

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Ихтиопланктон Азовского моря в различные сезоны 2014–2020 гг.

КЛИМОВА Т. Н., СУББОТИН А. А.

ТОМ 10
ВЫПУСК 1
2025

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

*Журнал реферируется Всероссийским институтом научно-технической информации (ВИНИТИ),
а также Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) на базе Научной электронной библиотеки elibrary.ru.*

Все материалы проходят двойное независимое анонимное рецензирование.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: Горбунов Роман Вячеславович, д. г. н., ФИЦ ИнБЮМ
Заместитель главного редактора: Довгаль Игорь Васильевич, д. б. н., профессор, ФИЦ ИнБЮМ
Ответственный секретарь: Жукова Юлия Владимировна, ФИЦ ИнБЮМ

Алекперов Ильхам Хайям оглы, чл.-корр. НАН Азербайджана, д. б. н., проф., Институт зоологии НАН Азербайджана, Азербайджан

Василов Раиф Гаянович, д. б. н., проф., НИЦ «Курчатовский институт»

Воскресенская Елена Николаевна, д. г. н., проф., ИПТС

Давидович Николай Александрович, д. б. н., ФИЦ ИнБЮМ

Дмитренко Павел Сергеевич, д. х. н., ТИБОХ

Егоров Виктор Николаевич, академик РАН, д. б. н., проф., ФИЦ ИнБЮМ

Илюшина Татьяна Владимировна, д. г. н., проф., МИИГАиК

Керимов Ибрагим Ахмедович, д. ф.-м. н., проф., ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова

Киприянова Лаура Мингалиевна, д. б. н., ИВЭП СО РАН

Кузнецов Андрей Николаевич, д. б. н., Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр

Найденко Сергей Валерьевич, чл.-корр. РАН, д. б. н., проф., ИПЭЭ РАН

Неврова Елена Леонидовна, д. б. н., ФИЦ ИнБЮМ

Ольчев Александр Валентинович, д. б. н., проф., МГУ им. М. В. Ломоносова

Плугатарь Юрий Владимирович, чл.-корр. РАН, д. с.-х. н., НБС — ННЦ РАН

Полонский Александр Борисович, чл.-корр. РАН, д. г. н., проф., ИПТС

Пономарева Елена Николаевна, д. б. н., проф., ЮНЦ РАН

Рожнов Вячеслав Владимирович, академик РАН, д. б. н., ИПЭЭ РАН

Рындин Алексей Владимирович, академик РАН, д. с.-х. н., ФИЦ СНЦ РАН

Рябушко Виталий Иванович, д. б. н., ФИЦ ИнБЮМ

Солдатов Александр Александрович, д. б. н., проф., ФИЦ ИнБЮМ

Черных Дмитрий Владимирович, д. г. н., доцент, ИВЭП СО РАН

Широкова Вера Александровна, д. г. н. проф., ИИЕТ РАН

Яицкая Наталья Александровна, к. г. н., ФИЦ СНЦ РАН

Cosenza Carlos Alberto Nunes, D. Sc., Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

Krykhtine Fabio Luiz Peres, D. Sc., Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

Mayén-Estrada Rosaura, PhD, National Autonomous University of Mexico, Mexico

Pešić Vladimir, PhD, University of Montenegro, Montenegro

Ranasinghe Dona Marina Sherine Hemanthi

Kariyawasam, PhD, University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Tapas Chatterjee, PhD, D. Sc., Indian School of Learning, ISM Annexe, India

Адрес учредителя, издателя и редакции:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Институт биологии
южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
299011, г. Севастополь, просп. Нахимова, д. 2.
Телефон +7 (8692) 54-41-10

Соиздатель журнала:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр «Субтропический
научный центр Российской академии наук»
354002, Россия, Краснодарский край, г. Сочи,
ул. Яна Фабрициуса, 2/28

E-mail: biodiversity_journal@ibss-ras.ru | Сайт журнала: <https://eco-ibss.ru>

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», 2025

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», 2025

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А. О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«СУБТРОПИЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

2025 Том 10 вып. 1

Основан в мае 2016 г.

Научный журнал

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Биоразнообразие экосистем и его сохранение

Ханайченко А. Н. Интегративные исследования криптофитовых микроводорослей
как основа изучения их биоразнообразия в Чёрном море на современном уровне 3–10

Дмитриева Е. В., Прохорова Д. А. Характеристика фауны Monogenea (Platyhelminthes)
Чёрного моря 11–30

Климова Т. Н., Субботин А. А. Ихтиопланктон Азовского моря в различные
сезоны 2014–2020 гг. 31–43

Серегин С. А. Соотношение полов и плодовитость самок *Oithona davisae* Ferrari
and Orsi, 1984 (Copepoda, Oithonidae) в прибрежных водах Чёрного моря 44–56

Губанова А. Д. Сезонные изменения видового состава и численности кормового
зоопланктона Балаклавской бухты и сопредельных вод в 2024–2025 гг. 57–65

Структура, функционирование и динамика экосистем

Александров В. В. Природоохранная эффективность перспективного государственного
природного заказника «Гора Спилля (Аскети)» (г. Севастополь) при различной
конфигурации его границ 66–79

Проблемы загрязнения водных экосистем и морская радиохемиоэкология

Алёмов С. В. Оценка устойчивости зообентоса Чёрного моря к хроническому нефтяному
загрязнению донных отложений 80–90

Federal State Budget Scientific Institution
Federal Research Center
«A. O. KOVALEVSKY INSTITUTE OF BIOLOGY OF THE SOUTHERN SEAS OF RAS»
Federal State Budget Scientific Institution
Federal Research Center
«THE SUBTROPICAL SCIENTIFIC CENTRE OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES»

BIODIVERSITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

2025 Vol. 10 iss. 1

Established in May 2016

Periodical

Issued 4 times a year

CONTENT

Biodiversity of ecosystems and its conservation

Khanaychenko A. N. Integrative studies of cryptophyte microalgae as a basis for their biodiversity research in the Black Sea at the modern level 3–10

Dmitrieva E. V., Prokhorova D. A. Characterisation of the Monogenea (Platyhelminthes) fauna of the Black Sea 11–30

Klimova T. N., Subbotin A. A. Ichthyoplankton of the Azov Sea in different seasons 2014–2020 31–43

Seregin S. A. Sex ratio and female fecundity in the Black Sea invader, *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984 (Copepoda, Oithonidae): changes in coastal gradient conditions 44–56

Gubanov A. D. Seasonal changes in the species composition and abundance of forage zooplankton in Balaklava Bay and adjacent waters in 2024–2025 57–65

Structure, functioning and dynamic of the ecosystem

Alexandrov V. V. The environmental protection efficiency of the prospective state nature preserve «Mount Spilia (Asketi)» (Sevastopol) with different configuration of its boundaries 66–79

Problems of pollution of aquatic ecosystems and marine radiochemoecology

Alyomov S. V. Assessment of the resistance of the Black Sea zoobenthos to chronic oil pollution of bottom sediments 80–90

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ
И ЕГО СОХРАНЕНИЕ

УДК 582.276 (262.5):57.084/.086

DOI: [10.21072/eco.2025.10.1.01](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.1.01)

**ИНТЕГРАТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИПТОФИТОВЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ
КАК ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ ИХ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ЧЁРНОМ МОРЕ
НА СОВРЕМЕННОМ УРОВНЕ ***

Ханайченко А. Н.

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: a.khanaychenko@gmail.com*

Аннотация: Криптофиты (класс Cryptophyceae) — экологически важная группа микроводорослей, повсеместно распространённых в пресноводных и морских экосистемах и играющих важную роль в трансформации неорганического и органического вещества. Однако они являются одной из наименее изученных групп в фитопланктонном сообществе Чёрного моря в связи со сложностью их идентификации стандартными консервативными методами исследования. Созданная специализированная рабочая коллекция живых культур штаммов черноморских криптофитовых в отделе аквакультуры и морской фармакологии Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (ФИЦ ИнБЮМ) основана на собственных полевых сборах, изоляции и содержания штаммов и соответствует определению биоресурсной. Разработанный интегративный подход, сочетающий прижизненное изучение биологии и изменчивости морфологии клеток культивируемых штаммов с использованием световой микроскопии, ультраструктур клеток — с помощью электронной микроскопии и методов молекулярной генетики, позволяет осуществлять таксономическую идентификацию штаммов криптофитовых на современном уровне, приводит к открытию новых для науки видов черноморских криптофитовых водорослей. Живые культуры идентифицированных видов коллекции используются для проведения экспериментальных работ по изучению их экологической физиологии, трофических связей и биотехнологических характеристик, позволяющих получать ценные биомолекулы.

Ключевые слова: микроводоросли, криптофитовые, Чёрное море, биоразнообразие, интегративные исследования

Введение

Криптофитовые микроводоросли (криptomonеды или криптофиты, класс Cryptophyceae) — одна из наименее изученных групп, преимущественно нанопланктонных (от 5 до 50 мкм), одноклеточных двужгутиковых микроводорослей. Насчитывается около 20 родов криптомонад с более чем 100 видами, но их истинное разнообразие и распространённость в природе, очевидно, значительно недооценены [Hoef-Emden, Archibald, 2017].

Криптофитовые найдены практически во всех пресноводных и морских экосистемах — от полярных и умеренных до субтропических климатических зон. Повсеместно распространённые криптофиты являются экологически значимой группой микроводорослей и играют важную

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии южных морей по теме № 124022400152-1 «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов».

роль в трансформации неорганического и органического вещества. Среди них встречаются фотоавтотрофные, миксотрофные, гетеротрофные и осмотротрофные виды. Фототрофные виды криптофитовых вносят значительный вклад в фиксацию углекислого газа, особенно в прибрежных водах и меромиктических бассейнах. Криптофитовые мигрируют в водной толще по вертикали и могут скапливаться в области хемоклина озёр, в северных меромиктических водоёмах их скопления обнаруживают у границы миксолимниона при температурах от 4 до 15 °С [Краснова и др., 2014]. Пластичность криптоноад к быстро меняющимся световым и трофическим условиям позволяет им занимать разнообразные экологические ниши при изменении климата, как это происходит в антарктических водах [Mendes et al., 2023]. В глубоководной части меромиктического бассейна Чёрного моря пик биомассы криптофитовых обнаруживали весной в слое 9–17 м (с уровнем ФАР, составляющем 10 % от уровня ФАР на поверхности моря), а летом их максимум опускался до 30 м (1.5–2.5 % SPAR) [Mikaelyan, Pautova, Fedorov, 2021].

Численность криптофитовых в разнообразных водных экосистемах может варьировать от 10^4 до 10^7 клеток $л^{-1}$. Локальные «цветения» криптофитовых чаще наблюдают в весенний, раннелетний или позднелетний периоды (в зависимости от климатических условий) преимущественно в прибрежных зонах моря и в эстуариях рек [Wang et al., 2025]. Несмотря на то, что численность криптофитовых может достигать значительной концентрации, их «цветения» никогда не регистрировали как токсичные для гидробионтов, в отличие от других групп микроводорослей. Напротив, они являются чрезвычайно важными первичными продуцентами с высоким содержанием ценных, незаменимых биохимических компонентов, таких как липиды, стеролы, полиненасыщенные жирные кислоты, фикобилипротеины и аминокислоты [Abidizadegan, Peltomaa, Blomster, 2021]. Поэтому криптофиты являются чрезвычайно важным источником пищи в водных трофических цепях для разнообразных гетеротрофных микропланктонных организмов (динофлагеллят и инфузорий) [Johnson et al., 2018], коловраток и копепод [Khanaychenko et al., 2018]. Наши исследования впервые показали ключевую роль нанопланктонных криптофитовых как важного пищевого ресурса *Oithona davisae* [Khanaychenko et al., 2018], массового вида–вселенца мелко-размерных циклопоидных копепод в прибрежной части Чёрного моря, которые, в свою очередь, являются важным источником пищи для личинок рыб [Vdodovich et al., 2017]. Селективность микрозоопланктона по отношению к криптофитовым водорослям была подтверждена результатами анализа генетического разнообразия популяций криптофитовых, совмещёнными с экспериментальными данными, полученными с применением метода разбавления [Johnson et al., 2018].

Несмотря на значимость криптофитовых и их очевидную роль в трофических цепях разных экологических сообществ, они оказываются одной из наименее изученных групп в фитопланктонном сообществе как Чёрного моря, так и Мирового океана. Малочисленность исследований разнообразия криптофит, в том числе черноморских, и их недоучёт связаны со сложностью их определения до таксона ниже класса стандартными методами изучения фитопланктона: их клетки разрушаются под влиянием фиксаторов, а идентификация их до таксонов ниже класса под световым микроскопом практически невозможна [Cerino, Zingone, 2006]. Исследования последних десятилетий показали необходимость применения комплекса методов электронной микроскопии и генетического анализа для идентификации криптофитовых [Hoef-Emden, Melkonian, 2003].

В России большая часть информации о криптофитовых содержится в работах, посвящённых изучению сезонной динамики численности фитопланктона, а специализированные исследования группы очень немногочисленны. Однако при исследовании разнообразия криптофитовых в РФ с помощью комплексного подхода были идентифицированы новые, неизвестные науке виды криптофитовых как в пресных [Gusev et al., 2022; Kulizin et al., 2022], так и в морских водах [Khanaychenko et al., 2022; Khanaychenko et al., 2024].

Первые описания криптофитовых водорослей Черноморского региона относятся к началу XX века, когда несколько видов, обнаруженных в крымском солевом озере, были описаны и отнесены к роду *Cryptomonas* [Wisłouch, 1924]. Позже несколько обнаруженных в Севастопольской бухте криптомонад на основании световой микроскопии М. И. Роухияйнен также отнесла к роду *Cryptomonas* [Роухияйнен, 1967; Роухияйнен, 1970]. И несмотря на то, что в настоящее время показано: род *Cryptomonas* включает исключительно пресноводные виды [Hoef-Emden, Melkonian, 2003; Gusev et al., 2020], до настоящего времени при описании криптофитовых из проб черноморского фитопланктона часто используют невалидные названия криптофитовых, в том числе *Cryptomonas* spp. [Mikaelyan, Pautova, Fedorov, 2021]. Документирование разнообразия морских криптомонад остаётся глобальной проблемой.

Единственным правильным подходом для изучения черноморских криптофитовых водорослей на современном уровне можно считать проведение интегративных исследований этой группы. Для изучения разнообразия черноморских криптомонад была поставлена задача создания коллекции живых культур штаммов черноморских криптофитовых микроводорослей и разработки схемы комплексных исследований для их идентификации на современном уровне.

Материал и методы

Основу коллекции составляют изоляты микроводорослей, полученные благодаря собственным сборам. Для выделения штаммов криптофитовых нативные пробы морской воды объёмом ~ 2 л, отобранные в течение 2020–2023 гг. в прибрежной акватории из разных прибрежных участков Севастопольской бухты, предварительно очищали от крупных организмов (более 40 мкм) путём мягкой обратной фильтрации через нейлоновый газ с размером ячеек последовательно 70 и 20 мкм. Очищенную от крупноразмерного планктона пробу сгущали с помощью воронки обратной фильтрации и ядерных фильтров (г. Дубна, Россия) с диаметром пор 1 мкм до конечного объёма 25–30 мл. Идентификация живых клеток криптофитовых до уровня класса возможна в живой капле практически под любым световым микроскопом благодаря их характерной асимметричной форме и специфическому поступательно-колебательному движению, осуществляемому благодаря движению двух жгутиков. Поэтому полученный концентрат живой пробы просматривали в небольших каплях, распределённых в стерильной чашке Петри (диаметр 5 см), под световым микроскопом.

Для выделения альгологически чистой культуры из смешанных живых проб можно использовать разные микробиологические методы: разведения, пересевы, посеvy на полужидкие среды. Однако нами при изоляции клеток криптофитовых был использован наиболее подходящий для криптофитовых, максимально сложный, но наиболее надёжный метод изоляции одиночных клеток — пипетирование под инвертированным микроскопом Nikon Eclipse TS200, позволяющим производить контролируемые манипуляции. Отлавливание одиночных клеток производили с помощью подготовленных стерильных стеклянных микропипеток Пастера с оттянутым капилляром минимального диаметра при увеличении $\times 100$ и контролировали при увеличении $\times 400$. Процедура выделения отдельных клеток требует непосредственного подведения микрокапилляра к изолируемой клетке и манипуляции по перемещению клетки в отдельную каплю, содержащую стерильную морскую воду. Отобранную с помощью капилляра клетку переносили в новую каплю, а для очистки клетки от нежелательных сопутствующих микроорганизмов её перемещали через серию капель со стерильной морской водой с постепенным добавлением питательной среды Уолна (Walne) (последовательных переносов из капли в каплю). После «проводки» и контроля одиночной изолированной клетки в последней капле её окончательно перемещали из капли в стерильную пластиковую пробирку типа Эппендорф (1 мл), наполненную на $\frac{3}{4}$ объёма стерильной средой Уолна. Все манипуляции производили исключительно под визуальным контролем под инвертированным микроскопом.

Эппендорфы с изолятами криптофитовых помещали в общую коллекцию живых культур штаммов и проверяли штаммы на чистоту и жизнеспособность, отбирая регулярно (через 7–14 суток) аликвоты стерильной пипеткой и просматривая пробу под микроскопом при увеличениях $\times 100$ и $\times 400$. При обнаружении нежелательных живых примесей в культуре проводили дополнительную процедуру изоляции клеток криптофит через последовательные «проводки» в новые стерильные пробирки или выбраковывали полностью неудачные изоляты. Коллекцию живых культур штаммов черноморских криптофитовых микроводорослей содержали при естественном освещении с интенсивностью излучения в пределах 5–10 эйншт. $\text{м}^2\text{сек}^{-1}$.

Результаты

В результате экспериментальных работ группы исследователей [Khanaychenko et al., 2022; Khanaychenko et al., 2024] была разработана методология изучения разнообразия криптофитовых для их таксономической идентификации на современном уровне с применением интегративного подхода. Разработанная схема предлагаемого подхода представляет следующую последовательность.

1. Стандартизацию условий сбора, очистки и хранения культур штаммов:

- отбор проб из моря;
- изоляция отдельных клеток криптофитовых под инвертированным микроскопом;
- выделение в чистую культуру при контролируемых условиях на жидкой минеральной среде;
- поддержание и рекультивирование альгологически чистых культур штаммов криптофитовых через множественные генерации, регулярный пересев и проверка чистоты линий.

2. Микроскопирование клеток:

- исследование морфологии и получение микрофотографий основных структур и формы живых клеток штаммов криптофитовых под световым микроскопом в геле низкотемпературной агарозы при увеличении до $\times 1000$;
- исследование морфологии и получение микрофотографий поверхностных ультраструктур фиксированных клеток под СЭМ при увеличении до $\times 10000$;
- сравнительный анализ морфологических характеристик клеток с существующими в литературных источниках.

3. Генотипирование штаммов.

Выявление филогенетических связей, молекулярно-генетический анализ фрагментов нуклеотидных последовательностей:

- выделение и амплификация ДНК — фрагмента ядерного гена малой рибосомальной субъединицы рДНК (18S) и фрагмента гена большой субъединицы рДНК (28S);
- построение филогенетического дерева с последовательностями консервативных генов штаммов (18S+28S рДНК);
- филогенетический анализ методами максимального правдоподобия (ML) и Байесовского подхода (BI);
- получение данных по ядерному внутреннему транскрибируемому спейсеру ITS2;
- сравнительный анализ ITS2 рДНК у близкородственных штаммов для уточнения филогенетических родственных связей близкородственных видов.

4. Депонирование образцов идентифицированного штамма:

- последовательностей ДНК штаммов в GenBank;
- голотипа фиксированных клеток штамма в стандартизированный гербарий водорослей;
- пополнение референсной базы по генетическим маркерам криптомонад.

Комбинированные данные световой и электронной микроскопии были использованы в интегрированном с данными молекулярно-генетического анализа описании таксономического положения ряда штаммов из новой коллекции криптофитовых. При применении вышеуказанной комплексной методологии интегративного подхода при исследовании штаммов из коллекции криптофитовых к 2025 г. было идентифицировано и описано пять новых для науки видов, из которых один вид относится к *Proteomonas agilis* sp. nov. Khanaychenko, Nikolayeva, Rylkova, Saburova [Khanaychenko et al., 2024], а четыре — к роду *Rhodomonas*: *R. storeatuloformis* sp. nov. Khanaychenko, Saburova, Aleoshin, Rylkova, Popova et Aganesova [Khanaychenko et al., 2022], *R. vitalis*, *R. fusiformis* и *R. mirabilis* nom. prov. Khanaychenko, Nikolayeva, Rylkova, Saburova (в печати) (рис. 1).

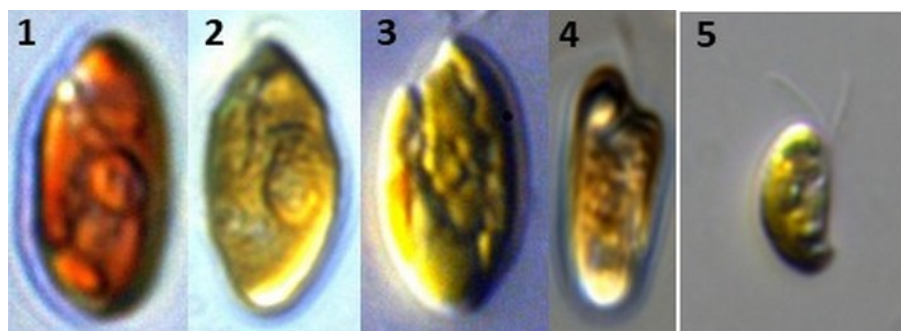


Рис. 1. Новые виды криптофитовых микроводорослей из коллекции живых культур штаммов черноморских криптофитовых ФИЦ ИнБЮМ: 1. *Rhodomonas vitalis* sp. nov.; 2. *R. fusiformis*; 3. *R. mirabilis*; 4. *R. storeatuloformis*; 5. *Proteomonas agilis*

Последовательности ДНК идентифицированных криптофитовых микроводорослей были депонированы в GenBank, а их голотипы переданы на хранение в депозитарий Гербария водорослей (LE) Ботанического института им. Комарова.

Заключение

В настоящее время правильная идентификация криптомонад становится всё более важной для отслеживания изменений в биоразнообразии и прогнозирования текущих изменений окружающей среды. Функционирующая новая рабочая коллекция живых культур штаммов черноморских криптофитовых в ФИЦ ИнБЮМ полностью соответствует представлению о биоресурсной коллекции согласно принятого Государственной Думой и одобренного Советом Федерации РФ Федерального закона от 30 ноября 2024 г. N 428-ФЗ «О биоресурсных центрах и биологических (биоресурсных) коллекциях» и позволяет на её основе исследовать разнообразие черноморских криптофитовых микроводорослей. В связи с тем, что солёность Чёрного моря (18 промилле) значительно ниже океанической (35 промилле), в прибрежных зонах, и особенно в эстуариях рек, можно ожидать значительного биоразнообразия [Wang et al., 2025] и обнаружения дополнительных, новых для науки и флоры России видов криптофитовых.

Полная идентификация массовых черноморских видов криптофитовых из пополняемой коллекции предполагает создание каталога коллекционных штаммов и интегративной базы данных, включающих молекулярные данные, которые можно будет использовать сначала при изучении экспериментальных лабораторных метагеномов с небольшим количеством образцов, а в дальнейшем эта интегративная база данных может быть использована в метагеномных исследованиях природных проб при изучении пространственного и сезонного распределения и разнообразия

криптофитовых Чёрного моря на современном уровне. Создание коллекции культур штаммов черноморских криптофитовых водорослей с последующими комплексными исследованиями, дополненной референсной базой их нуклеотидных последовательностей, отсутствующей в настоящее время, сможет служить основой для корректной интерпретации данных метабаркодинга и других метагеномных исследований.

Проводятся комплексные перспективные экспериментальные исследования экологической физиологии и биотехнологических характеристик недавно идентифицированных новых видов криптофитовых, на основании которых совершенствуются методики их культивирования, изучается их роль в экспериментальных трофических цепях и производится отбор коммерчески перспективных видов черноморских криптофитовых для использования в аквакультуре и биотехнологии с целью изучения возможностей получения из них ценных компонентов, биологически активных веществ (фикобилипротеинов, ненасыщенных жирных кислот и других биологически активных веществ, производных их биосинтеза) для марикультуры, биомедицины и фармакологии.

Благодарности. Автор благодарен всем своим коллегам по работе с коллекцией криптофитовых водорослей за их поддержку и профессионализм, и в частности Д. М. Моисеенко — за его скрупулёзную работу по выведению и рекультивированию штаммов. Автор благодарит неизвестных рецензентов и корректоров за их ценные замечания и рекомендации, которые значительно улучшили текст статьи.

Список литературы

1. Краснова Е. Д., Пантюлин А. Н., Маторин Д. Н., Тодоренко Д. А., Белевич Т. А., Милютин И. А., Воронцов Д. А. Цветение криптофитовой водоросли *Rhodomonas* sp. (Cryptophyta, Rhodomonadaceae) в редокс-зоне водоемов, отделяющихся от Белого моря // Микробиология. – 2014. – Т. 83, № 3. – С. 346–354. – <https://doi.org/10.7868/S0026365614030100>
2. Роухияйнен М. И. Новые виды родов *Cryptomonas* (Pyrrophyta) и *Platymonas* (Chlorophyta, Chlamydomonadales) из Чёрного моря // Новости систематики низших растений / Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова РАН. – Санкт-Петербург : БИН РАН, 1970. – Т. 7. – С. 20–23.
3. Роухияйнен М. И. Новый вид рода *Cryptomonas* (Pyrrophyta) из Чёрного моря // Новости систематики низших растений / Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова РАН. – Санкт-Петербург : БИН РАН, 1967. – Т. 4. – С. 71.
4. Abidizadegan M., Peltomaa E., Blomster J. The potential of cryptophyte algae in biomedical and pharmaceutical applications // *Frontiers in Pharmacology*. – 2021. – Vol. 11. – Art. 618836. – <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.618836>
5. Cerino F., Zingone A. A survey of cryptomonad diversity and seasonality at a coastal Mediterranean site // *European Journal of Phycology*. – 2006. – Vol. 41, iss. 4. – P. 363–378. – <http://dx.doi.org/10.1080/09670260600839450>
6. Gusev E., Martynenko N., Kulizhin P., Kulikovskiy M. Molecular diversity of the genus *Cryptomonas* (Cryptophyceae) in Russia // *European Journal of Phycology*. – 2022. – Vol. 57, iss. 4. – P. 526–550. – <https://doi.org/10.1080/09670262.2022.2031304>
7. Gusev E., Podunay Y., Martynenko N., Shkurina N., Kulikovskiy M. Taxonomic studies of *Cryptomonas lundii* clade (Cryptophyta: Cryptophyceae) with description of a new species from Vietnam // *Fottea*. – 2020. – Vol. 20, iss. 2. – P. 137–143. – <http://dx.doi.org/10.5507/fot.2020.004>

8. Hoef-Emden K., Archibald J. M. Cryptophyta (Cryptomonads) // Handbook of the Protists / eds: Archibald J. M. [et al.]. – 2nd ed. – Cham : Springer, 2017. – Chap. 24. – P. 851–891. – https://doi.org/10.1007/978-3-319-28149-0_35
9. Hoef-Emden K., Melkonian M. Revision of the genus *Cryptomonas* (Cryptophyceae): a combination of molecular phylogeny and morphology provides insights into a long-hidden dimorphism // Protist. – 2003. – Vol. 154, iss. 3/4. – P. 371–409. – <https://doi.org/10.1078/143446103322454130>
10. Johnson M. D., Beaudoin, D. J., Frada M. J., Brownlee E. F., Stoecker D. K. High grazing rates on cryptophyte algae in Chesapeake Bay // Frontiers in Marine Science. – 2018. – Vol. 5. – P. 241. – <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00241>
11. Khanaychenko A., Mukhanov V., Aganesova L., Besiktepe S., Gavrilova N. Grazing and feeding selectivity of *Oithona davisae* in the Black Sea: importance of cryptophytes // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2018. – Vol. 18, iss.8. – P. 937–949. – https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_8_02
12. Khanaychenko A. N., Nikolaeva O. V., Rylkova O. A., Saburova M., Aleoshin V. V. Genus *Proteomonas* is not monotypic: *P. agilis* sp. nov. (Cryptophyceae, Geminigeraceae) from the Black Sea and hidden diversity of *Proteomonas* species // Botanica Marina. – 2024. – Vol. 67, iss.6. – P. 621–636. – <https://doi.org/10.1515/bot-2024-0039>
13. Khanaychenko A. N., Popova O. V., Rylkova O. A., Aleoshin V. V., Aganesova L. O., Saburova M. *Rhodomonas storeatuloformis* sp. nov. (Cryptophyceae, Pyrenomonadaceae), a new cryptomonad from the Black Sea: morphology versus molecular phylogeny // Fottea. – 2022. – Vol. 22, iss. 1. – P. 122–136. – <https://doi.org/10.5507/fot.2021.019>
14. Kulizhin P. V., Martynenko N. A., Gusev E. S., Kapustin D. A., Vodeneeva E. L., Kulikovskiy M. S. New species of the genus *Cryptomonas* (Cryptophyceae) in the flora of Russia // Inland Water Biology. – 2022. – Vol. 15, iss. 3. – P. 227–237. – <https://doi.org/10.1134/S1995082922030087>
15. Mendes C. R. B., Costa R. R., Ferreira A., Jesus B., Tavano V. M., Dotto T. S., Leal M. C., Kerr R., Islabão C.A., Franco A., Mata M. M., Garcia C. A. E., Secchi E. R. Cryptophytes: an emerging algal group in the rapidly changing Antarctic Peninsula marine environments // Global Change Biology. – 2023. – Vol. 29, iss.7. – P. 1791–1808. – <https://doi.org/10.1111/gcb.16602>
16. Mikaelyan A. S., Pautova L. A., Fedorov A. V. Seasonal evolution of deep phytoplankton assemblages in the Black Sea // Journal of Sea Research. – 2021. – Vol. 178. – Art. 102125. – <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102125>
17. Vdodovich I. V., Khanaychenko A. N., Gubanov A. D., Kolesnikova E. A., Aganesova L. O. Identification of some common food items in the guts of fish larvae and juveniles in the Black Sea // Marine Biological Journal. – 2017. – Vol. 2, iss. 1. – P. 3–10. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.1.01>
18. Wang C., Liu Y., Tong Z., Cai S., Wang Y., Chen N., Huang B., Xiao W. Cryptophyte diversity and assembly mechanisms reveal ecological discontinuities in a riverestuary-coast continuum // Ecological Indicators. – 2025. – Vol. 171. – Art. 113114. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113114>
19. Wisłouch S. Przyczynek do biologji solnisk i genezy szlamów leczniczych na Krymie // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. – 1924. – Vol. 2, № 2. – P. 99–129.

INTEGRATIVE STUDIES OF CRYPTOPHYTE MICROALGAE AS A BASIS FOR THEIR BIODIVERSITY RESEARCH IN THE BLACK SEA AT THE MODERN LEVEL

Khanaychenko A. N.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: a.khanaychenko@gmail.com*

Abstract: Cryptophytes (class Cryptophyceae) are ecologically important group of microalgae present in freshwater and marine ecosystems, and playing important role in transformation of inorganic and organic matter. However, they are one of understudied group in the phytoplankton community of the Black Sea due to the difficulties of their identification by standard conservative research methods. The specialized working collection of live cultures of strains of the Black Sea cryptophytes established in the department of aquaculture and marine pharmacology of the «A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS» based on isolation of cryptophyte cells from field collections and regular recultivation of the strains could be defined as a bioresource collection. The developed integrative approach, combining the intravital study of the morphology and biology of the cells of the cultured strains using light microscopy, study of the cell ultra-structure using electron microscopy, and molecular genetics methods, allows taxonomic identification of cryptophyte strains at modern level, leading to discovery of new species of cryptophytes in the Black Sea. Live cultures of the identified cryptophytes enable experimental works on their ecological physiology, trophic relationships and biotechnological characteristics allowing production of valuable biomolecules.

Keywords: microalgae, cryptophytes, Black Sea, biodiversity, integrative research

Сведения об авторе

Ханайченко	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2,
Антонина	Севастополь, 299011, Российская Федерация, a.khanaychenko@gmail.com
Николаевна	

Поступила в редакцию 18.02.2025 г.

Принята к публикации 28.02.2025 г.

ХАРАКТЕРИСТИКА ФАУНЫ MONOGENEA (PLATYHELMINTHES) ЧЁРНОГО МОРЯ *

Дмитриева Е. В., Прохорова Д. А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: evdmitrieva@ibss-ras.ru

Аннотация: Фауна Monogenea (Platyhelminthes) в Чёрном море насчитывает 53 вида из 22 родов и 12 семейств. Хозяева этих гельминтов принадлежат к 62 видам из 47 родов и 27 семейств морских и солоноватоводных рыб. Большинство видов зарегистрировано у побережья Крыма. При этом отмечена крайняя неравномерность изученности фауны моногеней в разных районах Чёрного моря. Наибольшее количество видов отмечено у родов *Gyrodactylus* (14 видов) и *Ligophorus* (12 видов), а также среди паразитов кефалевых рыб (12 видов). У большинства черноморских рыб (50 видов) паразитирует один-два вида моногеней, что, как правило, меньше, чем у этих же хозяев в Средиземном море. Большинство видов черноморских моногеней (35 видов) встречаются также в Средиземноморском бассейне, 8 видов (*G. crenilabris*, *G. ginestrae*, *G. mulli*, *G. sphinx*, *Polyclithrum ponticum*, *Squalonchocotyle pontica*, *Taurimazocraes markewitschii* и *Microcotyle pontica*) не найдены в других морях, а 3 вида (*G. pterygialis*, *G. flesi*, *G. harengi*) зарегистрированы в морях разных океанов, но не обнаружены в Средиземном море. Три вида (*G. ginestrae*, *G. atherinae* и *G. proterorhini*), вероятно, являются реликтами Понто-Каспия. Рассмотрены разные сценарии формирования черноморской фауны *Gyrodactylus*.

