсков в биоценоз многощетинковых червей в районе Туапсинского порта очевидно произошла в результате значительного антропогенного преобразование биотопа и заиления биоценоза. При этом наблюдали полное отсутствие фазеолины в пробах. Многолетние количественные показатели *M. phaseolina* на нижних горизонтах шельфа (50–125 м) других участков не демонстрировали явно выраженной динамики. Популяция *M. phaseolina* имела пятнистый характер распределения с концентрацией на горных массивах, что характерно для кавказского шельфа [9]. В районе Хоста фазеолина образовывала обширные одноименные сообщества по плотности аналогичные показателям конца 1980-х гг.

Все геохимические данные, полученные в районе исследования зообентоса, свидетельствуют о том, что уровень загрязнения донных отложений характеризуется незначительным превышением ДК для НП и меди. Уровень загрязнения донных отложений в прибрежной зоне зависит от многих факторов: от литологического типа осадка, его гранулометрического состава, глубины моря, свойств ЗВ и уровня их поступления с берега, гидрологических условий, системы течений и т.д. В наиболее тонкодисперсных алевритовых и пелитовых осадках отмечаются, как правило, более повышенные содержания ЗВ, чем в

песках [10]. Для Кавказского побережья Черного моря, характеризующегося узким шельфом, ЗВ во взвеси интенсивно выносятся за пределы шельфа, к подножию склона, где, как правило, наблюдаются их максимальные концентрации. Кроме того, в мелководной части прибрежной зоны происходит отложение наиболее крупного терригенного материала, взмучивание осадка, более сильное окисление и таким образом более интенсивное самоочищение, с удалением от берега эти факторы ослабевают [10]. Повышенные концентрации НП и меди отмечены в районах наиболее интенсивного антропогенного загрязнения – Туапсе и Сочи и согласуются с данными работы [11]. Известно, что основная часть НП (60–95%) поступает во взвешенном состоянии с береговым стоком. На участке Туапсе – Сочи взвесь обычно более загрязнена НП осенью, когда реки поставляют максимальные объемы НП. Мы проанализировали характер изменения биомассы зообентоса по градиентам геохимических параметров, превышающих допустимые концентрации. Однако тесной связи между исследуемыми компонентами обнаружить не удалось. Корреляционный анализ показал, что биомасса зообентоса находится в обратной зависимости от распределения меди (r = – 0,2) и нефтепродуктов (r = – 0,2). Коэффициенты детерминации R^2 = показывают, что уравнение регрессии на 4% объясняет вариацию значений биомассы от нефтепродуктов и на 96% – от других факторов. Такие компоненты загрязнения, как битум, фенол, углеводороды, тяжелые металлы, лишь сопутствуют органическому загрязнению, результатом которого является сульфатредукция и накопление действительно токсичных для фауны сульфидов [12]. На структуру, распространение зообентоса и роль доминирующих видов в биоценозе в антропогенных зонах значительно большее воздействие оказывает уровень сероводородного заражения грунтов, чем загрязнители, традиционно учитываемые в санитарной гидробиологии [11, 12].

Заключение. На участке Джубга – Хоста выявлены три донных биоценоза с доминированием двустворчатых моллюсков *Chamelea gallina – Pitar rudis, Modiolula phaseolina*, многощетинковых червей *Terebellides stroemi*, которые были характерны для этого региона в конце 1980-х гг., и сообщество недавнего вселенца двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis*. Наибольшие площади дна занимали биоценозы *Chamelea gallina – Pitar rudis* и *Modiolula phaseolina*. Структура прибрежных донных сообществ с доминированием *C. gallina – P. rudis* и сообществ фазеолиновых илов на нижних горизонтах шельфа не претерпели заметных изменений. Отмечена тенденция к увеличению биомассы и частоты встречаемости ранее редких в конце 1990-х гг. видов двустворчатых моллюсков *G. minima, L. divaricata*. Биоценоз вида-вселенца *A. kagoshimensis* находился в стадии формирования. В наиболее загрязненном Туапсинском районе выявлен биоценоз многощетинковых червей *T. stroemii*. Геохимические данные свидетельствуют о незначительном превышении ДК в донных отложениях НП и меди в районах городов Туапсе и Сочи, которые очевидно не оказывают существенного влияния на структуру и распределение зообентоса. Полученные результаты позволяют оценивать состояние донных сообществ района Джубга – Хоста через два года после прокладки газовой магистрали как относительно благополучное.

