

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

КОПИЙ ВЕРА ГЕОРГИЕВНА

УДК 574.587 (262.5)

**СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА ПЕСЧАНОЙ
ПСЕВДОЛИТОРАЛИ У ЧЕРНОМОРСКИХ БЕРЕГОВ КРЫМА**

03.02.10 – гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Севастополь – 2014

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Институте биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского, г. Севастополь

Научный руководитель: член-корреспондент НАН Украины,
доктор биологических наук, профессор
Заика Виктор Евгеньевич
Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского НАН Украины

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор,
Золотницкий Александр Петрович,
Керченский государственный морской
технологический университет,
заведующий кафедрой водных
биоресурсов и марикультуры

кандидат биологических наук
Мальцев Владимир Иннокентьевич,
Карадагский природный заповедник,
старший научный сотрудник

Защита состоится «24» октября 2014 г в 10 часов на заседании
специализированного учёного совета Д 50.214.01 при Институте биологии
южных морей им. А. О. Ковалевского по адресу: 99011, Россия,
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2 .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии
южных морей им. А. О. Ковалевского по адресу: 299011, Россия,
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2.

Автореферат разослан _____ 2014 г.

Учёный секретарь
специализированного учёного совета Д 50.214.01
кандидат биологических наук

 Н.В. Поспелова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Прибрежные донные сообщества находятся под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов, которые могут существенно изменять водную среду с населяющими её организмами.

В последние десятилетия, наряду с продолжающимися исследованиями прибрежных сообществ бентоса, возрос интерес к исследованию краевых зон моря. Это связано, с тем, что контурные биотопы оказались на сегодняшний день наименее изученными по сравнению с более глубоководными зонами бентали. Кроме того, сообщества краевых зон обитают в областях повышенного воздействия комплекса природных и антропогенных факторов (Воробьёва, 2003; Зайцев, 2002, 2006, 2010; Миронов, 2009 и др.).

Данные о сообществах зоны псевдолиторали вдоль черноморского побережья Крыма носят фрагментарный характер и не могут в полной мере отразить объективную картину состояния исследуемых сообществ. Отсутствие информации о многолетних изменениях, произошедших в краевых сообществах, не позволяет выяснить общие тенденции и закономерности их развития, а также оценить последствия негативного воздействия на сообщества черноморского макрозообентоса.

Учитывая вышесказанное, данная работа, направленная на изучение качественного и количественного состава сообществ макрозообентоса зоны псевдолиторали вдоль крымского побережья Чёрного моря, является актуальной.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в отделе экологии бентоса Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского в рамках работы по темам: “Исследование локальных различий морской биоты в связи с особенностями местообитаний, с учётом воздействия климатических и антропогенных факторов”, (№ гос. рег. 0107U012023, 2008 – 2012 гг.) и “Адаптации экосистем приморских элементов экосети Украины к воздействию биотических и абиотических факторов” (№ гос. рег. 0112U001629, с 2012 г.). В перечисленных темах автор принимал участие как соискатель и исполнитель соответствующих разделов (2008 – 2013 гг.).

Цель и задачи исследования. *Цель работы* – исследовать состав и структуру сообществ макрозообентоса песчаной псевдолиторали в пространственно-временном масштабе; оценить многолетние изменения, происходящие в этих сообществах.

В соответствии с целью поставлены следующие *задачи*:

- Изучить качественный и количественный состав сообществ макрозообентоса псевдолиторали крымского побережья;
- Проследить сезонную динамику структуры сообществ;
- Оценить многолетние изменения в сообществах на участке побережья западного Крыма и выявить их возможные причины;
- Изучить особенности биологии некоторых массовых видов сообществ псевдолиторали.

Объект исследования – макрозообентос псевдолиторали.

Предмет исследования – состав, распределение макрозообентоса и экологические особенности массовых видов в зоне псевдолиторали крымского побережья.

Методы исследования. В работе использованы стандартные полевые гидробиологические методы и экспериментальные методы исследования в лабораторных условиях. Для изучения видового состава применялись методы препарирования и световой микроскопии. Цифровой материал обрабатывался статистически, в соответствии с принципами и методами анализа экологических данных: методы классификации и оценка видового разнообразия.

Научная новизна полученных результатов. Впервые представлена карта распределения сообществ макрозообентоса в зоне псевдолиторали крымского побережья Чёрного моря. Дополнены данные по видовому составу и плотности поселений макрозообентоса, составлен общий таксономический список макрозообентоса псевдолиторали крымского побережья, получены новые данные по биологии и экологии массовых представителей черноморского макрозообентоса. Впервые проведён сравнительный анализ современных данных видового состава и количественных характеристик макрозообентоса с данными О. Б. Мокиевского (1945 – 1946 гг.) на участке побережья западного Крыма.

Практическое значение полученных результатов. Данные о современном состоянии макрозообентоса зоны псевдолиторали вдоль крымского побережья Чёрного моря могут быть использованы в качестве базовой информации для прогнозирования развития водных экосистем при естественных процессах и антропогенных воздействиях, при планировании, проведении мониторинга прибрежной зоны, а также оценке антропогенного влияния на экосистему и ущерба, наносимого морской биоте. Новые данные по биологии и экологии многощетинковых червей могут быть включены в курсы лекций студентам по специальностям «биология», «зоология» и «гидробиология».

Личный вклад соискателя. Диссертантом самостоятельно выполнены сбор материала и его обработка, экспериментальные исследования по экологии и биологии массовых видов полихет. Постановка цели и задач исследования, а также интерпретация полученных результатов выполнены при участии научного руководителя.

Апробация работы. Результаты исследований, включённые в диссертационную работу, представлены на: V, VI, VII Международных научно-практических конференциях «Заповедники Крыма» (Симферополь, 2009, 2011, 2013); I и II Международных научно-практических конференциях «Биоразнообразие и устойчивое развитие» (Симферополь, 2010, 2012); Всеукраинском семинаре - совещании «Морские берега Украины» (Кацивели, 2011); IV Международной научно-практической конференции «Моллюски: результаты, проблемы и перспективы исследований» (Житомир, 2012); III

Международной конференции «Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы исследований» (Херсон, 2012); VII Международной научной конференции «Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона», посвященная 90-летию ЮгНИРО (Керчь, 2012); VII Международной научной конференции «Биоразнообразие и роль животных в экосистемах» (Днепропетровск, 2013); а также доложены и обсуждены на научных семинарах отдела экологии бентоса ИнБЮМ им. А. О. Ковалевского (2008 – 2013 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ (8 из них без соавторов), в том числе в журнале, включённом в международную наукометрическую базу «SCOPUS» – 1 статья, в специализированных изданиях, рекомендованных ВАК – 5 статей, в материалах международных и региональных конференций – 6 статей и 4 тезисов. Из статей, опубликованных в соавторстве, в диссертации использованы только данные, полученные диссертантом. Права соавторов публикаций не нарушены.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, семи разделов, выводов, списка использованных источников и приложения. Общий объём рукописи 189 страниц. Работа содержит 64 рисунка и 38 таблиц. Список использованных источников включает 203 работы, из них 57 на иностранных языках.

Благодарности. Соискатель выражает глубокую благодарность научному руководителю члену-корреспонденту НАН Украины, д.б.н., профессору В.Е. Заике за методическое руководство и ценные советы на всех этапах работы над диссертацией; д.б.н., профессору А.В. Гаевской за поддержку в работе; к.б.н. Н.А. Болтачёвой, м.н.с. Л.В. Бондаренко, к.б.н. Е.В. Лисицкой, а также работникам научной библиотеки ИнБЮМ за помощь в поисках необходимой литературы и всем сотрудникам отдела экологии бентоса ИнБЮМ за доброе отношение и моральную поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние изученности макрозообентоса зоны псевдолиторали Азово-Черноморского бассейна (Обзор литературы). В разделе кратко рассмотрены основные этапы исследований макробентоса зоны псевдолиторали Азово-Черноморского бассейна. Уделено внимание основным понятиям, анализу вопросов существования литоральной зоны и причин, вызывающих приливо-отливные колебания в бесприливных морях. Проанализированы результаты отечественных и зарубежных исследований видового состава и количественных характеристик макробентоса зоны псевдолиторали. Особое внимание уделено исследованиям зоны псевдолиторали Крымского побережья.