Ключевые слова: паразиты, моногеней, *Gyrodactylus*, *Ligophorus*, видовой состав, рыбы, Чёрное море

Введение

Моногеней — представители класса Monogenea (Van Beneden, 1858) — насчитывают около 7000 известных видов [Gibson et al., 2014], подавляющее большинство из которых паразитирует на рыбах, редко — на других гидробионтах (головоногие, членистоногие, амфибии), а также водных млекопитающих (гиппопотам) [Guide to Monogenoidea ... , 2010]. Как правило, моногеней не причиняют особого вреда своим хозяевам, но некоторые виды, например гиродактилиды, могут вызывать массовую гибель рыб, особенно молоди и особей, находящихся в условиях неволи или разведения, а также при вселении паразита в новые регионы [Thoney, Hargis, 1991; Иешко, Шульман, 1994]. Моногеней представляют особую опасность при таких вселениях, так как имеют прямые жизненные циклы, что способствует их натурализации в новых местах обитания [Ondračková, 2016]. При этом аборигенные популяции хозяев могут поражаться вселившейся моногенеей значительно сильнее, чем в её нативном ареале [Лутта, 1941; Мо, 2024]. Таким образом, оценки текущего видового разнообразия моногеней в региональных экосистемах необходимы в период современного глобального потепления климата, которое может быть одной из причин интенсификации процессов вселения видов в новые регионы [Jolma et al., 2025].

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ гос. регистрации 124022400148-4).

Данные о первой задокументированной находке моногеней у рыб Чёрного моря опубликованы М. Ю. Поггенполем в 1869 г. — регистрация *Mazocraes alosae* Hermann, 1782 (как *Octobothrium lanceolatum* Leuckart, 1827) у сельди *Alosa immaculata* Bennett, 1835 [Гаевская, 2012]. Следующая публикация по гельминтам рыб Чёрного моря появилась спустя 40 лет [Зернов, 1913]. В этой работе автор сообщает об обнаружении в Чёрном море, у Севастополя, ещё двух видов — *Calceostomella inermis* (Parona & Perugia, 1889) и *Nitzschia sturionis* (Abildgaard, 1794). Продолжены эти исследования работами П. В. Власенко (1931) и С. У. Османова (1940), и к середине XX века список черноморских моногеней расширился до 9 видов. В монографии Б. Е. Быховского (1957) сообщается уже о 18 видах моногеней, регистрируемых у черноморских рыб, а в определителе [Определитель паразитов ... , 1975] обобщены данные по 29 видам, встречающимся у морских и солоноватоводных рыб в Чёрном море. К 1997 г. было установлено, что на тот момент фауна морских моногеней Черноморского бассейна включала не менее 40 видов [Гаевская, Дмитриева, 1997]. В последующие годы было опубликовано несколько списков видов Monogenea по отдельным регионам Чёрного моря [Гаевская, Корнийчук, 2003; Мирошниченко, 2008; Özer, 2021].

В то же время за последние несколько десятков лет опубликовано большое количество работ по ревизиям отдельных таксонов моногеней, к которым относятся и черноморские виды, а также описаний новых видов и новых находок в Чёрном море [Герасев, Дмитриева, 2004; Герасев, Дмитриева, 2005; Sarabeev, Balbuena, 2004; Sarabeev, Balbuena, Euzet, 2005; Rubtsova et al., 2006; Stoyanov et al., 2016; Kvach et al., 2019; Dmitrieva, Gerashev, Pron'kina, 2007; Dmitrieva et al., 2018; Dmitrieva et al., 2022; Prokhorova, Vodiasova, Dmitrieva, 2025].

В связи с вышесказанным цель данной работы — обобщение опубликованных и некоторых собственных (ранее не опубликованных) данных о современном видовом составе Monogenea Чёрного моря с учётом последних таксономических ревизий, а также анализ их распределения по Черноморскому бассейну и встречаемости у рыб разных таксонов.

Материал и методы

Анализ основан на опубликованных данных (за исключением тезисов конференций), которые включают сведения о видах моногеней, найденных у морских или солоноватоводных рыб в Чёрном море, в Керченском проливе, а также в морской части предустьевых участков рек Черноморского бассейна. Учитывались только находки, определённые до вида. При этом если данные о регистрации вида в каком-то регионе были опубликованы несколько раз, то приводится либо первая работа, либо обзорная публикация (если таковая имеется), в которой были обобщены все более ранние сведения, так как данная работа не имеет целью компиляцию всех библиографических источников.

Таксономическое положение как моногеней, так и рыб приведено в соответствии с современной систематикой [World Register of Marine Species].

Результаты и обсуждение

Анализ опубликованных данных показал, что фауна Monogenea, представители которой отмечены за всю историю наблюдений у морских и солоноватоводных рыб в Чёрном море, включает 53 вида из 22 родов и 12 семейств (таблица 1).

Таблица 1

Таксономическая принадлежность видов моногеней, хозяева и районы их регистрации в Чёрном море

Таксоны моногеней	Виды рыб	Районы	Источник данных
Monopisthocotylea Dactylogyridea Ancyrocephalidae Bychowsky, 1937			
<i>Xenoligophoroides</i> Dmitrieva et al., 2018			
1. <i>X. cobitis</i> (Ergens, 1963) [syn.* <i>Ancyrocephalus cobitis</i> Ergens, 1963]	<i>Gobius cobitis</i> Pallas, 1814	у побережья Кавказа	Dmitrieva et al., 2018
<i>Ligophorus</i> Euzet et Suriano, 1977			
2. <i>L. acuminatus</i> Euzet et Suriano, 1977**	<i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810); <i>C. saliens</i> (Risso, 1810)	у побережья Болгарии и Крыма	Дмитриева, Герасев, 1996; Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013
3. <i>L. cephalis</i> Rubtsova et al., 2006 [syn. <i>L. chabaudi</i> Euzet et Suriano, 1977 sensu Дмитриева, Герасев, 1996]	<i>Mugil cephalus</i> L., 1758; <i>C. auratus</i>	у побережья Турции, Болгарии, Крыма и Кавказа, Керченский пролив, устье Днестра	Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013; Корнийчук и др., 2015; Özer, 2021; новые данные
4. <i>L. heteronchus</i> Euzet et Suriano, 1977 [syn. <i>L. euzeti</i> Dmitrieva et Gerasev, 1996]	<i>C. saliens</i>	у побережья Болгарии и Крыма	Дмитриева, Герасев, 1996; Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013
5. <i>L. imitans</i> Euzet et Suriano, 1977	<i>C. saliens</i>	у побережья Болгарии	Панков, 2011
6. <i>L. kaohsianghsieni</i> (Gusev, 1962) Gusev, 1985	<i>Planiliza haematocheilus</i> (Temminck et Schlegel, 1845); <i>C. auratus</i>	у побережья Болгарии, Крыма, Керченский пролив	Дмитриева, 1996; Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013
7. <i>L. llewellyni</i> Dmitrieva, Gerasev et Pronkina, 2007	<i>P. haematocheilus</i>	у побережья Болгарии, Крыма, Кавказа, Керченский пролив	Dmitrieva, Gerasev, Pron'kina, 2007; Попюк, 2009; Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013; Корнийчук и др., 2015
8. <i>L. macrocolpos</i> Euzet et Suriano, 1977	<i>C. auratus</i> ; <i>C. saliens</i>	у побережья Болгарии и Крыма	Дмитриева, Герасев, 1996; Панков, 2011
9. <i>L. mediterraneus</i> Sarabeev, Balbuena et Euzet, 2005 [syn. <i>L. mugilinus</i> (Hargis, 1955) sensu (Öztürk, Özer, 2009)]	<i>M. cephalus</i> , <i>C. auratus</i>	у побережья Турции, Болгарии, Крыма и Кавказа, Керченский пролив, устье Днестра	Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013; Корнийчук и др., 2015; Özer, 2021; новые данные
10. <i>L. minimus</i> Euzet et Suriano, 1977	<i>C. saliens</i>	у побережья Болгарии	Панков, 2011
11. <i>L. pilengas</i> Sarabeev et Balbuena, 2004 [syn. <i>L. chabaudi</i> Euzet et Suriano, 1977 sensu (Дмитриева, 1996); <i>L. gussevi</i> Miroshnichenko and Maltsev, 2004]	<i>P. haematocheilus</i>	у побережья Болгарии, Крыма, Кавказа, Керченский пролив	Dmitrieva, Gerasev, Pron'kina, 2007; Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013; Корнийчук и др., 2015

Продолжение на следующей странице...

Таксоны моногеней	Виды рыб	Районы	Источник данных
12. <i>L. vanbenedenii</i> (Par. et. Per., 1890) Euzet et Suriano, 1977	<i>C. auratus</i> ; <i>C. saliens</i> ; <i>M. cephalus</i> ; <i>P. haematocheilus</i>	у побережья Болгарии, Крыма, Керченский пролив	Дмитриева, Герасев, 1996; Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013; Дмитриева и др., 2015; Дмитриева и др., 2018
13. <i>L. szidati</i> Euzet et Suriano, 1977	<i>C. auratus</i> ; <i>C. saliens</i> ; <i>M. cephalus</i> ; <i>P. haematocheilus</i>	у побережья Болгарии, Крыма, Керченский пролив	Дмитриева, Герасев, 1996; Панков, 2011; Sarabeev et al., 2013; Дмитриева и др., 2015; Дмитриева и др., 2018
<i>Paradiplectanotrema</i> Gerasev, Gayevskaya et Kovaleva, 1987			
14. <i>P. trachuri</i> (Kovaleva, 1970) Gerasev, Gayevskaya et Kovaleva, 1987	<i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	у побережья Болгарии	Димитров, 1991
<i>Diplectanum</i> Diesing, 1858			
15. <i>D. aculeatum</i> Parona et Perugia, 1889	<i>Sciaena umbra</i> L., 1758, <i>Umbrina cirrosa</i> (L., 1758)	у побережья Крыма и Кавказа	Быховский, 1957; Определитель паразитов ... , 1975; Дмитриева и др., 2018
16. <i>D. aequans</i> (Wagener, 1857) Diesing, 1858	<i>Dicentrarchus labrax</i> (L., 1758)	у побережья Турции	Özer et al., 2019
17. <i>D. sciaenae</i> Van Beneden et Hesse, 1863	<i>S. umbra</i>	у побережья Крыма	Petrov et al., 2017
18. <i>D. simile</i> Bychowsky, 1957	<i>S. umbra</i> ; <i>U. cirrosa</i>	у побережья Крыма и Кавказа	Быховский, 1957; Определитель паразитов ... , 1975; Дмитриева и др., 2018
<i>Lamellodiscus</i> Johnston et Tiegs, 1922			
19. <i>L. elegans</i> Bychowsky, 1957	<i>Diplodus annularis</i> (L., 1758); <i>Sparus aurata</i> L., 1758	у побережья Турции, Крыма и Кавказа	Быховский, 1957; Определитель паразитов ... , 1975; Корнийчук и др., 2015; Дмитриева и др., 2018; Özer, 2021
20. <i>L. fraternus</i> Bychowsky, 1957	<i>D. annularis</i>	у побережья Турции, Крыма и Кавказа	Быховский, 1957; Определитель паразитов ... , 1975; Корнийчук и др., 2015; Дмитриева и др., 2018; Özer, 2021
Fridericianellidae Gupta et Sachdeva, 1990			
<i>Calceostomella</i> Palombi, 1943			
21. <i>C. inermis</i> (Parona et Perugia, 1889) Palombi, 1943	<i>S. umbra</i> ; <i>U. cirrosa</i>	у побережья Крыма	Власенко, 1931; Османов, 1940; Погорельцева, 1952; Быховский, 1957; Дмитриева и др., 2018
Capsalidea Capsalidae Baird, 1853 <i>Capsala</i> Bosc, 1811			
22. <i>C. pelamydis</i> (Taschenberg, 1878) Johnston, 1929	<i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)	у побережья Крыма	Решетникова, 1955; Быховский, 1957

Продолжение на следующей странице...

Таксоны моногеней	Виды рыб	Районы	Источник данных
Nitzschia Baer, 1826			
23. <i>N. sturionis</i> (Abildgaard, 1794) Krøyer, 1852 [syn. <i>N. elongata</i> (Nitzsch, 1826) Johnston, 1865 <i>sensu</i> (Османов, 1940)]	<i>Acipenser sturio</i> L., 1758; <i>A. stellatus</i> Pallas, 1771; <i>A. gueldenstaedtii</i> Brandt et Ratzeburg, 1833; <i>Huso huso</i> (L., 1758)	у побережья Украины, Крыма и Кавказа, дельта Дуная	Османов, 1940; Курашвили, 1960; Скрябина, 1974; Мирошниченко, 2008
Monocotylidea Monocotylidae Taschenberg, 1879			
Calicotyle Diesing, 1850			
24. <i>C. kroyeri</i> Diesing, 1850	<i>Raja clavata</i> L., 1758	у побережья Крыма	Погорельцева, 1964; новые данные
Gyrodactylidea Tetraonchoididae			
Tetraonchoides Bychowsky, 1951			
25. <i>T. paradoxus</i> Bychowsky, 1951	<i>Uranoscopus scaber</i> L., 1758	у побережья Турции, Румынии, Крыма и Кавказа	Roman-Chiriac, 1960; Определитель паразитов ... , 1975; Дмитриева и др., 2018; Özer, 2021
Bothitrematidae Price, 1936			
Bothitrema Price, 1936			
26. <i>B. bothi</i> (MacCallum, 1913) Price, 1936	<i>Scophthalmus maeoticus</i> (Pallas, 1814)	у побережья Крыма	Погорельцева, 1964
Gyrodactylidae Cobbold, 1864			
Gyrodactylus von Nordmann, 1832			
27. <i>G. arcuatus</i> Bychowsky, 1933	<i>Gasterosteus aculeatus</i> L., 1758	у побережья Турции, Румынии, Украины и Крыма	Roman-Chiriac, 1960; Мирошниченко, 2008; Lumme et al., 2016; Özer, 2021; новые данные
28. <i>G. atherinae</i> Bychowsky, 1933	<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	у побережья Румынии и Крыма	Roman-Chiriac, 1960; Герасев, Дмитриева, 2004
29. <i>G. bubyri</i> Osmanov, 1965	<i>Knipowitschia caucasica</i> (Berg, 1916)	у побережья Болгарии	Stoyanov et al., 2016
30. <i>G. crenilabris</i> Zaika, 1966	<i>Symphodus tinca</i> (L., 1758); <i>S. ocellatus</i> (L., 1758); <i>S. roissali</i> (Risso, 1810); <i>S. cinereus</i> (Bonnaterre, 1788); <i>Ctenolabris rupestris</i> (L., 1758)	у побережья Крыма	Мачкевский, 1990; Дмитриева, Герасев, 1997; Дмитриева и др., 2018
31. <i>G. flesi</i> Malmberg, 1957	<i>Platichthys flesus</i> (L., 1758); <i>Pomatomus saltatrix</i> (L., 1766); <i>Gymnammodytes cicereus</i> (Rafinesque, 1810), <i>Coryphoblennius galerita</i> (L., 1758); <i>Gobius niger</i> L., 1758; <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814); <i>Spicara smaris</i> (L., 1758); <i>U. scaber</i> ; <i>R. clavata</i> ; <i>T. mediterraneus</i>	у побережья Турции, Болгарии и Крыма	Дмитриева, Герасев, 1997; Dmitrieva, Dimitrov, 2002; Дмитриева и др., 2018; Özer, 2021

Продолжение на следующей странице...

Таксоны моногеней	Виды рыб	Районы	Источник данных
32. <i>G. gerasevi</i> Dmitrieva et al., 2022	<i>Aidablennius sphynx</i> (Valenciennes, 1836); <i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)	у побережья Крыма и Кавказа	Dmitrieva et al., 2022
33. <i>G. ginestrae</i> Kvach et al., 2019	<i>A. boyeri</i>	у побережья Украины	Kvach et al., 2019
34. <i>G. harengi</i> Malmberg, 1957	<i>Sprattus sprattus</i> (L., 1758)	у побережья Крыма	Дмитриева, Герасев, 1997
35. <i>G. mugili</i> Zhukov, 1970	<i>M. cephalus</i> ; <i>P. haematocheilus</i>	у побережья Крыма, в Керченском проливе	Мирошниченко, 2008 ; Дмитриева и др., 2018
36. <i>G. mulli</i> Gerasev et Dmitrieva, 2005	<i>Mullus barbatus</i> L., 1758	у побережья Крыма	Герасев, Дмитриева, 2005
37. <i>G. proterorhini</i> Ergens, 1967 [syn. <i>G. gussevi</i> Najdenova, 1966, <i>G. najdenovi</i> Malmberg, 1970]	<i>Mesogobius batrachocephalus</i> (Pallas, 1814); <i>Proterorhinus marmoratus</i> (Pallas, 1814); <i>Zosterisessor ophiocephalus</i> (Pallas, 1814); <i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814); <i>N. melanostomus</i> ; <i>Gobius bucchichi</i> Steindachner, 1870; <i>G. niger</i> ; <i>G. cobitis</i> <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	у побережья Турции, Румынии, Болгарии, Украины и Крыма	Найденова, 1974 ; Дмитриева, Герасев, 1997 ; Kvach, Oğuz, 2009 ; Дмитриева и др., 2018 ; Özer, 2021
38. <i>G. pterygialis</i> Bychowsky et Polyansky, 1953 [syn. <i>Gyrodactylus</i> sp. 1 sensu (Дмитриева, Герасев, 1997); <i>G. alviga</i> Dmitrieva et Gerasev, 2000]	<i>Merlangius merlangus</i> (L., 1758); <i>Alosa immaculata</i> Bennett, 1835; <i>Ophidion rochei</i> Müller, 1845; <i>Engraulis encrasicolus</i> (L., 1758); <i>Sarpa salpa</i> (L., 1758); <i>Salmo trutta</i> L., 1758; <i>M. barbatus</i> ; <i>N. melanostomus</i> ; <i>R. clavata</i> ; <i>C. auratus</i> ; <i>P. saltatrix</i> ; <i>A. boyeri</i> ; <i>D. annularis</i> ; <i>U. scaber</i> ; <i>P. flesus</i> ; <i>S. maeoticus</i>	у побережья Турции, Болгарии, Украины и Крыма	Дмитриева, Герасев, 1997 ; Дмитриева, Герасев, 2000 ; Dmitrieva, Dimitrov, 2002 ; Квач, Дробиняк, 2017 ; Дмитриева и др., 2018 ; Özer, 2021 ; Prokhorova, Vodiasova, Dmitrieva, 2025
39. <i>G. rarus</i> Wegener, 1910	<i>Pungitius pungitius</i> (L., 1758)	У побережья Румынии	Roman, 1956 ; Radulescu, Vasiliu-Suceveanu, 1956 ; Roman-Chiriac, 1960
40. <i>G. sphinx</i> Dmitrieva et Gerasev, 2000 [syn. <i>Gyrodactylus</i> sp. 2 sensu (Dmitrieva, Gerasev, 1997)].	<i>A. sphynx</i> ; <i>S. pavo</i>	у побережья Крыма	Дмитриева, Герасев, 1997 ; Дмитриева, Герасев, 2000 ; Дмитриева и др., 2018 ; Dmitrieva et al., 2022
<i>Polyclithrum</i> Rogers, 1967			
41. <i>P. mugilini</i> Rogers, 1967 [syn. <i>P. rogersi</i> nom. nud. sensu (Гаевская, Дмитриева, 1997)]	<i>M. cephalus</i>	у побережья Крыма	Герасев, Дмитриева, Гаевская, 2002
42. <i>P. ponticum</i> Gerasev, Dmitrieva, Gaevskaya, 2002	<i>M. cephalus</i>	у побережья Крыма, Керченский пролив, устье Днестра	Герасев, Дмитриева, Гаевская, 2002 ; Попюк, 2009 ; Дмитриева и др., 2018 ; новые данные

Продолжение на следующей странице...

Таксоны моногеней	Виды рыб	Районы	Источник данных
Polyopisthocotylea			
Diclybothriidea			
Diclybothriidae Bychowsky et Gusev, 1950			
Diclybothrium Leuckart, 1835			
43. <i>D. armatum</i> Leuckart, 1835	<i>A. sturio</i> ; <i>A. stellatus</i> ; <i>A. gueldenstaedtii</i> ; <i>H. huso</i>	без уточнения мест на- ходок	Скрябина, 1974; Опре- делитель паразитов ... , 1975
Hexabothriidae Price, 1942			
Squalonchocotyle Cerfontaine, 1899			
44. <i>S. squali</i> MacCallum, 1931 [syn. <i>Erpocotyle squali</i> (MacCallum, 1931)]	<i>Squalus acanthias</i> L., 1758	у побережья Крыма	Погорельцева, 1964; Погорельцева, 1970
45. <i>S. pontica</i> (Pogoreltzeva, 1964) [syn. <i>Erpocotyle pontica</i> Pogoreltzeva, 1964]	<i>Dasyatis pastinaca</i> (L., 1758)	у побережья Крыма	Погорельцева, 1964; Погорельцева, 1970; Дмитриева и др., 2015
Mazocraeidea Price, 1936			
Mazocraeidae Price, 1936			
Mazocraes Hermann, 1782			
46. <i>M. alosae</i> Hermann, 1782 [syn. <i>Octobothrium lanceolatum</i> Leuckart, 1827]	<i>Alosa immaculata</i> ; <i>A. maeotica</i> (Grimm, 1901); <i>A. caspia</i> (Eichwald, 1838); <i>A. fallax</i> (Lacépède, 1803); <i>A. tanaica</i> (Grimm, 1901); <i>Clupeonella cultriventris</i> (von Nordmann, 1840); <i>Engraulis encrasicolus</i> (L., 1758)	у побережья Турции, Болгарии, Румынии, Украины, Крыма и Кавказа, в Керчен-ском проливе, устьях Дуная и Днестра	Османов, 1940; Погорельцева, 1952; Чернышенко, 1955; Roman-Chiriac, 1960; Özer, Öztürk, Kornuychuk, 2013; Özer, 2021; Plaksina, Gibson, Dmitrieva, 2021
Taurimazocraes Mamaev, 1982			
47. <i>T. markewitschii</i> (Nikolaeva et Pogoreltzeva, 1965) Mamaev, 1982 [syn. <i>Pseudoanthocotyle markewitschii</i> Nikolaeva et Pogoreltzeva, 1965]	<i>E. encrasicolus</i> ; <i>A. boyeri</i>	у побережья Крыма	Николаева, Погорель- цева, 1965; Мирошни- ченко, 2008
Kuhnia Sproston, 1945			
48. <i>K. scombri</i> (Kuhn, 1829) Sproston, 1945 [syn. <i>Octostoma scombri</i> Kuhn, 1829]	<i>Scomber scombrus</i> L., 1758	у побережья Крыма	Погорельцева, 1964
Microcotylidae Taschenberg, 1879			
Plectanocotylidae Monticelli, 1903			
Plectanocotyle Diesing, 1850			
49. <i>P. gurnardi</i> (Van Beneden et Hesse, 1863) Llewellyn, 1941	<i>Chelidonichthys lucerne</i> (L., 1758)	у побережья Крыма	Погорельцева, 1964
Microcotyle Van Beneden et Hesse, 1863			
50. <i>M. pomatomi</i> Goto, 1899	<i>P. saltatrix</i>	у побережья Болгарии, Украины, Крыма и Кав- каза, в устье Дуная	Буцкая, 1952; Погорельцева, 1952; Решетникова, 1955; Чернышенко, 1955; Димитров, 1989
51. <i>M. pontica</i> Pogoreltzeva, 1964	<i>S. tinca</i>	у побережья Крыма	Погорельцева, 1964
Solostamenides Unnithan, 1971			

Продолжение на следующей странице...

Таксоны моногеней	Виды рыб	Районы	Источник данных
52. <i>S. mugilis</i> Vogt, 1878 [syn. <i>Microcotyle mugilis</i> Vogt, 1878]	<i>P. haematocheilus</i> ; <i>M. cephalus</i> ; <i>C. auratus</i> ; <i>C. ramada</i> ; <i>C. saliens</i> ; <i>C. labrosus</i>	у побережья Турции, Болгарии, Украины, Крыма и Кавказа, Керченский пролив	Погорельцева, 1952; Чернышенко, 1955; Быховский, 1957; Курашвили, 1960; Панков, 2011; Кор- нийчук и др., 2015; Дмитриева и др., 2015; Дмитриева и др., 2018; Özer, 2021
Axinidae Monticelli, 1903			
<i>Axine</i> Abildgaard, 1794			
53. <i>A. belones</i> Abildgaard, 1794	<i>Belone belone</i> (L., 1760)	у побережья Турции, Болгарии, Украины, Крыма и Кавказа, в Керченском проливе и устье Дуная	Бущая, 1952; Погорельцева, 1952; Чернышенко, 1955; Димитров, 1989; Мирошниченко, 2008; Дмитриева и др., 2015; Özer, 2021

Примечание: *указываются синонимичные названия, под которыми вид был указан из Чёрного моря; ***Ancyrocephalus vanbenedenii* (Par. et Per., 1890) Johnston & Tiegs, 1922 — синоним для всех видов рода *Ligophorus* spp. sensu [Бущая, 1952; Решетникова, 1955; Определитель паразитов ... , 1975], видовую принадлежность которых в большинстве случаев невозможно установить.

По сравнению с предыдущим обзором [Гаевская, Дмитриева, 1997] список видов расширился на 13 названий. Так, из Чёрного моря были описаны 2 новых вида *Ligophorus* Euzet & Suriano, 1977, *L. llewellyni* и *L. pilengas*, от вида-вселенца — пиленгаса [Sarabeev, Balbuena, 2004; Dmitrieva, Gerasev, Pron'kina, 2007]. Позднее эти виды были найдены и в нативном ареале хозяина — в Японском море, а также в Южно-Китайском море [Дмитриева и др., 2013]. Находки двух видов из этого рода в Чёрном море, а именно *L. chabaudi* и *L. mugilinus*, были сведены в синонимы к новым видам — *L. cephalii* и *L. mediterraneus* соответственно [Sarabeev, Balbuena, Euzet, 2005; Rubtsova et al., 2006]. Кроме того, обследование кефалей у побережья Болгарии пополнило список представителей этого рода в Чёрном море ещё двумя видами [Панков, 2011], которые ранее были описаны от этих же рыб в Средиземном море [Euzet, Suriano, 1977]. В то же время один вид — *L. euzeti* — сведён в синонимы [Sarabeev et al., 2013]. Таким образом, не только увеличилось количество зарегистрированных в данном регионе видов *Ligophorus* (с 7 до 12), но и существенно изменился их состав (таблица 1). Среди представителей этого рода эндемичные виды отсутствуют, 9 видов встречаются также в Средиземном море и 3 вида происходят из Северо-Западной Пацифики.

Современная фауна *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 в Чёрном море включает 14 видов, отмеченных у морских и солоноватоводных рыб. Четыре из этих видов (*G. crenilabris*, *G. ginestrae*, *G. mulli* и *G. sphinx*) не встречены в других морях, при том что они паразитируют на рыбах, также широко распространённых в Средиземном море и Северо-Восточной Атлантике (таблица 1). Этот факт можно объяснить либо тем, что они ещё не были обнаружены в Средиземноморском бассейне, либо тем, что некоторые из них могли выжить на рыбах в рефугиумах во время регрессии и изоляции древнего Понто-Каспия, но не сохранились в соседнем, Средиземноморском, регионе во время Мессинского кризиса. Так, у атерин в Чёрном море зарегистрировано два специфичных к ним вида *Gyrodactylus*, один из них — *G. Ginestrae* — не найден в других морях, другой — *G. atherinae* — встречается ещё и в Каспийском море [Быховский, 1957]. Ранее было предложено отнесение этих видов к бореальному реликтовому комплексу [Kvach et al., 2019], однако их хозяева, теплолюбивые рыбы *Atherina boyeri* и *A. hepsetus*,

относятся к средиземноморской группе видов. В раннем миоцене на месте современного Чёрного моря находился Восточный Паратетис, в котором обитало 5 ныне вымерших видов *Atherina* [Schwarzhans et al., 2017], которые могли быть источником не только современных популяций *Atherina* в Чёрном море, но и паразитирующих на них гиродактилюсов. Таким образом, возможно, что эти виды, как и паразит бычка *Proterorhinus marmoratus* — *G. proterorhini*, являются эндемиками древнего Понто-Каспия. Отметим, что в Каспийском море встречаются только два вида морских гиродактилюсов — *G. atherinae* и *G. proterorhini*. *Gyrodactylus proterorhini* в последние десятилетия вселился вместе со своим хозяином — *Neogobius melanostomus* во многие речные системы Европы (Дунай, Рейн, Шельда и Висла) и вторгся в прибрежные и эстуарные воды Балтийского и Северного морей [Ondračková, 2016].

Ещё один вид — *G. sphinx*, паразитирующий на морских собачках, вероятно, ограничен в своем распространении северо-восточным побережьем Чёрного моря, в то время как близкородственный *G. gerasevi* с этих же рыб встречается как в Чёрном, так и в Средиземном морях [Dmitrieva et al., 2022]. Оседлый образ жизни хозяев этих двух видов, а также особенности гидрологии Чёрного моря, очевидно, обеспечили условия для перипатрического видообразования — дивергенции нового вида на краю ареала обширного полиморфного предкового вида. Кроме того, оба вида входят в монофилетичную кладу на основе последовательностей ITS-региона рибосомного кластера ДНК с тремя видами *Gyrodactylus*, паразитирующими на морской собачке в Юго-Западной Атлантике [Dmitrieva et al., 2022], то есть их общий предок пересёк не только океан, но и экватор.

Ряд видов *Gyrodactylus* зарегистрированы в морях разных океанов. Так, *G. flesi* встречается в Чёрном и Балтийском морях, а также найден в Охотском море [Жуков, 1960; Sokolov, 2010], но не обнаружен в Средиземном, Балтийском и Баренцевом морях, где обитают *Platichthys flesus* и *Pleuronectes platessa* — хозяева этого вида в Атлантике. При этом ареалы камбал, которые являются хозяевами этого вида в Атлантике и Пацифике, не перекрываются. Аналогично *G. harengi*, найденный на *Sprattus sprattus* в Чёрном море, является обычным паразитом *Clupea* spp. в Балтийском и Белом морях, а также в северной части Тихого океана [Malmberg, 1970]. Поступление морских вод с севера Европы в Понто-Каспийский бассейн через водораздел в конце плиоцена — начале плейстоцена [Махров и др., 2020] может объяснить вселение *G. flesi* и *G. harengi* из Балтики и Белого моря в Чёрное море и их отсутствие в Средиземноморском бассейне. Факты обнаружения этих видов в Тихом океане требуют проверки. Однако не исключено их расселение в Пацифику, вдоль северного побережья Евразии. Недавнее исследование митохондриальной филогеографии *G. arcuatus*, распространённого по всему ареалу его хозяина — бореального реликтового вида *Gasterosteus aculeatus*, обитающего в прибрежных водах Северной Атлантики и Пацифики, а также в Баренцевом и Белом морях, показало, что имеются две основные аллопатрические клады [Lumme et al., 2016]. Центр разнообразия «европейской» клады — Балтийское море, а «северная» кладка распространена в Баренцевом и Белом морях, а также в Тихом океане. Гаплотип паразита из Чёрного моря вошёл в «балтийскую» субкладу. По мнению авторов, продвижение *G. arcuatus* на юг Европы было связано с чередующимися изоляциями и экспансиями популяций колюшек в многочисленных аллопатрических рефугиумах, существовавших во время последнего ледникового максимума. Это согласуется с тем, что гиродактилюсы могли вселяться совместно со своими хозяевами из северных морей Европы в Чёрное море, пересекая континент в меридианном направлении.

Недавно установлено, что *G. pterygialis*, паразитирующий на рыбах семейства Gadidae в Балтийском, Норвежском, Северном, Белом, Баренцевом и Беринговом морях, встречается также в Чёрном море [Prokhorova, Vodiasova, Dmitrieva, 2025]. Таким образом, это ещё один вид, который, очевидно, вселился в Чёрное море из северных морей и имеет

амфибореальное распространение. Аналогично *G. bubyri*, описанный от бычка *Knipowitschia caucasica* из Аральского моря, вселившегося туда из Каспия, позднее обнаружен в реке Стримон, впадающей в Эгейское море [Vanhove et al., 2014] и в Чёрном море [Stoyanov et al., 2016], а также в Азовском море на этом же хозяине. Кроме того, на основе анализа последовательностей ITS доказана его синонимичность с *G. micropsi* Gläser, 1974 от *Pomatoschistus microps* и *P. minutus* из Северного и Балтийского морей [Stoyanov et al., 2016].

Следует отметить, что два вида — *Squalonchocotyle pontica* и *Microcotyle pontica* рассматривались в предыдущих публикациях как сомнительные [Определитель паразитов ... , 1975; Гаевская, Дмитриева, 1997; Гаевская, Корнийчук, 2003]. Однако первый вид недавно был найден нами у *Dasyatis pastinaca* в районе Севастополя, и по морфологическим признакам он соответствует диагнозу рода *Squalonchocotyle*. При этом другие виды этого рода являются паразитами исключительно акул. С другой стороны, в Средиземном море у *D. pastinaca* зарегистрировано 9 видов моногеней [Bibliography database of living ...], ни один из которых не найден в Чёрном море. Второй вид — *Microcotyle pontica* найден на *Symphodus tinca*, его описание [Погорельцева, 1964] не позволяет верифицировать его валидность и повторно он обнаружен до сих пор не был, что послужило основанием для рассмотрения его как сомнительного вида. Однако в Средиземном море на рыбах семейства Labridae Cuvier, 1816 паразитирует *Microcotyle donavini* Van Beneden & Hesse, 1863 [Euzet, Combes, Caro, 1993], поэтому обнаружение представителя этого рода на лабридовых в Чёрном море вполне вероятно. Для подтверждения видового статуса *S. pontica* и *M. pontica* требуется исследование нового материала, но пока оснований не учитывать их в фауне моногеней Чёрного моря нет.

Kuhnia scomбри и *Capsala pelamydis* не регистрировались в Чёрном море с 60-х годов прошлого века, однако они являются узкоспецифичными паразитами скумбрии и пелагиды, встречаемость которых у побережья Крыма, где они ранее были отмечены, существенно сократилась за этот период [Болтачёв, Еремеев, 2011]. В то же время не регистрируется в последние десятилетия и паразит хамсы и атерины — *Taurimazocraes markewitschii*, несмотря на то что эти рыбы по-прежнему многочисленны в Чёрном море и интенсивно исследовались в его разных районах [Дмитриева и др., 2018; Kvach et al., 2019; Plaksina, Dmitrieva, Dvoretzky, 2023].