Авторы благодарят анонимного рецензента за ценные замечания, д-ра биол. наук Н.Г. Сергееву (ИМБИ РАН) за критический просмотр материала, инженера Н.М. Ребецкого (ЮО ИО РАН) за отбор проб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михайлова Т.В.* Изменения в распределении бентоса в районе Туапсе // Многолетние изменения зообентоса Черного моря / ред. В.Е. Заика. Киев: Наукова думка, 1992. 248 с.
2. *Макрозообентос* рыхлых грунтов северо-кавказского побережья Черного моря: многолетняя динамика сообществ / Н.В. Кучерук, А.Б. Басин, А.В. Котов [и др.] // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука. 2002. С. 289–297.
3. *Ревков Н.К.* Макрозообентос украинского шельфа Черного моря // Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей / ред. В.Н. Еремеев, А.В. Гаевская [и др.]. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 140–162.
4. *Ревков Н.К.* Особенности колонизации Черного моря недавним вселенцем – двустворчатым моллюском *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia: Arcidae) // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1. № 2. С. 3–17.
5. *Чикина М.В.* Макрозообентос рыхлых грунтов северо-кавказского побережья Черного моря: пространственная структура и многолетняя динамика: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 25 с.
6. *Набоженко М.В.* Современное распределение двустворчатых моллюсков (Mollusca: Bivalvia) северо-восточной части Черного моря // Вестник южного научного центра РАН, 2011. Т. 7. № 3. С. 79–86.
7. *Руководство* по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.
8. *Скарлато О.А.*, *Старобогатов Я.И.* Класс двустворчатые моллюски – Bivalvia // Определитель фауны Черного и Азовского морей. Киев: Наукова думка, 1972. Т. 2. С. 178–249
9. *Sergeeva N.G.* Retrospective data about underwater landscapes and the meiobenthos in the Nord-Eastern part of the Black Sea: abstracts of IGCP 610 Fourth plenary meeting and field trip. (Tbilisi, Georgia, 2–9 October 2016).Tbilisi, 2016. P. 153–155.
10. *Техногенное* загрязнение и процессы очищения Прикавказской зоны Черного моря. М.: Недра, 1996. 502 с.
11. *Селифонова Ж.П., Часовников В.К.* Зообентос портовых акваторий северо-восточного шельфа Черного моря и его связь с загрязнением донных осадков // Вода: химия и экология. 2013. № 1. С. 79–86.
12. *Sorokin Yu.I., Zakuskina O.Yu.* Acid-soluble sulfides in the upper layer of the bottom sediments on the northeastern shelf of the Black Sea: relation to the pollution and environmental aftereffects // Oceanology. 2008. Vol. 48. № 2. P. 204–211.

ECOLOGICAL CONDITION OF ZOOBENTHOS ON THE CAUCASUS COAST NEAR DZHUBGA – KHOSTA (THE BLACK SEA)

Zh.P. Selifonova[1,2], V.K. Chasovnikov[3]

[1] Admiral Ushakov State Maritime University, Russian Federation, Novorossiysk, Lenin Av., 93
[2] Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Federation, Sevastopol, Nakhimov Av., 2
[3] Shirshov Institute of Oceanology, Russian Federation, Moscow, Nakhimovsky Av., 36

Three bottom biocenoses of *Chamelea gallina – Pitar rudis, Modiolula phaseolin*a (Bivalvia) and *Terebellides stroemi* (Polychaeta), which were characteristic of this area in the late 1980th, and one biocenoses of recent invader of *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia) have been revealed. The increase of biomass and frequency of occurrence of rare species in the late 1990th, such as *Gouldia minima, Lucinella divaricata* (Bivalvia) is noted. The structure of communities *C. gallina – P. rudis* and *Modiolula phaseolina* hasn't changed considerably. Insignificant excess of permissible concentration of oil products and cuprum in bottom sediments of areas of the cities of Tuapse and Sochi has been registered. The condition of benthic communities is estimated as quite favorable.

Keywords: zoobenthos, biocenosis, geohemistry of bottom sediments, Dzhubga – Khosta, the Black Sea.