Материал и методы исследований. Краткая физико-географическая характеристика районов исследования. Для изучения сообществ макрозообентоса зоны псевдолиторали были выбраны станции, расположенные

практически вдоль всего черноморского побережья Крыма. Районы исследования: крайняя западная точка – побережье бухты Ярылгач (село Межводное), крайняя восточная – мыс Опук (Опукский природный заповедник). Исследуемые районы отличались не только гидрологическими и гидрохимическими характеристиками, но также и по степени антропогенной нагрузки (рис. 1).



Рис. 1 Карта-схема районов исследования

Объём исследованного материала. Сбор материала проводился с 2007 по 2011 гг. В большинстве районов полевые работы выполнены в летний период. Для исследования сезонных изменений видового состава и количественных показателей макрозообентоса в двух бухтах Севастополя (Казачья, Севастопольская) отбор проб проводили ежемесячно в течение 13 месяцев, в кутовых частях трёх бухт (Круглая, Стрелецкая, Казачья) – ежеквартально в течение года. На каждой станции одновременно проводили отбор проб грунта для гранулометрического анализа и воды – для определения её солёности. Общий объём материала составил 1397 проб: 821 проба макрозообентоса, 341 проба грунта на гранулометрию, 235 проб воды на анализ солёности.

Методы отбора проб. Бентосные пробы отбирали на участке псевдолиторали ручным дночерпателем с площадью захвата 0,04 м². Верхний и нижний края заплеска определяли для момента каждого наблюдения. Для установления местоположения уреза воды (средняя линия между верхним и нижним краями заплеска) проводили двадцать измерений отдельных волн.

Разрез был расположен перпендикулярно берегу и состоял из 3 - 5 станций (ниже уреза, урез и выше уреза воды). Расстояние между смежными точками составляло 50 см. Непосредственно после отбора, пробы фиксировали 4% раствором формалина, перед камеральным анализом их промывали проточной водой через сито с размером ячеек 0,5 мм. Моллюсков и ракообразных фиксировали 75° этиловым спиртом, остальные группы – 4% раствором формалина. Солёность и температуру воды измеряли с помощью портативного прибора «SENSION 5». Для анализа гранулометрического состава осадка

использовали общепринятую методику ситового анализа (Клёнова, 1948; Петелин, 1967 и др.).

Математическая обработка данных. Математическую обработку данных осуществляли с помощью компьютерных программ Excel и Biodiversity Pro. Для количественной характеристики состояния бентоса определяли среднюю численность, биомассу, встречаемость каждого вида, для выделения сообществ использовали индекс функционального обилия (Кучерук, 1985; Мальцев, 1990). Для определения фаунистического сходства использовался индекс Чекановского - Сёренсена (Serensen, 1948). Показатели структуры сообществ оценены при помощи следующих индексов: разнообразия Шеннона (Shannon, Weaver, 1949), выравнивания Пиелу (Pielou, 1966), доминирования Симпсона (Одум, 1986). Структурные изменения сообществ выявляли, анализируя ранговые и k-доминантные кривые (Баканов, 1987; Glasby, 1999; Ревков, 2003 и др.). Анализ данных проводили с использованием пакетов программ: MS Excel 2007 (Microsoft™) и BiodiversityPro, Version 2, 1997.

Экспериментальные исследования. Для анализа размерной структуры массовых видов (моллюск *Donacilla cornea* (Poli, 1791, полихета *Saccocirrus papillocercus* (Bobretzky, 1872)) было промерено 1898 моллюсков и 2240 полихет. Для оценки плодовитости *S. papillocercus* исследовано 25 червей, методика опубликована (Копий и др., 2012). Измерение скорости зарывания моллюсков *D. cornea* в грунт проводили в природных условиях, исследования осуществляли на трёх участках – ниже уреза, на урезе и выше уреза воды (по 15 экз. на каждом участке).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Качественный и количественный состав макрозообентоса псевдолиторали черноморского побережья Крыма. В зоне псевдолиторали черноморского побережья Крыма обнаружены следующие таксономические группы: Polychaeta (33 вида), Crustacea (36), Mollusca (17), а также немногочисленные по видовому составу Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta, Pantopoda и Chironomida, систематическое определение которых мы не проводили по ряду причин.

Сообщества макрозообентоса псевдолиторали западного Крыма. Проанализированы бентосные пробы, отобранные вдоль побережья западного Крыма от посёлка Межводное до п. Витино (рис. 1). Всего зарегистрированы следующие таксономические группы: Polychaeta (7 видов), Crustacea (10), Mollusca (4), а также Turbellaria, Nemertni, Oligochaeta и Chironomidae. Почти на всех станциях массово представлены ракообразные родов *Echinogammarus* и *Talorchestia*. Ранжированный ряд по численности возглавляли ракообразные, по биомассе – моллюски. Основной вклад в численность внесли амфиподы *Echinogammarus foxi* (1674 экз м⁻²), в биомассу – *D. cornea* (3,7 г м⁻²).

Распределение бентосных животных по горизонтам псевдолиторали неравномерно: наибольшее количество видов отмечено на участке ниже уреза, наименьшее – выше уреза воды. Для летнего периода характерны высокая степень инсоляции и высыхания верхнего слоя грунта, поэтому большая часть гидробионтов обитает в зоне ниже уреза воды. В зоне выше уреза воды в основном зарегистрированы ракообразные, которые способны зарываться в песок, скрываться под камнями или в толще водорослевых выбросов, служащих им не только укрытием от высокой температуры и высыхания, но и пищей.

Наибольшее фаунистическое сходство выявлено при попарном сравнении районов Окунёвка-Ойрат и Оленёвка-Южная коса (0,82 и 0,73 соответственно), наименьшее – между районами Оленёвка - Межводное (0,182).

Для оценки многолетних изменений, произошедших в составе макрозообентоса псевдолиторали, съёмку в 2010 г. провели на тех же точках, где более полувека назад (1945-1946 гг.) работал О. Б. Мокиевский (Мокиевский, 1949). Тогда здесь были зарегистрированы полихеты (4 вида), ракообразные (10), моллюски (2) и немертину. Почти на всех станциях встречались моллюски *D. cornea*, полихеты *Ophelia bicornis* Savigny in Lamarck, 1818 и ракообразные – *Pontogammarus maoticus* (Sowinskyi, 1894) и *Eurydice pulchra* Leach, 1815. В 2010 г. на этом же полигоне встречены полихеты (7 видов), ракообразные (9), моллюски (4) и немертину. Почти повсеместно наблюдалась высокая численность полихеты *S. papillocercus*, моллюска *D. cornea* и амфиподы *Deshayesorchestia deshayesii* (Audouin, 1826). При сравнении количественных показателей макрозообентоса в 1940-х и 2010 гг. выяснилось, что численность организмов за этот период увеличилась в 5 раз, а биомасса снизилась более чем в 8 раз (табл. 1).

Таблица 1

Средняя численность (N) и биомасса (B) макрозообентоса в зоне псевдолиторали западного Крыма в различные периоды исследования

Таксон	1945 – 1946 гг.*		2010 г.	
	N (экз·м ⁻²)	B (г·м ⁻²)	N (экз·м ⁻²)	B (г·м ⁻²)
Polychaeta	167	28,78	499 ± 347	1,07 ± 0,77
Crustacea	377	2,241	2060 ± 1341	3,05 ± 1,04
Mollusca	255	55,903	32 ± 11	3,82 ± 1,72
Turbellaria	-	-	1247 ± 680	0,16 ± 0,08
Nemertini	0,4	0,0004	12 ± 6	2,43 ± 1,82
Oligochaeta	-	-	174 ± 96	0,02 ± 0,01
Chironomidae	-	-	1 ± 0,5	0,0002 ± 0,0001
Всего	799	86,93	4025 ± 2581	10,56 ± 4,24

*Данные О. Б. Мокиевского

В 1940-е гг. полихета *O. bicornis* была отмечена повсеместно, а *S. papillocercus* встретился лишь однажды в единственном экземпляре. В наших пробах *O. bicornis* не обнаружен ни на одной из станций, а саккоциррус доминировал почти вдоль всего западного побережья Крыма. Среди моллюсков в оба периода зарегистрирован один общий вид – *D. cornea*. Однако, в 1940-е гг. данный вид встречался вдоль всего побережья западного Крыма, а в 2010 г. – только на 20% станций. Среди ракообразных отмечено три общих вида (*Gastrosaccus sanctus* (Van Beneden, 1861), *P. maeoticus* и *Tylos ponticus* Grebnitzky, 1874). В оба периода зарегистрированы немертины. Степень фаунистического сходства в исследуемые периоды низкая – 0,32.