В целом 8 из 53 видов моногеней зарегистрированы только в Чёрном море: *Gyrodactylus crenilabris*, *G. ginestrae*, *G. mulli*, *G. sphinx*, *Polyclithrum ponticum*, *Squalonchocotyle pontica*, *Taurimazocraes markewitschii*, *Microcotyle pontica*.

Следует отметить, что данные о встречаемости моногеней у рыб неравномерно представлены для разных регионов Чёрного моря. Выделены 11 районов, которые упоминаются в публикациях (таблица 2). Наибольшее количество видов отмечено у побережья Крыма (42 вида), а у побережья Кавказа зарегистрировано всего 16 видов. При этом черноморская акватория Южного Кавказа практически не изучена и сведения о находках моногеней относятся к 60–70-м гг. прошлого века (таблица 1). Данные по встречаемости этих гельминтов у рыб у побережья Турции относятся в основном к одному району — у г. Синоп [Özer, 2021]. Таким образом, юго-восточная часть Чёрного моря остаётся слабоизученной в отношении встречаемости моногеней.

Западная часть моря также исследована неравномерно, наибольшее количество видов отмечено у побережья Болгарии, однако здесь наиболее интенсивно изучались кефалевые рыбы [Панков, 2011]. Так, 13 из 20 зарегистрированных в этом районе видов паразитируют на 4 видах кефалей. У побережья Румынии и Украины, включая солоноватоводные части эстуариев Дуная и Днестра, отмечено 15 видов, из них 3 впервые отмечены нами (*Ligphorus cephalis*, *L. mediterraneus* и *Polyclithrum ponticum*). Следует отметить, что у *Chelon ramada* в устье Дуная также были обнаружены моногеней рода *Ligophorus* (как *Ancyrocephalus vanbenedenii* (Par. et Per., 1890) nom. inval.) [Буцкая, 1952], однако видовую их принадлежность установить невозможно.

Очевидно, что распределение находок моногеней по районам Чёрного моря только отчасти связано с факторами окружающей среды, но в большей степени определяется степенью изученности этих гельминтов в разных регионах. Также достаточно очевидно из этих данных, что наиболее крупные по размерам, а следовательно более легко обнаруживаемые, моногеней найдены в большинстве районов. Так, *Mazocraes alosae* отмечен у сельдевых рыб в 10 районах, *Solostamenides mugilis* — у кефалевых рыб и *Axine belones* — у саргана в 8 районах каждый (таблица 2).

Таблица 2

Находки видов моногеней в разных районах Чёрного моря

Район / кол-во видов	Виды Monogenea
У побережья Турции / 12	<i>L. cephalis</i> *, <i>L. mediterraneus</i> , <i>D. aequans</i> , <i>L. elegans</i> , <i>T. paradoxus</i> , <i>G. arcuatus</i> , <i>G. flesi</i> , <i>G. proterorhini</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>M. alosae</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Болгарии / 20	<i>L. acuminatus</i> , <i>L. cephalis</i> , <i>L. heteronchus</i> , <i>L. imitans</i> , <i>L. kaohsianghsieni</i> , <i>L. llewellyni</i> , <i>L. macrocolpos</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>L. minimus</i> , <i>L. pilengas</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>P. trachuri</i> , <i>G. bubyri</i> , <i>G. proterorhini</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>M. alosae</i> , <i>M. pomatomi</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Румынии, а также устье Дуная / 9	<i>N. sturionis</i> , <i>T. paradoxus</i> , <i>G. arcuatus</i> , <i>G. atherinae</i> , <i>G. proterorhini</i> , <i>G. rarus</i> , <i>M. alosae</i> , <i>M. pomatomi</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Украины (устье Днестра) / 5	<i>L. cephalis</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>G. arcuatus</i> , <i>P. ponticum</i> , <i>M. alosae</i>
У побережья Украины (Одесский залив) / 8	<i>N. sturionis</i> , <i>G. ginestrae</i> , <i>G. proterorhini</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>M. alosae</i> , <i>M. pomatomi</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Крыма (г. Евпатория, Каркинитский залив) / 8	<i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>N. sturionis</i> , <i>S. squali</i> , <i>S. pontica</i> , <i>M. alosae</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Крыма (г. Севастополь) / 36	<i>L. acuminatus</i> , <i>L. cephalis</i> , <i>L. heteronchus</i> , <i>L. kaohsianghsieni</i> , <i>L. llewellyni</i> , <i>L. macrocolpos</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>L. pilengas</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>D. aculeatum</i> , <i>D. sciaenae</i> , <i>D. simile</i> , <i>L. elegans</i> , <i>L. fraternus</i> , <i>C. inermis</i> , <i>N. sturionis</i> , <i>Calicotyle kroyeri</i> , <i>T. paradoxus</i> , <i>G. arcuatus</i> , <i>G. crenilabris</i> , <i>G. flesi</i> , <i>G. gerasi</i> , <i>G. harengi</i> , <i>G. proterorhini</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>G. sphinx</i> , <i>P. mugilini</i> , <i>P. ponticum</i> , <i>S. pontica</i> , <i>M. alosae</i> , <i>T. markewitschii</i> , <i>M. pomatomi</i> , <i>M. pontica</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Крыма (Карадаг, г. Судак) / 32	<i>L. cephalis</i> , <i>L. kaohsianghsieni</i> , <i>L. llewellyni</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>L. pilengas</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>D. aculeatum</i> , <i>D. simile</i> , <i>L. elegans</i> , <i>L. fraternus</i> , <i>C. inermis</i> , <i>C. pelamydis</i> , <i>T. paradoxus</i> , <i>Bothitrema bothi</i> , <i>G. atherinae</i> , <i>G. crenilabris</i> , <i>G. mugili</i> , <i>G. mulli</i> , <i>G. proterorhini</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>G. sphinx</i> , <i>P. ponticum</i> , <i>S. squali</i> , <i>S. pontica</i> , <i>M. alosae</i> , <i>T. markewitschii</i> , <i>K. scombrus</i> , <i>P. gurnardi</i> , <i>M. pomatomi</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Крыма (Керченский пролив) / 12	<i>L. cephalis</i> , <i>L. kaohsianghsieni</i> , <i>L. llewellyni</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>L. pilengas</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>G. mugili</i> , <i>P. ponticum</i> , <i>M. alosae</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Северного Кавказа (Россия, гг. Новороссийск, Геленджик) / 15	<i>X. cobitis</i> , <i>L. cephalis</i> , <i>L. llewellyni</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>L. pilengas</i> , <i>D. aculeatum</i> , <i>D. simile</i> , <i>L. elegans</i> , <i>L. fraternus</i> , <i>T. paradoxus</i> , <i>G. gerasi</i> , <i>M. alosae</i> , <i>M. pomatomi</i> , <i>S. mugilis</i> , <i>A. belones</i>
У побережья Южного Кавказа (Абхазия, Грузия) / 3	<i>N. sturionis</i> , <i>T. paradoxus</i> , <i>S. mugilis</i>

Хозяева моногеней, зарегистрированные в Чёрном море, принадлежат к 62 видам из 47 родов и 27 семейств (таблица 3), большинство из них костистые рыбы, что отражает в целом низкое видовое разнообразие хрящевых рыб [Световидов, 1964] в этом регионе (таблица 3). Наибольшее количество видов моногеней (7–9) зарегистрировано у каждого вида рыб семейства Mugilidae Jaroski, 1822 и в целом у всех видов данного семейства (17 видов). Это отражает видовое богатство

специфичного к кефалевым рода *Ligophorus* (12 видов). У других видов рыб зарегистрировано от 1 до 4 видов моногеней. При этом не наблюдается зависимости между видовым разнообразием родов или семейств рыб и количеством видов паразитирующих у них моногеней (таблица 3).

Большинство моногеней (35 видов), отмеченных у черноморских рыб, паразитируют у этих же хозяев в Средиземноморском бассейне, однако их черноморская фауна, как правило, беднее по сравнению со средиземноморской. Так, например, у *Diplodus annularis* в Средиземном море зарегистрировано 12 видов из 6 родов [Euzet, Combes, Caro, 1993], тогда как в Чёрном море у ласкиря отмечено только 3 вида (таблица 3). Аналогично у средиземноморской *Raja clavata* паразитирует 6 видов из 3 родов [Euzet, Combes, Caro, 1993], тогда как только 1 из этих видов отмечен у этой рыбы в Чёрном море. От *Umbrina cirrosa* в Средиземном море известно 8 видов из 4 родов и только 3 вида 1 рода отмечены в Чёрном море (таблица 3).

Таблица 3

Встречаемость видов моногеней у рыб разных таксонов в Чёрном море

Таксон рыбы / количество видов моногеней	Виды моногеней
Elasmobranchii	
1. <i>Squalus acanthias</i> / 1	<i>S. squali</i> *
2. <i>Raja clavate</i> / 3	<i>C. kroyeri</i> , <i>G. flesi</i> , <i>G. pterygialis</i>
3. <i>Dasyatis pastinaca</i> / 1	<i>S. pontica</i>
Teleostei	
4-7. <i>Acipenser sturio</i> , <i>A. stellatus</i> , <i>A. gueldenstaedtii</i> , <i>Huso huso</i> / 2	<i>N. sturionis</i> , <i>D. armatum</i>
8. <i>Engraulis encrasicolus</i> / 3	<i>G. pterygialis</i> , <i>T. markewitschii</i> , <i>M. alosae</i>
9. <i>Alosa immaculata</i> / 2	<i>G. pterygialis</i> , <i>M. alosae</i>
10-14. <i>A. maeotica</i> , <i>A. caspia</i> , <i>A. fallax</i> , <i>A. tanaica</i> , <i>Clupeonella cultriventris</i> / 1	<i>M. alosae</i>
15. <i>Sprattus sprattus</i> / 1	<i>G. harengi</i>
16. <i>Salmo trutta</i> / 1	<i>G. pterygialis</i>
17. <i>Ophidion rochei</i> / 1	<i>G. pterygialis</i>
18. <i>Merlangius merlangus</i> / 1	<i>G. pterygialis</i>
18. <i>Chelon auratus</i> / 9	<i>L. acuminatus</i> , <i>L. cephalis</i> , <i>L. kaohsianghsieni</i> , <i>L. macrocolpos</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>S. mugilis</i>
19. <i>C. saliens</i> / 8	<i>L. acuminatus</i> , <i>L. heteronchus</i> , <i>L. imitans</i> , <i>L. minimus</i> , <i>L. macrocolpos</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>S. mugilis</i>
20-21. <i>C. labrosus</i> , <i>C. ramada</i> / 1	<i>S. mugilis</i>
22. <i>Mugil cephalus</i> / 8	<i>L. cephalis</i> , <i>L. mediterraneus</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>G. mugili</i> , <i>P. mugilini</i> , <i>P. ponticum</i> , <i>S. mugilis</i>
23. <i>Planiliza haematocheilus</i> / 7	<i>L. kaohsianghsieni</i> , <i>L. llewellnyi</i> , <i>L. pilengas</i> , <i>L. vanbenedenii</i> , <i>L. szidati</i> , <i>G. mugili</i> , <i>S. mugilis</i>
24. <i>Atherina boyeri</i> / 4	<i>G. atherinae</i> , <i>G. ginestrae</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>T. markewitschii</i>
25. <i>Belone belone</i> / 1	<i>A. belones</i>
26. <i>Gasterosteus aculeatus</i> / 1	<i>G. arcuatus</i>
27. <i>Pungitius pungitius</i> / 1	<i>G. rarus</i>
28. <i>Chelidonichthys lucerna</i> / 1	<i>P. gurnardi</i>
29. <i>Pomatomus saltatrix</i> / 3	<i>G. pterygialis</i> , <i>G. flesi</i> , <i>M. pomatomi</i>
30. <i>Trachurus mediterraneus</i> / 2	<i>P. trachuri</i> , <i>G. flesi</i>

Продолжение на следующей странице...

Таксон рыбы / количество видов моногеней	Виды моногеней
31. <i>Uranoscopus scaber</i> / 3	<i>T. paradoxus</i> <i>G. flesi</i> , <i>G. pterygialis</i>
32. <i>Gymnammodytes cicereus</i> / 1	<i>G. flesi</i>
33. <i>Diplodus annularis</i> / 3	<i>L. elegans</i> , <i>L. fraternus</i> , <i>G. pterygialis</i>
34. <i>Sparus aurata</i> / 1	<i>L. elegans</i>
35. <i>Sarpa salpa</i> / 1	<i>G. pterygialis</i>
36. <i>Spicara smaris</i> / 1	<i>G. flesi</i>
37. <i>Sciaena umbra</i> / 4	<i>D. aculeatum</i> , <i>D. sciaenae</i> , <i>D. simile</i> , <i>C. inermis</i>
38. <i>Umbrina cirrosa</i> / 3	<i>D. aculeatum</i> , <i>D. simile</i> , <i>C. inermis</i>
39. <i>Dicentrarchus labrax</i> / 1	<i>D. aequans</i>
40. <i>Symphodus tinca</i>	<i>G. crenilabri</i> , <i>M. pontica</i>
41-44. <i>S. ocellatus</i> , <i>S. roissali</i> , <i>S. cinereus</i> , <i>Ctenolabris rupestris</i> / 1	<i>G. crenilabri</i>
45. <i>Mullus barbatus</i> / 2	<i>G. mulli</i> , <i>G. pterygialis</i>
46-47. <i>Aidablennius sphynx</i> , <i>Salaria pavo</i> / 2	<i>G. gerasevi</i> , <i>G. sphinx</i>
48. <i>Coryphoblennius galerita</i> / 1	<i>G. flesi</i>
49. <i>Gobius cobitis</i> / 2	<i>X. cobitis</i> , <i>G. proterorhini</i>
50. <i>G. niger</i> / 2	<i>G. proterorhini</i> , <i>G. flesi</i>
51-56. <i>G. bucchichi</i> , <i>Mesogobius batrachocephalus</i> , <i>Proterorhinus marmoratus</i> , <i>Zosterisessor ophiocephalus</i> , <i>Pomatoschistus marmoratus</i> , <i>Neogobius fluviatilis</i> / 1	<i>G. proterorhini</i>
57. <i>N. melanostomus</i> / 3	<i>G. proterorhini</i> , <i>G. pterygialis</i> , <i>G. flesi</i>
58. <i>Knipowitschia caucasica</i> / 1	<i>G. bubyri</i>
59. <i>Sarda sarda</i> / 1	<i>C. pelamydis</i>
60. <i>Scomber scombrus</i> / 1	<i>K. scombrus</i>
61. <i>Platichthys flesus</i> / 2	<i>G. flesi</i> , <i>G. pterygialis</i>
62. <i>Scophthalmus maeoticus</i> / 2	<i>B. bothi</i> , <i>G. pterygialis</i>

Заключение

Таким образом, в Чёрном море у морских и солоноватоводных рыб зарегистрировано 53 вида из 22 родов и 12 семейств Моногенея, которые паразитируют у рыб из 62 видов из 47 родов и 27 семейств. Большинство видов зарегистрировано у побережья Крыма. При этом отмечена крайняя неравномерность изученности фауны моногеней в разных районах Чёрного моря. Наибольшее количество видов зарегистрировано у родов *Gyrodactylus* (14 видов) и *Ligophorus* (12 видов). При этом среди гиродактилюсов 4 вида (*G. crenilabri*, *G. ginestrae*, *G. mulli*, *G. sphinx*) имеют ограниченное распространение и не отмечены за пределами Черноморского региона. Три вида (*G. ginestrae*, *G. atherinae* и *G. proterorhini*), по-видимому, являются понто-каспийскими реликтами, причём *G. proterorhini* в последнее время вселился в речные системы Европы и Балтийское море. Ряд других видов (*G. arcuatus*, *G. pterygialis*, *G. flesi*, *G. harengi*) зарегистрирован в морях различных океанов, но отсутствует в Средиземном море. В то же время автохтонные черноморские представители рода *Ligophorus* включают исключительно виды, общие с фауной этого моря. Большинство видов моногеней (35 видов) также широко распространены в Средиземноморском бассейне. Наибольшее количество видов отмечено у рыб семейства Mugilidae (7–9 видов), но у большинства черноморских рыб (50 видов) паразитирует 1–2 вида моногеней, что, как правило, меньше, чем у этих же хозяев в Средиземном море. Из 8 видов, которые зарегистрированы только в Чёрном море, валидность 2 видов (*Squalonchocotyle pontica* и *Microcotyle pontica*) требует подтверждения.

Список литературы

1. Болтачёв А. Р., Еремеев В. Н. Рыбный промысел в Азово-Черноморском бассейне: прошлое, настоящее, будущее // Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского ; ред. В. Н. Еремеев [и др.]. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2011. – Гл. 1. – С. 7–25. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/1363>
2. Буцкая Н. А. Паразитофауна черноморских промысловых рыб предустьевого пространства Дуная // Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. – 1952. – Т. 71, вып. 4. – С. 30–52. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/11485>
3. Быховский Б. Е. Моногенетические сосальщики, их система и филогения. – Москва [и др.] : Изд-во АН СССР, 1957. – 509 с.
4. Власенко П. В. К фауне паразитических червей рыб Черного моря // Труды Карадагской биологической станции Московского о-ва испытателей природы / под ред. В. Л. Паули. – Симферополь : Крым. гос. изд-во, 1931. – Вып. 4. – С. 88–136. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/6840>
5. Гаевская А. В. Паразиты и болезни рыб Чёрного и Азовского морей: I – морские, солоноватоводные и проходные рыбы. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2012. – 380 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5699>
6. Гаевская А. В., Дмитриева Е. В. Обзор фауны моногеней Черного моря // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 1997. – Вып. 46. – С. 7–17. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/4154>
7. Гаевская А. В., Корнийчук Ю. М. Паразитические организмы как составляющая экосистем Черноморского побережья Крыма // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей ; под ред. В. Н. Еремеева, А. В. Гаевской. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – Гл. 7. – С. 425–490. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26824947_57505929.pdf
8. Герасев П. И., Дмитриева Е. В. Описание нового вида *Gyrodactylus mulli* sp. n. (Monogenea: Gyrodactylidae) с черноморской барабули *Mullus barbatus ponticus* // Паразитология. – 2005. – Т. 39, № 4. – С. 327–331. – <https://www.elibrary.ru/hrvzbn>
9. Герасев П. И., Дмитриева Е. В. Переописание *Gyrodactylus atherinae* Bychowsky, 1933 по сборам Б. Е. Быховского 1947 года с *Atherina boyeri pontica* из Черного моря // Паразитология. – 2004. – Т. 38, № 6. – С. 562–565. – <https://www.elibrary.ru/oiwjin>
10. Герасев П. И., Дмитриева Е. В., Гаевская А. В. *Polyclithrum ponticum* sp. n. (Monogenea: Gyrodactylidae: Polyclithrinae) с *Mugil cephalus* из Черного моря и проблема надродовой систематики гиродактилид // Паразитология. – 2002. – Т. 36, № 5. – С. 396–404. – URL: https://www.zin.ru/journals/parazitologiya/content/2002/prz_2002_5_7_Gerasev.pdf
11. Димитров Г. И. Изследоване на хелминти на риби от Българското Черноморско Крайбрежие : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – [София ?], 1989. – 35 с.
12. Димитров Г. *Paradiplectanotrema trachuri* (Monogenea) – нов паразит за сафрида (*Trachurus mediterraneus ponticus*) от Черно море // Хелминтология. – 1991. – № 31. – С. 44–48.

13. Дмитриева Е. В. Фауна моногеней дальневосточного пиленгаса (*Mugil soioyu*) в Черном море // Вестник зоологии. – 1996. – Т. 30, № 4/5. – С. 95–97. – <https://www.elibrary.ru/hirehy>
14. Дмитриева Е. В., Герасев П. И. Два новых вида *Gyrodactylus* (Gyrodactylidae, Monogenea) от рыб Черного моря // Вестник зоологии. – 2000. – Т. 34, № 4/5. – С. 98. – URL: <https://repository.marine-research.ru/items/aa165213-6f0c-49a2-bd7f-c2e5f5b788a9>
15. Дмитриева Е. В., Герасев П. И. К фауне *Gyrodactylus* (Gyrodactylidae, Monogenea) черноморских рыб // Зоологический журнал. – 1997. – Т. 76, № 9. – С. 979–984. – URL: <https://repository.marine-research.ru/items/13c894a5-98de-4499-b2fc-05978980ecad>
16. Дмитриева Е. В., Герасев П. И. Моногеней рода *Ligophorus* (Ancyroccephalidae) – паразиты черноморских кефалей (Mugilidae) // Паразитология. – 1996. – Т. 30, № 5. – С. 440–449. – <https://www.elibrary.ru/tytcdh>
17. Дмитриева Е. В., Герасев П. И., Колнаков Н. В., Нгуен В. Х., Ха З. Н. К фауне моногеней (Plathelminthes: Monogenea) морских рыб Вьенама. III. *Ligophorus* spp. с трех видов кефалей (Pisces: Mugilidae) // Известия ТИНРО. – 2013. – Т. 172. – С. 224–236. – <https://www.elibrary.ru/qckrzj>
18. Дмитриева Е. В., Корнийчук Ю. М., Юрахно В. М., Пронькина Н. В., Полякова Т. А., Полюк М. П. Характеристика видового разнообразия и структуры сообществ паразитов рыб в Каркинитском заливе (Черное море) // Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов : материалы Междунар. науч. конф., Ростов-н/Д, 27 нояб. 2015 г. / Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. – Ростов-на-Дону : АзНИИРХ, 2015. – С. 92–98. – <https://www.elibrary.ru/xvxcgt>
19. Дмитриева Е. В., Полякова Т. А., Корнийчук Ю. М., Пронькина Н. В., Плаксина М. П., Юрахно В. М., Лебедовская М. В., Лозовский В. Л., Белоусова Ю. В. Паразиты морских гидробионтов // Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / Карадаг. науч. ст. им. Т. И. Вяземского — природ. заповедник РАН ; под ред. Н. С. Костенко. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – § 3.1.4. – С. 96–130. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5150>
20. Жуков Е. В. Паразитофауна рыб Чукотки. I. Моногенетические сосальщики морских и пресноводных рыб // Паразитологический сборник / АН СССР, Зоол. ин-т ; гл. ред. Е. Н. Павловский. – Москва [и др.] : Изд-во АН СССР, 1960. – Вып. 19. – С. 308–332.
21. Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Чёрного моря. – Санкт-Петербург : тип. Акад. наук, 1913. – 299 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/1951>
22. Иешко Е. П., Шульман Б. С. Паразитофауна молоди семги некоторых рек Карельского побережья Белого моря // Экологическая паразитология / РАН, Карел. науч. центр [и др.] ; ред. С. С. Шульман. – Петрозаводск : КНЦ РАН, 1994. – С. 45–53.
23. Квач Ю., Дробняк О. Паразити атерини піщаної, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Actinopterygii: Atherinidae), у північно-західній частині Чорного моря // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер.: Біологія. – 2017. – Вип. 42. – С. 38–43.
24. Корнийчук Ю. М., Дмитриева Е. В., Полякова Т. А., Пронькина Н. В., Полюк М. П. Новые сведения о биоразнообразии паразитов рыб у Кавказского побережья Черного моря // Материалы XVII Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России» (Нальчик, 5–6 ноября 2015 г.) / М-во образования и науки РФ [и др.] ; редкол.: Абдурахманов Г. М. [и др.]. – Махачкала : Эко-пресс, 2015. – С. 473–476.
25. Курашвили Б. Е. К фауне паразитических червей рыб Черного моря (в районах Поти, Сухуми и Батуми) // Ceskoslovenská Parasitologie. – 1960. – Т. 7. – С. 251–261.
26. Лутта А. С. О заражении аральского шипа (*Acipenser nudiventris*) жаберным сосальщиком *Nitzschia sturionis* // Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. – 1941. – Т. 68, вып. 4. – С. 40–60.

27. Махров А. А., Винарский М. В., Гофоров М. Ю., Дворянкин Г. А., Новоселов А. П., Болото И. Н. Фаунистические обмены между бассейнами Северного Ледовитого океана и Каспия: история и современные процессы // Зоологический журнал. – 2020. – Т. 99, № 10. – С. 1124–1139. – URL: <https://doi.org/10.31857/S0044513420100116>
28. Мачкевский В. К. Гельминтофауна лабрид в местах культивирования черноморской *Mytilus galloprovincialis* // Экология моря / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Киев : Наук. думка, 1990. – Вып. 36. – С. 75–82. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/3990>
29. Мирошниченко А. И. Моногеней // Каталог гельминтов позвоночных Украины. Акантоцефалы. Моногеней / Ин-т зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины, Укр. науч. о-во паразитологов ; под ред. В. В. Корнюшина. – Киев : Ин-т зоологии НАНУ, 2008. – Ч. 2. – С. 59–137.
30. Найденова Н. Н. Паразитофауна рыб семейства бычковых Черного и Азовского морей. – Киев : Наук. думка, 1974. – 184 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5657>
31. Николаева В. М., Погорельцева Т. П. Новый вид моногенетического сосальщика из Черного моря. *Pseudoanthocotyle markewitschi* sp. nov. // Паразиты и паразитозы человека и животных / АН УССР, Ин-т зоологии, Укр. респ. науч. о-во паразитологов ; редкол.: Б. Н. Мазурмович [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1965. – С. 253–255.
32. Определитель паразитов позвоночных Черного и Азовского морей. Паразитические беспозвоночные рыб, рыбоядных птиц и морских млекопитающих / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского ; сост.: А. В. Гаевская [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1975. – 552 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/6079>
33. Османов С. Материалы к паразитофауне рыб Чёрного моря // Ученые записки Ленинградского педагогического института им. А. И. Герцена. – 1940. – Т. 30. – С. 187–265. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/9793>
34. Панков П. Х. Хелминти и хелминтни съобщества на кефаловите риби по българското черноморско крайбрежие : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – София, 2011. – 33 с.
35. Погорельцева Т. П. Матеріали до паразитофауни риб північно-східної частини Чорного моря // Праці Інституту зоології. – Київ : Вид-во АН УРСР, 1952. – Т. 8. – С. 100–120.
36. Погорельцева Т. П. Новые и малоизученные виды моногенетических сосальщиков рыб Черного моря // Проблемы паразитологии / АН УССР, Ин-т зоологии [и др.] ; отв. ред. А. П. Маркевич. – Киев : Наук. думка, 1964. – С. 30–42.
37. Погорельцева Т. П. Паразитофауна хрящевых рыб Черного моря // Вопросы морской паразитологии : Материалы I Всесоюз. симп. по паразитам и болезням мор. животных, Севастополь, 1970 / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского ; отв. ред. В. А. Водяницкий. – Киев : Наук. думка, 1970. – С. 106–107. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/7149>
38. Потюк М. П. Гельминтофауна пелагических рыб прибрежных вод Крыма (Чёрное море) // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2009. – Вып. 78 – С. 75–80. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/4862>
39. Решетникова А. В. К познанию паразитофауны пелагиды (*Sarda sarda* Bloch.) Черного моря // Труды Карадагской биологической станции. – Симферополь : Крымиздат, 1955. – Т. 13. – С. 97–104. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/6726>

40. Световидов А. Н. Рыбы Черного моря. – Москва [и др.] : Наука, 1964. – 551 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/8655>
41. Скрябина Е. С. Гельминты осетровых рыб. (Acipenseridae Bonaparte, 1831). – Москва : Наука, 1974. – 168 с.
42. Чернышченко А. С. Материалы по паразитофауне рыб Одесского залива // Труды Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова. – Одесса : ОГУ, 1955. – Т. 145, вып. 7. – С. 214–222.
43. Bibliography database of living/fossil sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) – List of Valid Extant Species; List of Described Extant Species; Statistic : version 03/2021 / ed. by J. Pollerspöck, N. Straube. – URL: www.shark-references.com (accessed: 09.02.2025).
44. Dmitrieva E. V., Gerashev P. I., Pron'kina N. V. *Ligophorus llewellyni* n. sp. (Monogenea: Ancyrocephalidae) from the redlip mullet *Liza haematocheilus* (Temminck & Schlegel) introduced into the Black Sea from the Far East // Systematic Parasitology. – 2007. – Vol. 67, iss. 1. – P. 51–64. – <https://doi.org/10.1007/s11230-006-9072-4>
45. Dmitrieva E. V., Sanna D., Piras M. C., Garippa G., Merella P. *Xenoligophoroides cobitis* (Ergens, 1963) ng, n. comb. (Monogenea: Ancyrocephalidae), a parasite of *Gobius cobitis* Pallas (Perciformes: Gobiidae) from the Mediterranean and Black seas // Systematic Parasitology. – 2018. – Vol. 95, iss. 7. – P. 625–643. – <https://doi.org/10.1007/s11230-018-9805-1>
46. Dmitrieva E., Dimitrov G. Variability in the taxonomic characters of Black Sea gyrodactylids (Monogenea) // Systematic Parasitology. – 2002. – Vol. 51, iss. 3. – P. 199–206. – <https://doi.org/10.1023/A:1014594614921>
47. Dmitrieva E., Prokhorova D., Sanna D., Vodiasova E., Casu M., Burreddu C., Piras M. C., Garippa G., Merella P. Morphological and genetic variability of the cryptic *Gyrodactylus sphinx* and *Gyrodactylus gerashev* n. sp. (Platyhelminthes: Monogenea) from the Mediterranean Sea and Black Sea: two new members of the cross-ocean distributed *Gyrodactylus oreochiae* species group // Journal of Helminthology. – 2022. – Vol. 96. – Art. e9. – <https://doi.org/10.1017/S0022149X21000778>
48. Euzet L., Combes C., Caro A. A checklist of Monogenea of mediterranean fish // Second International Symposium on Monogenea, Montpellier/Sète, 5–8 July, 1993. – [France : s. n., 1993]. – P. 5–8.
49. Euzet L., Suriano D. M. *Ligophorus* n.g. (Monogenea, Ancyrocephalidae) parasite des Mugilidae (téléostéens) en Méditerranée // Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle. Sér.: Zoologie. – 1977. – Vol. 472. – P. 799–831.
50. Gibson D., Bray R., Hunt D., Georgiev B., Scholz T., Harris P., Bakke T., Pojmanska T., Niewiadomska K., Kostadinova A., Tkach V., Bain O., Durette-Desset M., Gibbons L., Moravec F., Petter A., Dimitrova Z., Buchmann K., Valtonen E., de Jong Y. Fauna Europaea: helminths (animal parasitic) // Biodiversity Data Journal. – 2014. – Vol. 2. – Art. e1060. – <https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e1060>
51. Guide to Monogenoidea of freshwater fish of Palaearctic and Amur regions / Pugachev O. N., Gerashev P. I., Gushev A. V. [et al.]. – Milano : LediZioni-Ledipubl, 2010. – 567 p.
52. Jolma E. R., Born-Torrijos A., Engelsma M. Y., Heesterbeek H., van Leeuwen A., Twijnstra R. H., Wegner K. M., Thielges D. W. Temperature effects on the impact of two invasive parasitic copepods on the survival, growth, condition, and reproduction of native mussels // Biological Invasions. – 2025. – Vol. 27, iss. 2. – Art. 67. – <https://doi.org/10.1007/s10530-024-03527-8>
53. Kvach Y., Oğuz M. C. Communities of metazoan parasites of two fishes of the *Proterorhinus* genus (Actinopterygii:

- Gobiidae) // *Helminthologia*. – 2009. – Vol. 46, iss. 3. – P. 168–176. – <https://doi.org/10.2478/s11687-009-003-9>
54. Kvach Y., Ondračková M., Seifertová M., Hulak B. *Gyrodactylus ginestrae* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae), a parasite of the big-scale sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Actinopterygii: Atherinidae) from the Black Sea // *Parasitology Research*. – 2019. – Vol. 118, iss.12. – P. 3315–3325. – <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06483-8>
55. Lumme J., Mäkinen H., Ermolenko A. V., Gregg J. L., Ziętara M. S. Displaced phylogeographic signals from *Gyrodactylus arcuatus*, a parasite of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus*, suggest freshwater glacial refugia in Europe // *International Journal for Parasitology*. – 2016. – Vol. 46, iss. 9. – P. 545–554. – <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.03.008>
56. Malmberg G. The excretory systems and the marginal hooks as a basis for the systematics of *Gyrodactylus* (Trematoda, Monogenea) // *Arkiv för zoologi*. – 1970. – Bd. 23. – P. 1–237.
57. Mo T. A. The battle against the introduced pathogenic monogenean *Gyrodactylus salaris* in Norwegian Atlantic salmon rivers and fish farms // *Journal of Fish Diseases*. – 2024. – Vol. 47, iss. 9. – Art. e13981. – <https://doi.org/10.1111/jfd.13981>
58. Ondračková M. *Gyrodactylus proterorhini* in its non-native range: distribution and ability to host-switch in freshwaters // *Parasitology Research*. – 2016. – Vol. 115, iss. 8. – P. 3153–3162. – <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5073-7>
59. Özer A. Checklist of marine, freshwater, and aquarium fish parasites in Turkey. – Istanbul : [s. n.], 2021. – 311 p. – (Turkish Marine Research Foundation ; № 62).
60. Özer A., Okay S., Öztürk T., Baki B., Acar G., Güven A., Öztürk D. K. Comparative *Diplectanum aequans* (Monogenea) infestations in cultured European seabass (*Dicentrarchus labrax*) in the Black Sea and the Aegean Sea // *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. – 2019. – Vol. 36, iss. 2. – P. 163–169. – <https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.2.08>
61. Özer A., Öztürk T., Kornyychuk Y. First report of *Mazocraes alosae* (Herman, 1782), *Pronoprymna ventricosa* (Rudolphi, 1891) and *Lecithaster confusus* Odhner, 1905 in pontic shad *Alosa immaculata* Bennet, 1835 near Turkish coasts of the Black Sea // *Lucrări Științifice. Ser.: Zootehnie*. – 2013. – Vol. 59. – P. 311–314.
62. Petrov A. A., Dmitrieva E. V., Popyuk M. P., Gerashev P. I., Petrov S. A. Musculoskeletal and nervous systems of the attachment organ in three species of *Diplectanum* (Monogenea: Dactylogyroidea) // *Folia Parasitologica*. – 2017. – Vol. 64. – Art. 022. – <https://doi.org/10.14411/fp.2017.022>
63. Plaksina M. P., Dmitrieva E. V., Dvoretzky A. G. Helminth communities of common fish species in the coastal zone off Crimea: species composition, diversity, and structure // *Biology*. – 2023. – Vol. 12, iss. 3. – Art. 478. – <https://doi.org/10.3390/biology12030478>
64. Plaksina M. P., Gibson D. I., Dmitrieva E. V. Life-history studies on infrapopulations of *Mazocraes alosae* (Monogenea) parasitising *Alosa immaculata* (Actinopterygii) in the northern Black and Azov Seas // *Folia Parasitologica*. – 2021. – Vol. 68. – Art. 009. – <https://doi.org/10.14411/fp.2021.009>
65. Prokhorova D., Vodiasova E., Dmitrieva E. Molecular and morphological characterisation of *Gyrodactylus alviga* (Monogenea: Gyrodactylidae) from the Black Sea, and its synonymisation with *G. pterygialis* from the North European seas // *Systematic Parasitology*. – 2025. – Vol. 102, iss. 1. – Art. 21. – <https://doi.org/10.1007/s11230-025-10218-y>
66. Radulescu I., Vasiliu-Suceveanu N. Contributiuni la cunoasterea parazitilor pestilor din complexul lagunar Razelm-Sinoe // *Analalele Institutului de cercetdripiscicole al Romdniei*. – 1956. – Vol. 1. – P. 309–333.
67. Roman E. Noi contributii la Cunoasterea faunei de Monogenee din R.P.R.