За прошедшие десятилетия произошла смена руководящих видов в сообществах: доминирующие в 1940-х годах крупные долгоживущие виды *D. cornea* и *O. bicornis* замещены мелким короткоживущим видом *S. papillocercus*. В соответствии с этим сменились и сообщества (рис. 2).

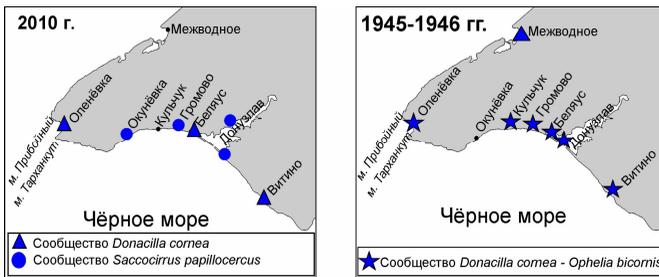


Рис. 2 Карта-схема распределения сообществ в зоне псевдолиторали западного Крыма в 1945-1946 и 2010 гг.

Помимо того, установлены различия в распределении гидробионтов по горизонтам псевдолиторали. В 1940-е годы большинство форм встречалось как выше, так и ниже уреза воды. В 2010 г. в верхнем горизонте зарегистрировано всего три вида макрозообентоса, остальные обитатели зоны – ниже уреза воды и это может быть связано с возросшей антропогенной нагрузкой.

Сообщества макрозообентоса псевдолиторали бухт Севастополя.

Проанализированы бентосные пробы, отобранные в бухтах Казачья, Круглая, Стрелецкая и Севастопольская (рис. 1). Зарегистрированы следующие таксономические группы: Polychaeta (30 видов), Crustacea (21), Mollusca (14), а также Turbellaria, Nemertni, Oligochaeta и Chironomidae. Ранжированный ряд по численности и биомассе возглавляли моллюски. Основной вклад в данный показатель внесла *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805) (738 экз м⁻² и 1,81 г м⁻²). На более открытых участках бухт Севастопольская и Казачья почти на всех станциях массово представлены полихеты *S. papillocercus*, *Namanereis pontica* (Bobretzky, 1872), ракообразные *Sphaeroma pulchellum* (Colosi, 1921), а также немертины и олигохеты. В кутовых частях бухт Казачья, Круглая и Стрелецкая

массовое развитие получили полихеты *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), моллюск *H. acuta*, олигохеты и личинки комаров.

Наибольшее видовое богатство (26 видов полихет, 22 вида ракообразных, 10 видов моллюсков, а также Turbellaria, Nemertni, Oligochaeta и Chironomidae) отмечено в б. Казачья. Это может быть связано с тем, что, с одной стороны, данная бухта наиболее чистая, по сравнению с другими бухтами Севастополя (Куфтаркова и др., 2008; Сергеева и др., 2010), с другой стороны, в наших исследованиях зона её псевдолиторали наиболее полно изучена, т. к. бентосные пробы были отобраны на открытых участках и в кутовой части бухты.

Сообщества макрозообентоса псевдолиторали юго-восточного Крыма.

Проанализированы бентосные пробы, отобранные в районе Карадагского природного заповедника (пляж Биостанции, скала Кузьмичёв камень и б. Баракта) и на прилегающих участках – бухты Лисья и Тихая, пляжи в посёлках Орджоникидзе, Прибрежное и в устье реки Байбуга (Феодосийский залив) (рис. 1). Всего зарегистрированы следующие таксономические группы: Polychaeta (8 видов), Crustacea (5), а также Turbellaria, Nemertni, Oligochaeta и Pantopoda. Высокие показатели численности беспозвоночных отмечены в устье реки Байбуга (8967 экз m^{-2}) и в районе пляжа п. Орджоникидзе (7767 экз m^{-2}), высокие показатели биомассы – в акватории пляжа Биостанции (6,1 г m^{-2}) и бухты Лисья (3,0 г m^{-2}). Наиболее существенный вклад в формирование общей численности и биомассы внесли полихеты *S. papillocercus* (1913 экз m^{-2} ; 6,0 г m^{-2}), ракообразные *Echinogammarus olivii* Milne Edwards, 1830 (1875 экз m^{-2} ; 1,1 г m^{-2}) и Nemertini (658 экз m^{-2} ; 1,8 г m^{-2}). Только в акватории б. Тихая обнаружены полихеты *Hesionides arenaria* Friedrich, 1937, более нигде не встреченные нами.

Распределение бентосных животных по горизонтам псевдолиторали неравномерно: наибольшее количество видов отмечено на участке ниже уреза, наименьшее – выше уреза воды. В зоне ниже уреза воды, в основном, обитают полихеты, на урезе и выше уреза воды – ракообразные, турбеллярии, немертины и олигохеты.

Наибольшее фаунистическое сходство выявлено в двух районах: пляж Биостанции – бухта Лисья (0,83) и бухта Тихая – пляж Орджоникидзе (0,86). Отсутствие или низкая степень сходства видового состава выявлены между участком устья реки Байбуга и остальными районами исследования (0-0,4). Это связано с тем, что на участке в устье реки Байбуга сложились своеобразные экологические условия, значительно отличающие этот участок от остальных районов: грунт здесь представлен илистыми песками, солёность воды часто меняется в широких пределах в зависимости от силы и направления ветра. Несомненно, это отразилось на видовом составе макрозообентоса.

Сравнительный анализ наших результатов и данных М. И. Киселёвой (1984 г.) по полихетам в районе Карадага показал, что видовой состав червей, обитающих ниже уреза воды, за прошедший период значительно изменился. Произошло не только снижение более чем в 4 раза общего видового богатства, но и смена видов - доминантов. В 1984 доминировали три вида червей – *Pholoe*

synophthalmica Claparede, 1868; *Polycirrus jubatus* (Bobretzky, 1868); *Salvatoria clavata* (Claparede, 1863). В 2008 г. вдоль всей зоны псевдолиторали Карадага доминировал один вид – *S. papillocercus*. В 1984 г. зарегистрировано 26 видов полихет, из которых 18 видов (69%) отмечены в единичных экземплярах, 2008 г. – всего 6. Из них *Microphthalmus fragilis* (Bobretzky, 1872), *P. jubatus* и *Protodorvillea kefersteini* (McIntosh, 1869) встречены однократно в единичных экземплярах. Для двух периодов исследования выявлен низкий уровень фаунистического сходства (0,25). В 1984 г. в список обнаруженных полихет входило 11 видов (42%), для которых характерно обитание в прибрежных зарослях макрофитов, а не в зоне псевдолиторали, куда эти виды могли быть занесены случайно под воздействием волн. За прошедший период в прибрежной зоне произошло значительное уменьшение количества водорослей (Костенко и др., 2005). В связи с этим, возможно, снизилась численность полихет, обитающих в макрофитах и попадающих в зону псевдолиторали. Из числа фитофагов зарегистрированы только единичные экземпляры одного вида – *S. clavata*.

Сезонные изменения видового состава и количественных показателей макрозообентоса псевдолиторали бухт Севастополя.

Бухта Казачья. В бухте Казачья бентосную съёмку проводили на трёх участках, отличающихся по гранулометрическому составу, поэтому характеристика видового состава, количественных показателей и сезонной динамики макрозообентоса представлена для каждого биогеоценоза отдельно.

В биоценозе ила зарегистрированы Polychaeta (10 видов), Crustacea (8), Mollusca (10), а также Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta и Chironomidae. Общая численность и биомасса макрозообентоса варьировали в различные сезоны года в пределах 5-2310 экз·м⁻² и 0,005-54,12 г·м⁻² соответственно, при этом в течение всего года массово были представлены полихета *C. capitata* и гастропода *H. acuta* (средние значения численности – 98 и 911 экз·м⁻²; биомассы – 0,076 и 2,02 г·м⁻² соответственно).

Значительные колебания температуры воды между верхним и нижним горизонтами псевдолиторали наблюдались только в летний период (табл. 2). Это отразилось на распределении бентосных животных по горизонтам: на верхнем горизонте псевдолиторали отмечены единичные экземпляры полихеты *Hediste diversicolor* (O. F. Müller, 1776), гастроподы *H. acuta*, личинок комаров и только численность олигохет, устойчивых к воздействию негативных факторов (Шурова, 1992), достигала 225 экз·м⁻². Подавляющее большинство бентосных животных (78 %) оставались в более стабильных условиях зоны ниже уреза воды. Значительные колебания солёности воды по горизонтам псевдолиторали мы наблюдали только осенью. Высокая солёность выше уреза воды отразилась на распределении бентосных животных – там встречены только эвригалинные виды – полихета *C. capitata* и амфипода *O. gammarella*.

В биоценозе ракуши зарегистрированы Polychaeta (16 видов), Crustacea (11), Nemertini, Turbellaria, Oligochaeta и Chironomidae. Численность и биомасса

макрозообентоса варьировали в различные сезоны в пределах 3-6619 экз м⁻² и 0,001-12,17 г м⁻² соответственно. В зимний период наибольшая численность выявлена для турбеллярий, наибольшая биомасса – для полихет. В остальные сезоны года ранжированный ряд по численности и биомассе возглавляли полихеты.

В биотопе песка зарегистрированы Polychaeta (12 видов), Crustacea (12), Nemertini, Turbellaria, Oligochaeta и Chironomidae. Численность и биомасса макрозообентоса в различные сезоны года варьировали в пределах от 3 до 977 экз м⁻² и от 0,002 до 1,33 г м⁻² соответственно. В летний и осенний периоды наибольшая численность отмечена у ракообразных, зимой – у турбеллярий, весной – у полихет.

Таблица 2

Значения температуры и солёности воды в разные сезоны на различных горизонтах зоны псевдолиторали в кутовых частях бухты Севастополя

Горизонты псевдолиторали	Январь		Апрель		Июль		Октябрь	
	T, °C	S, ‰	T, °C	S, ‰	T, °C	S, ‰	T, °C	S, ‰
Бухта Казачья								
Урез воды	9,0	17,7	18,0	18,1	32,0	19,1	17,5	19,6
Выше уреза воды (0,5 м)	7,4	17,8	19,0	21,6	34,0	23,2	17,0	35,8
Выше уреза воды (1 м)	7,0	17,9	16,0	22,5	26,0	24,2	14,5	42,9
Бухта Круглая								
Урез воды	12,0	15,7	16,0	15,4	27,0	13,2	16,2	14,3
Выше уреза воды (0,5 м)	-	-	-	-	26,0	14,8	15,5	1,2
Выше уреза воды (1 м)	-	-	-	-	26,0	14,7	14,5	1,2
Бухта Стрелецкая								
Урез воды	10,0	14,8	16,0	11,4	19,0	4,1	15,0	6,1
Выше уреза воды (0,5 м)	9,2	14,1	-	-	-	-	13,8	4,8
Выше уреза воды (1 м)	-	-	-	-	-	-	-	-

В целом, в зоне псевдолиторали Казачьей бухты зарегистрированы Polychaeta (24 вида), Crustacea (26 видов), Mollusca (10 видов), а также Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta и Chironomidae. Во всех изученных биотопах видовой состав и количественные показатели макрозообентоса имеют сезонную зависимость. Наибольшие количественные показатели и видовое разнообразие отмечены в весенне-летний сезон, на который приходится миграции многих видов гидробионтов в прибрежные макрофиты для размножения, что приводит к обогащению видового состава зоны псевдолиторали. Зимой в зоне псевдолиторали выявлено минимальное видовое и количественное развитие макрозообентоса.

Бухта Круглая. Всего зарегистрированы следующие таксономические группы: Polychaeta (6 видов), Crustacea (7), Mollusca (10), а также Turbellaria, Oligochaeta и Chironomidae. Средние значения численности и биомассы

макрозообентоса в различные сезоны варьировали в пределах 2-1570 экз m^{-2} и 0,001-4,28 г m^{-2} , соответственно. В летний период по численности и биомассе доминировали полихеты, осенью и зимой – моллюски. Осенью основной вклад в общую численность и биомассу вносили гастроподы *H. acuta* (59 и 49%, общей численности и биомассы макрозообентоса соответственно). Зимой видовой состав очень беден, встречено по 2 вида моллюсков и ракообразных. По сравнению с осенним периодом количественные показатели макрозообентоса значительно снизились – численность в 58 раз, биомасса – в 33 раза. Весной по численности доминировали олигохеты, по биомассе – моллюски. По сравнению с зимним периодом численность моллюсков весной возросла в 103 раза, а биомасса – в 42 раза.

Относительно уреза воды численность макрозообентоса распределялась неравномерно. Весной 81 % бентосных животных зарегистрированы на участке выше уреза воды, здесь обнаружены устойчивые к воздействию негативных факторов гастроподы *H. acuta* (2375 экз m^{-2}) и олигохеты (6678 экз m^{-2}). В остальные сезоны большая доля гидробионтов обитали на участке ниже уреза воды, где условия среды наиболее стабильны.

Температура воды по горизонтам в исследуемый период колебалась незначительно (табл. 2) и поэтому не являлась значимым экологическим фактором в распределении гидробионтов. Солёность воды только осенью значительно отличалась по горизонтам псевдолиторали, поэтому могла повлиять на распределение животных – на верхнем горизонте 99% численности прихотилось на гастропод *H. acuta*.

Бухта Стрелецкая. Всего зарегистрированы следующие таксономические группы: Polychaeta (2 видов), Crustacea (9), Mollusca (4), а также Oligochaeta и Chironomidae. Средние значения численности и биомассы макрозообентоса в различные сезоны варьировали в пределах 223-3267 экз m^{-2} и 0,27-10,92 г m^{-2} соответственно. Зимой по численности доминировали олигохеты, по биомассе – моллюски. В остальные сезоны по численности и биомассе доминировали моллюски. Зимой основной вклад в общую численность внесли олигохеты (70% общей численности), в биомассу – гастроподы *H. acuta* (62% общей биомассы). В остальные сезоны года основной вклад в общие количественные показатели внесли полихеты *H. diversicolor* и гастроподы *H. acuta*.

В различные сезоны года на участке выше уреза воды доминировали устойчивые к неблагоприятным условиям среды организмы: полихеты *H. diversicolor*, амфиподы *O. gammarella*, моллюски *H. acuta* и Oligochaeta.

Колебания температуры воды по горизонтам были незначительными, поэтому не являлись значимым экологическим фактором в распределении гидробионтов. Солёность воды постоянно была низкой (табл. 2), большая доля гидробионтов обитала ниже уреза воды, где солёность была наиболее высокой. Выше уреза воды отмечены только полихеты *H. diversicolor*, моллюски *H. acuta* и Oligochaeta.

Бухта Севастопольская. Всего зарегистрированы следующие таксономические группы: Polychaeta (6 видов), Crustacea (4), Turbellaria и Oligochaeta. Средние значения численности и биомассы макрозообентоса бухты в различные сезоны варьировали в пределах 9-1925 экз м⁻² и 0,02-0,99 г м⁻² соответственно. Во все сезоны наибольшая численность выявлена у турбеллярий. Весной по биомассе доминировали ракообразные, в остальные сезоны года – полихеты.

В течение всего периода наблюдений солёность воды на урзе изменялась от 16,7 до 18,2‰, выше уреза – от 2,3 до 18,1‰. На верхнем горизонте псевдолиторали наряду с сокращением численности полихет отмечено широкое развитие эврибионтных форм турбеллярий и олигохет, для которых такие колебания не являются критичными. Изменение температуры воды носило сезонный характер – от 5⁰С зимой до 24⁰С летом, и не отразилось на естественном распределении бентосных животных по горизонтам псевдолиторали.