- // Comuničarile Academiei Republicii Populare Române. – 1956. – Vol. 6, nr. 1. – P. 133–144. (Румын.).
68. Roman-Chiriac E. Fauna Republicii Populare Române. Vol. 2. Plathelminthes. Fasc. 1. Clasa monogenoidea. – București : Ed. Acad. Rep. Socialiste Române, 1960. – 150 p. (Румын.).
 69. Rubtsova N. Y., Balbuena J. A., Sarabeev V. L., Blasco-Costa I., Euzet L. Description and morphometrical variability of *Ligophorus cephalis* n. sp. and *Ligophorus chabaudi* Euzet and Suriano, 1977 (Monogenea: Dactylogyridae) on *Mugil cephalus* (Teleostei) from the Mediterranean Basin // Journal of Parasitology. – 2006. – Vol. 92, iss. 3. – P. 486–495. – <https://doi.org/10.1645/GE-747R.1>
 70. Sarabeev V. L., Balbuena J. A. *Ligophorus pilengas* n. sp. (Monogenea: Ancyrocephalidae) from the introduced so-iuy mullet, *Mugil soiyu* (Teleostei: Mugilidae), in the Sea of Azov and the Black Sea // Journal of Parasitology. – 2004. – Vol. 90, iss. 2. – P. 222–228. – <https://doi.org/10.1645/GE-163R>
 71. Sarabeev V. L., Balbuena J. A., Euzet L. Taxonomic status of *Ligophorus mugilinus* (Hargis, 1955) (Monogenea: Ancyrocephalidae), with a description of a new species of *Ligophorus* from *Mugil cephalus* (Teleostei: Mugilidae) in the Mediterranean basin // Journal of Parasitology. – 2005. – Vol. 91, iss. 6. – P. 1444–1451. – <https://doi.org/10.1645/GE-418R.1>
 72. Sarabeev V. L., Rubtsova N., Yang T., Balbuena J. A. Taxonomic revision of the Atlantic and Pacific species of *Ligophorus* Euzet and Suriano, 1977 (Monogenea: Dactylogyridae) from mullets (Teleostei: Mugilidae) with proposal of a new genus and description of four new species // Vestnik Zoologii. – 2013. – Suppl. 28. – P. 1–112.
 73. Schwarzhans W., Carnevale G., Bannikov A. F., Japundžić S., Bradic K. Otoliths in situ from Sarmatian (Middle Miocene) fishes of the Paratethys. Pt. I. *Atherina suchovi* Switchenska, 1973 // Swiss Journal of Palaeontology. – 2017. – Vol. 136, iss. 1. – P. 7–17. – <https://doi.org/10.1007/s13358-015-0111-0>
 74. Sokolov S. G. New data on helminths of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus* (Pallas, 1787) (Osteichthyes, Pleuronectidae) inhabiting Western Kamchatka rivers // Inland Water Biology. – 2010. – Vol. 3, iss. 1. – P. 79–84. – <https://doi.org/10.1134/S1995082910010104>
 75. Stoyanov B., Huyse T., Pankov P., Georgiev B. B. Morphological and molecular identification of *Gyrodactylus bubyri* Osmanov, 1965 (Monogenea: Gyrodactylidae) from Caucasian dwarf goby, *Knipowitschia caucasica* (Berg) (Actinopterygii: Gobionellidae) from a Black Sea lagoon // Parasitology Research. – 2016. – Vol. 115, iss. 4. – P. 1617–1625. – <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4899-8>
 76. Thoney D. A., Hargis J. W. H. Monogenea (Platyhelminthes) as hazards for fish in confinement // Annual Review of Fish Diseases. – 1991. – Vol. 1, iss. 1. – P. 133–153. – [https://doi.org/10.1016/0959-1376\(91\)90027-H](https://doi.org/10.1016/0959-1376(91)90027-H)
 77. Vanhove M. P. M., Economou A. N., Zogaris S., Giakoumi S., Zanella D., Volckaert F. A. M., Huyse T. The *Gyrodactylus* (Monogenea, Gyrodactylidae) parasite fauna of freshwater sand gobies (Teleostei, Gobioidei) in their centre of endemism, with description of seven new species // Parasitology Research. – 2014. – Vol. 113, iss. 2. – P. 653–668. – <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3693-8>
 78. World Register of Marine Species. – URL: <https://www.marinespecies.org> (accessed: 09.02.25).

CHARACTERISATION OF THE MONOGENEA (PLATYHELMINTHES) FAUNA OF THE BLACK SEA

Dmitrieva E. V., Prokhorova D. A.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: evdmitrieva@ibss-ras.ru

Abstract: The Monogenea (Platyhelminthes) fauna of the Black Sea comprises 53 species from 22 genera and 12 families. The hosts of these helminths belong to 62 species from 47 genera and 27 families of marine and brackish fishes. Most of the species were found off the Crimean coast. The study of the monogenean fauna in different areas of the Black Sea is extremely uneven. The highest number of species was found in the genera *Gyrodactylus* (14 species) and *Ligophorus* (12 species), as well as among parasites of mullet fish (12 species). Most Black Sea fishes (50 species) are parasitised by 1–2 species of monogeneans, which is generally less than in the same hosts in the Mediterranean Sea. Most of the Black Sea monogeneans (35 species) are also found in the Mediterranean, 8 species (*G. crenilabris*, *G. ginestrae*, *G. mulli*, *G. sphinx*, *Polyclithrum ponticum*, *Squalonchocotyle pontica*, *Taurimazocraes markewitschii* and *Microcotyle pontica*) are not found in other seas, while 3 species (*G. pterygialis*, *G. flesi*, *G. harengi*) are recorded in seas of different oceans but not in the Mediterranean Sea. Three species (*G. ginestrae*, *G. atherinae* and *G. proterorhini*) are probably relicts of the Ponto-Caspian. Different scenarios of the origin of the Black Sea *Gyrodactylus* fauna are considered.

Keywords: parasites, monogeneans, *Gyrodactylus*, *Ligophorus*, species composition, fish, Black Sea

Сведения об авторах

Дмитриева Евгения Вениаминовна	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, evdmitrieva@ibss-ras.ru
--------------------------------------	---

Прохорова Дарья Андреевна	младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, d.prokhorova@ibss-ras.ru
---------------------------------	--

Поступила в редакцию 10.02.2025 г.

Принята к публикации 18.02.2025 г.

ИХТИОПЛАНКТОН АЗОВСКОГО МОРЯ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ 2014–2020 гг. *

Климова Т. Н., Субботин А. А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: tnklim@ibss-ras.ru

Аннотация: В связи с потеплением климата, в мелководном бассейне Азовского моря в последние годы произошло повышение солёности с 11 до 15 ‰, что привело к постепенной замене солоноватоводной фауны на морскую. В период с 2014 по 2020 г. в акватории Азовского моря был идентифицирован ихтиопланктон 13 видов рыб из 11 семейств, 12 из них относятся к морским видам, которые обычно размножаются в Чёрном море в весенне-летний гидрологический сезон. Резкое повышение температуры воды в мелководном Азовском море в конце июня, превышающее оптимальные показатели для нереста тепловодных видов рыб, ограничило их нерестовый сезон до двух месяцев.

Ключевые слова: ихтиопланктон, сезонная изменчивость, нерест, численность, выживание, Азовское море

Введение

Для континентального Азовского моря — внутреннего опреснённого водоёма Атлантического океана, мелководного, с пологими невысокими береговыми склонами, являющегося, по сути, большим заливом или лагуной с ограниченным водообменом, характерна значительная сезонная и межгодовая изменчивость водного баланса и пространственная неоднородность термохалинных характеристик [Гидрометеорологические условия ... , 2009]. В этих условиях основными лимитирующими факторами среды, определяющими биологические процессы морских гидробионтов в трофологической цепи фитопланктон — зоопланктон — рыбы, являются температурный режим и солёность морской воды [Гершанович, Муромцев, 1982].

С середины 1990-х гг. в Азовском море происходят существенные изменения гидрологического режима. В период с 1994 по 2016 г. отмечена устойчивая тенденция роста среднегодовых значений температуры воды как для моря в целом, так и для его отдельных акваторий [Бердников, Дашкевич, Кулыгин, 2019]. Средняя температура воды увеличилась с 10,8 °С в 1994 г. до 12,0–13,5 °С в 2010–2016 гг. В межгодовом ходе среднемесячных температур поверхностных вод в летние месяцы выделяются два периода: первый (1992–2004 гг.) с относительно большим диапазоном межгодовой изменчивости (22,0–27,0 °С), второй (2005–2021 гг.) — с более узким (25,0–27,0 °С) [Кочергин, 2023].

В динамике среднегодовых значений солёности вод Азовского моря (за исключением прибрежных районов и заливов) в тот же период отмечаются два интервала: опреснение (1976–2006 гг.) с тенденцией понижения солёности с 13,7 до 9,6–10,0 ‰ и осолонение (2000–2016 гг.) с тенденцией повышения солёности до 14,5 ‰ в 2016 г. [Бердников, Дашкевич, Кулыгин, 2019]. Средние значения солёности поверхностных вод собственно Азовского моря в летний период изменялись в тех же временных интервалах: плавно уменьшались с 10,8–11,2 ‰ в 1994–1995 гг. до 9,0–9,2 ‰ в 2006 г., а с 2007 по 2021 г. устойчиво повышались до 15,6 ‰ [Кочергин, 2023].

*Работа выполнена по темам госзаданий: «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения», регистрационный номер 124022400148-4 (FNNZ-2024-0027) и «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов», регистрационный номер 124022400152-1 (FNNZ-2024-0032).

Если внутригодовая изменчивость температуры воды в первую очередь регулирует параметры гидрологических сезонов, а следовательно, и биологические циклы различных гидробионтов (прежде всего фенологию нереста), то солёность воды в значительной мере определяет разнообразие гидробионтов в экосистеме Азовского моря. В ихтиофауне Азовского моря произошли существенные изменения — резко снизилось число видов солоноватоводных рыб и возросло число видов морских рыб. Одновременно произошла смена представителей солоноватоводного зоопланктона на морской, в том числе на средиземноморских вселенцев, которые размножаются при более высоких показателях температуры воды. Снизилась эффективность нереста массовых промысловых видов из-за несовпадения сроков выклева личинок с массовым развитием кормового зоопланктона. Кроме того, в Азовское море вселились представители черноморского желе-телого макропланктона (медузы и гребневики) — конкуренты в питании планктоноядных видов рыб [Надолинский, Надолинский, 2018; Юнева, Никольский, Булли, 2020]. По данным [Бердни-ков, Дашкевич, Кулыгин, 2019], происходит переход экосистемы Азовского моря в новое, ранее не отмечавшееся состояние.

Показателем адаптации морских рыб к новым условиям обитания в Азовском море может служить видовой состав, численность и выживание ихтиопланктона.

Цель исследования: изучение численности, видового состава и выживания ихтиопланктона в разные сезоны 2014–2020 гг. на фоне осолонения Азовского моря.

Материал и методы

Ихтиопланктон собирали в Азовском море в двух экспедициях НИС ЮжНЦ «Денеб» (июнь 2014 г.) и РС «Илия» (июнь 2019 г.) на всей акватории Азовского моря, а в 9 экспедициях НИС «Профессор Водяницкий», выполненных с 2016 по 2020 г. в апреле, мае, июне, июле, сентябре, октябре и декабре, — в юго-восточной части Азовского моря. Сбор проб осуществляли в режиме вертикальных ловов ихтиопланктонной сетью ИКС-80 (площадь входного отверстия 0,5 м², ячей сита 400 мкм) и сетью Джеди (площадь входного отверстия 0,1 м², ячей сита 150 мкм). Вертикальные ловы выполнялись от дна до поверхности. Ихтиопланктон фиксировали 4%-ным раствором формальдегида и обрабатывали в стационарных условиях в течение месяца после сбора. Идентификацию ихтиопланктона проводили по монографии [Дехник, 1973]. Численность ихтиопланктона представлена по данным сети ИКС-80 в экз./м². Видовые названия гидробионтов даны по WoRMS [World Register ...].

Для анализа гидрологического режима в период исследований использовались данные вертикальных зондирований толщи вод гидролого-гидробиологическими комплексами Sea-Bird 911 Plus и Indronaut Os 320 Plus, космические снимки температуры поверхности моря (ТПМ) и расчётные карты направления и скорости ветра [Пополняемый архив карт ...].

Результаты исследований

Из 11 экспедиций, выполненных в период с 2014 по 2020 г. в акватории Азовского моря, ихтиопланктон был отмечен в апреле 2017 г., мае 2019 г., июне 2014, 2019 и 2020 гг., июле 2017 и 2019 гг. и в сентябре 2019 г. (рис. 1).

В период ихтиопланктонных исследований в Азовском море в 2014–2020 гг. были идентифицированы икра и личинки 13 видов рыб из 11 семейств. Из них 7 видов были отмечены [Майский, 1955] в период 1931–1952 гг. и 11 видов встречались с 1993 по 2017 г. [Надолинский, Надолинский, 2018]. Все виды икры и личинок рыб, кроме икры камбалы-ромба *Scophthalmus rhombus* (Linnaeus, 1758), были одновременно идентифицированы и в Чёрном море. В весенний сезон в черноморском ихтиопланктоне встречается другой представитель семейства Scophthalmidae — камбала-калкан *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814) (см. табл. 1).

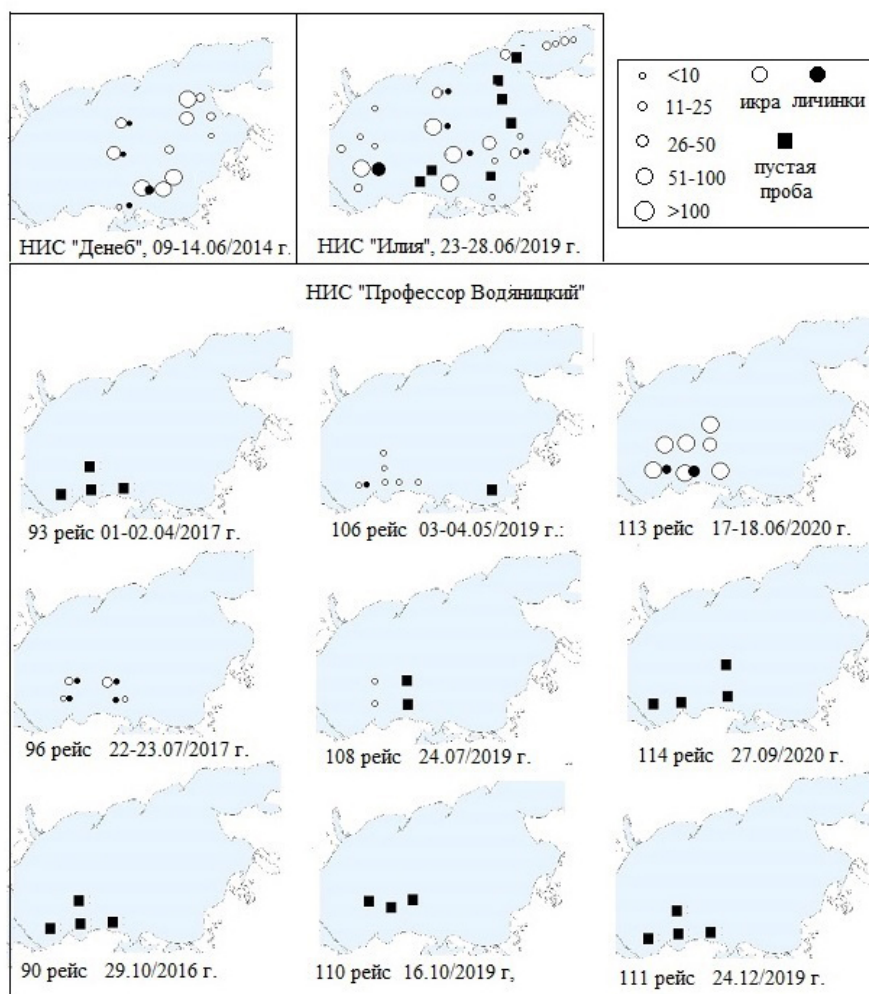


Рис. 1. Карты-схемы пространственного распределения ихтиопланктона (экз./м²) в акватории Азовского моря в 2014–2020 гг.

Таблица 1
Таксономический состав ихтиопланктона, собранного в Азовском море в период 2014–2020 гг.

Таксономического состав	2014–2020 гг.	*1931–1952 гг.	**2006–2017 гг.
Family: Engraulidae Хамса <i>Engraulis encrasicolus</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
Family: Clupeidae Тюлька <i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann, 1840)	+	только опреснённый Таганрогский залив	+
Family: Gasterosteidae Трехиглая колюшка <i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
Family: Atherinidae Черноморская атериана <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	+	кроме опреснённого Таганрогского залива	+
Family: Syngnathidae Шиповатая игла-рыба <i>Syngnathus schmidt</i> Popov, 1927	+	только при макси- мальной солёности	+
Family: Callionymidae Морская мышка <i>Callionymus</i> sp.	+	–	–

Продолжение на следующей странице...

Таксономического состав	2014–2020 гг.	*1931–1952 гг.	**2006–2017 гг.
Family: Gobiidae			
Бычок чёрный <i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	+	–	–
Бубырь мраморный <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	+	+	+
Бычок длиннохвостый <i>Knipowitschia longicaudata</i> (Berg, 1916)	+	+	+
Family: Mugilidae			
Пиленгас <i>Planiliza haematocheila</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	+	–	+
Family: Carangidae			
Ставрида <i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1868)	+	сезонные миграции	+
Family: Sparidae			
Морской карась <i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	+	–	–
Family: Scophthalmidae			
Камбала-ромб <i>Scophthalmus rhombus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+

Примечание: * Майский, 1955; **Надолинский, Надолинский, 2018

Наиболее многочисленным видом в ихтиопланктоне является хамса *Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758, размножение которой происходит при солёности от 7 до 19 ‰. В Азовском море в период 1931–1952 гг. она нерестилась с мая до конца августа, в 2014–2020 гг. — только с мая по июль. Личинки таких видов, как тюлька *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840), трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 и бычок длиннохвостый *Knipowitschia longicaudata* (Berg, 1916), относятся к эвригалинным видам и размножаются как в прибрежной акватории Чёрного моря, в зоне влияния пресноводных источников, так и в солоноватоводном Азовском море. Черноморская атерина *Atherina boyeri* Risso, 1810 — в 1931–1952 гг. вторая по численности после хамсы морская рыба в Азовском море — размножалась в прибрежных акваториях моря (за исключением восточного приустьевых района Таганрогского залива) при различных диапазонах солёности. Единственным ограничением её нереста являлся недостаток подводной растительности, к которой прикрепляется икра [Майский, 1955]. Пиленгас *Planiliza haematocheila* (Temminck & Schlegel, 1845) был успешно акклиматизирован в Азовском море во второй половине XX века, а с начала 1990-х встречается в ихтиопланктоне как Азовского, так и Чёрного морей. Личинки и молодь пелагической шиповатой иглы-рыбы *Syngnathus schmidtii* Popov, 1927 в Азовском море не встречаются только в опреснённой зоне. Ставрида *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) относится к морским рыбам и совершает регулярные сезонные миграции в Азовское море. В ихтиопланктоне в 1931–1952 гг. она встречалась редко. Такие морские виды, как ласкирь *Diplodus annularis* (Linnaeus, 1758), бычок чёрный *Gobius niger* Linnaeus, 1758 и морская мышка *Callionymus* sp., в ихтиопланктоне Азовского моря ранее не встречались.

Изменения основных характеристик гидрологического режима отразились на параметрах гидрологических сезонов, особенно с 2005–2007 по 2017–2020 гг. По данным анализа межгодового хода температуры воды на береговых пунктах за период 1923–2007 гг. [Гидрометеорологические условия ... , 2009] выделены временные интервалы и характерные значения среднемесячной температуры в пределах различных гидрологических сезонов: зимний гидрологический сезон (ЗГС, декабрь — март) с минимальными значениями температуры от –0,1...+0,3 °С на севере моря до 0,9–1,9 °С в южной его части; весенний гидрологический сезон (ВГС, апрель — июнь) с ростом температуры от 8,0–10,0 °С в апреле до 13,5–15,5 °С в мае и 20,0–22,0 °С в июне; летний гидрологический сезон (ЛГС, июль — август) со средними значениями температуры 23,0–25,0 °С и их повышением в отдельные годы (особенно в период с середины 1990-х гг. до 2007 г.) до 27,0–28,5 °С;

осенний гидрологический сезон (ОГС, сентябрь — ноябрь) с понижением температуры воды с 19,0–20,6 °С в сентябре до 8,0–10,5 °С в ноябре. Июнь и сентябрь, вследствие максимальных межгодовых колебаний температуры, являются «переходными» от ВГС к ЛГС и от ЛГС к ОГС соответственно.

В 2014 г. ихтиопланктон собирали в экспедиции НИС ЮжНЦ «Денеб» с 9 по 14 июня на 12 станциях [Матишов и др., 2015] (рис. 1). Погодные условия над Азовским морем весь май до начала съёмки были сложными, с активной циклонической деятельностью. Поступление тёплых воздушных масс обеспечило прогрев верхнего слоя моря с 12–13 °С в начале мая до 20–21 °С в конце месяца. В период съёмки вся толща вод прогрелась от 22,5 до 24 °С, что соответствовало начальной фазе ЛГС (рис. 2). Поверхностная солёность изменялась от 11,47 ‰ на западе Таганрогского залива до 13,01 ‰ в Керченской предпроливной зоне.

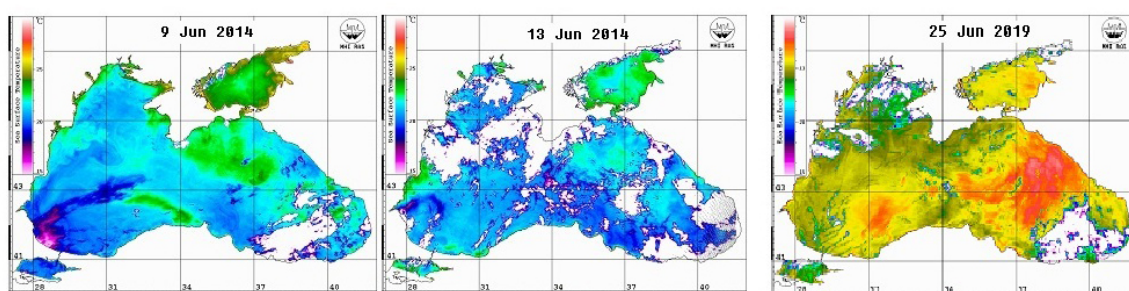


Рис. 2. Спутниковые карты распределения ТПМ во время ихтиопланктонной съёмки на НИС «Денеб» 09.06.2014 и 13.06.2014 г. и на РС «Илия» 25.06.2019 г. [Пополняемый архив карт ...]

В районе исследований наблюдался нерест хамсы (рис. 1). Однако результативным нерест был только на четырёх станциях в центральной, юго-восточной и прикерченской зонах. Средняя численность икры и личинок была 72,5 и 2,2 экз./м² соответственно. Эффективность нереста составляла 3,03 %. Сравнительно низкая эффективность нереста хамсы, вероятно, связана как с неблагоприятными погодными условиями, так и с изменением солёности Азовского моря [Надолинский, Надолинский, 2018]. Максимальная численность икры (212 экз./м²) и личинок (20 экз./м²) наблюдалась на двух станциях в юго-восточном районе исследований. Доля погибшей икры в пробах колебалась от 33 до 100 % и в среднем составляла 79 %. Наибольшая доля мёртвой икры (94–100 %) отмечена на прибрежных станциях, выполненных вдоль восточного побережья Азовского моря, а наименьшая (33 %) — в Керченском проливе. При этом 76 % икринок были с аномалиями развития (сжатие и разрушение желтка, искривление эмбриона) на поздних (IV и V) этапах развития. Обычно гибель икры на последних этапах развития связана с неблагоприятными погодными условиями [Климова и др., 2024; Klimova et al., 2022] либо с загрязнением среды [Westernhagen, 1988]. В начале съёмки (09.06–10.06) погодные условия были благоприятны для массового нереста хамсы. С 11 по 13 июня над всей исследуемой акваторией наблюдалось усиление западных и северо-западных ветров с 6–8 до 10–12 м/с и, соответственно, ветрового волнения. Это, вероятно, негативно влияло на выживание икры [Костюченко, 1973; Кошелев, 1984]. В Чёрном море усиление ветрового волнения с 1–2 до 3–4 баллов приводило к увеличению смертности икры хамсы на поздних стадиях развития с 58–60 до 70–77 % [Klimova et al., 2024].

Если выживание икры рыб в период нереста в основном зависит от температуры воды в период развития, то выживание личинок — от обеспеченности их пищей и определяется совпадением сроков результативного нереста с максимумом развития кормового зоопланктона [Дехник, 1973; Павловская, 1964]. Ихтиопланктонная съёмка началась к югу от Таганрогского залива,

в северо-восточной части акватории исследований, при температуре воды 22,0–22,5 °С (рис. 2). Здесь обитали в основном морские формы зоопланктона, массовое развитие которых начинается при температуре воды свыше 23 °С. Численность (23,8 экз./м³) и биомасса (112,9 мг/м³) кормового зоопланктона, мелкоразмерная фракция которого является основой рациона питания личинок рыб, были соответственно в 5 и в 3 раза ниже, чем в Таганрогском заливе, где доминировали солоноватоводные виды, размножение которых происходит при температуре около 22 °С [Матишов и др., 2015]. Ихтиопланктон был представлен только икрой хамсы, нерест был безрезультативным. По-видимому, личинки погибали при переходе на внешний тип питания (рис. 1).

В центральном и юго-восточном районах исследований ихтиопланктон собирали во второй декаде июня, когда температура воды уже превышала 23 °С и была благоприятной для массового развития морского кормового планктона (рис. 2). Здесь наблюдалась максимальная численность икры и личинок хамсы (рис. 1). Численность кормового зоопланктона здесь достигала 51,8 экз./м³, а биомасса — 313,9 мг/м³, причём мелкоразмерные фракции *Acartia tonsa*, которая доминировала в рационе питания хамсы, составляли от 92 до 98 % [Матишов и др., 2015].

В период с 22 по 28 июня 2019 г. ихтиопланктон собирали с борта РС «Илия» на всей акватории моря при благоприятных метеоусловиях. Температура поверхности воды в море изменялась в диапазоне 25–26 °С и соответствовала развитому ЛГС (рис. 2).

В пробах идентифицированы икра и личинки хамсы, морского карася и пиленгаса, а также личинки и молодь тюльки, черноморской атерины и бычка длиннохвостого. Средняя численность икры составляла 101,5 экз./м², личинок — 6,6 экз./м², доминировали икра (92 %) и личинки (79 %) хамсы. Средняя численность икры хамсы составляла 94,1 экз./м², личинок — 5,2 экз./м². Максимальная численность икры (1020 экз./м²) и личинок (60 экз./м²) хамсы наблюдалась северо-восточнее Керченского пролива (рис. 1). Эти величины были значительно выше, чем в июне 2014 г. Эффективность нереста хамсы составляла 5,5 %. В июне 2019 г., по сравнению с 2014 г., было отмечено снижение почти вдвое доли мёртвой икры и одновременно увеличение доли живой икры на последних этапах развития, что свидетельствовало о благоприятных условиях для эмбрионального развития. Кроме того, температура воды в море уже была благоприятной для массового развития черноморского зоопланктона, что сопровождалось высокой численностью его мелкоразмерной фракции на всей акватории моря.

Гидрологический режим юго-западной части Азовского моря, вследствие близости к Керченскому проливу, имеет свои региональные особенности. На общем фоне внутригодовой динамики термических процессов вследствие влияния адвекции черноморских вод в пределах ОГС и ЗГС, среднемесячная температура воды здесь выше, чем в остальных районах моря. В период ВГС и в начальной фазе ЛГС черноморские воды в предпроливной зоне оказывают охлаждающий эффект. В отдельные годы, в период холодных и аномально холодных зим с активным льдообразованием, в апреле здесь происходит таяние льда, перераспределяемого в конце зимы в этот район ветровым дрейфом. Солёность вод юго-западного района в наибольшей степени подвержена влиянию черноморских вод и имеет наименьший диапазон внутригодовой изменчивости [Гидрометеорологические условия ... , 2009; Современные гидрометеорологические условия ... , 2019].

Исследования ихтиопланктона Азовского моря, проведённые ФИЦ ИнБЮМ с 2016 по 2020 г., ограничивались исключительно юго-западной частью Азовского моря у Керченского полуострова (рис. 1). Икра и личинки рыб были отмечены в 96, 106, 108 и 113-м рейсах НИС «Профессор Водяницкий».

Весной ихтиопланктон в Азовском море собирали 01–02 апреля 2017 г. (93-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») (рис. 1). Период съёмки соответствовал заключительной фазе ЗГС после холодной зимы 2016–2017 гг. Температура воды в Азовском море колебалась от 6,19 до 7,78 °С

при диапазоне изменчивости солёности от 14,09 до 14,50 ‰. Активный прогрев верхнего слоя моря начался только во второй декаде апреля, а к концу месяца ТПМ повысилась до 11,0–11,5 °С и соответствовала началу ВГС. Нерестовый сезон в Азовском море обычно начинается при повышении температуры воды выше 8–9 °С. При температуре 8 °С начинает нерест камбалы-ромб, остальные виды нерестятся при более высокой температуре. Температура воды в море в среднем составляла всего 7 °С и была ниже оптимальной для начала нереста (рис. 3).

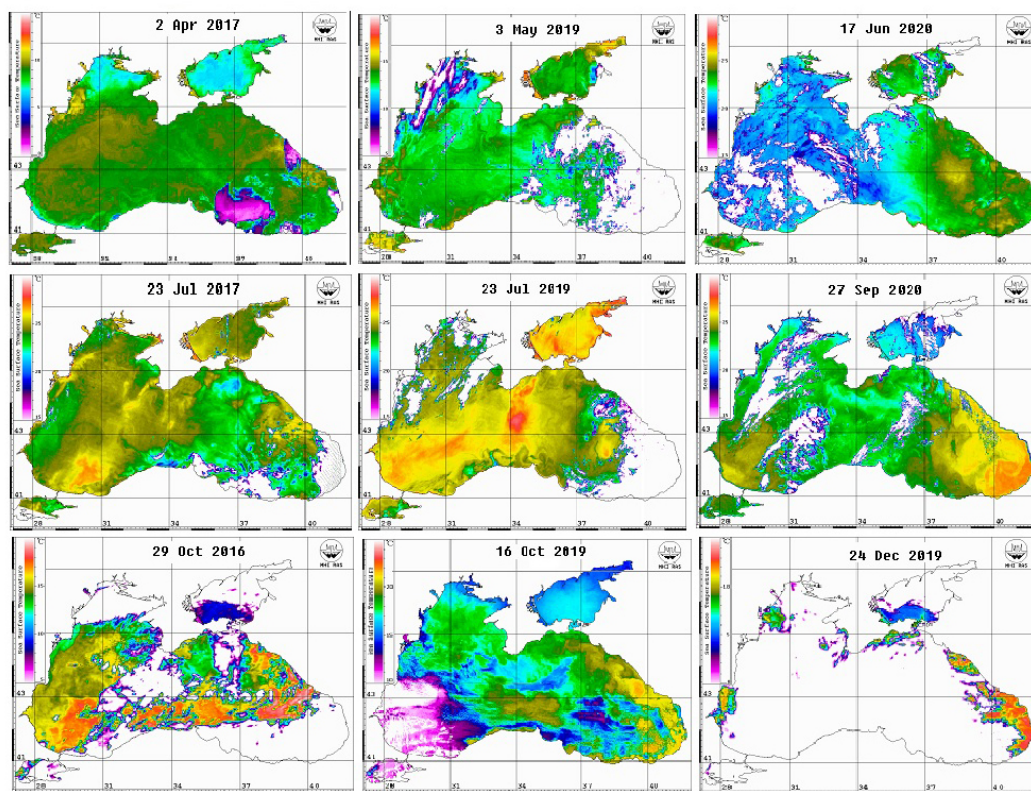


Рис. 3. Спутниковые карты распределения ТПМ в период ихтиопланктонных съёмок на НИС «Профессор Водяницкий» [Пополняемый архив карт ...] 2.04.2017 (93-й рейс), 3.05.2019 (106-й рейс), 17.06.2020 (113-й рейс), 23.07.2017 (96-й рейс), 23.07.2019 (108-й рейс), 27.09.2020 (114-й рейс), 29.10.2016 (90-й рейс), 16.10.2019 (110-й рейс), 24.12.2019 (111-й рейс)

В период с 1 по 4 мая 2019 г. (106-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») в Азовском море ихтиопланктон собирали на 6 ихтиопланктонных станциях. Температура поверхности воды в период съёмки составляла 13,5–14,5 °С и соответствовала начальной фазе ВГС после интенсивного прогрева верхнего слоя моря в заключительной фазе ЗГС с 9,0–9,5 °С в начале третьей декады апреля до 11,0–11,5 °С в конце месяца (рис. 3).