Сравнительная характеристика сообществ макрозообентоса зоны псевдолиторали кутовых частей бухт Севастополя и открытого побережья Крыма. Для зоны псевдолиторали исследованной акватории характерно невысокое видовое разнообразие, что может быть связано с неблагоприятными условиями обитания в данной зоне (высокая степень прибойности, значительные колебания температуры и солёности, загрязнение, высокая рекреационная нагрузка). Наибольшее количество видов макрозообентоса зарегистрировано нами в зоне псевдолиторали кутовых частей бухт Севастополя (42 вида), наименьшее – в Севастопольской бухте (12).

Низкий уровень индекса фаунистического сходства между кутами и остальными районами исследования (0,22-0,14) связан с различием гидрологических условий и гранулометрического состава грунта: в кутовых частях бухт более 50 % гидробионтов предпочитают песчано-илистые грунты и питаются растительной пищей и детритом.

Выявлены виды, характерные для зоны псевдолиторали открытого побережья: полихеты *P. kefersteini*, *S. papillocercus* и *S. clavata*, ракообразные *E. olivii* и *L. hookeri*, моллюск *D. cornea*, для кутовых частей бухт – полихеты *C. capitata* и *H. filiformis*, моллюски *H. acuta* и *C. glaucum*.

Общая характеристика сообществ макрозообентоса песчаной псевдолиторали черноморского побережья Крыма. На исследованных участках выделено четыре сообщества макрозообентоса. Вдоль открытого побережья Крыма отмечены сообщества *S. papillocercus* и *D. cornea*, в кутовых частях бухт Севастополя – сообщества *P. flavocapitatus* и *H. acuta* (рис. 3).

Сообщество *Saccocirrus papillocercus*. Зарегистрировано на песчано-галечном грунте, иногда с примесью ракуши, у побережья юго-восточного Крыма, в районе Севастополя (бухта Казачья), вдоль западного побережья Крыма. В сообществе зарегистрированы полихеты (8 видов), ракообразные (9), моллюски (2), турбеллярии, олигохеты и немертины. Средняя численность

макрозообентоса в сообществе – 3004 ± 57 экз/м², средняя биомасса – $3,94 \pm 0,77$ г/м². Доля моллюсков в общей численности составляет менее 1%, полихет – 42%, ракообразных – 46%.

Индекс фаунистического сходства на различных участках побережья Крыма в среднем составил 0,61, с диапазоном изменения от 0,55 до 0,7.

Сообщество *Protodrilus flavocapitatus* Зарегистрировано только в районе Севастополя (бухта Севастопольская) на песчано-галечном грунте, иногда с примесью ракуши. В сообществе отмечены полихеты (6 видов), ракообразные (3), турбеллярии и олигохеты. Средняя численность макрозообентоса – 1317 ± 211 экз/м², средняя биомасса – $0,79 \pm 0,13$ г/м². Доля турбеллярий в общей численности составляет около 71%, полихет – 18%, ракообразных – менее 1%.

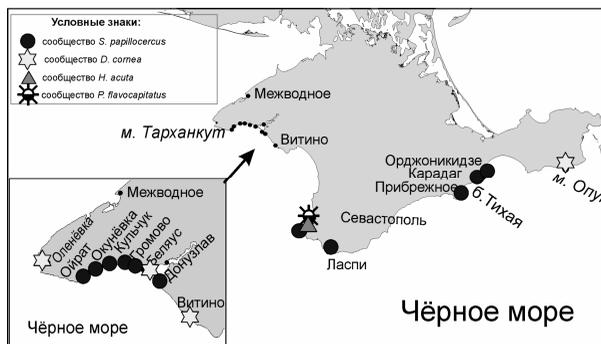


Рис. 3 Карта-схема распределения сообществ в зоне псевдолиторали крымского побережья

Сообщество *P. flavocapitatus* зарегистрировано только в осенне-весенний период (октябрь – май), и его можно отнести к временным. В тёплое время года в биотопе доминировали другие виды: в июне – *N. antennata*, в июле – *N. pontica*, а в августе и сентябре – *S. papillosercus*. Для данного сообщества в течение всего периода наблюдения характерно наличие турбеллярий и олигохет.

Сообщество *Hydrobia acuta*. Зарегистрировано в кутовых частях бухт Севастополя (бухты Казачья, Круглая, Стрелецкая), для которых характерен песчано-илистый грунт. В сообществе отмечены полихеты (6 видов), ракообразные (14), моллюски (11), турбеллярии, олигохеты и личинки комаров. Средняя численность макрозообентоса 1563 ± 77 экз/м², средняя биомасса – $11,96 \pm 1,1$ г/м². Доля моллюсков в общей численности составляла 47%, полихет – 15%, ракообразных – 6%.

Наибольшая численность макрозообентоса – 2214 экз/м² зарегистрирована в бухте Круглая за счёт массового развития полихет и олигохет. Наибольшая биомасса отмечена в бухте Казачья – $17,31$ г/м², на долю моллюсков приходится более 94% ($16,5$ г/м²). Наибольшее количество видов зарегистрировано в бухте Казачья, наименьшее – в бухте Стрелецкая.

В бухтах Круглая и Стрелецкая в течение всего исследуемого периода сохранялось сообщество *H. acuta*. В бухте Казачья зимой сообщество гидробии сменилось сообществом *H. diversicolor*, но гидробия была в этот период субдоминантом. Для всех бухт характерно наличие полихет *H. diversicolor*, *Oligochaeta* и *Chironomidae*.

Сообщество *Donacilla cornea*. Зарегистрировано вдоль западного побережья Крыма на песчаном грунте, иногда с примесью ракуши. В сообществе отмечены полихеты (2 вида), ракообразные (6), моллюски (2), турбеллярии и олигохеты. Средняя численность макрозообентоса 703 ± 182 экз/м², средняя биомасса – 22 ± 11 г/м². Наибольшая численность макробентоса (1780 экз/м²) выявлена в зоне псевдолиторали пляжа Витино за счёт массового развития ракообразных, численность которых достигала 558 экз/м². Наибольшая биомасса отмечена в районе северной косы Донузлава (западный Крым) – 51 г/м², где на долю *D. cornea* приходилось более 99% общей биомассы.

Наибольшее количество видов в сообществе *D. cornea* зарегистрировано на пляже п. Витино, наименьшее – в районе Донузлава (южная коса), Наибольшее сходство видового состава в сообществе отмечено в районе Донузлава между пляжами северной и южной косы (0,6), наименьшее – между пляжами Донузлава (северная коса) и Оленёвки (0,31).

Для оценки структуры сообществ рассчитаны индексы Шеннона (по численности, H_N), Пиелу (e), Маргалефа (d) и Симпсона (D) (табл. 3).

Таблица 3

Показатели видового разнообразия сообществ зоны псевдолиторали крымского побережья

Сообщества	Показатели индексов			
	H_N	e	d	D
<i>Saccocirrus papillocercus</i>	2,43	0,53	6,61	0,27
<i>Hydrobia acuta</i>	2,40	0,47	10,65	0,29
<i>Protodrilus flavocapitatus</i>	1,34	0,39	3,21	0,53
<i>Donacilla cornea</i>	2,77	0,77	3,88	0,20

Наименьшее видовое богатство, разнообразие и выровненность выявлены для сообщества *P. flavocapitatus*, самое высокое разнообразие и выровненность видов – в сообществе *D. cornea*, максимальное видовое богатство – в сообществе *H. acuta*.

Анализ ранговых кривых показал, что сообщество *P. flavocapitatus* находится в стрессовом состоянии, которое отразилось на его структуре, поэтому кривая доминирования наиболее крутая. Самые пологие кривые у сообществ *D. cornea* и *H. acuta*, поэтому можно предположить, что эти сообщества обитают в более стабильных условиях, что выражается как в

повышенном видовом богатстве, так и в более равномерном распределении особей между видами (рис. 4).

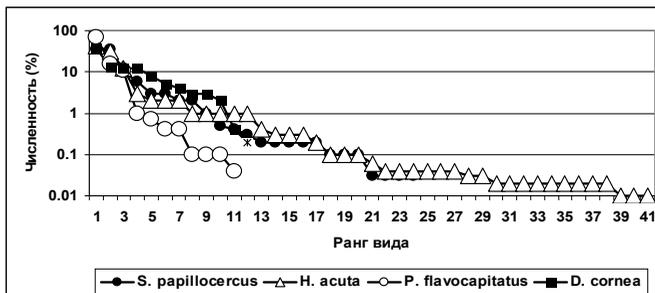


Рис. 4 Кривые доминирования для сообществ зоны псевдолиторали крымского побережья

Особенности биологии и распределения массовых видов в зоне псевдолиторали черноморского побережья Крыма.

В макрозообентосе псевдолиторали черноморского побережья Крыма нами выделены массовые виды – полихеты *Saccocirrus papillocercus*, *Protodrilus flavocapitatus*, *Protodorvillea kefersteini* и двустворчатый моллюск *Donacilla cornea*, биология и экология которых в определённой степени определяют специфику функционирования сообществ псевдолиторали. Кроме этого, некоторые аспекты биологии и экологии этих видов были исследованы не в полной мере, поэтому полученные нами результаты дополнили уже имеющиеся литературные данные.

Особенности биологии и распределения полихеты *Saccocirrus papillocercus*. Черви данного вида встречаются вдоль всего крымского побережья. Их численность зависит от гранулометрического состава грунта: полихеты отдают предпочтение мелкому гравия и крупному песку. Средняя биомасса саккоциррусов в районах с преобладанием мелкого гравия и крупного песка в 8 раз выше, чем в районах с преобладанием среднего и мелкого песка.

Половозрелые особи встречаются в мае - октябре, половозрелость наступает у самок, имеющих 55 сегментов. Количество яиц находится в линейной зависимости от количества сегментов, плодовитость зависит от размера самки и составляет от 244 до 783 яиц. Оплодотворённые яйца имеют диаметр от 64 до 80 мкм. Личинки оседают на 8 - 9-е сутки, результаты личиночного развития опубликованы (Копий и др., 2012).

В зоне псевдолиторали доминировали крупные особи данного вида с количеством сегментов более 85. В летний период на их долю приходилось 38%, в остальные сезоны года 54-68% общей численности червей этого вида. Самые мелкие полихеты (23-25 сегментов) отмечены в летний период (июль), на их долю приходилось 20%. В остальные сезоны самые мелкоразмерные

экземпляры имели 35-45 сегментов и составляли, в зависимости от времени года, 6-9% общей численности. В зимний период черви такого размера не зарегистрированы. В ходе экспериментального исследования установлено, что средняя скорость передвижения червей составляет $1,08 - 3,7 \text{ мм с}^{-1}$.

Особенности биологии и распределения полихеты *Protodrilus flavocapitatus*. Архианнелиды данного вида зарегистрированы в зоне псевдолиторали бухт Севастопольская и Казачья. Длина тела полихет составляла 15-18 мм, ширина – 0,15-0,20 мм, длина усиков – 0,5-0,6 мм.

В зоне псевдолиторали обитают только крупные особи с длиной тела от 15 мм и больше. В пробах, отобранных на глубине 1 м, зарегистрированы мелкие особи с длиной тела 2,5-3,5 мм. В наших пробах на их долю приходилось 65,5% общей численности данного вида.

При механическом раздражении тело протодрилюса способно разрываться на две и более части, но по истечении определённого времени происходит регенерация утраченных частей тела. В лабораторных условиях (температура воды 23-24°C) пигидий восстанавливается на 2-е сутки, на 6-е сутки длина тела червя увеличивается на 6 сегментов, на 30-е сутки – на 11 сегментов. Первые признаки появления нового усика стали заметны на 35-е сутки, когда на месте утраченного органа появилось небольшое выпячивание (0,025-0,035 мм). В ходе экспериментального исследования установлено, что средняя скорость передвижения червей составляет $0,149-0,2 \text{ мм с}^{-1}$.

Особенности биологии и распределения полихеты *Protodorrillea kefersteini*. Данный вид зарегистрирован в районе Севастополя (бухта Казачья) и вдоль западного побережья Крыма. В наших пробах взрослые экземпляры имели длину 2-3,5 мм (16-28 сегментов), длина пальп достигала 0,35-0,5 мм.

При исследовании размерной структуры популяции *P. kefersteini* на участке от уреза воды до глубины 1,5 м установлено, что в зоне уреза воды преобладают (75% численности) более крупные особи с длиной тела более 2 мм, на глубине 1,5 м обнаружена, в основном, только ранняя молодь (99%).

Впервые изучена морфология ранней молодежи *P. kefersteini*. Односегментные особи имеют сформировавшийся челюстной аппарат, две пары глаз, волосовидные щетинки, на пигидии - две пары анальных усиков. У червей с двумя-тремя сегментами, кроме волосовидных щетинок, формируются сложные щетинки. У четырёхсегментных особей вильчатая щетинка появляется на первых двух сегментах, при наличии 5 сегментов – на первых трёх сегментах. По мере роста червя происходит формирование вильчатых щетинок на последующих сегментах. При длине тела 6-7 сегментов появляются первые признаки головных придатков.

Особенности биологии и распределения моллюска *Donacilla cornea*. В зоне псевдолиторали *D. cornea* отмечена в районе Опускского заповедника, где в 2007 – 2009 гг. плотность поселений взрослых моллюсков была достаточно высокой и достигала 891 экз м^{-2} , концентрация молодежи (размер до 0,35 мм) была

в несколько раз большей. В 2010-2011 гг. плотность поселений взрослых моллюсков резко уменьшилась до 10 экз м⁻².

D. cornea зарегистрирована также вдоль западного побережья Крыма. На данном участке встречены разноразмерные моллюски с длиной раковины 0,53 - 28,3 мм, высотой – 0,3-14,3 мм. Сравнительный анализ современных данных с данными О. Б. Мокиевского (1949) показал, что наибольшие средняя численность и биомасса *D. cornea* в оба периода выявлены в районе Донузлава. Вместе с тем, в 2010 г. средняя численность снизилась в 29 раз, биомасса – почти в 21 раз.

Результаты измерения скорости зарывания *D. cornea* показали, что данный показатель не зависит от размеров моллюска, но изменяется в зависимости от степени воздействия волн. Наименьшая скорость зарывания выявлена у моллюсков на участке выше уреза воды 1 м (0,05-0,265 мм с⁻¹), на урезе воды она возрастает в 4 раза, а ниже уреза воды – более чем в 15 раз.

Особенности функционирования сообществ макрозообентоса псевдолиторали Чёрного моря (Заключение). В зоне псевдолиторали черноморского побережья Крыма зарегистрированы Polychaeta (33 вида), Crustacea (36), Mollusca (17), Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta, Pantopoda и Chironomida. Наибольшее количество видов отмечено в Севастопольском регионе, что, скорее всего, может быть связано с большей изученностью этого участка крымского побережья.

В целом, сообщества макрозообентоса псевдолиторали характеризуются бедным видовым составом, в нём присутствуют 1-2 руководящих вида и велика доля видов с низкой встречаемостью. Редкие виды пополняют сообщество из зоны сублиторали под воздействием волн, будучи унесёнными с прибрежных макрофитов или из зоны супралиторали.

Выявленная неравномерность распределения гидробионтов по горизонтам псевдолиторали обусловлена рядом причин. Наибольшее количество видов встречено ниже уреза или на урезе воды. Это может быть связано с тем, что на этих участках происходит постоянное увлажнение грунта и создаются наиболее стабильные условия существования. Для участка выше уреза воды характерны высокая степень инсоляции и высыхания верхнего слоя грунта и поэтому для некоторых видов бентосных организмов существование в таких условиях становится невозможным. Кроме перечисленных факторов, на распределение гидробионтов по горизонтам псевдолиторали воздействуют температура и солёность воды: в отличие от более глубоководных участков здесь отмечены их значительные колебания. Например, в кутовой части б. Казачья, на участке выше уреза температура воды повышалась до 34⁰С, солёность воды составляла 42,9 ‰, что можно связать с высокой степенью испарения.