Видовой состав и средняя численность ихтиопланктона были типичными для ВГС и представлены только теплолюбивыми видами рыб: икрой хамсы и камбалы-ромба, а также одной личинкой бычка-бубыря мраморного *Pomatoschistus marmoratus* (Risso, 1810) (табл. 1, рис. 1). Средняя численность икры составляла 3,34 экз./м², доминировала икра камбалы-ромба (80 % от общей численности). Хамса только начинала свой нерестовый сезон, её икра была отмечена на одной станции, а численность не превышала 4,0 экз./м².

В период 17–18 июня 2020 г. (113-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») в юго-западной части Азовского моря температура воды на исследуемой акватории составляла 22,5–23,0 °С и соответствовала начальной фазе ЛГС, запоздавшей в результате активной циклонической

деятельности в первой декаде июня (рис. 3). Ихтиопланктон собирали на 7 станциях, и он был представлен только 3 видами тепловодных рыб (рис. 1). Средняя численность икры хамсы в июне 2020 г. составляла 462,9 экз./м², личинок — 7,7 экз./м². Максимальная численность икры достигала 1242 экз./м², личинок — 30 экз./м² [Podrezova et al., 2024]. Однако эффективность нереста хамсы была в 3,4 раза ниже, чем в июне 2019 г., и составляла всего 1,6 % (рис. 1). Такая низкая эффективность нереста хамсы, вероятно, связана с отсутствием мелкоразмерной фракции кормового зоопланктона в море, так как массовое развитие кормового планктона только начиналось. Кроме того, в Азовском море возросла численность желтелого макропланктона — конкурента в питании личинок рыб [Бердников, Дашкевич, Кулыгин, 2019; Надолинский, Надолинский, 2018; Юнева, Никольский, Булли, 2020]. Это подтверждалось присутствием в пробах личинок хамсы только на желточном типе питания. Личинки шиповатой иглы-рыбы и икра морской мышки *Callionymus sp.* отмечались единично. В Чёрном море её икра и личинки обычно встречались при значительном колебании солёности от Одесского залива до Керченской предпроливной зоны, однако в Азовском море она не встречалась [Дехник, 1973]. Возможно, в Азовское море икра мышки была занесена с черноморскими водами через Керченский пролив при усилении ветров южных румбов, кроме того, благоприятным фактором для миграции морской мышки в Азовское море через Керченский пролив является повышение солёности до 15 ‰.

22–23 июля 2017 г. (96-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») в Азовском море ихтиопланктон собирали на 5 станциях (рис. 1). Температура воды в море уже достигала пределов для нереста тепловодных видов рыб (26 °С). Период съёмки соответствовал фазе развитого ЛГС с прогревом толщи вод от 24,5 °С в предпроливной зоне до 26,1 °С на северной станции (рис. 3). Солёность поверхностных вод изменялась от 14,19 ‰ на западной станции до 14,37 ‰ в предпроливной зоне и 14,34 ‰ на северной станции. На мелководной прибрежной станции (глубина 9 м) ихтиопланктон отсутствовал. В остальных пробах были идентифицированы икра и личинки хамсы, личинки корюшки и бычка чёрного. Средняя численность икры составляла 14,4 экз./м², личинок — 1,2 экз./м².

24.07.2019 г. (108-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») съёмка выполнялась в фазе развитого ЛГС. Температура поверхности воды в районе исследований составляла 26,5 °С и являлась критичной для результативного нереста хамсы, а массовое развитие желтелого макропланктона (конкурента в питании личинок и мелких пелагофильных рыб) в Азовском море не способствовало выживанию личинок. Икра хамсы была встречена только на двух из четырёх выполненных станций, её средняя численность не превышала 3,0 экз./м², личинки в пробах отсутствовали (рис. 1, 3). Вероятно, морские виды рыб мигрировали в Чёрное море. Так, у берегов Северного Кавказа, в районе Анапы, в тот же период исследований при температуре воды 24–25 °С нерестились 14 видов тепловодных рыб, в том числе хамса и тюлька, средняя численность икры составляла 89 экз./м², личинок — 32 экз./м², а максимальная численность достигала 330 и 148 экз./м² соответственно. Доминировала хамса, доля её икры превышала 90 %, а доля личинок — 74 % [Klimova et al., 2024].

В сентябре как в Азовском, так и в Чёрном морях нерестовый сезон теплолюбивых видов рыб обычно заканчивается [Дехник, 1973]. В сентябре 2020 г. в Чёрном море температура поверхности воды в море колебалась от 22,7 до 18 °С и соответствовала переходному периоду от ЛГС к ОГС. Благоприятные температурные условия способствовали пролонгированию размножения теплолюбивых видов рыб в Чёрном море [Климова и др., 2023; Климова и др., 2024]. Однако в Азовском море при ТПМ 21,5–22,0 °С в заключительной фазе ЛГС в сентябре 2020 г. (114-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») ихтиопланктон отсутствовал (рис. 1, 3).

В 1950–70-х гг., в период стабильности экосистем Азово-Черноморского бассейна, в октябре ихтиопланктон был представлен в основном умеренноводными видами, икра и личинки тепловодных видов рыб встречались только единично [Дехник, 1973]. В первой и второй декадах октября 2016 г. в Чёрном море ещё нерестились 15 видов рыб (7 умеренноводных и 8 тепловодных), средняя численность икры составляла 2,92 экз./м², а личинок — 3,56 экз./м². Хотя в пробах доминировала икра умеренноводных видов, составляя 72 %, среди личинок преобладали тепловодные виды, составляя 78 % от общей численности. Ещё наблюдался результативный нерест хамсы. Доля её икры составляла 27 %, а личинок — 39,4 % [Климова и др., 2023; Климова и др., 2024]. В последней декаде октября 2016 г. (90-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») нерест хамсы в Чёрном море уже прекратился. Ихтиопланктон был типичен для осеннего межсезонья, отмечены икра и личинки пяти видов умеренноводных рыб и по одному экземпляру икры и личинок двух видов тепловодных рыб. Наблюдался активный нерест умеренноводных рыб, средняя численность их икры составляла 6,5 экз./м², а личинок — 0,4 экз./м². В Азовском море ихтиопланктон собирали 29 октября 2016 г. при температуре воды от 7,6 до 9,0 °С, все четыре пробы были пустыми (рис. 1, 3).

В середине октября 2019 г. (110-й рейс НИС «Профессор Водяницкий») ихтиопланктонная съёмка выполнялась в период развития ОГС после резкого понижения температуры поверхности моря с 20,5–21,5 °С в конце второй декады сентября до 17–17,5 °С в конце месяца [Климова и др., 2024] (рис. 3). В Чёрном море ихтиопланктон был представлен 10 видами икры и личинок рыб (5 видов умеренноводных и 5 видов теплолюбивых рыб). Средняя численность икры составляла 1,07 экз./м², а личинок и молоди — 0,75 экз./м². Теплолюбивые виды уже заканчивали свой нерестовый сезон и были представлены только личинками, которые доминировали в пробах, составляя 69,3 % от общей численности всех видов. В Азовском море все ихтиопланктонные пробы были пустыми (рис. 1).

Ихтиопланктонные исследования в 111-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» (24.12.2019 г.) соответствовали ЗГС — периоду массового нереста умеренноводных видов рыб в Чёрном море. Однако в Азовском море температура воды уже понизилась до 5 °С, что превышало оптимальные показатели для нереста рыб и их обитания на ранних стадиях развития (рис. 1, 3).

Обсуждение

Размножение тепловодных видов рыб в Азовском море начинается с повышения температуры воды в море (более 8 °С), когда нерестится камбала-ромб. Нерест остальных видов рыб начинается в мае с повышением температуры воды в море свыше 14 °С. Летний ихтиопланктон в период с 2014 до 2020 г. был представлен икрой и личинками 13 видов, обычных для шельфовых вод Чёрного моря. Нерест хамсы — массового промыслового вида рыб Азовского моря — в последние годы исследований наблюдается только в мае и июне. Максимальная численность её икры в ловах в июне возросла с 212 экз./м² в 2014 г. до 1020 и 1242 экз./м² в 2019 и 2020 гг. соответственно. При этом эффективность нереста хамсы в 2014 г. составляла 3,3 %, в 2019 г. возросла до 5,5 %, а в 2020 г. снизилась до 1,6 %. По-видимому, несовпадение сроков выклева личинок рыб и массового развития кормового зоопланктона привело к гибели личинок при переходе с желточного на смешанный тип питания в связи с отсутствием мелкоразмерной фракции в кормовом зоопланктоне [Павловская, 1964].

В Азовском море при повышении температуры воды выше оптимальных пределов для размножения (более 26 °С) и одновременного ухудшения кормовой базы при увеличении численности хищного желетелого макропланктона в летний нерестовый сезон, нерест тепловодных морских

рыб прекращается уже в июле и они мигрируют в Чёрное море [Юнева, Никольский, Булли, 2020]. Так, в третьей декаде июля 2019 г. численность икры не превышала 3,0 экз./м², а личинки в пробах вообще отсутствовали. В тот же период в северо-восточной части Чёрного моря максимальная численность икры достигала 330 экз./м², а личинок — 148 экз./м². При благоприятном температурном режиме в Чёрном море массовый результирующий нерест тепловодных видов рыб продолжается с мая по октябрь [Климова и др., 2023; Климова и др., 2024].

С 2007 по 2018 г. солёность воды в Азовском море возросла с 11 до 15 ‰ и стала приближаться к её значениям в Чёрном море (17–18 ‰). Произошла смена солоноватоводных видов гидробионтов на морские, расширился видовой состав и возросла численность желетелого макропланктона — конкурента в питании рыб-планктонофагов [Надолинский, Надолинский, 2018; Юнева, Никольский, Булли, 2020]. Вселение и массовое развитие желетелого макропланктона из Чёрного моря не способствует выживанию рыб на ранних стадиях развития в Азовском море. За период с 2001 по 2020 г. ухудшились условия среды обитания солоноватоводных и полупроходных рыб, произошло изменение видовой структуры промысловых рыб в пользу морских. В Азовском море свыше 50 % промысловых рыб составляли полупроходные рыбы, которые являлись базовыми объектами рыболовства. Беспрецедентное сокращение объёма пресного стока в период 2006–2023 гг. негативно повлияло на условия их воспроизводства. В последние годы уловы промысловых рыб в Азовском море сократились вдвое и составляли около 20 тыс. тонн. В видовом составе азовоморского промысла существенно снизилась доля тюльки, пиленгаса, хамсы, возросла доля бычков и карася, а также доля морских рыб — кефали, барабули и ставриды [Балыкин, 2021]. Одновременно отмечено пополнение промысловых запасов массового промыслового вида — хамсы в Чёрном море за счёт азовоморской популяции [Шляхов и др., 2023]. Если в 2018 г. вылов черноморской хамсы (без прилова азовоморской) составлял всего 52 т, то в период с 2019 по 2021 г. вылов (с приловом азовоморской) возрос с 7038 до 8166 тонн.

В среднесрочной перспективе Азово-Черноморским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») были определены три сценария, развитие которых с определённой долей вероятности возможно в ближайшем будущем (до 2030 г.): реальный (солёность 14,5–16,5, средние показатели $15,0 \pm 0,40$ ‰); пессимистичный (солёность 15,5–18,5 ‰, средние показатели $17,3 \pm 0,40$ ‰) и оптимистичный (солёность 13,0–14,5 ‰, средние показатели $14,3 \pm 0,22$ ‰) [Мирзоян и др., 2023]. По мнению авторов, до 2030 г. частичное восстановление численности полупроходных рыб до уровня их активной промысловой эксплуатации в среднесрочной перспективе возможно только при оптимистичном сценарии. Тем не менее солёность Азовского моря будет превышать значения, оптимальные для обитания молоди и половозрелых особей полупроходных рыб, поэтому их присутствие будет ограничено Таганрогским заливом.

Заключение

В осенний и зимний гидрологические сезоны 2014–2020 гг. ихтиопланктон в Азовском море отсутствует. Нерест тепловодных видов рыб начинается с повышением температуры воды свыше 8 °С, когда нерестится камбала-ромб. Икра и личинки остальных тепловодных видов появляются в мае с повышением температуры воды свыше 14 °С.

Летний ихтиопланктон в период с 2014 до 2020 г. был представлен икрой и личинками 12 видов рыб, обычных для шельфовых вод Чёрного моря, и азовоморской камбалой-ромбом. Летний нерестовый сезон массовых промысловых рыб в Азовском море в последние годы продолжается всего два месяца (май — июнь), а быстрое повышение температуры воды в конце июня, несоответствие сроков выклева личинок рыб и массового развития кормового зоопланктона, а также высокая численность желетелого макропланктона (конкурента в питании личинок рыб) снижает эффективность нереста.

Максимальная эффективность нереста массового промыслового вида — хамсы наблюдалась в июне 2019 г. и составляла 5,5 %, когда численность икры восточнее Керченского пролива достигала 1020 экз./м². В июне 2020 г. при максимальной численности икры 1242 экз./м² эффективность нереста снизилась до 1,6 %. Низкая эффективность нереста, вероятно, связана с обеднением кормовой базы личинок рыб в связи с массовым развитием морского желетелого макропланктона.

В конце июня — начале июля при повышении температуры воды в мелководном Азовском море более 26 °С нерест практически завершается, а тепловодные виды рыб мигрируют в Чёрное море, где при благоприятной температуре нерестятся вплоть до октября. В июле 2019 г. численность икры не превышала 3,0 экз./м², а личинки в пробах отсутствовали, в то время как в северо-восточной части Чёрного моря численность икры и личинок превышала 300 и 148 экз./м² соответственно.

В связи с нестабильными гидрологическими условиями в Азовском море в период климатических изменений, продолжающихся с середины 1990-х годов, для изучения процесса адаптации гидробионтов к новым условиям обитания и анализа возможных изменений в экосистеме Азовского моря необходимо проводить регулярные комплексные мониторинговые гидролого-гидробиологические исследования на всей акватории моря в различные гидрологические сезоны.

Список литературы

1. Балькин П. А. Изменение видового состава российских уловов в Черном и Азовском морях в XXI в. // Вопросы рыболовства. — 2021. — Т. 22, № 3. — С. 51–60. — <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2021-22-3-51-60>
2. Бердников С. В., Дашкевич Л. В., Кульгин В. В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX — начале XXI вв. // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2019. — Т. 2, № 2. — С. 7–19. — https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_2_7
3. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1. Азовское море / Ю. П. Ильин, В. В. Фомин, Н. Н. Дьяков [и др.]. — Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2009. — 400 с.
4. Гершанович Д. Е., Муромцев А. Я. Океанологические основы биологической продуктивности Мирового океана. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1982. — 320 с.
5. Дехник Т. В. Ихтиопланктон Чёрного моря. — Киев : Наук. думка, 1973. — 234 с.
6. Климова Т. Н., Аннинский Б. Е., Субботин А. А., Вдодович И. В., Подрезова П. С. Состояние ихтио-, мезо- и макропланктонных комплексов у Крымского полуострова (Чёрное море) в связи с особенностями гидрологического режима в октябре 2016 г. // Морской биологический журнал. — 2023. — Т. 8, № 2. — С. 55–73. — <https://doi.org/10.21072/mbj.2023.08.2.04>
7. Климова Т. Н., Вдодович И. В., Забродин Д. А., Петрова Т. Н. Ихтиопланктон Чёрного моря у Крымского полуострова в период осеннего межсезонья в 2016–2023 гг. // Балтийский морской форум : Материалы XII Междунар. Балт. мор. форума, 30 сент. — 4 окт. 2024 года / Калининград. гос. техн. ун-т ; сост. Кострикова Н. А. — Калининград : Изд-во БГАРФ, 2024. — Т. 3. — С. 89–98.
8. Костюченко Л. П. К изучению влияния упругих волн при морской сейсморазведке на икру рыб Чёрного моря // Гидробиологический журнал. — 1973. — Т. 9, № 5. — С. 72–75.
9. Кочергин А. Т. Термохалинные характеристики Азовского моря в летний период 1989–2021 гг. и влияние на них стока рек Дон и Кубань // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2023. — Т. 6, № 2. — С. 7–23. — https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_2_7
10. Кошелев Б. В. Экология размножения рыб. — Москва : Наука, 1984. — 309 с.

11. Майский В. Н. Распределение и численность рыб Азовского моря перед зарегулированием стока р. Дона // Труды / Всесоюз. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии (ВНИРО). – Москва : Пищепромиздат, 1955. – Т. 31, вып. 2. – С. 138–163.
12. Матишов Г. Г., Игнатьев С. М., Загород-18. ня Ю. А., Климова Т. Н., Вдодович И. В., Саяпин В. В., Степаньян О. В. Фаунистическое разнообразие и показатели обилия планктонных сообществ Азовского моря в июне 2014 г. // Вестник Южного научного центра. – 2015. – Т. 11, № 3. – С. 81–91. – <https://elibrary.ru/uhjtch>
13. Мирзоян А. В., Белоусов В. Н., Шевченко В. Н., Полин А. А., Рыбальченко А. Д., Порошина Е. А. Искусственное воспроизводство полупроходных видов рыб при разных сценариях развития гидрологической обстановки в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2023. – Т. 6, № 4. – С. 91–108. – https://doi.org/10.47921/2619-1024_2023_6_4_91
14. Надолинский В. П., Надолинский Р. В. 21. Изменения в видовом составе и численности ихтиопланктона Азовского и северо-восточной части Черного морей за период 2006–2017 гг. под воздействием природных и антропогенных факторов // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 51–66. – https://doi.org/10.47921/2619-1024_2018_1_1_51
15. Павловская Р. М. о питании личинок черноморской хамсы // Труды / Азово-Черномор. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии (АзЧерНИРО). – Москва : Пищ. пром-сть, 1964. – Вып. 23. – С. 115–118.
16. Пополняемый архив карт температуры поверхности Чёрного и Азовского морей по данным прибора AVHRR спутников серии NOAA и MetOp : база данных : RU 2018621530 : № 2018620803 : заявл. 14.06.2018 : опублик. 27.09.2018, Бюл. № 10 / Калинин Е. И., Соловьев Д. М., Бурдюгов В. М., Давыдова Е. П. ; Мор. гидрофиз. ин-т РАН // Морской портал / МГИ РАН. – URL: http://dvs.net.ru/mp/data/main_ru.shtm (дата обращения: 08.12.2024).
17. Современные гидрометеорологические условия формирования ветро-волновых, ледовых и других опасных явлений в Керченском проливе / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гос. океаногр. ин-т им. Н. Н. Зубова ; Н. Н. Дьяков, В. В. Фомин, А. С. Цвечинский [и др.]. – Севастополь : Колорит, 2019. – 365 с.
18. Шляхов В. А., Негода С. А., Пятинский М. М., Шляхова О. В. Оценка состояния запасов хамсы и шпрота в российских водах Черного моря в 2022–2023 гг. // Труды АзНИИРХ. – 2023. – Т. 4. – С. 9–27.
19. Юнева Т. В., Никольский В. Н., Булли Л. И. Азовская хамса *Engraulis encrasicolus maeoticus* (Engraulidae) в период осолонения Азовского моря в 2014–2018 гг. // Вопросы ихтиологии. – 2020. – Т. 60, № 6. – С. 729–735. – <https://doi.org/10.31857/S0042875220050136>
20. Klimova T. N., Subbotin A. A., Podrezova P. S., Kurshakov S. V. Ichthyoplankton of the Black Sea during the period of mass spawning of warm-water fish species // Oceanology. – 2022. – Vol. 62, iss. 4. – P. 517–527. – <https://doi.org/10.1134/s0001437022040051>
21. Klimova T. N., Subbotina A. A., Vdodovicha I. V., Zagorodnyayaa Yu. A., Zabrodin D. A. Ichthyoplankton in the northern part of the Black Sea under the prolongation of summer hydrological season in 2020 // Inland Water Biology. – 2024. – Vol. 17, iss. 1. – P. 197–207. – <https://doi.org/10.1134/S1995082924010085>
22. Podrezova P. S., Klimova T. N., Subbotin A. A., Vdodovich I. V., Zavjyalov A. V. Regional variability of the state of ichthyoplankton in the Black Sea during the change from the spring hydrological season to the summer // Biology Bulletin. – 2024. – Vol. 51, iss. 1. – P. 177–186. – <https://doi.org/10.1134/S1062359023604287>
23. Westernhagen H. Von. Sublethal effects of pollutants on fish eggs and larvae // Physiology of Developing Fish Physiology / eds: W. S. Moar, D. J. Randall. – New York : Acad. Press, 1988. – P. 253–346. – [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60201-0](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60201-0)
24. World Register of Marine Species. – URL: <https://www.marinespecies.org> (accessed: 05.07.2022).

ICHTHYOPLANKTON OF THE AZOV SEA IN DIFFERENT SEASONS 2014–2020

Klimova T. N., Subbotin A. A.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: tnklim@ibss-ras.ru*

Abstract: Due to global warming, the shallow basin of the Azov Sea has seen an increase in salinity from 11 to 15 ‰ in recent years, which has led to a gradual replacement of brackish-water fauna with marine fauna. In the period from 2014 to 2020, ichthyoplankton of 13 fish species from 11 families was identified in the waters of the Azov Sea, 12 of which are marine species that usually reproduce in the Black Sea during the spring-summer hydrological season. A sharp increase in water temperature in the shallow of the Azov Sea at the end of June, exceeding the optimal indicators for spawning of warm-water fish species, limited their spawning season to two months.

Keywords: ichthyoplankton, seasonal variability, spawning, abundance, survival, Azov Sea

Сведения об авторах

Климова Татьяна Николаевна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, tnklim@ibss-ras.ru
Субботин Александр Анатольевич	кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, subbotin@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 11.02.2025 г.

Принята к публикации 27.02.2025 г.

УДК [595.34-15:57.04](262.5)

DOI: [10.21072/eco.2025.10.1.04](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.1.04)

СООТНОШЕНИЕ ПОЛОВ И ПЛОДОВИТОСТЬ САМОК *OITHONA DAVISAE* FERRARI AND ORSI, 1984 (COPEPODA, OITHONIDAE) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЧЁРНОГО МОРЯ *

Серегин С. А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: serg-seryogin@yandex.ru

Аннотация: Изучено соотношение полов и плодовитость самок черноморского вселенца — копеподы *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984 в прибрежных водах Севастополя. Увеличение доли самцов в популяции вселенца наблюдалось обычно дважды в году (в июне — июле и ноябре — декабре) при низкой общей численности популяции. При максимальной численности популяции *O. davisae* наблюдалось существенное снижение количества самцов. Отмечено повышение доли самцов в более тёплых и трофных прибрежных акваториях. В осенний период среднее количество вынашиваемых самкой яиц составляло $10,4 \pm 0,5$ и не зависело от трофности акваторий.

Ключевые слова: *Oithona davisae*, соотношение полов, плодовитость самок, трофические и температурные условия, Чёрное море

Введение

Копеподы являются одной из наиболее «успешных» групп организмов в морской пелагической среде, играющих важнейшую роль в пищевых цепях и биогеохимических процессах. Представители рода *Oithona* — повсеместно обитающие и наиболее массовые из них. До 1989 г. в Чёрном море обитало 2 вида, относящиеся к этому роду: *Oithona nana* — круглогодичный массовый вид, обитающий в верхнем слое моря, и *Oithona similis* — холодолюбивый вид, предпочитающий в тёплое время года находиться под термоклинном. *Oithona nana* практически исчезла из Чёрного моря после вселения в 1980-е годы хищного гребневика *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865.

Впервые несколько особей *Oithona davisae* были обнаружены в Чёрном море в 2001 г. в водах Севастопольской бухты [Загородняя, 2002]. Первоначально новый вид был определён как *Oithona brevicornis* Giesbrecht, 1891. С 2005 г. особи этого вида стали регулярно встречаться в пробах зоопланктона. За короткое время вид широко распространился в прибрежных водах Чёрного моря: вдоль Крымского полуострова [Алтухов, 2010], в бухтах Кавказского побережья [Селифонова, 2009], вдоль румынского [Timofte, Tabarcea, 2012] и болгарского [Mihneva, Stefanova, 2013] побережий на западе. После повторного определения вида [Temnykh, Nishida, 2012] он был идентифицирован как *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984 и под этим названием его упоминают в более поздних публикациях. К настоящему времени *O. davisae* заняла экологическую нишу *O. nana* и стала наиболее массовой в сообществе прибрежного зоопланктона Чёрного моря, составляя порой до 90 % его общей численности в тёплый период года [Gubanova, Altukhov, 2007; Altukhov, Gubanova, Mukhanov, 2014; Seregin, Popova, 2016].

Изучение соотношения полов у ряда черноморских видов копепод (*Acartia clausi*, *A. tonsa*, *Centropages ponticus*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus*) [Prusova, Galagovets, 2022]

*Работа выполнена по госбюджетной теме ФИЦ ИнБЮМ РАН: «Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к условиям экстремальных экотопов Чёрного и Азовского морей и других акваторий Мирового океана», регистрационный номер 124030100137-6.

показало, что у всех взрослых особей проанализированных видов оно было в разной степени смещено в сторону самок, что отражало особенности их морфологии и экологии. Наибольшая степень смещения соотношения полов у взрослых особей наблюдалась у *P. parvus* и *P. elongatus* — видов, для которых характерно наличие семяприёмников у самок, а у самцов атрофированы ротовые придатки.

Известно, что в исконных местах обитания *O. davisae* (внутреннее Японское море) большую часть половозрелых особей популяции составляют самки: 85 % в среднем за год и до 96 % в зимний сезон [Uye, Sano, 1995; Uye, Sano, 1998]. В Севастопольской бухте самцы отсутствовали зимой, а в деятельный сезон составляли в среднем 18–24 % от численности самок. В сезонной динамике численности самцов выявлено 2 пика относительного обилия: в июне и декабре, когда доля самцов возрастала до 30–70 % [Seregin, Popova, 2016; Svetlichny et al., 2016; Svetlichny, Hubareva, Okyar, 2018].

Как типичный представитель семейства Oithonidae, *O. davisae* откладывает яйца в парные яйцевые мешки, количество яиц в них варьирует в зависимости от сезона. Максимумы (12–20 шт.) наблюдаются в начальный период развития популяции (май — август) с последующим уменьшением в осенний период до $4,2 \pm 2,0$ [Svetlichny et al., 2016].

Многие представители рода *Oithona*, в том числе и *O. davisae*, приспособлены к обитанию в трофных и загрязнённых акваториях и даже являются видами-индикаторами водоёмов, подверженных выраженному антропогенному влиянию [Serranito et al., 2016; Drira et al., 2018]. Ранее было показано, что абсолютная и относительная численность *O. davisae* в естественном градиенте трофности в акватории Севастопольской бухты значительно возрастает в направлении от открытого побережья — вглубь бухты [Серегин, Попова, 2023; Серегин, Попова, 2024]. Как влияет загрязнённость либо трофность водоёма на половую структуру популяции и плодовитость самок в условиях Чёрного моря — неизвестно. Задачей данного исследования было оценить соотношение полов и плодовитость самок в естественном градиенте уровня загрязнённости и трофности в прибрежных водах Чёрного моря.

Материал и методы исследования

Материалом послужили данные 2017–2021 гг., полученные в ходе многолетнего исследования численности и видового состава метазойного микрозоопланктона (ММ) в побережье Юго-Западного Крыма (г. Севастополь). Пробы воды отбирали в поверхностном слое и слое 0–10 м от 2 до 4 раз в месяц на 4 станциях: в открытом взморье (ст. 1) и во внутренней части Севастопольской бухты (ст. 2–4) (рис. 1). Дополнительно за пределами Севастопольской бухты в октябре — ноябре 2022 г. были взяты сетные пробы в слое 0–10 м в открытом море, в 1 миле от берега (1), и в прибрежье, у входа в бухты Омега (5), Стрелецкая (3) и Карантинная (1 = ст. 1), а также внутри бухты Стрелецкая (4) (рис. 1). Поверхностные пробы брали зачёрпыванием воды пластиковым проботоборником в объёме 5–6 л. В слое 0–10 м водного столба пробы отбирали планктонной сетью Апштейна с площадью входного отверстия $0,025 \text{ м}^2$ и фильтрующим конусом из нейлонового сита с ячейей 35 мкм; объём профильтрованной воды при отборе пробы составлял 250 л. За счёт мелкоячеистого сита данная сеть улавливает все возрастные стадии развития *O. davisae*, от орто- и метануплиусов, копеподитных стадий всех возрастов до половозрелых особей, что позволило получить полноценные данные о численности популяции во всём обловлённом слое. Во время отбора проб измеряли температуру поверхностного слоя вод (ТПС) гидрологическим термометром. В 2019 и 2021 гг. на станции 1 и внутри Севастопольской бухты отбирали пробы воды из поверхностного слоя для определения концентрации хлорофилла *a* (определение проведено В. Д. Чмыром, и данные любезно предоставлены нам).

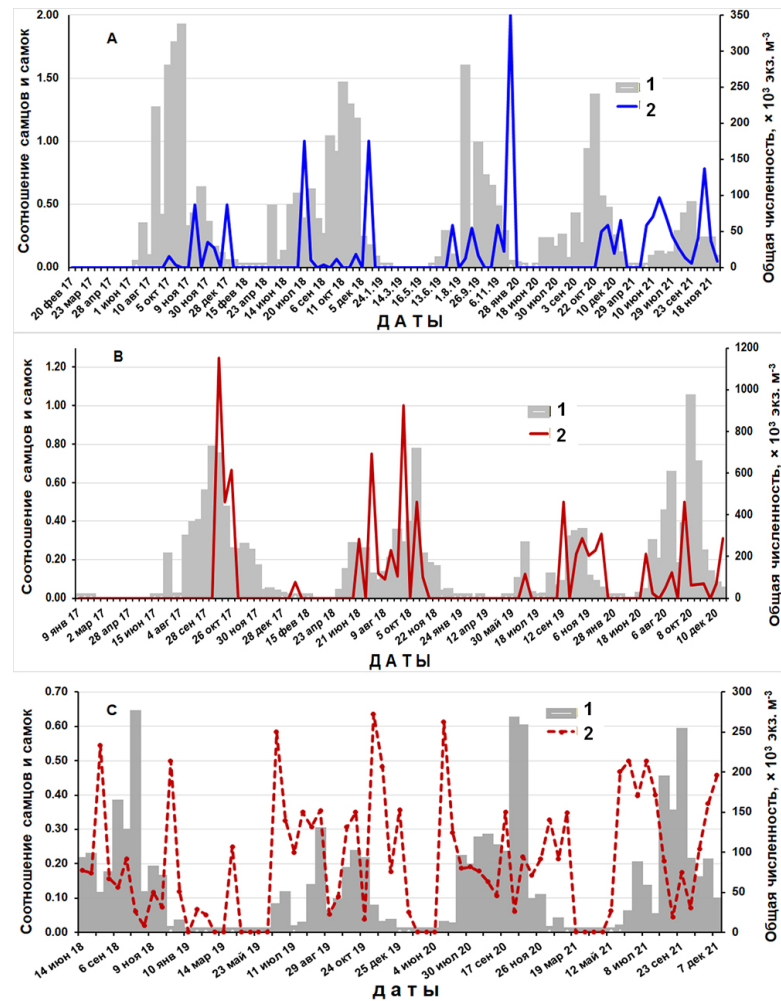


Рис. 2. Изменения общей численности популяции *Oithona davisae* (1) и соотношения самцов и самок (2) в поверхностном слое открытого взморья (А) (2017–2021 гг.) и устья бухты (В) (2017–2020 гг.), в слое 0–10 м устья Севастопольской бухты (С) (2018–2021 гг.)

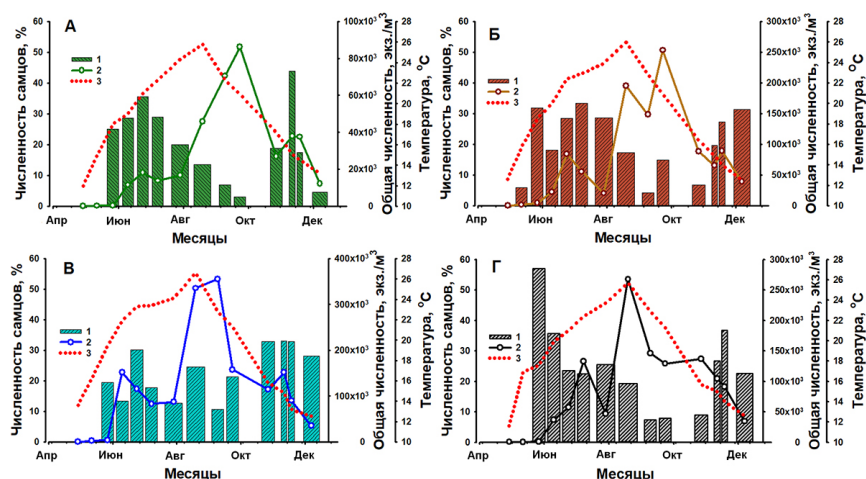


Рис. 3. Относительная численность самцов, % (1), общая численность популяции *Oithona davisae* (2) в слое 0–10 м и температура поверхности воды (3) в разных локальных акваториях: открытом побережье (А), в устье (Б) и в глубине (В) Севастопольской бухты, в Южной бухте (Г) в 2021 г.

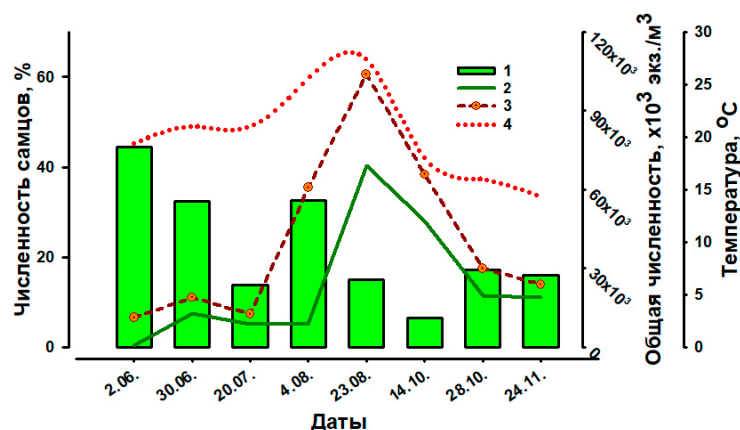


Рис. 4. Относительная численность самцов, % (1), численность популяции *Oithona davisae* (2), общая численность метазойного микрозоопланктона (3) в слое 0–10 м и температура поверхности воды (4) в открытом побережье в 2022 г.

Таблица 1

Общая численность *Oithona davisae* ($\times 10^3$ экз./м³), соотношение половозрелых самцов и самок в слое 0–10 м, средняя температура поверхности воды (°C) и содержание хлорофилла *a* (мг/м³) в разных локальных акваториях севастопольского побережья в 2021 г.

Параметры	Открытое побережье	Устье бухты	Внутренняя часть бухты	Южная бухта
Средняя численность и диапазон её изменений, $\times 10^3$ экз./м ³	27,0 $\pm$ 26,2 (0,12–86,2)	76,3 $\pm$ 76,2 (0,03–253,1)	120,3 $\pm$ 110,1 (0,25–355,5)	84,6 $\pm$ 74,9 (0,23–267,7)
Среднее соотношение самцов и самок, ♂ / ♀	0,25 $\pm$ 0,23	0,26 $\pm$ 0,18	0,30 $\pm$ 0,16	0,33 $\pm$ 0,34
Средний % самцов в период высокой численности популяции	7,9 $\pm$ 5,4	10,8 $\pm$ 6,3	16,2 $\pm$ 7,4	10,9 $\pm$ 5,7
Средняя температура (медиана), °C	18,5 $\pm$ 4,3	19,3 $\pm$ 4,5	20,4 $\pm$ 4,7	19,0 $\pm$ 4,4
Средняя концентрация хлорофилла <i>a</i> * в 2019 и 2021 гг., мг/м ³	0,55 $\pm$ 0,33 0,54 $\pm$ 0,48	1,15 $\pm$ 0,87 0,93 $\pm$ 0,57	1,50 $\pm$ 0,77 1,07 $\pm$ 0,86	– 1,61 $\pm$ 0,80

*данные предоставлены В. Д. Чмыром

В период активного развития популяции *O. davisae* (июнь — октябрь) с увеличением общей численности рачков возрастало и количество взрослых самок в направлении от открытых вод — внутрь бухты. Так, в конце августа 2022 г. в направлении открытое взморье — Южная бухта — внутренняя часть Севастопольской бухты их численность составляла 9,7; 12,8 и 56,7 тыс. экз. м⁻³, а в среднем за летние месяцы — 2,3; 3,7 и 13,1 тыс. экз. м⁻³ соответственно. Относительная численность самцов внутри бухты была заметно выше в это время по сравнению с открытым побережьем: 29,4 против 17,9 %. Прямой подсчёт самок с одним либо двумя яйцевыми мешками показал, что на одну самку в августе приходилось в среднем $8,1 \pm 0,81$ вынашиваемых яиц. При учёте среднего числа яиц во всех яйцевых мешках, включая неприкреплённые, содержавшие в среднем $4,7 \pm 0,5$ яиц, и парного их наличия у самок, величина кладки составляла $9,4 \pm 0,5$. Численность популяции *O. davisae* в этот период составляла от 56 % общего количества метазойного микрозоопланктона в открытых водах до 77–89 % его количества внутри бухты.

Основные показатели плодовитости самок *O. davisae* и соотношения ♂/♀ в разных акваториях открытого побережья у Севастополя и внутри Стрелецкой бухты осенью 2022 г. представлены в таблице 2. В среднем на 1 самку с учётом вышеприведённых расчётов приходилось $10,4 \pm 0,5$ вынашиваемых яиц, независимо от места отбора проб. Относительная численность самцов при этом имела тенденцию к возрастанию в акваториях вблизи берега и внутри бухты аналогично данным, полученным в 2021 г. в Севастопольской бухте.

Таблица 2

Параметры плодовитости самок и относительное количество половозрелых самцов ($\pm$ стандартное отклонение) в популяции *Oithona davisae* в осенний период (октябрь — ноябрь) 2022 г.

Локальная акватория	Самки без ЯМ*, %	Самки с 2 ЯМ, %	Самки с 1 ЯМ, %	Среднее количество яиц в ЯМ	Средняя величина кладки	M/F
1 миля	$55,2 \pm 9,1$	$33,4 \pm 11,6$	$11,4 \pm 3,6$	$5,1 \pm 0,1$	$10,2 \pm 0,3$	$0,09 \pm 0,01$
Траверз бухты Круглая	$55,9 \pm 19,2$	$33,9 \pm 14,9$	$10,2 \pm 4,4$	$5,0 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,9$	$0,14 \pm 0,12$
Траверз Стрелецкой бухты	$72,5 \pm 19,8$	$23,2 \pm 18,1$	$4,3 \pm 3,7$	$5,1 \pm 0,2$	$10,2 \pm 1,0$	$0,14 \pm 0,09$
Траверз Карантинной бухты (= ст. 1)	$67,6 \pm 13,0$	$23,4 \pm 12,2$	$9,0 \pm 1,2$	$5,1 \pm 0,2$	$10,2 \pm 0,4$	$0,16 \pm 0,08$
Стрелецкая бухта	$69,2 \pm 8,6$	$17,4 \pm 10,6$	$13,4 \pm 2,0$	$5,6 \pm 0,4$	$11,2 \pm 0,8$	$0,17 \pm 0,03$

*яйцевой мешок

Обсуждение

Значительное смещение соотношения половозрелых особей в пользу самок в популяции *O. davisae* отмечали и ранее [Uye, Sano, 1995; Uye, Sano, 1998; Seregin, Popova, 2016; Svetlichny et al., 2016; Svetlichny, Hubareva, Okyar, 2018]. Настоящая работа на примере многолетних рядов данных показала чётко выраженное преобладание самок в популяции *O. davisae*, что мы связываем с биологическими особенностями вида. Одной из них является наличие у самок семяприёмников, когда требуется только одно-два спаривания, чтобы оставаться фертильными и производить оплодотворённые яйца в течение длительного периода (иногда до конца жизни) без дальнейшего участия самцов [Barthélémy et al., 1998; Ohtsuka, Huys, 2001; Kiørboe, 2006]. Для таких видов характерно значительное преобладание самок в структуре естественных популяций [Kiørboe, 2006; Prusova, Galagovets, 2022]. Ещё одной особенностью *O. davisae* является более короткий срок жизни самцов, вероятно, за счёт более высоких энергетических затрат при поиске готовых к размножению самок и в процессе копуляции [Uye, Sano, 1995; Ceballos, Kiørboe, 2011; Heuschele, Kiørboe, 2012]: средняя продолжительность репродуктивной жизни самцов составляет всего 10 дней [Ceballos, Kiørboe, 2011]. Эти и другие особенности биологии вида приводят к появлению в течение сезона развития периодов повышенного и пониженного количества самцов в популяции. У *O. davisae* повышение относительной численности самцов наблюдалось в начале развития популяции на фоне относительно невысокой общей численности вида (июнь — июль, реже май — июль), когда происходило активное спаривание с самками, наблюдался высокий процент самок с яйцевыми мешками и максимальным количеством яиц в них [Svetlichny, Hubareva, Okyar, 2018].

Конкретные сроки этого периода в Чёрном море могут варьировать в разные годы в зависимости от температурных условий сезона, а именно от сроков весеннего прогрева вод до 17,5–18,0 °C [Seregin, Popova, 2016], когда перезимовавшие оплодотворённые самки начинали цикл сезонного размножения [Svetlichny et al., 2016; Svetlichny, Hubareva, Okyar, 2018]. При пиковой плотности популяции в августе — октябре «необходимость» в самцах падала и их численность резко снижалась. Следующий период относительного обилия самцов приходился на конец осени — начало зимы на фоне существенного снижения общей численности популяции. В дальнейший зимний период происходила значительная деградация популяции: полное исчезновение науплиусов, копеподитов и взрослых самцов в условиях Чёрного моря. Полученные в прибрежье Чёрного моря данные по соотношению полов хорошо согласуются как с результатами измерений во внутреннем Японском море, где самки в среднем за год составляли 85 % [Uye, Sano, 1995], так и с ранее опубликованными результатами по Чёрному морю, где соотношение половозрелых самцов и самок в популяции варьировало в среднем по годам от 0,14 до 0,40 [Seregin, Popova, 2016; Svetlichny et al., 2016; Svetlichny, Hubareva, Okyar, 2018].

На основе многолетних исследований [Гидролого-гидрохимический режим ... , 2006; Слепчук, Хмара, Маньковская, 2017; Совга, Мезенцева, Слепчук, 2020] акватория Севастопольской бухты была условно разделена на четыре зоны, наиболее загрязнёнными определены внутренняя часть Севастопольской бухты, и особенно Южная бухта [Кондратьев, Орехова, 2023]. Акватория открытого взморья вне Севастопольской бухты (станция в одной миле от берега), а также станций на траверзе бухт Карантинная, Круглая и Стрелецкая относится к условно чистым водам. Воды внутренней части б. Стрелецкая характеризуются высокой степенью загрязнения [Тихонова, Котельянец, Волков, 2018]. Поскольку в составе антропогенных загрязнителей существенную роль играют биогенные элементы, указанная выше схема деления акватории Севастопольской бухты на зоны справедлива и для фактора эвтрофированности [Слепчук, Хмара, Маньковская, 2017], что полностью подтвердили величины концентраций хлорофилла *a*, приведённые в табл. 1.

Изменение условий среды оказывает влияние на биоту даже на небольшом пространственном масштабе локальных акваторий, что было показано при исследовании сезонных изменений обилия и структуры сообществ мезозoopланктона и метазойного микрозоопланктона в Севастопольской бухте. Общая численность этих сообществ оказалась выше во внутренней акватории бухты по сравнению с открытым побережьем в весенний, летний и осенний сезоны. Изменение же биоразнообразия характеризовалось противоположной направленностью изменений: оно снижалось от открытых вод — вглубь бухты [Галаговец, Прусова, 2023; Серегин, Попова, 2023; Серегин, Попова, 2024]. Сезонная и пространственная динамика индексов биоразнообразия — Шеннона, Пиелу, Симпсона и др. — в градиентном пространстве Севастопольской бухты хорошо описывала уровни трофности локальных акваторий [Серегин, Попова, 2023; Серегин, Попова, 2024] и совпадала с выявленными ранее на основе комплексных гидрохимических измерений [Губанов, Стельмах, Клименко, 2002; Губанов, Губанова, Родионова, 2015; Совга, Мезенцева, Слепчук, 2020]. Значительную роль в изменении обилия метазойного микрозоопланктона и структуры его сообщества в бухте, влияющих на показатели биоразнообразия, играл вид-вселенец *O. davisae* [Серегин, Попова, 2017; Серегин, Попова, 2023; Серегин, Попова, 2024].

К числу основных факторов, способствующих успешному развитию *O. davisae* и увеличению её численности в градиенте открытое побережье — внутренняя часть бухты, относятся температурный, динамический и трофический — в их комплексном взаимодействии. Известно, что *O. davisae* в своей родной среде обитания внутреннего Японского моря устойчива в широком диапазоне изменений температур (от 8,9 до 28,2 °C) [Uye, Sano, 1995]. Ещё более широкий температурный диапазон (от –1,8 до 29 °C) характерен для новых местообитаний — североамериканских и европейских вод, заселённых видом в последние десятилетия [Zagami et al., 2018].

Высокую термотолерантность вид сохраняет и в условиях Чёрного моря, при этом самцы более чувствительны к снижению температуры по сравнению с самками [Svetlichny, Hubareva, Uttieri, 2021]. Также было показано, что межгодовые вариации численности вида напрямую связаны с общим количеством тепла, характерного для разных лет [Seregin, Popova, 2016; Seregin, Popova, 2019], и межгодовыми вариациями сезонных температур [Svetlichny, Hubareva, Okyar, 2018]. Термофильность *O. davisae* проявилась и в её высокой продуктивности, когда на тёплый период с июня по октябрь ($t > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) приходилось 94 % вновь созданной годовой биомассы [Uye, Sano, 1998]. Наши многолетние исследования в Севастопольской бухте показали, что в летний период существенным компонентом градиентных условий в её пространстве является градиент ТПС, достигающий нескольких градусов в направлении от открытого побережья с более низкой температурой до внутренних акваторий с более высокой (табл. 1). Таким образом, температурный фактор благоприятствует более массовому развитию *O. davisae* именно во внутренних акваториях бухты с более высокими летними температурами. При этом для самцов *O. davisae* как более «слабого звена» популяции (более высокая чувствительность к похолоданию [Svetlichny, Hubareva, Uttieri, 2021], меньший срок репродуктивной жизни [Ceballos, Kiørboe, 2011]) в этих более благоприятных условиях наблюдалась и более высокая относительная численность.

К тому же внутренние акватории бухты, более защищённые берегами от возмущающих воздействий ветра и волн по сравнению с пространством открытого побережья, представляют более спокойную среду обитания, комфортную для вида-вселенца. В экспериментах было показано, что самки *O. davisae* предпочитают оставаться в спокойной среде, где локальная скорость деформации меньше $0,1\text{ c}^{-1}$ [Liu et al., 2018]. По сравнению с калянидами (например, *Acartia*, *Centropages*), которые могут переключаться на различные режимы питания при изменении условий среды и менее подвержены воздействию подвижности воды, *O. davisae* более чувствительна к наличию турбулентции. Поскольку для этого вида характерен «засадный» тип поиска добычи и способность регистрировать слабые гидромеханические сигналы, пребывание в среде с пониженной турбулентностью более эффективно в процессе питания [Saiz, Calbet, Broglio, 2003]. Ойтона снижала активность питания и опускалась в более глубокие слои воды при неблагоприятных условиях, что происходило как в экспериментальных условиях, так и при натурных наблюдениях за вертикальным распределением в условиях штиля или ветрового волнения [Incze et al., 2001; Visser et al., 2001].

Наиболее часто потребляемые *O. davisae* объекты питания — различные нанопланктонные жгутиковые и инфузории [Uchima, Hirano, 1986; Gifford, Rollwagen-Bollens, Bollens, 2007; Saiz et al., 2014]. Сравнение спектра питания двух неритических видов копепод — *Acartia omorii* и *Oithona davisae* из района Токийского залива, богатого диатомовыми водорослями, показало, что акарция питается диатомовыми водорослями, а ойтона — недиатомовыми водорослями [Uchima, 1988]. А исследование питания *O. davisae* на природных сообществах фитопланктона из Севастопольской бухты и искусственном сообществе из 5 культивируемых видов фитопланктона продемонстрировало, что самая высокая скорость потребления достигалась при питании нанопланктонными криптомонадами [Khanaychenko et al., 2018]. Известно, что ряд их видов являются массовыми обитателями высокотрофных водоёмов, например Токийского залива и бухты Сан-Франциско [Han, Furuya, 2000], в которых *O. davisae* является доминирующим видом. Структурные изменения фитопланктонного сообщества в Чёрном море, произошедшие за последние десятилетия и выражающиеся в преобладании мелких видов жгутиковых [Nesterova et al., 2008], способствуют процветанию вида-вселенца *O. davisae*, особенно в высокотрофных акваториях.

Полученная нами средняя величина кладки яиц *O. davisae* в октябре — ноябре ($10,4 \pm 0,5$) вполне соответствовала диапазону её сезонных изменений, отмеченных в литературе: от 10,9 до 28,5 во внутреннем Японском море [Uye, Sano, 1995], от 4,2 в декабре до 20,0 в июне — июле в прибрежье Чёрного моря [Svetlichny et al., 2016]. Svetlichny с соавторами (2016) отмечали, что максимальная величина кладки яиц наблюдалась в период с конца мая до конца июля при температуре воды в Чёрном море в диапазоне 22–25 °С. С октября по декабрь при падении температуры с 20 до 9 °С величина кладки уменьшалась с 14,2 до 4,2 яиц. В водах внутреннего Японского моря отмечалось 2 периода высокой величины кладки: основной (в конце мая — начале июня) и второстепенный (во второй половине октября) [Uye, Sano, 1995].

Выводы

1. Повышение доли самцов в популяции вселенца *Oithona davisae* наблюдалось, как правило, 2 раза в год (в июне — июле и в ноябре — декабре) и происходило на фоне низкой общей численности популяции. В период максимального сезонного обилия вида отмечалось значительное снижение численности самцов. В градиентных условиях прибрежных вод (от открытого взморья — вглубь бухты) наблюдалась тенденция увеличения относительной доли самцов в более тёплых и трофных водах локальных акваторий.

2. Средняя величина кладки *Oithona davisae* в осенний период составляла $10,4 \pm 0,5$ яиц на одну самку и не зависела от трофических условий локальных акваторий.

Благодарности. Выражаю признательность Холодову В. В. за помощь в сборе проб зоопланктона. Особую благодарность выражаю Поповой Е. В. за высокопрофессиональную таксономическую обработку зоопланктонных проб.

Список литературы

- Алтухов Д. А. Распространение популяции *Oithona brevicornis* (Copepoda: Cyclopoida) вдоль побережья Крыма // Морской экологический журнал. – 2010. – Т. 9, №1. – С. 71. – <https://www.elibrary.ru/szintv>
- Галаговец Е. А., Прусова И. Ю. Пространственно-временная динамика структуры сообщества зоопланктона в прибрежных водах у Севастополя в весенне-осенний период // Морской биологический журнал. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 3–17. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2023.08.2.01>
- Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов / НАН Украины, Мор. гидрофиз. ин-т ; Иванов В. А., Овсяный Е. И., Репетин Л. Н. [и др.]. – Севастополь : МГИ, 2006. – 90 с.
- Губанов В. И., Губанова А. Д., Родионова Н. Ю. Диагноз трофности вод Севастопольской бухты и взморья г. Севастополя // Актуальные проблемы аквакультуры в современный период : Материалы междунар. науч. конф., Ростов н/Д, 28.09–02.10.2015 / Федер. агентство по рыболовству, Азов. НИИ рыб. хоз-ва. – Ростов-на-Дону : АЗНИИРХ, 2015. – С. 64–67. – <https://www.elibrary.ru/zqvccd>
- Губанов В. И., Стельмах Л. В., Клименко Н. П. Комплексные оценки качества вод Севастопольского взморья (Черное море) // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : Экоси – Гидрофизика, 2002. – Вып. 62. – С. 76–80. – <https://www.elibrary.ru/wiahvb>
- Загородняя Ю. А. *Oithona brevicornis* в Севастопольской бухте – случайность или новый вселенец в Черное море? // Экология моря / НАН Украины, Ин-т мор. биол. исслед. им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ИМБИ, 2002. – Вып. 61. – С. 43. – <https://www.elibrary.ru/wiahhf>

7. Кондратьев С. И., Орехова Н. А. Потенциальные угрозы экологическому состоянию вод Севастопольской бухты // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. – 2023. – Т. 78, № 6. – С. 3–14. – <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.6.1>
8. Селифонова Ж. П. *Oithona brevicornis* Giesbrecht (Copepoda, Cyclopoida) в акваториях портов северо-восточной части шельфа Черного моря // Биология внутренних вод. – 2009. – № 1. – С. 33–35. – <https://www.elibrary.ru/jwiwet>
9. Серегин С. А., Попова Е. В. Коротко-периодная изменчивость метазойного микрозоопланктона в прибрежье Чёрного моря: закономерности и определяющие факторы // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 56–65. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.1.06>
10. Серегин С. А., Попова Е. В. Метазойный микрозоопланктон Севастопольской бухты в весенний период: видовое разнообразие и структура сообщества // Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Биология. Экология. – 2024. – Т. 47. – С. 27–44. – <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2024.47.27>
11. Серегин С. А., Попова Е. В. Обилие, видовое разнообразие и структура сообщества метазойного микрозоопланктона в градиенте бухта – взморье (на примере Севастопольской бухты, Чёрное море) // Морской биологический журнал. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 74–90. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2023.08.2.05>
12. Слепчук К. А., Хмара Т. В., Маньковская Е. В. Сравнительная оценка уровня трофности Севастопольской и Южной бухт с использованием индекса E-TRIX // Морской гидрофизический журнал. – 2017. – № 5. – С. 67–78. – <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2017-5-67-78>
13. Совга Е. Е., Мезенцева И. В., Слепчук К. А. Сравнение ассимиляционной емкости и индекса трофности различных частей акватории Севастопольской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – № 3. – С. 63–76. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-3-63-76>
14. Тихонова Е. А., Котельянец Е. А., Волков Н. Г. Характеристика загрязнения донных отложений прибрежной акватории Севастополя на примере Стрелецкой бухты (Чёрное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2018. – № 1. – С. 74–80. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-1-74-80>
15. Altukhov D. A., Gubanov A. D., Mukhanov V. S. New invasive copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984: seasonal dynamics in Sevastopol Bay and expansion along the Black Sea coasts // Marine Ecology. – 2014. – Vol. 35, suppl. 1. – P. 28–34. – <https://doi.org/10.1111/maec.12168>
16. Barthélémy R.-M., Cuoc C., Defaye D., Brunet M., Mazza J. Female genital structures in several families of Centropagoidea (Copepoda: Calanoida) // Philosophical Transactions of the Royal Society. B. Biological Sciences. – 1998. – Vol. 353, iss. 1369. – P. 721–736. – <https://doi.org/10.1098/rstb.1998.0238>
17. Ceballos S., Kjørboe T. Senescence and sexual selection in a pelagic copepod // PLoS ONE. – 2011. – Vol. 6, iss. 4. – Art. 18870. – <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018870>
18. Drira Z., Kmiha-Megdiche S., Sahnoun H., Tedetti M., Pagano M., Ayadi H. Copepod assemblages as a bioindicator of environmental quality in three coastal areas under contrasted anthropogenic inputs (Gulf of Gabes, Tunisia) // Journal of the Marine Biological Association of the UK. – 2018. – Vol. 98, spec.iss. 8. – P. 1889–1905. – <https://doi.org/10.1017/S0025315417001515>
19. Gifford S. M., Rollwagen-Bollens G., Bollens S. M. Mesozooplankton omnivory in the upper San Francisco Estuary // Marine Ecology Progress Series. – 2007. – Vol. 348. – P. 33–46. – <https://doi.org/10.3354/meps07003>

20. Gubanova A., Altukhov D. Establishment of *Oithona brevicornis* Giesbrecht, 1892 (Copepoda: Cyclopoida) in the Black Sea // Aquatic Invasions. – 2007. Vol. 2, iss. 4. – P. 407–410. – <https://doi.org/10.3391/ai.2007.2.4.10>
21. Han M. S., Furuya K. Size and species-specific primary productivity and community structure of phytoplankton in Tokyo Bay // Journal of Plankton Research. – 2000. – Vol. 22, iss. 7. – P. 1221–1235. – <https://dx.doi.org/10.1093/plankt/22.7.1221>
22. Heuschele J., Kiørboe T. The smell of virgins: mating status of females affects male swimming behaviour in *Oithona davisae* // Journal of Plankton Research. – 2012. – Vol. 34, iss. 11. – P. 929–935. – <https://doi.org/10.1093/plankt/fbs054>
23. ICES. Zooplankton methodology manual / eds: Harris R. P. [et al.]. – London : Acad. Press, 2000. – 684 p.
24. Incze L. S., Hebert D., Wolff N., Oakey N., Dye D. Changes in copepod distributions associated with increased turbulence from wind stress // Marine Ecology – Progress Series. – 2001. – Vol. 213. – P. 229–240. – <http://dx.doi.org/10.3354/meps213229>
25. Khanaychenko A., Mukhanov V., Aganesova L., Besiktepe S., Gavrilova N. Grazing and feeding selectivity of *Oithona davisae* in the Black Sea: Importance of cryptophytes // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2018. – Vol. 18, iss. 8. – P. 937–949. – https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_8_02
26. Kiørboe T. Sex, sex-ratios, and the dynamics of pelagic copepod populations // Oecologia. – 2006. – Vol. 148. – P. 40–50. – <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0346-3>
27. Liu B., Akiba T., Landeira J. M., Tanaka Y. Individual-level variability in the behavioral responses of female *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida) to hydromechanical stimuli // La mer. – 2018. – Vol. 56, iss. 1/2. – P. 21–35. – <https://www.elibrary.ru/oxjkjd>
28. Mihneva V., Stefanova K. The non-native copepod *Oithona davisae* (Ferrari F.D. and Orsi, 1984) in the Western Black Sea: seasonal and annual abundance variability // Bioinvasions Records. – 2013. – Vol. 2, iss. 2. – P. 119–124. – <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2013.2.2.04>
29. Nesterova D., Moncheva S., Mikaelyan A., Vershinin A., Akatov V., Boicenco L., Akatan Y., Sahin F., Gvarishvili T. The state of phytoplankton // State of the environment of the Black Sea (2001–2006/7) : report / Commis. on the Protection of the Black Sea Against Pollution ; ed. T. Oguz. – Istanbul : Black Sea Commis. Publ., 2008. – Chap. 5. – P. 173–200.
30. Ohtsuka S., Huys R. Sexual dimorphism in calanoid copepods: morphology and function // Hydrobiologia. – 2001. – Vol. 453. – P. 441–466. – <https://doi.org/10.1023/A:1013162605809>
31. Prusova I. Yu., Galagovets E. A. Sex ratios of calanoid copepods in the northern Black Sea // Regional Studies in Marine Science. – 2022. – Vol. 55. – Art. 102576. – <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102576>
32. Saiz E., Calbet A., Broglio E. Effects of small-scale turbulence on copepods: the case of *Oithona davisae* // Limnology and Oceanography. – 2003. – Vol. 48, no. 3. – P. 1304–1311. – <http://dx.doi.org/10.4319/lo.2003.48.3.1304>
33. Saiz E., Griffell K., Calbet A., Isari S. Feeding rates and prey: predator size ratios of the nauplii and adult females of the marine cyclopoid copepod *Oithona davisae* // Limnology and Oceanography. – 2014. – Vol. 59, iss. 6. – P. 2077–2088. – <https://doi.org/10.4319/lo.2014.59.6.2077>
34. Seregin S. A., Popova E. V. Different-scale variations in the abundance and species diversity of metazoan microzooplankton in the coastal zone of the Black Sea // Water Resources. – 2019. – Vol. 46, iss. 5. – P. 769–779. – <https://doi.org/10.1134/S009780781905018X>
35. Seregin S. A., Popova E. V. Long-term dynamics of the copepod invader *Oithona davisae* in coastal waters of the Black Sea // Russian Journal of Biological Invasions. –

2016. – Vol. 7, iss. 4. – P. 374–382. – <https://doi.org/10.1134/S207511171604007X>
36. Serranito B., Aubert A., Stemmann L., Rossi N., Jamet J. L. Proposition of indicators of anthropogenic pressure in the Bay of Toulon (Mediterranean Sea) based on zooplankton time-series // Continental Shelf Research. – 2016. – Vol. 121. – P. 3–12. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2016.01.016>
37. Sorokin Yu. I., Kopylov A. I., Mamaeva N. V. Abundance and dynamics of microplankton in the central tropical Indian Ocean // Marine Ecology – Progress Series. – 1985. – Vol. 24. – P. 27–41. – <https://www.elibrary.ru/svvzcv>
38. Svetlichny L., Hubareva E., Khanaychenko A., Gubanov A., Altukhov D., Besiktepe S. Adaptive strategy of thermophilic *Oithona davisae* in the cold Black Sea environment // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2016. – Vol. 16, iss. 1. – P. 77–90. – https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_09
39. Svetlichny L., Hubareva E., Okyar M. I. Population dynamics of the copepod invader *Oithona davisae* in the Black Sea // Turkish Journal of Zoology. – 2018. – Vol. 42, no. 6. – P. 684–693. – <https://doi.org/10.3906/zoo-1804-48>
40. Svetlichny L., Hubareva E., Uttieri M. Ecophysiological and behavioural responses to salinity and temperature stress in cyclopoid copepod *Oithona davisae* with comments on gender differences // Mediterranean Marine Science. – 2021. – Vol. 22, no. 1. – P. 89–101. – <http://dx.doi.org/10.12681/mms.22496>
41. Temnykh A., Nishida S. New record of the planktonic copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi in the Black Sea with notes on the identity of "*Oithona brevicornis*" // Aquatic Invasions. – 2012. – Vol. 7, iss. 3. – P. 425–431. – <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2012.7.3.013>
42. Timofte F., Tabarcea C. *Oithona brevicornis* Giesbrecht, 1892 (Copepoda: Cyclopoida): first record in the Romanian Black Sea waters // Journal of Environmental Protection and Ecology. – 2012. – Vol. 13, iss. 3. – P. 1683–1687.
43. Uchima M. Gut content analysis of neritic copepods *Acartia omorii* and *Oithona davisae* by a new method // Marine Ecology – Progress Series. – 1988. – Vol. 48. – P. 93–97. – <http://dx.doi.org/10.3354/meps048093>
44. Uchima M., Hirano R. Food of *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida) and the effect of food concentration at first feeding on the larval growth // Bulletin of the Plankton Society of Japan. – 1986. – Vol. 33, iss. 1. – P. 21–28.
45. Uye S. I., Sano K. Seasonal reproductive biology of the small cyclopoid copepod *Oithona davisae* in a temperate eutrophic inlet // Marine Ecology – Progress Series. – 1995. – Vol. 118, no. 1/3. – P. 121–128.
46. Uye S. I., Sano K. Seasonal variations in biomass, growth rate and production rate of the small cyclopoid copepod *Oithona davisae* in a temperate eutrophic inlet // Marine Ecology – Progress Series. – 1998. – Vol. 163. – P. 37–44. – <http://dx.doi.org/10.3354/meps163037>
47. Visser A. W., Saito H., Saiz E., Kiorboe T. Observations of copepod feeding and vertical distribution under natural turbulent conditions in the North Sea // Marine Biology. – 2001. – Vol. 138, iss. 5. – P. 1011–1019. – <http://dx.doi.org/10.1007/s002270000520>
48. Zagami G., Brugnano C., Granata A., Guglielmo L., Minutoli R., Aloise A. Biogeographical distribution and ecology of the planktonic copepod *Oithona davisae*: rapid invasion in Lakes Faro and Ganzirri (Central Mediterranean Sea) // Trends in copepod studies: distribution, biology and ecology / ed. M. Uttieri. – New York : Nova Sci. Publ., 2018. – Chap. 4. – P. 59–82.

**SEX RATIO AND FEMALE FECUNDITY IN THE BLACK SEA INVADER, *OITHONA DAVISAE* FERRARI AND ORSI, 1984 (COPEPODA, OITHONIDAE):
CHANGES IN COASTAL GRADIENT CONDITIONS**

Seregin S. A.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

e-mail: serg-seryogin@yandex.ru

Abstract: The sex ratio and female fecundity of the Black Sea invader, the copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984, were studied in situ conditions in the coastal waters of Sevastopol. An increase in the proportion of males in the invader population is usually observed twice a year: in June — July and in November — December, against the background of a low overall population size. During the period of maximum seasonal abundance of the species, a significant decrease in the number of males occurs. A tendency for a higher relative proportion of males is manifested in warmer and more trophic conditions of local water areas. The average number of eggs carried by a female in the autumn period was 10.4 ± 0.5 and did not depend on the trophic conditions of the water areas.

Keywords: *Oithona davisae*, sex ratio, female fecundity, coastal zone, trophicity of water areas, Black Sea

Сведения об авторе

Серегин	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Инсти-
Сергей	тут биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2,
Александрович	Севастополь, 299011, Российская Федерация, serg-seryogin@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.12.2024 г.

Принята к публикации 20.02.2025 г.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА И ЧИСЛЕННОСТИ КОРМОВОГО ЗООПЛАНКТОНА БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД В 2024–2025 гг. *

Губанова А. Д.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: adgubanova@ibss-ras.ru

Аннотация: Представленная работа выполнена на материалах ежемесячных наблюдений кормового мезозoopланктона Балаклавской бухты и сопредельных вод с февраля 2024 г. по январь 2025 г. Ранее такие исследования в этом районе не проводились. Чтобы оценить современное состояние мезозoopланктона, были проанализированы его количественные показатели, таксономическая структура, сезонные и пространственные изменения. Показано, что основной компонент мезозoopланктона — копеподы, которые в зимний сезон составляли до 98 % общей численности. В тёплый период заметный вклад вносили также организмы меропланктона и кладоцеры. Анализ сезонной динамики мезозoopланктона показал закономерные изменения общей численности и видового состава копепод в течение года. Современное состояние сообщества мезозoopланктона охарактеризовано как стабильное. В настоящее время в районе Балаклавской бухты продолжается строительство яхтенной марины. Процессы, происходящие при строительстве и эксплуатации нового объекта, представляют научный интерес при изучении устойчивости популяций, сообществ и экосистемы в целом к влиянию различных антропогенных факторов. Необходимо продолжать круглогодичные исследования в этом районе с периодичностью один-два раза в месяц, в том числе в связи со строительными работами в Балаклавской бухте.

Ключевые слова: мезозoopланктон, копеподы, Чёрное море, сезонная динамика

Введение

В последние десятилетия в экосистеме Чёрного моря происходят серьёзные изменения в связи с глобальным потеплением климата и интенсивной хозяйственной деятельностью [Kideys, 2002; Gubanov et al., 2014]. В прибрежных акваториях, которые подвержены наиболее интенсивному воздействию разных форм антропогенной деятельности, изменения выражены наиболее сильно, а темпы нередко стремительные [Томас-Бургнеф, Моло, 2011]. В связи с этим возникает задача: выяснить, как экосистема отзывается на воздействие различных факторов изменения внешней среды.

В настоящее время в районе Балаклавской бухты продолжается строительство нового объекта — яхтенной марины. Целый ряд факторов (углубление дна, трансформация берега, бетонирование влажных прибрежных зон, повышение мутности воды) в процессе строительства могут привести к изменениям экосистемы бухты. При эксплуатации марины глобальную трансформацию может вызвать инвазия новых видов с балластными водами судов.