Видовой состав и количественные показатели макрозообентоса сообществ псевдолиторали подвержены сезонным колебаниям. Наибольшее количество видов отмечено в весенне-летний период, который совпадает с периодом размножения многих гидробионтов. Некоторые из них для более быстрого

созревания половых продуктов мигрируют на мелководье, затем часть животных под воздействием волн попадает в зону псевдолиторали. Зимой в зоне псевдолиторали выявлено минимальное видовое и количественное развитие макрозообентоса.

По доминирующему виду выделено четыре сообщества: вдоль открытого побережья – сообщества полихеты *S. papillocercus* и моллюска *D. cornea*, в кутовых частях бухт Севастополя – сообщества полихеты *P. flavocapitatus* и моллюска *H. acuta* и составлена карта сообществ макрозообентоса псевдолиторали крымского побережья Чёрного моря.

Изучение особенностей биологии и экологии массовых видов полихет и моллюсков позволило выяснить способы выживания гидробионтов в сложных условиях зоны псевдолиторали: 1) в зоне псевдолиторали доминируют крупные особи полихет, молодь отмечена только на глубине 1-1,5 м, что позволяет подрасти ей в более стабильных условиях; 2) полихеты способны к быстрой регенерации утраченных участков тела; 3) моллюски *D. cornea* способны к быстрому передвижению, скорость зарывания не зависит от размеров раковины, но изменяется в зависимости от степени воздействия волн, увеличиваясь ниже уреза воды, по сравнению с участком выше уреза, более чем в 15 раз.

ВЫВОДЫ

Впервые выполнены исследования состава и структуры сообществ макрозообентоса песчаной псевдолиторали черноморского побережья Крыма в пространственно-временном масштабе и дана оценка многолетним изменениям, произошедшим в этих сообществах.

1. В зоне псевдолиторали побережья Крыма обнаружены Polychaeta (33 вида), Crustacea (36 видов), Mollusca (17 видов), а также зарегистрированы Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta, Pantopoda и Chironomida.

2. Сообщества макрозообентоса псевдолиторали характеризуются бедным видовым составом, присутствием 1 - 2 руководящих видов; видовой состав моллюсков обычно беден, за исключением песчано-илистых биотопов.

3. В исследованных биотопах среди представителей макрозообентоса выделены характерные виды: для кутовых частей бухт – полихеты *Capitella capitata* и *Hediste diversicolor*, гастропода *Hydrobia acuta*, Oligochaeta и Chironomida; для более открытых участков бухт – полихеты *Saccocirrus papillocercus* и *Microphthalmus fragilis*, ракообразные родов *Echinogammarus* и *Talorchestia*, Turbellaria и Oligochaeta. Установлено, что видовой состав сообществ псевдолиторали пополняется за счёт гидробионтов, обычно обитающих в прибрежных макрофитах или в зоне супралиторали.

4. Отличия в распределении гидробионтов по горизонтам псевдолиторали, обусловлены различным отношением бентосных животных к воздействию природных факторов, наиболее важными из которых являются солёность и температура. Наибольшие перепады температуры и солёности наблюдались в

кутовых частях бухт, где зимой температура воды снижалась до 5-9⁰С, а летом достигала 28,4-34⁰С, солёность воды летом колебалась от 1,2 до 42,9 ‰.

5. Формирование и сезонные изменения структуры сообществ в значительной степени зависят от особенностей процесса размножения различных видов. Наибольшее разнообразие и количественное развитие макрозообентос достигает в весенне-летний период, наименьшее – зимой.

6. В зоне псевдолиторали крымского побережья выделено четыре сообщества макрозообентоса: в районах открытого побережья – сообщества *Saccocirrus papillocercus* и *Donacilla cornea*, в кутовых частях бухт – *Hydrobia acuta* и *Protodrilus flavocapitatus*. Сообщества *S. papillocercus* и *D. cornea* характеризуются наиболее высоким видовым богатством, индексом ровности и низким уровнем доминирования.

7. В настоящее время, по сравнению с 1940-ми годами, в сообществе макрозообентоса псевдолиторали западного Крыма произошла смена сообществ, численность животных увеличилась в 5 раз, биомасса снизилась более чем в 8 раз. Доминировавшие ранее крупные долгоживущие виды *Donacilla cornea* и *Ophelia bicornis* заменены мелким короткоживущим видом *Saccocirrus papillocercus*.

8. В экспериментальных условиях изучены плодовитость (244-783 яиц), сроки личиночного развития и оседания личинок (8-9 сут.) *Saccocirrus papillocercus*. Определены размеры молоди *Protodorvillea kefersteini*, при которых у них формируются щетинки. Показано, что в зоне псевдолиторали присутствуют, в основном, взрослые особи полихет, а молодь этих видов – на глубине 1-1,5 м.

9. При изучении способов выживания гидробионтов в неблагоприятных условиях волнового воздействия в зоне псевдолиторали впервые установлено, что *P. flavocapitatus* способен к быстрой регенерации тела, а скорость зарывания моллюска *D. cornea* изменяется в зависимости от степени воздействия волн, увеличиваясь ниже уреза воды, по сравнению с участком выше уреза, более чем в 15 раз и не зависит от размеров моллюска.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Kopyi V. Some aspects of the biology and the present state of the population of *Protodrilus flavocapitatus* (Polychaeta: Protodrilidae) in the coastal zone of the Crimea (the Black Sea) / V. Kopyi // J. Black Sea/Mediterranean Environment. – 2013. – 19, no.2. – P. 162 – 168.

2. Копий В. Г., Зайка В. Е. Годичная динамика популяции полихеты *Saccocirrus papillocercus* в интерстициали зоны заплеска (Черное море,

Севастопольская бухта) // Мор. экол. журнал. – 2009. – VIII, № 2. – С. 49 – 52. (Вклад автора - анализ проб макрозообентоса и определение его видового состава (кроме ракообразных)).

3. Копий В. Г. Макрозообентос в прибрежной зоне бухт Севастополя (Крымское побережье Черного моря) // Мор. экол. журнал. – 2011. – Отд. вып., № 2. – С. 43 – 48.

4. Копий В. Г. Макрозообентос зоны заплеска Севастопольской бухты (Чёрное море, Крым) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сборник научных трудов / НАН Украины, Морской гидрофизический институт; Институт геологических наук; Одесский филиал Института биологии южных морей. – 2011. – Вып. 25, 1. – С. 400 – 407.

5. Копий В. Г., Лисицкая Е. В. Современное состояние популяции *Saccocirrus papillocercus* Bobretzky, 1872 (Polychaeta: Saccocirridae) прибрежной зоны Крыма (Чёрное море) // Мор. экол. журнал. – 2012. – XI, № 4. – С. 39-44.

6. Копий В. Г. Современное состояние поселений *Donacilla cornea* в прибрежных районах северо - западной части чёрного моря // Наук. зап. Терноп. нац. Пед. Ун - ту Сер. Биол. – 2012. – №2 (51). – С. 140 – 144.

Статьи в других изданиях:

7. Болтачёва Н. А., Ревков Н. К., Бондаренко Л. В., Макаров М. В., Копий В. Г., Тимофеев В. А., Мазлумян С. А. Макрозообентос акватории Карадагского природного заповедника // Летопись природы. – 2010. – Т. XXV, 2008 год. – Симферополь, 2010. – С. 150 – 174.

Материалы и тезисы конференций:

8. Копий В. Г., Бондаренко Л. В. Бентос биотопа песка зоны заплеска Карадага // Заповедники Крыма. Теория, практика и перспективы заповедного дела в Черноморском регионе: Материалы V междунар. науч.-практ. конф. (Симферополь, 22 –23 октября 2009 г.) – Симферополь, 2009. – С. 294 – 298.

9. Копий В. Г. Годичная динамика численности популяции полихеты *Namanereis pontica* в зоне псевдолиторали бухты Казачья // Биоразнообразие и устойчивое развитие: Тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. (Симферополь, 19 - 22 мая 2010 г.), – Симферополь, 2010. – С. 53 – 55.

10. Копий В. Г., Бондаренко Л.В. Аннинская И. Н. Макробентос зоны заплеска бухты Казачья (Черное море, Крым) // Биоразнообразие и устойчивое развитие: Тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. (Симферополь, 19 - 22 мая 2010 г.), – Симферополь, 2010. – С. 56 - 58.