Процессы, происходящие при строительстве и эксплуатации нового объекта, имеют не только хозяйственное значение, но представляют научный интерес при изучении устойчивости популяций, сообществ и экосистемы к влиянию различных антропогенных факторов. Было показано,

*Работа выполнена в рамках государственного задания «Трансформация структуры и функций экосистем морской пелагиали в условиях антропогенного воздействия и изменений климата» (регистрационный номер: 124030400057-4) и частично — договора ФИЦ ИнБЮМ № 24 НИОКТР 123100600287-4.

что к эффективным подходам решения этой задачи относится анализ долговременных рядов наблюдений мезозoopланктона — центрального компонента морских экосистем, который осуществляет связь между первичной продукцией и консументами 1-го и 2-го порядка [Mackas, Beaugrand, 2010; Арашкевич и др., 2015; Lomartire, Marques, Gonçalves, 2021]. Кроме того, основной компонент мезозoopланктона — копеподы являются кормом личинок рыб и нарушение пищевой цепи на уровне копепод может вызвать падение уровня запасов промысловых рыб, сравнимое с переловом [Runge, 1998; Томас-Бургнеф, Моло, 2011]. Важные аспекты анализа включают: качественный характер реакций зоопланктона (изменение видовой структуры), количественные характеристики и амплитуду их изменений, а также временные характеристики (сезонная и межгодовая изменчивость) и пространственные отличия.

Для того чтобы выявить изменение в сообществе мезозoopланктона в процессе стройки и в дальнейшем при эксплуатации яхтенной марины, необходимы данные о современном состоянии мезозoopланктона Балаклавской бухты. В связи с этим мы провели круглогодичное наблюдение сообщества мезозoopланктона в этом районе с февраля 2024 г. по январь 2025 г. Ранее в Балаклавской бухте и сопредельных водах исследования мезозoopланктона не выполнялись.

Цель работы: проанализировать видовой состав, количественные показатели, таксономическую структуру, сезонные и пространственные изменения сообщества мезозoopланктона Балаклавской бухты и сопредельных вод в начале строительных работ и до эксплуатации яхтенной марины.

Материал и методы

Представленная работа выполнена на материалах ежемесячных наблюдений кормового мезозoopланктона Балаклавской бухты и сопредельных вод с февраля 2024 г. по январь 2025 г. Балаклавская бухта, расположенная на юго-западе Крымского полуострова, является полузамкнутой акваторией эстуарного типа. Её длина составляет около 1400 м, ширина 100–200 м, глубина от 4 до 34 м. Солёность, по многолетним данным, изменялась в небольших пределах (от 17,1 до 17,8 ppt) [Ломакин, Попов, 2013; Экологический мониторинг ... , 2023]. Температура в период нашего исследования варьировала от 9,1 до 24,4 °C. Пробы собирали большой сетью Джеди (диаметр входного отверстия 37 см, размер ячеек газа 150 мкм) один раз в месяц вертикальными ловами от дна до поверхности на постоянных станциях 1 и 2 в бухте и за её пределами, на станции 3 (рис. 1). Глубина места на станции 1 — 13,6 м, на станции 2 — 26 м, на станции 3 — 64 м.

Пробы фиксировали формалином до 4%-ной конечной концентрации и обрабатывали порционным методом по стандартной методике. Все организмы голопланктона учитывали на видовом уровне. Определение веслоногих ракообразных до вида производили на всех стадиях копеподитного развития, кроме *Acartia*: из-за сходства морфологических признаков и близких размеров ювенильных стадий различались только половозрелые особи *A. clausi* и *A. tonsa*, а для копеподитов показана их суммарная численность (*Acartia* spp. juv.).

Результаты и обсуждение

В состав кормового зоопланктона Балаклавской бухты и сопредельных вод в исследуемый период входили ракообразные, представленные копеподами и кладоцерами, личинки донных животных (меропланктон), а также аппендикулярия *Oikopleura dioica* и хетогната *Parasagitta setosa* (табл. 1). Основу голопланктона составляли копеподы. Они встречались на всей исследуемой акватории в заметном количестве, составляя до 98 % общей численности кормового

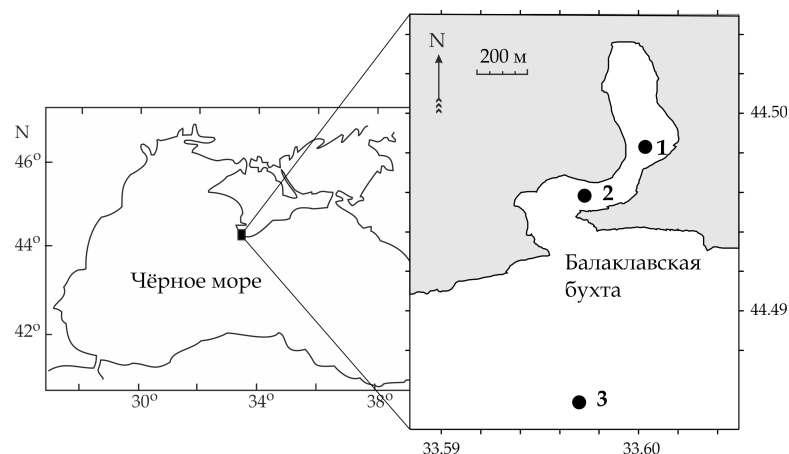


Рис. 1. Карта-схема сбора проб в Балаклавской бухте (станции 1 и 2) и в открытом прибрежье (станция 3)

мезозoopланктона зимой на станциях 1 и 2 в бухте. В июне — августе вклад копепоид был ниже (21–46 % в бухте и 47–66 % в открытом прибрежье). Это было связано с увеличением численности кладоцер и организмов меропланктона в тёплый сезон, при этом обилие копепоид также возросло. Веслоногие рачки были представлены теплолюбивыми видами (*Acartia tonsa*, *Oithona davisae*, *Centropages ponticus*), эвритермными (*A. clausi* и *Paracalanus parvus*) и холодолюбивыми (*Oithona similis*, *Pseudocalanus elongatus*, *Calanus euxinus*) (табл. 1).

Таблица 1

Численность кормового мезозoopланктона (экз.·м⁻³) Балаклавской бухты и сопредельных вод в феврале 2024 — январе 2025 гг.

Станция 1	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
<i>A. clausi</i>	0	79	8	24	2	5	20	0	5	16	1	2
<i>Acartia</i> spp. juv.	7	353	282	523	12	26	164	4167	500	571	46	121
<i>A. tonsa</i>	0	0	0	0	0	0	19	1194	92	0	0	0
<i>C. ponticus</i>	0	0	0	99	1	8	95	682	11	7	0	0
<i>O. davisae</i>	219	148	94	182	639	126	2750	6056	1825	3208	99	121
<i>O. similis</i>	159	1115	584	1500	444	27	0	0	0	59	10	446
<i>P. parvus</i>	91	648	273	933	627	146	1053	588	1065	1565	35	157
<i>P. elongatus</i>	109	830	112	138	10	69	20	0	0	84	84	190
<i>C. euxinus</i>	0	24	0	2	3	0	0	0	0	2	2	2
<i>P. avirostris</i>	0	0	0	0	0	0	775	963	57	0	0	0
<i>E. spinifera</i>	0	0	0	0	0	0	5	8	0	0	0	0
<i>P. tergestina</i>	0	0	0	0	0	0	1		1	0	0	0
<i>P. polyphemoides</i>	0	0	0	1	1556	206	2			2		0
<i>O. dioica</i>	9	227	104	909	28	38	100	127	29	191	1	29
<i>P. setosa</i>	0	0	0	2	1	6	300	349	1	16	3	1
Meroplankton	1	280	188	1570	3736	331	5909	653	175	538	11	23

Станция 2	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
<i>A. clausi</i>	1	7	38	13	5	770	24	213	5	77	7	20
<i>Acartia</i> spp. juv.	8	6	125	385	111	750	147	1125	31	635	42	500
<i>A. tonsa</i>	0	0	0	0	0	0	4	100	5	0	0	0
<i>C. ponticus</i>	0	0	0	5	1	34	51	650	3	7	0	0

Продолжение на следующей странице...

<i>O. davisae</i>	278	37	43	3	450	50	1778	2400	446	2029	104	260
<i>O. similis</i>	869	71	303	532	168	390	0	0	0	38	24	720
<i>P. parvus</i>	1083	24	202	335	363	3225	242	875	1033	2337	235	490
<i>P. elongatus</i>	1532	53	255	5	14	54	0	0	0	25	52	464
<i>C. euxinus</i>	6	3	2	2	4	5	0	0	0	4	1	5
<i>P. avirostris</i>	0	0	0	0	0	0	1806	1213	87	0	0	0
<i>E. spinifera</i>	0	0	0	0	0	0	99	5	2	0	0	0
<i>P. tergestina</i>	0	0	0	0	0	0	8		4	0	0	0
<i>P. polyphemoides</i>	0	0	0	0	375	130	0	0	0	0	0	0
<i>O. dioica</i>	28		67	250	2	20		63	4	19	18	0
<i>P. setosa</i>		1			2	32	139	238	3	22	1	2
Meroplankton	28	20	101	483	492	238	6157	752	197	100	7	61

Станция 3	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
<i>A. clausi</i>	25	420	11	375	7	1200	80	400	19	31	45	3
<i>Acartia</i> spp. juv.	25	990	73	2683	183	1450	229	2200	19	312	201	15
<i>A. tonsa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. ponticus</i>	0	0	0	394	1	70	37	525	20	8	0	0
<i>O. davisae</i>	125	190	25	200	6	140	1070	3750	735	507	67	50
<i>O. similis</i>	185	750	234	1142	400	440	49	250	0	52	75	65
<i>P. parvus</i>	620	970	346	1133	578	5850	203	3100	4108	1614	363	312
<i>P. elongatus</i>	215	490	245	0	22	83	39	0	0	152	11	76
<i>C. euxinus</i>	6	337	8	4	86	1	8	66	2	17	161	18
<i>P. avirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	2250	137	0	0	0
<i>E. spinifera</i>	0	0	0	0	0	0	23	425	1	0	0	0
<i>P. tergestina</i>	0	0	0	0	0	0	23	75	3	0	0	0
<i>P. polyphemoides</i>	0	0	0	0	50	825	1	0	0	0	0	0
<i>O. dioica</i>	25	70	45	325	6	70			78	19	11	1
<i>P. setosa</i>	0	1	1	17	1	55	47	725	98	23	2	3
Meroplankton	20	160	7	1117	9	1174	1878	1842	73	48	19	3

В составе копепод были обнаружены два вселенца: *A. tonsa*, которая акклиматизировалась в Чёрном море в середине 1970-х годов [Gubanova, 2000], и *O. davisae*, стремительно распространившаяся в прибрежных акваториях Чёрного моря с 2005 г. и впервые обнаруженная в Балаклавской бухте в 2009 г. [Altukhov, Gubanova, Mukhanov, 2014; Губанова и др., 2019]. Ещё один инвазивный вид — *Pseudodiaptomus marinus*, впервые для Чёрного моря зарегистрированный в 2016 г. в Севастопольской бухте, к настоящему времени акклиматизировался и распространился в прибрежье Севастополя [Gubanova et al., 2020]. Однако в представленных материалах обнаружен не был. По-видимому, он появится здесь позже, как это было с более ранним вселенцем — *O. davisae*.

В тёплый сезон, с мая по август, в районе исследования были обнаружены четыре вида кладоцер (табл. 1), среди которых заметной численности достигали *Pleopsis polyphemoides* и *Penilia avirostris*, а *Evadne spinifera* и *Pseudevadne tergestina* были зарегистрированы в единичных экземплярах. Наиболее обильным из кладоцер был *P. polyphemoides*, максимальная численность которого составляла 1556 экз. • м⁻³ в открытом прибрежье. Из остальных животных голопланктона на всех станциях встречались аппендикулярия *Oikopleura dioica* и хетогната *Parasagitta setosa*, но большого значения они не имели и составляли, как правило, не более 6 % общей численности зоопланктона.

Меропланктон в районе исследования обнаруживался круглый год, с наибольшей концентрацией в июне — сентябре. Максимальным вклад этой группы в общую численность был в августе (более 50 % на всех станциях). В бухте была зарегистрирована самая высокая численность личинок *Bivalvia*. В открытом прибрежье в мае — июне преобладали личинки *Polychaeta* и *Cirripedia*, а в августе — *Bivalvia*.

Среднегодовая численность копепоид и вклад в неё каждого вида представлены на рис. 2. Самая высокая численность копепоид отмечена на станции 3 в открытом прибрежье: на станции 1 она составляла 3151 экз.·м⁻³ (66 % общей численности зоопланктона), на станции 2 — 2485 экз.·м⁻³ (69 %), на станции 3 — 3650 экз.·м⁻³ (79 %). Различий видового состава копепоид на разных станциях не наблюдалось, за исключением *A. tonsa*, которая достигала высокой численности летом и осенью в бухте, но не обнаружена в открытом прибрежье (табл. 1, рис. 2).

В целом в акватории исследований ведущими видами были *O. davisae*, *P. parvus*, *A. clausi* + *A. clausi* spp. juv. и *O. similis*, но в структуре таксоцена копепоид наблюдались различия на разных станциях (рис. 2). Наибольший вклад в суммарную среднегодовую численность в центральной части бухты вносила *O. davisae*, составлявшая 41 %. В устье бухты и открытом прибрежье доминировал *P. parvus* (35 и 44 % соответственно). При этом доля *O. davisae* снизилась в устье бухты до 26 %, а в открытом прибрежье — до 16 %.

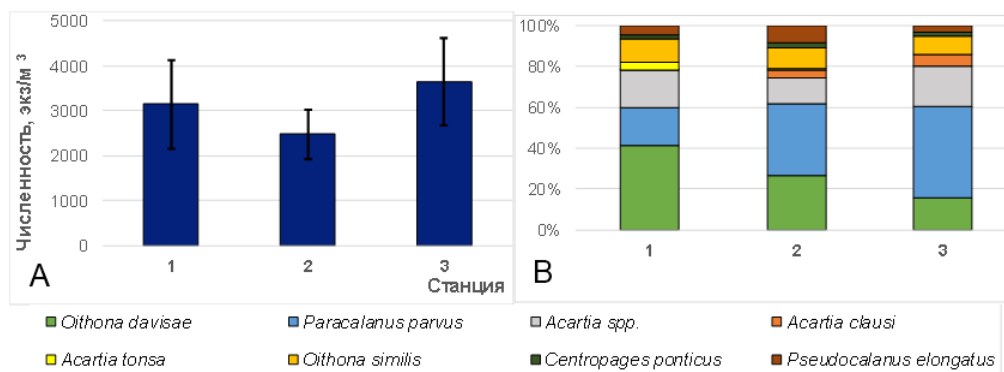


Рис. 2. А — среднегодовая численность $\pm$ стандартная ошибка ($\pm$); В — таксономическая структура копепоид в Балаклавской бухте и сопредельных водах в 2024–2025 гг.

Такое пространственное распределение характерно для *O. davisae*. Она хорошо приспособлена к жизни в эвтрофных условиях и обычно наибольшей численности достигает в эстуариях и бухтах [Uye, Sano, 1995; Губанова, Загородняя, Фенева, 2018]. Вклад *Acartia* spp. juv. на станциях 1 и 3 составлял около 19 % и немного ниже на станции 2 (13 %). Вклад *O. similis* был примерно одинаковым на всех станциях (8–11 %). Остальные виды большого значения не имели, составляя менее 10 %.

Анализ сезонной динамики мезозоопланктона показал закономерные изменения его численности в течение года. Минимумы были зарегистрированы в самые холодные месяцы, в декабре — марте (рис. 3).

Подъём численности начинался в мае — июне, когда в планктоне появлялись кладоцеры и меропланктон. В августе — сентябре концентрация мезозоопланктона достигала максимума в бухте, составляя 11 401 и 13 874 экз м⁻³ на станции 1 и 10 453 и 7632 экз м⁻³ на станции 2 соответственно. В открытом прибрежье максимумы наблюдались в июле (11 358 экз м⁻³) и в сентябре (15 608 экз м⁻³). Отметим, что в августе значительный вклад в общую численность вносил меропланктон, а в сентябре на всей исследуемой акватории преобладали копепоиды. В целом сезонный ход численности мезозоопланктона контролировался копеподами. Рассмотрим их более подробно.

Рисунок 4 демонстрирует изменение видового состава копепоид в течение года.

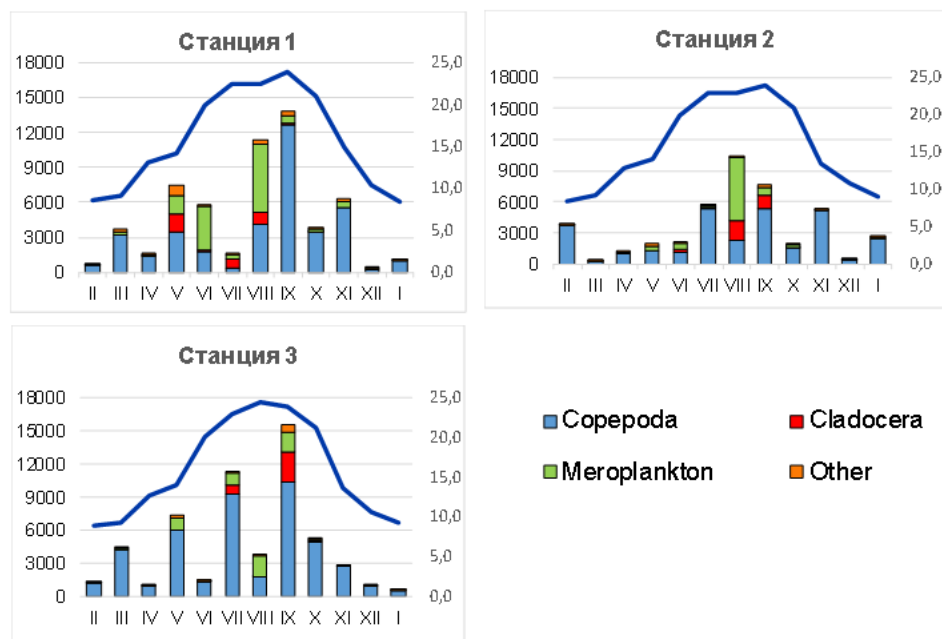


Рис. 3. Сезонная динамика численности кормового мезозoopланктона в Балаклавской бухте (ст. 1 и 2) и открытом побережье (ст. 3) в 2024–2025 гг.

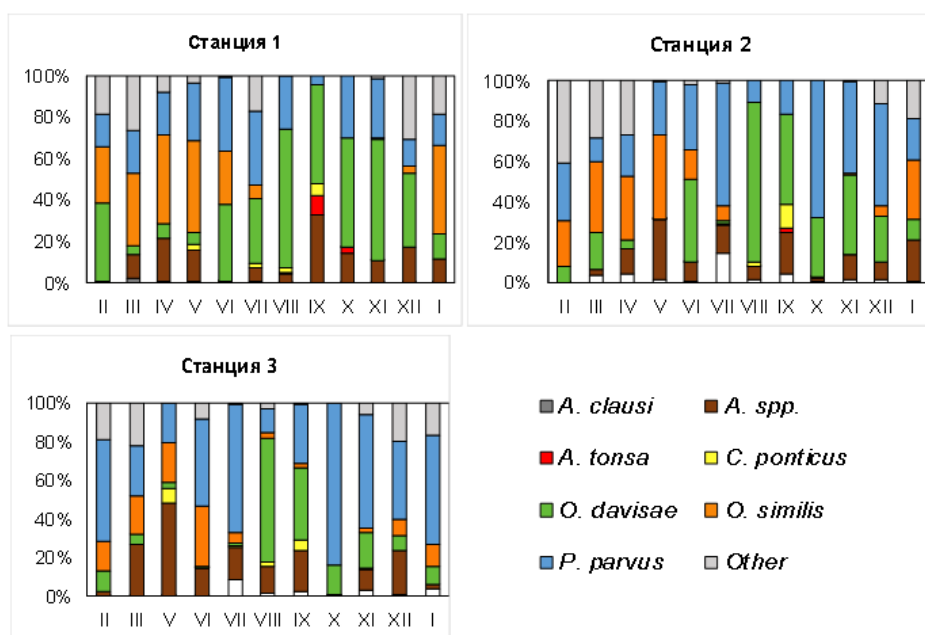


Рис. 4. Сезонная динамика численности кормового мезозoopланктона в Балаклавской бухте (ст. 1 и ст. 2) и открытом побережье (ст. 3)

В центре бухты с февраля по май и в январе доминировала *O. similis*, её концентрация изменялась от 450 до 1500 экз.·м⁻³, а вклад в общую численность копепод — от 24 до 44 % (рис. 4, табл. 1). В устье бухты в этот период *O. similis* также была многочисленной, хотя её концентрация не превышала 870 экз.·м⁻³, доля в общей численности была такой же, как в центре бухты (23–42 %). Летом и осенью возросло значение теплолюбивых *O. davisae*, *A. tonsa* и *C. ponticus*. В бухте, на станциях 1 и 2, в этот сезон доминировала *O. davisae*, которая составляла около 80 % общей численности (6000 и 2400 экз.·м⁻³ соответственно). В сезонной

динамике копепоид в открытом прибрежье наблюдались различия таксономической структуры по сравнению со станциями в бухте. С февраля по май увеличивалась численность *Acartia* spp. В мае её концентрация и вклад в общую численность копепоид были самыми значительными за год (около 2600 экз.·м⁻³, 45 %). В июле доминировал *P. parvus* с максимальной численностью за год (около 6000 экз.·м⁻³, 63 %). В августе существенно увеличилась степень доминирования *O. davisae* (1070 экз.·м⁻³, 62 %), а в сентябре был зарегистрирован максимум её численности в этом районе за год, который составил 3750 экз.·м⁻³, однако вклад в общую численность был ниже (36 %), так как значительного развития достигли популяции *P. parvus* и *Acartia* spp., что составило 3100 и 2200 экз.·м⁻³ соответственно (табл. 1, рис. 4). С октября 2024 г. по январь 2025 г. на фоне уменьшения численности других видов копепоид возросла степень доминирования *P. parvus*, составлявшая 39–84 %.

Отметим, что с мая по ноябрь в открытом прибрежье, так же как в бухте, встречались *C. ponticus* и *O. davisae*, а другая термофильная копепоида — *A. tonsa* за пределами бухты не была обнаружена. Это узконеритический вид, приуроченный к бухтам и заливам [Gubanova, 2000]. Такое пространственное распределение характерно для *A. tonsa* и в других районах Мирового океана [Paffenhofer, Stearns, 1988]. Была выявлена положительная корреляция обилия *O. davisae* и *A. tonsa* с температурой [Uye, Sano, 1995; Gubanova et al., 2022]. Так, экстремальное повышение температуры воды прибрежных районов Чёрного моря в 2010 г. привело к существенному увеличению численности *O. davisae* и *A. tonsa* и их доли в таксоцоне копепоид. В отличие от этих видов, пики численности *C. ponticus* приходились на июнь и сентябрь при температуре 22–23 °С [Грезе, Балдина, Билева, 1971; Gubanova et al., 2022]. В июле и августе, когда температура поверхности воды достигает максимального значения, плотность популяции *C. ponticus* снижалась. Среднегодовая численность *C. ponticus* в экстремально тёплый 2010 г. в Севастопольской бухте была относительно низкой.

Таким образом, анализ сезонных изменений копепоид показал закономерные изменения численности и видовой структуры таксоцены. Зимой и весной преобладали холодолюбивые и эвритермные виды, а летом и осенью — теплолюбивые и эвритермные. Наблюдались отличия в пространственном распределении. В открытом прибрежье большую часть года доминировали эвритермные виды, а холодолюбивые имели большее значение, чем на станциях в бухте.

Заключение

По результатам анализа видового состава, таксономической структуры сообщества мезозoopланктона и таксоцены копепоид, а также сезонного хода численности и отдельных популяций в исследуемом районе, состояние мезозoopланктона можно охарактеризовать как достаточно стабильное. Необходимо продолжить круглогодичные наблюдения в этом районе в связи с тем, что ранее такие исследования здесь не проводились, а также в связи со строительством яхтенной марины, так как процессы, происходящие при строительстве и эксплуатации нового объекта, представляют научный интерес при изучении устойчивости популяций, сообществ и экосистемы в целом к влиянию различных антропогенных факторов. В связи с быстрой сменой таксономического состава мезозoopланктона и «пятнистостью» его распределения, сбор проб необходимо осуществлять один-два раза в месяц.

Благодарность. Автор выражает искреннюю благодарность ведущему инженеру отдела планктона ИнБЮМ Оксане Александровне Гарбазей за помощь в анализе проб зоопланктона и сотрудникам отдела планктона ИнБЮМ за сбор материала.

Список литературы

1. Арашкевич Е. Г., Луппова Н. Е., Никишина А. Б., Паутова Л. А., Часовников В. К., Дриц А. В., Подымов О. И., Романова Н. Д., Станичная Р. Р., Зацепин А. Г., Куклев С. Б., Флинт М. В. Судовой экологический мониторинг в шельфовой зоне Черного моря: оценка современного состояния пелагической системы // Океанология. – 2015. – Т. 55, № 6. – С. 964–970. – <https://doi.org/10.7868/S0030157415060015>
2. Грезе В. Н., Балдина Э. П., Билева О. К. Динамика численности и продукции основных компонентов зоопланктона в неритической зоне Черного моря // Биология моря / АН УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Киев : Наук. думка, 1971. – Вып. 24. – С. 12–49. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/1592>
3. Губанова А. Д., Гарбазей О. А., Алтухов Д. А., Муханов В. С., Попова Е. В. *Oithona davisae*: натурализация в Черном море, межгодовые и сезонные изменения, влияние на структуру сообщества планктонных копепоид // Океанология. – 2019. – Т. 59, № 6. – С. 1008–1015. – <https://doi.org/10.31857/S0030-15745961008-1015>
4. Губанова А. Д., Загородняя Ю. А., Фенева И. Ю. *Oithona davisae* Ferrari F.D. & Orsi, 1984 // Самые опасные инвазионные виды России / ред.: Ю. Ю. Дребуадзе [и др.]. – Москва : Т-во науч. изд. КМК, 2018. – С. 414–419. – <https://elibrary.ru/izvbmh>
5. Ломакин П. Д., Попов М. А. Океанологическая характеристика и оценка загрязнения вод Балаклавской бухты. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2013. – 219 с.
6. Томас-Бургнеф М., Моло П. Планктон и аспекты морепользования. Экология невидимого : пер. с фр. / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского ; под ред. В. Н. Еремеева. – Севастополь : ИнБИОМ, 2011. – 281 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/7799>
7. Экологический мониторинг при реализации объекта «Создание яхтенной марины, г. Севастополь» : отчет / Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского РАН ; рук. Н. А. Мильчакова. – Севастополь, 2023. – 175 с. – Пер. № 123100600287-4.
8. Altukhov D., Gubanov A., Mukhanov V. S. New invasive copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984: seasonal dynamics in Sevastopol Bay and expansion along the Black Sea coasts // Marine Ecology. – 2014. – Vol. 35, iss. 1. – P. 28–34. – <https://doi.org/10.1111/maec.12168>
9. Gubanov A. Occurrence of *Acartia tonsa* Dana in the Black Sea. Was it introduced from the Mediterranean? // Mediterranean Marine Science. – 2000. – Vol. 1, iss. 1. – P. 105–109. – <https://doi.org/10.12681/mms.281>
10. Gubanov A., Altukhov D., Stefanova K., Arashkevich E., Kamburska L., Prusova I., Svetlichny L., Timofte F., Uysal Z. Species composition of Black Sea marine planktonic copepods // Journal of Marine Systems. – 2014. – Vol. 135. – P. 44–52. – <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.12.004>
11. Gubanov A., Drapun I., Garbazei O., Krivenko O., Vodiasova E. *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913 in the Black Sea: morphology, genetic analysis, and variability in seasonal and interannual abundance // PeerJ. – 2020. – Vol. 8. – Art. e10153. – <https://doi.org/10.7717/peerj.10153>
12. Gubanov A., Goubanov K., Krivenko O., Stefanova K., Garbazei O., Belokopytov V., Liashko T., Stefanova E. Response of the Black Sea zooplankton to the marine heat wave 2010: case of the Sevastopol Bay // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10, iss. 12. – Art. 1933. – <https://doi.org/10.3390/jmse10121933>
13. Kideys A. E. Fall and rise of the Black Sea ecosystem // Science. – 2002. – Vol. 297, iss. 5586. – P. 1482–1484. – <https://doi.org/10.1126/science.1073002>

14. Lomartire S., Marques J. C., Gonçalves A. M. M. The key role of zooplankton in ecosystem services: a perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment // Ecological Indicators. – 2021. – Vol. 129. – Art. 107867. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107867>
15. Mackas D. L., Beaugrand G. Comparisons of zooplankton time series/ // Journal of Marine Systems. – 2010. – Vol. 79, iss. 3/4. – P. 286–304. – <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.11.030>
16. Paffenhofen G. A., Stearns D. E. Why is *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) restricted to nearshore environments? // Marine Ecology – Progress Series. – 1988. – Vol. 42, iss. 1. – P. 33–38. – <https://doi.org/10.3354/meps042033>
17. Runge J. A. Should we expect a relationship between primary production and fisheries? The role of copepod dynamics as a filter of trophic variability // Hydrobiologia. – 1998. – Vol. 167. – P. 61–71. – <https://doi.org/10.1007/BF00026294>
18. Uye S., Sano K. Seasonal reproductive biology of the small cyclopoid copepod *Oithona davisae* in a temperate eutrophic inlet // Marine Ecology – Progress Series. – 1995. – Vol. 118, iss. 1/3. – P. 121–128.

SEASONAL CHANGES IN THE SPECIES COMPOSITION AND ABUNDANCE OF FORAGE ZOOPLANKTON IN BALAKLAVA BAY AND ADJACENT WATERS IN 2024–2025

Gubanova A. D.

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: adgubanova@ibss-ras.ru

Abstract: The coastal waters of the Black Sea are subject to intense impact of various forms of anthropogenic activity that disrupt natural processes. Currently, a yacht marina is being built in the area of Balaklava Bay in the south-west of the Crimean Peninsula. A number of factors (bottom deepening, shore transformation, concreting of wet coastal zones, increased water turbidity) can lead to a violation of the stability of the bay ecosystem. In order to assess the current state of the mesozooplankton community in Balaklava Bay and adjacent waters, we conducted year-round monitoring in this area from February 2024 to January 2025. The following were analyzed: species composition, quantitative indicators, taxonomic structure, seasonal and spatial changes in mesozooplankton. Particular attention was paid to the copepod community as the main component of forage mesozooplankton. The current state of the mesozooplankton community is characterized as stable. It is necessary to continue year-round research in this area with a frequency of one or two times a month, including in connection with construction work in the area.

Keywords: zooplankton, copepods, Black Sea, Balaklava Bay, seasonal changes

Сведения об авторе

Губанова
Александра
Дмитриевна

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: adgubanova@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 11.02.2025 г.
Принята к публикации 21.02.2025 г.

СТРУКТУРА, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ

УДК 581.9(292.471-14-751)

DOI: [10.21072/eco.2025.10.1.06](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.1.06)

ПРИРОДООХРАННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ГОРА СПИЛИЯ (АСКЕТИ)» (Г. СЕВАСТОПОЛЬ) ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ЕГО ГРАНИЦ *

Александров В. В.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: valexandrov@ibss-ras.ru

Аннотация: Государственный природный заказник регионального значения (ГПЗ) «Гора Спилия (Аскети)» является одним из 13 ООПТ, которые планируется создать в г. Севастополе. В настоящей работе анализируются существующие схемы его размещения, выполнена оценка его природоохранной эффективности при различной конфигурации границ, предложены меры по оптимизации. В 2019–2024 гг. на участке между бухтой Балаклавская и хребтом Каядес, занятом природными сообществами, в ходе маршрутных исследований выявляли места произрастания видов высших растений, занесённых в Красные книги Российской Федерации и г. Севастополя. На основе собственных и опубликованных данных, материалов веб-ресурсов plantarium.ru и iNaturalist.org установлено, что редкостная флора исследуемого участка включает 68 видов, из которых 19–56 % не встречаются ни в одном из предложенных вариантов ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)». Доля видов с приемлемым уровнем охраны (более половины местообитаний которых на изученной территории войдут в состав ООПТ) колебалась от 16 до 60 %. Для трёх видов-доминантов, охраняемых на федеральном уровне, определена площадь ареалов на участке от бухты Балаклавская до хребта Каядес. Выявлено, что только *Pinus pityusa* Steven будет защищена в достаточной степени, поскольку в состав ООПТ ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» войдет 81–97 % её ареала. Для *Astragalus arnecantha* M. Bieb. эта величина колебалась от 5 до 84 %, тогда как для *Juniperus excelsa* M. Bieb. — от 7 до 49 %. Расчёт индексов формы показал, что существующие варианты границ ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» не являются оптимальными, объект уязвим к внешним воздействиям. С учётом этого предложена новая схема границ ООПТ, которая предусматривает увеличение площади объекта со 119 до 1039 га, снижение уровня его уязвимости и обеспечивает охват большинства местообитаний редкостных видов растений.

Ключевые слова: ООПТ, оптимизация, оценка эффективности, охраняемые виды, Красная книга, Крым

Введение

Создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) относится к числу ключевых мер, предпринимаемых для снижения антропогенной нагрузки на природные экосистемы и восстановления популяций видов, находящихся под угрозой исчезновения. К настоящему времени в общемировом масштабе достигнуты договорённости обеспечить охраной в ООПТ не менее 75 % редкостных видов растений [Конвенция ... , 2010], а долю охраняемых участков довести

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения», рег. номер: 124022400148-4.