11. Шадрин Н. В., Копий В. Г., Колесникова Е. А., Афанасова Т. А. Опускский природный заповедник: к изучению биоразнообразия песчаной супралиторали (Крым, Керченский п-ов) // Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана

природи в Азово-Чорноморському регіоні: Матеріали VI міжнарод. науч.-практ. конф. (Сімферополь, 20–22 жовтня 2011 г.). – Сімферополь, 2011. – С. 381–384.

12. Копій В. Г. Сезонні зміни макробоїоти в прибережній зоні бухт Севастополя (Кримське узбережжя Чорного моря) // Сучасні екологічні та екологічні проблеми Азово-Чорноморського регіону: Матеріали VII міжнарод. конф. (Керч, 20–23 червня, 2012 г.). – Керч, 2012. – С. 119–125.

13. Копій В. Г. Макробоїота зони псевдоліторали озера Донузлав // Сучасні проблеми гідроекології. Перспективи, шляхи та методи досліджень: Матеріали III міжнарод. конф. (Херсон, 17–19 травня 2012 г.). – Херсон, 2012. – С. 58–62.

14. Копій В. Г., Бондаренко Л. В. Сообщество макробоїоти псевдоліторали акваторії Західного Криму // Біорізноманітність та стійке розвиток: Тезиси доповідей II міжнарод. науч.-практ. конф. (Сімферополь, 12–16 вересня 2012 г.) – Сімферополь, 2012. – С. 189–192.

15. Копій В. Г., Бондаренко Л. В. Макробоїота зони псевдоліторали південно-східного та південно-західного узбережжя Криму // Заповідники Криму. Біорізноманітність та охорона природи в Азово-Чорноморському регіоні: Матеріали VII міжнарод. науч.-практ. конф. (Сімферополь, 24–26 жовтня 2013 г.). – Сімферополь, 2013. – С. 343–347.

16. Копій В. Г. Сообщества макробоїоти зони псевдоліторали Кримського узбережжя (Чорне море) // Біорізноманітність та роль тварин в екосистемах: Матеріали VII міжнарод. науч.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 22–25 жовтня 2013 г.). – Дніпропетровськ, 2013. – С. 52–54.

АНОТАЦІЯ

Копій В. Г. Угруповання макробоїоти піщаної псевдоліторали біля чорноморських берегів Криму – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.02.10 – гідробіологія. – Інститут біології південних морів імені О. О. Ковалевського. – Севастополь, 2014.

Робота присвячена вивченню якісного та кількісного складу угруповань псевдоліторали кримського узбережжя. У цій зоні виявлені Polychaeta (33 види), Crustacea (36), Mollusca (17), Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta, Pantopoda і Chironomida. Показано, що в залежності від сезону змінюються кількісний розвиток і видове багатство макробоїоти: найбільші показники відзначені у весняно-літній період, найменші - у зимовий період. У зоні псевдоліторали кримського узбережжя виділено чотири угруповання макробоїоти: уздовж відкритого узбережжя - угруповання *Saccocirrus papillocercus* і *Donacilla cornea*, в кутових частинах бухт - *Hydrobia acuta* і *Protodrilus flavocapitatus*. Виявлено кардинальні зміни в угрупованні псевдоліторали західного Криму в даний час, в порівнянні з 40-ми роками минулого століття: відбулася зміна угруповань,

чисельність макрозообентосу збільшилася в 5 разів, біомаса - знизилася більш, ніж у 8 разів. Домінуючі раніше види *D. cornea* і *Ophelia bicornis* замінені *S. papillocercus*. Отримані нові дані з біології масових видів макрозообентосу псевдоліторалі. Досліджена розмірна структура популяцій поліхет *S. papillocercus*, *P. flavocapitatus* і *P. kefersteini*, встановлено, що в зоні псевдоліторалі присутні, в основному, тільки дорослі особини, молодь цих видів виявлена на глибині 1 - 1,5 м. Передбачається, що осідання личинок цих видів відбувається на більшій глибині, ніж місцеперебування дорослих особин, що допомагає їм уникнути впливу штормових хвиль.

Ключові слова: Чорне море, псевдолітораль, угруповання, макрозообентос, різноманітність, личиночний розвиток.

АННОТАЦІЯ

Копий В. Г. Сообщества макрозообентоса песчаной псевдоліторали у черноморских берегов Крыма. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология. – Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского. – Севастополь, 2014.

Работа посвящена изучению качественного и количественного состава сообществ псевдоліторали Крымского побережья и дополнению данных по биологии некоторых массовых видов сообществ псевдоліторали. В период исследования обнаружены Polychaeta (33 вида), Mollusca (17), Crustacea (33), Oligochaeta, Turbellaria, Nemertini, Chironomidae и Pantopoda.

В зоне псевдоліторали крымского побережья выделено четыре сообщества макрозообентоса: вдоль открытого побережья – сообщества *Saccocirrus papillocercus* и *Donacilla cornea*, в кутовых частях бухт – *Hydrobia acuta* и *Protodrillus flavocapitatus*. Наименьшее видовое богатство, разнообразие и выровненность видов выявлены для сообщества *P. flavocapitatus*. Самое высокое разнообразие и выровненность видов – в сообществе *D. cornea*. Максимальное видовое богатство – в сообществе *H. acuta*.

Выявлены кардинальные изменения в современном сообществе макрозообентоса псевдоліторали западного Крыма, по сравнению с 40-ми годами прошлого столетия: произошла смена сообществ, численность увеличилась в 5 раз, биомасса – снизилась более, чем в 8 раз. Доминирующие ранее крупные долгоживущие виды *Donacilla cornea* и *Ophelia bicornis*, заменены мелким короткоживущим видом *Saccocirrus papillocercus*.

Получены новые данные по биологии массовых видов сообществ псевдоліторали. Исследование размерной структуры популяции полихет *S. papillocercus*, *P. flavocapitatus* и *P. kefersteini* показало, что в зоне псевдоліторали присутствуют, в основном, только взрослые особи, молодь этих видов обнаружена на глубине 1-1,5 м. Предполагается, что оседание личинок этих видов глубже местообитания взрослых особей помогает им избежать воздействия волн.

Ключевые слова: Чёрное море, псевдолиitoralь, сообщество макрозообентоса, разнообразие, личиночное развитие.

RESUME

Kopiy V.G. Community of macrozoobenthos in sand pseudolittoral of the Black Sea coast of Crimea. - Manuscript.

Candidate thesis in Biological Sciences (Ph.D. (Biology)) by speciality 03.02.10. – Hydrobiology. – A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas. – Sevastopol, 2014.

This work is devoted to a study of qualitative and quantitative composition of the communities in the Crimean coast pseudolittoral.

In the area of the Crimean coast pseudolittoral 86 species of macrozoobenthos of different taxonomic groups were found: Polychaeta (33 species), Crustacea (36 species), Mollusca (17 species), all belonging to 26 orders, 51 families and 78 genera. Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta, Pantopoda and Chironomida were also registered. It has been shown that quantitative development and diversity of macrozoobenthos depends on the season: highest rates were recorded in spring and summer, and the lowest - in winter. In the area of Crimean coast pseudolittoral four communities of macrozoobenthos were registered: along the open coast - the communities of *Saccocirrus papillocercus* and *Donacilla cornea*, in the inner part of bays - *Hydrobia acuta* and *Protodrillus flavocapitatus*. Dramatic changes in the community of the western Crimea pseudolittoral were revealed compared with 40^{ties} of the last century: communities were replaced by another communities, abundance increased 5 times, biomass decreased more than 8 times. Big long-living species *D. cornea* and *Ophelia bicornis* dominating earlier were replaced by small-scale short-living *S. papillocercus*. New data on the biology of mass species of pseudolittoral communities have been received. Size structure of the populations of polychaetes *S. papillocercus*, *P. flavocapitatus* and *P. kefersteini* has been studied. It has been stated that in the pseudolittoral zone mainly adults are, juveniles of these species were found at 1 – 1,5 m depth. Fertility and duration of larval development of *S. papillocercus*, terms of *P. flavocapitatus* body regeneration have been studied.

Key words: Black Sea, pseudolittoral, community, macrozoobenthos, diversity, larval development.