до 30 % площади Земли [Конвенция ... , 2022]. Более того, по мнению многих исследователей, для того, чтобы остановить глобальный кризис биоразнообразия, необходимо придать тот или иной охранный статус по крайней мере 44–50 % площади суши [Allan et al., 2022; Dinerstein, 2017]. Вместе с тем даже эти усилия могут быть недостаточно результативными, поскольку эффективность создаваемых ООПТ (то есть полнота реализации природоохранных задач [Стишов, 2012]) существенно варьирует. Оказалось, что некоторые из них существуют только на бумаге («paper parks»), а поставленные при их создании цели не достигнуты [Di Cintio et al., 2023]. Есть основания полагать, что эта проблема в той или иной степени затрагивает большинство охраняемых территорий. Так, на 73 % площадей ООПТ за период с 2003 по 2019 г. отмечено разрушение естественных биотопов [Li et al., 2024], в некоторых из них наблюдается деградация популяций охраняемых видов [Craigie et al., 2010]. При этом среди основных причин, снижающих эффективность ООПТ, существенную роль играют недочёты, допущенные ещё на стадии проектирования. К ним относятся, в частности, выделение малоценных земель по остаточному принципу [Venter et al., 2014], изолированность от других малонарушенных природных участков [Guidelines for conserving ... , 2019], невысокий уровень репрезентативности, недостаточная площадь для обеспечения длительной сохранности охраняемых видов и сообществ [Watson et al., 2011].

Город федерального значения Севастополь относится к числу субъектов Российской Федерации с наиболее высокой долей природоохранных объектов, тем не менее существующая сеть ООПТ нуждается в оптимизации [Государственный доклад ... , 2019; Мильчакова, Бондарева, Александров, 2022]. С учётом этого в 2019 г. утверждён перечень перспективных ООПТ г. Севастополя [Закон г. Севастополя ... , 2019], включающий 13 новых объектов. К их числу относится Государственный природный заказник регионального значения (далее ГПЗ) «Гора Спилія (Аскети)», создание которого обосновано в материалах комплексных экологических обследований территории и научных публикациях [Бондарева и др., 2020; Мильчакова, Бондарева, Александров, 2022; Материалы комплексного ... , 2019; Панкеева и др., 2019]. Высокая природоохранная ценность этой территории обусловлена присутствием малонарушенных субсредиземноморских растительных сообществ, в том числе фитоценозов с доминированием можжевельника высокого, сосны пицундской и асфоделины жёлтой (формации *Junipereta excelsae*, *Pineta brutiae* и *Asphodelineta luteae*), сообществ бедлендов, своеобразной ландшафтной структурой. В составе природных комплексов отмечены виды флоры, занесённые в Красную книгу Российской Федерации (25 видов) и Красную Книгу города Севастополя (44 вида), редкие виды макромитетов, охраняемые представители герпетофауны [Ежегодный ... , 2019; Красная книга ... , 2018; Красная книга ... , 2021; Красная книга ... , 2024; Кукушкин и др., 2019; Материалы комплексного ... , 2019; Мильчакова, Бондарева, Александров, 2022; Панкеева и др., 2019; Саркина, 2020]. Планируемая ООПТ является важной частью экологического каркаса г. Севастополя, поскольку входит в состав Западно-Южнобережного и Западно-Крымского (Байдарского) горного экологических центров [Мильчакова, Бондарева, Александров, 2022; Разработка схемы ... , 2008] и обеспечивает их связь с Гераклейским экоцентром [Шик, 2017].

Предложено несколько вариантов размещения ГПЗ «Гора Спилія (Аскети)» [Проект Генерального ... , 2017; Ежегодный ... , 2019], тем не менее его границы до сих пор не определены, а территория не зарезервирована. При этом уже в материалах комплексного экологического обследования (КЭО) для обоснования создания ООПТ показано, что планируемая конфигурация его границ не обеспечит в полной мере охрану ценных растительных сообществ, а также редких и стенотопных видов флоры и фауны региона [Материалы комплексного ... , 2019], в связи с чем предложенные ранее варианты размещения нуждаются в существенной коррекции. Целью настоящей работы является анализ природоохранной эффективности перспективного ГПЗ «Гора Спилія (Аскети)» при различной конфигурации его границ и разработка предложений по его оптимизации.

Материалы и методы

Гора Спилия или Аскети (361 м н. у. м.) является частью Главной гряды Крымских гор и расположена восточнее города Балаклавы, между высотами Крепостная и Кефало-Вриси с запада и отрогами хребта Каядес (Каю) с востока, от которого она отделяется разветвлённой балкой Витмера (рис. 1). Северный склон пологий, а южный круто падает по направлению к берегу и характеризуется висячими промоинами и оврагами. Он подвержен эрозии и оползням, в особенности на участке Микро-Яло — Мегало-Яло, где в его основании залегают глинистые породы. Вершины сложены преимущественно конгломератами, на которых залегают верхнеюрские известняки. В береговой зоне располагаются глыбовые навалы и галечно-гравийные пляжи [Горячкин, Федоров, 2019].

Растительность территории характеризуется широким распространением можжевельниковых редколесий формации *Junipereta excelsae*, приуроченных к южным склонам и вершине горы Спилия. Вдоль балок отмечены пушистодубовые и грабниково-берёзовые сообщества (формации *Querceta pubescentis* и *Carpineta orientalis*). Сходные лесные и редколесные сообщества широко представлены на соседних высотах — горе Кефало-Вриси, отрогах хребта Каядес, а также в балке Витмера.

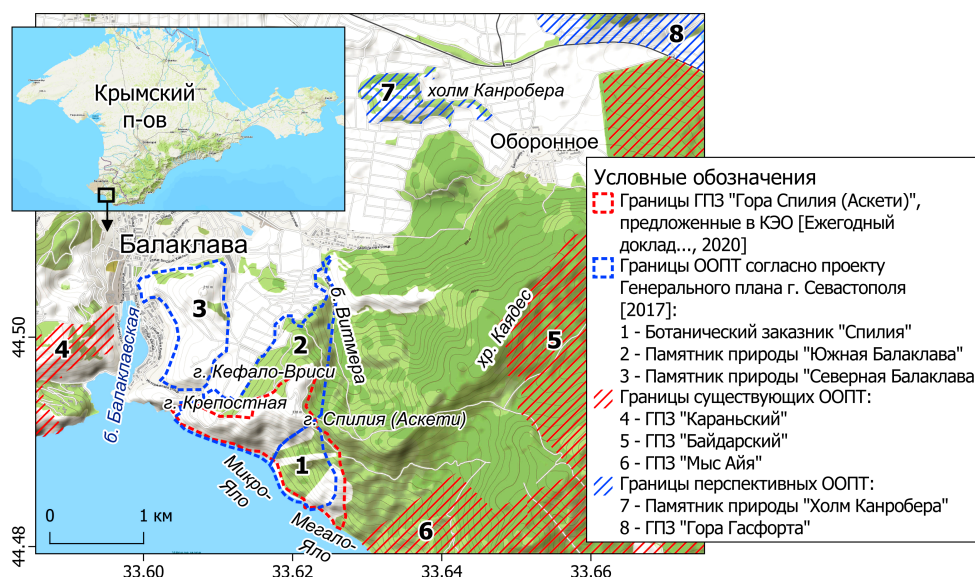


Рис. 1. Схема вариантов размещения ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)»

На открытых склонах юго-западной экспозиции господствуют ксерофитные фитоценозы асфodelины жёлтой (формация *Asphodelineta luteae*) с участием астрагала колючковатого *Astragalus arnecantha* M. Bieb., а к понижениям рельефа приурочены сообщества держи-дерева (формация *Paliureta spinae-christi*). Юго-восточные склоны террасированы и заняты лесокультурой сосны пицундской *Pinus pitysusa* Steven. Природные насаждения последней располагаются в приморской зоне южного склона, между урочищами Микро-Яло и Мегало-Яло, где также отмечены сообщества бедлендов. Склоны северных экспозиций покрыты грабниково-берёзовыми фитоценозами с участием дуба пушистого, ясеня и можжевельника дельтовидного (формация *Carpineta orientalis*).

Материал собран в ходе маршрутно-экспедиционных работ, выполненных в 2019–2024 гг. на участке, занятом природными сообществами, который расположен между бухтой Балаклавская на западе, хребтом Каядес и урочищем Аязьма на востоке, а с севера ограничен виноградниками и селитебной зоной г. Балаклавы и с. Оборонное. В ходе полевых наблюдений выявляли места произрастания видов, занесённых в Красную книгу Российской Федерации (2024) и Красную книгу г. Севастополя (2018), выполняли фотофиксацию их особей и биотопов с привязкой

координат к местности с помощью GPS-приёмников. Кроме собственных данных использовали сведения, содержащиеся в литературных источниках и веб-ресурсах Плантариум [Плантариум] и iNaturalist [iNaturalist].

Оценку природоохранной эффективности перспективного ГПЗ «Гора Спилія (Аскети)» проводили по следующим показателям: 1) индексам формы ООПТ; 2) количеству охраняемых видов в границах перспективного ГПЗ «Гора Спилія (Аскети)» по сравнению со всей исследуемой территорией; 3) доле раритетных видов, более половины местообитаний которых на исследуемой территории расположены в границах ООПТ [Санников, 2014]; 4) доле охраняемых видов, ареал которых на исследуемой территории полностью войдет в состав перспективного ГПЗ «Гора Спилія (Аскети)»; 5) доле ареалов раритетных видов-доминантов на исследуемой территории, которая приходится на ООПТ.

Площадь ареалов на исследуемой территории определяли для трёх видов, занесённых в Красную книгу Российской Федерации (2024) (*Astragalus arnacantha*, *Juniperus excelsa* M. Bieb, *Pinus pitysusa*) и являющихся доминантами и содоминантами сообществ формаций *Junipereta excelsae*, *Pineta brutiae* и *Asphodelineta luteae*, сохранение которых является одной из приоритетных целей заказника. Границы распространения видов выявляли по их биотопам при помощи космоснимков Google, а также по фотоматериалам и данным GPS-привязки к местности, полученным в ходе маршрутных наблюдений. Построение карт ареалов и расчёт их площадей осуществляли в компьютерной программе QGIS-3.34.15.

Для оценки оптимальности границ ООПТ вычисляли индекс формы S [Faeth, Kane, 1978]:

$$S = P / 2 \sqrt[3]{(\pi \cdot A)}, \quad (1)$$

где P — периметр, км; A — площадь, км².

Также рассчитывали отношение периметра к площади (P/A) и площади к периметру (A/P) [Экология заповедных ... , 1997]. Об уровне фрагментированности объекта судили по индексу изрезанности ландшафта LDI [Bowen, Burgess, 1981]:

$$LDI = 100 \cdot \sum_{i=1}^n P_i / 2 \sqrt{\pi \cdot S \sum_{i=1}^n A_i}, \quad (2)$$

где P_i — периметр i -того фрагмента ООПТ, м; A_i — площадь i -того фрагмента ООПТ, м²;

S — площадь всей исследуемой территории, м² (включая виноградники и селитебные участки, расположенные между фрагментами ООПТ); n — количество фрагментов.

Названия видов приведены по [Красная книга ... , 2018; Красная книга ... , 2024].

Результаты и обсуждение

Площадь территории ГПЗ «Гора Спилія (Аскети)», предложенная для обоснования в материалах КЭО [Материалы комплексного ... , 2019; Ежегодный ... , 2019], составляла 119 га. В проекте природно-экологического каркаса г. Севастополя, являющегося частью Генерального плана [Проект Генерального ... , 2017], приведены границы ботанического заказника «Спилія», размер которого существенно меньше (около 39 га), кроме того, в непосредственной близости от него в этом документе предусмотрено создание еще двух комплексных памятников природы — «Северная Балаклава» и «Южная Балаклава», общей площадью около 218 га (рис. 1). Размеры этих ООПТ близки к минимально приемлемым для ботанических резерватов, создаваемых в качестве элементов природоохранной сети [Götmark, Thorell, 2003], но недостаточны, если проектировать такие объекты в качестве самостоятельных единиц [Экология заповедных ... , 1997].

Форма ООПТ. Для большинства предлагаемых вариантов ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» значения индекса формы S (табл. 1) существенно отклоняются от оптимальных ($S = 1$). Это связано с тем, что их территория сильно вытянута и обладает извилистыми границами. Сложная конфигурация объектов затрудняет миграцию видов в пределах объекта, что усиливает вероятность их локального вымирания [Экология заповедных ... , 1997]. Единственным участком, форма которого близка к оптимальной (круг или квадрат), является ботанический заказник «Спилия» (участок 1 в табл. 1), предусмотренный в проекте Генерального плана [Проект Генерального ... , 2017], однако его природоохранная эффективность будет невысокой вследствие незначительной площади.

Наряду с индексом формы важной характеристикой ООПТ является соотношение периметра и площади P/A . При низких значениях этого показателя уменьшается доля краевых местообитаний и ослабляются угрозы, исходящие из близлежащих антропогенно-модифицированных территорий. Величина P/A для вариантов границ ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)», предложенных ранее [Проект Генерального ... , 2017; Материалы комплексного ... , 2019], довольно высока и колеблется от 5,1 до 6,5 (табл. 1), что указывает на значительную уязвимость будущего объекта и высокую проницаемость его границ по отношению к негативным воздействиям [Экология заповедных ... , 1997]. Отношение площади к периметру (A/P) отражает степень экологической оптимальности территории. Все варианты ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» характеризуются значениями $A/P < 1$ (табл. 1), характерными для объектов с низкой экологической устойчивостью, у которых дистанция между внутренними участками ООПТ и его границами небольшая [Экология заповедных ... , 1997].

Согласно индексу LDI вариант границ ООПТ, представленный в проекте Генерального плана города Севастополя (2017), по сравнению с предложенным в КЭО [Материалы комплексного ... , 2019] (табл. 1), характеризуется значительной фрагментированностью. Это обусловлено не только сложной формой его границ, но и тем, что он включает три объекта, один из которых не имеет общих границ с остальными.

Таблица 1

Показатели формы и характера границ вариантов перспективного ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)»

Вариант границ	Участок	А, км ²	Р, км	S	P/A	A/P	LDI
КЭО [Материалы комплексного ... , 2019]	1	1,1	6,1	1,6	5,4	0,18	0,095
Проект Генерального плана г. Севастополя ... , 2017	1	0,4	2,5	1,1	6,5	0,15	0,130
	2	1,4	7,0	1,7	5,1	0,20	
	3	0,8	4,3	1,4	5,4	0,18	

Оценка представленности раритетных видов флоры в ООПТ. В ходе проведённых исследований, а также на основании данных, приведённых в литературных источниках и веб-ресурсах [Бенгус, Бенгус, 2013; Плантиум; Рыфф, 2018; iNaturalist], установлено, что на территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес произрастает 68 видов охраняемых высших растений [Красная книга ... , 2018; Красная книга ... , 2024]. Их количество в границах перспективного ООПТ варьирует от 30 до 55, в зависимости от конфигурации его границ и площади (рис. 2).

Таким образом, ни один из предложенных вариантов объекта не обеспечивает полный охват раритетной флоры исследуемой территории: места обитания 19–56 % краснокнижных видов (в том числе 17–53 % видов, занесённых в Красную книгу Российской Федерации (2024)) не вошли в его состав. При реализации любой из рассмотренных конфигураций ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» вне его границ окажутся локалитеты *Argusia sibirica* (L.) Dandy, *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch, *Colchicum umbrosum* Steven, *Crocus speciosus* M. Bieb., *Dactylorhiza romana* (Sebast.) Soó, *Galanthus plicatus* M. Bieb., *Hippocrepis biflora* Spreng., *Neotinea tridentata* (Scop.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Orchis mascula* (L.) L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Scilla bifolia* L., *Vicia ervilia* (L.), Willd.

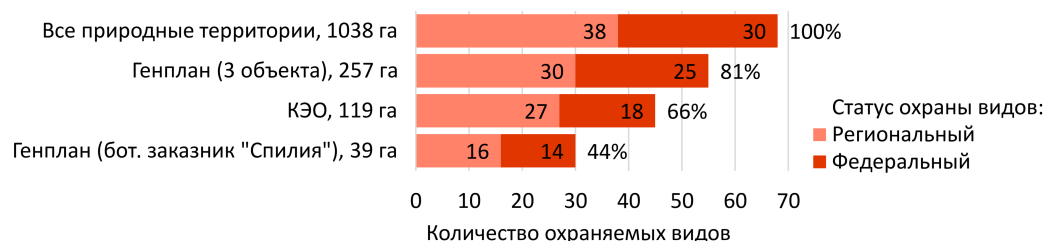


Рис. 2. Количество видов, охраняемых на региональном и федеральном уровнях [Красная книга ... , 2018; Красная книга ... , 2024] в границах перспективного ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» [Ежегодный ... , 2019; Проект Генерального ... , 2017] и на всей природной территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес

Оценка доли раритетных видов, которые будут обеспечены охраной в перспективном ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» в приемлемой степени (то есть более половины их местообитаний на исследуемой территории попадут в ООПТ), показала, что эта величина возрастает от 16 до 60 % при увеличении размера объекта. При этом для видов, охраняемых на федеральном уровне, значение этого показателя не превышает 50 %, тогда как для охраняемых на региональном — достигает 71 % (рис. 3). В целом, в зависимости от конфигурации границ ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)», от 40 до 84% раритетной флоры территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес и урочища Аязьма будут слабо обеспечены охраной, что существенно снижает эффективность рефугиумной функции этой ООПТ.

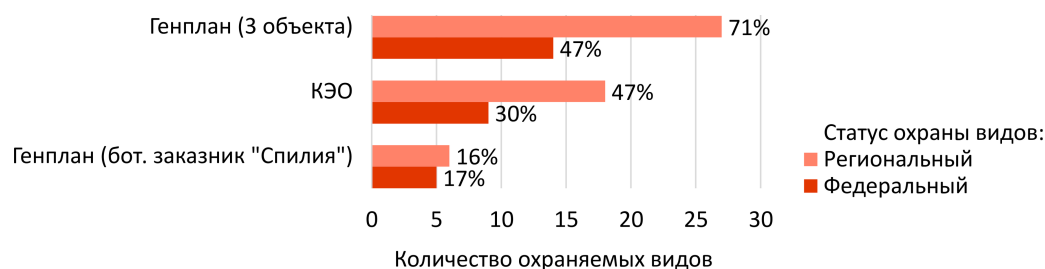


Рис. 3. Количество и доля охраняемых видов, более половины мест обитания которых на территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес войдут в ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» [Ежегодный ... , 2019; Проект Генерального ... , 2017]

Оценка полноты включения ареалов представителей раритетной флоры в ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» показала, что количество охраняемых видов исследуемой территории, которые встречаются только в его границах, колеблется от 5 до 19 в зависимости от конфигурации ООПТ (рис. 4). Причём эта величина зависела не только от площади объекта, но и от полноты включения биотопов охраняемых видов. В частности, в границах, предложенных в КЭО [Материалы комплексного ... , 2019], отмечен лишь один такой вид, занесённый в Красную книгу Российской Федерации (2024), тогда как в проекте ботанического заказника «Спилия» [Проект Генерального ... , 2017] — два, хотя его площадь вдвое меньше, чем в первом варианте. Это связано с тем, что во втором проекте предусмотрено заповедание узкой прибрежной полосы, к которой приурочены данные виды [Красная книга ... , 2024].

Оценка площади ареалов раритетных видов в составе перспективного ООПТ. К числу приоритетных целей планируемого ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» относится сохранение высокоможжевеловых сообществ, которые, имея высокое природоохранное, средообразующее, противозерозионное и водорегулирующее значение, чувствительны к антропогенному влиянию, в связи с чем рекомендовано их полное заповедание [Дидух, 1992; Высокоможжевеловые ... , 1992]. Анализ распространения *Juniperus excelsa* на природной территории показал, что при создании ООПТ в предложенных ранее границах более половины его ареала останется без охраны (рис. 5, 6).

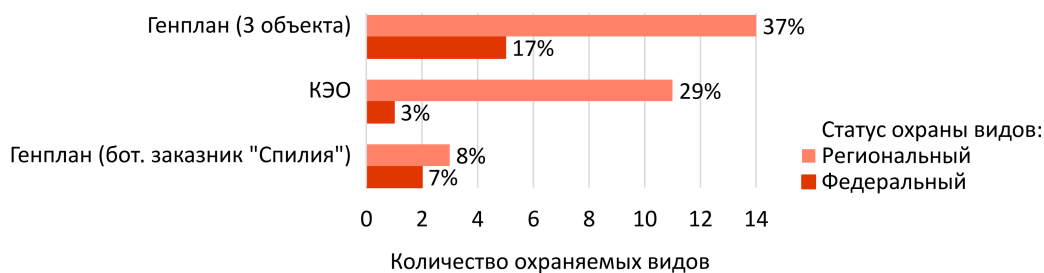


Рис. 4. Количество и доля охраняемых видов, ареал которых на территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес полностью войдёт в состав перспективного ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» [Ежегодный ... , 2019; Проект Генерального ... , 2017]

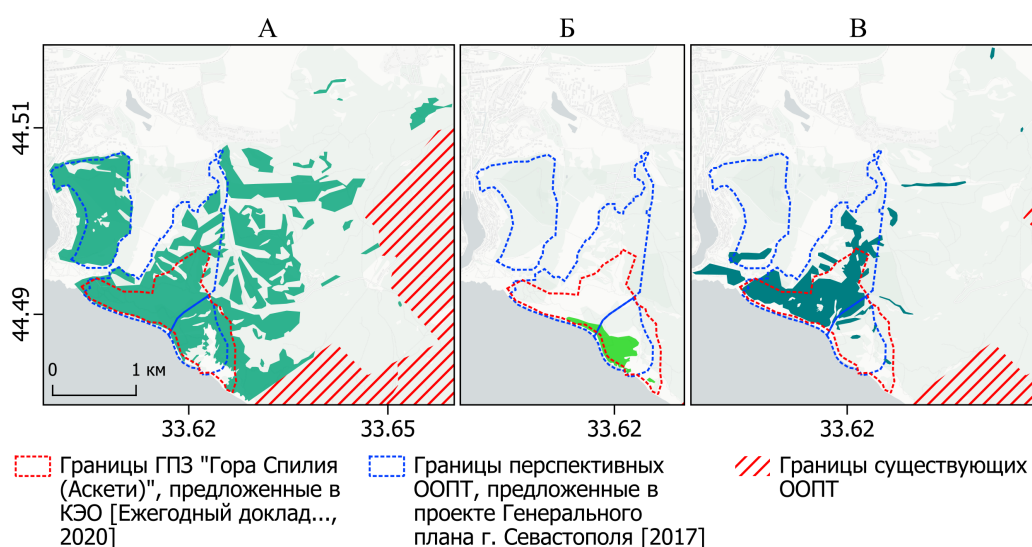


Рис. 5. Ареалы видов, занесённых в Красную книгу Российской Федерации (2024), на территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес (А — *Juniperus excelsa*, Б — *Pinus pityusa*, В — *Astragalus astracantha*)

Подножие горы Спилия (Аскети) является западной границей ареала редких сообществ сосны пицундской *Pinus pityusa* в Крыму. Этот вид произрастает в экстремальных условиях и чувствителен к антропогенному влиянию [Дидух, 1992], в связи с чем рекомендовано присвоить всем местам его обитания охранный статус [Джангиров, 2016]. Природные сообщества сосны пицундской во всех вариантах границ ООПТ будут представлены в нём довольно полно (> 80 %), исключая прилегающие к пляжной зоне участки, а также локусы, расположенные на западной границе ареала. Однако именно эти местообитания являются самыми уязвимыми, поскольку находятся в антропогенно-нагруженной прибрежной зоне и нуждаются в усиленной охране (рис. 5, 6).

На склонах г. Спилия (Аскети) расположена наиболее крупная ценопопуляция *Astragalus astracantha* в регионе Севастополя, в отличие от остальных локалитетов здесь вид местами выступает в роли содоминанта. Ядро его ареала довольно полно представлено в предложенных схемах (исключая ботанический заказник «Спилия»). Тем не менее в той его части, которая остаётся за пределами планируемого ООПТ, ценопопуляции вида разреженные, подвергаются значительному антропогенному воздействию. При отсутствии охраны вероятно его полное исчезновение на этих участках (рис. 5, 6).

Предложения по оптимизации границ ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)». Анализ существующих вариантов ООПТ показал, что их площадь, конфигурация границ, уровень репрезентативности и охвата ареалов редких видов растений недостаточны для сохранения ценных природных комплексов территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес. Увеличению

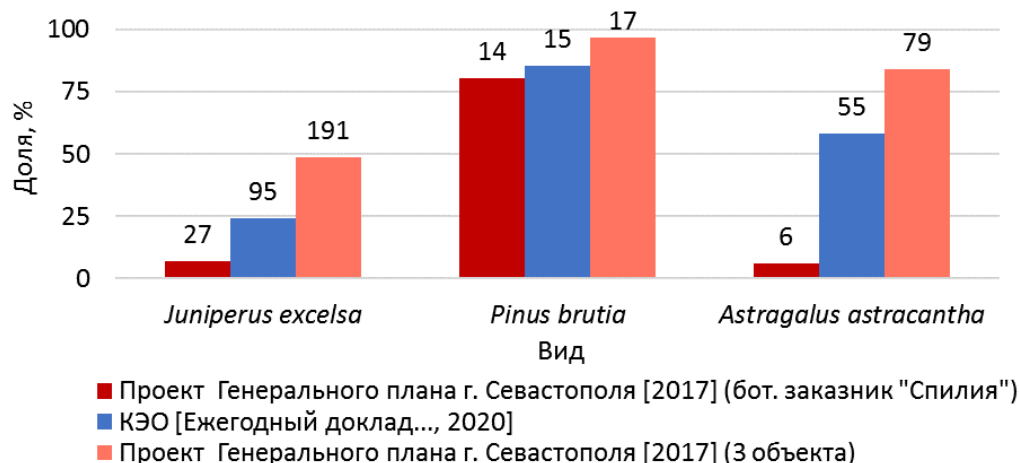


Рис. 6. Доля ареала редких видов на территории от бухты Балаклавская до хребта Каядес, приходящаяся на ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» при различных конфигурациях его границ (над столбцами приведена величина площади в га)

природоохранной эффективности объекта будет способствовать максимально полное включение в него высокоможжевеловых редколесий, располагающихся на горе Кефало-Вриси и к северо-востоку от горы Спилия (Аскети) — на склонах балки Витмера и хребта Каядес. Это позволит удвоить их площадь в ООПТ и обеспечить сохранение комплекса редких видов, приуроченных к этим сообществам, в том числе *Astragalus arnacantha*, *Asphodeline lutea* (L.) Rchb., *A. taurica* (Pall. ex M. Bieb.) Endl., *Pistacia atlantica* Desf. и др.

К северо-востоку от горы Спилия, в балках, на северных склонах и вершине хребта Каядес, расположены грабниково-пушистодубовые фитоценозы, в составе которых массово встречаются охраняемые виды — *Galanthus plicatus*, *Ruscus aculeatus* L., *Scilla bifolia*; отмечены представители семейства орхидных — *Cephalanthera longifolia*, *Dactylorhiza romana*. Именно здесь обнаружено большинство видов, места произрастания которых не вошли ни в один из вариантов ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)». Кроме того, эти территории имеют транзитное значение, обеспечивая связь ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» с существующими ООПТ — ГПЗ «Мыс Айя» и «Байдарский». Их природоохранная ценность также обусловлена присутствием представителей герпетофауны, охраняемых на федеральном и региональном уровнях [Кукушкин и др., 2019]. В связи с этим целесообразно включение в состав заказника хребта Каядес и прилегающей балки Витмера на всём их протяжении.

Приоритетными для включения в состав ООПТ, несмотря на малую площадь, являются биотопы прибрежной зоны, имеющие международный охранный статус согласно Бернской конвенции и являющиеся местообитанием редких видов *Trachomitum venetum* (L.) Woodson subsp. *sarmatiense* (Woodson) Avetisjan, *Crambe maritima* L., *Crithmum maritimum* L., *Argusia sibirica*, *Glaucium flavum* Crantz. [Красная книга ... , 2018; Красная книга ... , 2024; Рыфф, 2018; Convention on the conservation ... , 1996]. К числу созологически ценных участков относится южная часть г. Кефало-Вриси, где отмечены локалитеты *Colchicum triphyllum* Kunze [*Colchicum ancyrense* B.L. Burt], *Sternbergia colchiciflora* Waldst. et Kit., *Astragalus arnacantha* [Красная книга ... , 2024], подвергающиеся опасности полного уничтожения по причине малой численности ценопопуляций и высокой антропогенной нагрузки, а также овраг и возвышенность между холмом Канробера и хребтом Каядес, где несмотря на террасирование сохранились *Astragalus arnacantha*, *Bellevalia speciosa* Woronow ex Grossh., *Capparis herbacea* Willd., *Himantoglossum comperianum* (Steven) P. Delforge, *H. caprinum* (M. Bieb.) Spreng., *Juniperus excelsa*, *Neotinea tridentata*, *Pistacia atlantica* и др.

Наиболее оптимальная конфигурация границ ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)», с учётом вышеизложенного, представлена на рис. 7. К заповеданию предложена территория, состоящая из двух участков, разделённых сельскохозяйственными землями и жилой застройкой. Меньший из них, площадью 90 га, расположен на высотах Кефало-Вриси, а больший, включающий гору Спилия (Аскети), хребет Каядес и разделяющую их балку Витмера, занимает 949 га. Расширение территории объекта позволит обеспечить охраной все выявленные раритетные виды и создать зоны контакта между ним и другими существующими и перспективными ООПТ, увеличивая его природоохранную эффективность в качестве элемента единого экологического каркаса г. Севастополя [Мильчакова, Бондарева, Александров, 2022]. Кроме того, предложенная нами конфигурация границ даст возможность уменьшить долю краевых местообитаний и проницаемость его границ, поскольку значение показателя Р/А для основного участка перспективного ООПТ снизится с 5,1–6,5 до 2,0. Вместе с тем величина индекса $A/P = 0,5$ остаётся ниже оптимальных значений ($A/P > 1$), что указывает на высокий уровень незащищённости объекта, обусловленный небольшим удалением его внутренних участков от неохраемых территорий. В качестве компенсаторных мер желателен усиленный режим охраны ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)». Уровень фрагментированности территории, предложенной к заповеданию, сохранится на прежнем уровне ($LDI = 0,126$, см. табл. 1), поскольку она разделена на два участка, а её границы изрезаны в связи с вклиниванием сельскохозяйственных и селитебных земель.

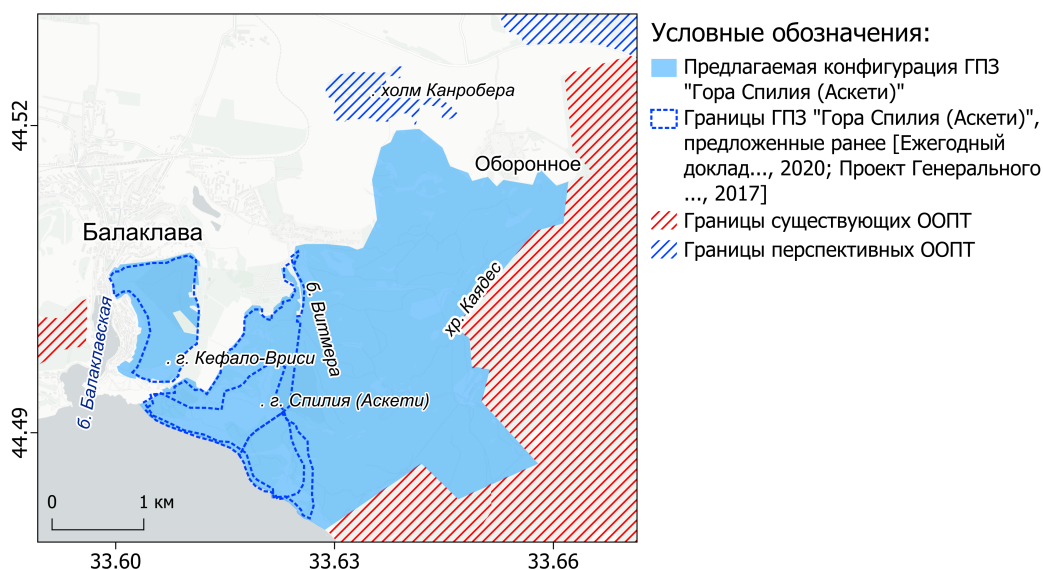


Рис. 7. Предлагаемые изменения границ перспективного ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)»

Заключение

Анализ конфигураций ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)», разработанных в проекте Генерального плана г. Севастополя (2017) и при подготовке КЭО [Материалы комплексного ..., 2019], показал, что размер, уровень уязвимости и репрезентативности объекта недостаточны для эффективного выполнения им природоохранных функций. Предложенная на основе выполненных исследований конфигурация границ ООПТ позволит повысить его природоохранную ценность за счёт увеличения охвата всех значимых местообитаний раритетных видов, снижения уязвимости к внешним воздействиям и обеспечения связи с близлежащими объектами заповедного фонда. Вместе с тем, несмотря на позитивную роль, которую сыграет создание ГПЗ «Гора Спилия (Аскети)» для сохранения локального комплекса раритетных видов, организация ещё одного малоплощадного

объекта регионального значения, для которого не предусмотрено выделение зон строгой охраны и штата сотрудников, не приведёт к существенному улучшению качества экологического каркаса г. Севастополя [Мильчакова, Бондарева, Александров, 2022]. Наибольший эффект даст объединение этого и близлежащих ООПТ в новый объект федерального уровня, относящийся к более высокой категории (национальный парк), что уже неоднократно предлагалось ранее [Материалы комплексного ... , 2019; Кукушкин и др., 2019; Морские охраняемые ... , 2015; Мильчакова и др., 2019; Тарасюк, 2001].

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность кандидату биологических наук Л. В. Бондаревой за помощь в сборе полевого материала и идентификации видов, а также Е. Б. Чернышевой (лаб. фиторесурсов ФИЦ ИнБЮМ), участвовавшей в экспедиционных исследованиях.

Список литературы

1. Бенгус Ю. В., Бенгус Л. М. К распространению отдельных видов и гибридов орхидей в окрестностях Балаклавы // Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе : Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Симферополь, 24–26 окт. 2013 г. / Таврич. нац. ун-т им. В. И. Вернадского [и др.]. – Симферополь : [б. и.], 2013. – С. 202–106.
2. Бондарева Л. В., Мильчакова Н. А., Гаврилова Ю. А., Горелов В. Н., Александров В. В., Чернышева Е. Б. Проблемы реализации природоохранного законодательства и формирования сети особо охраняемых природных территорий Севастополя // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий : сб. ст. VII Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., 01–03 окт. 2020, Сочи / М-во природ. ресурсов Краснодар. края, Природ. орнитол. парк в Имеретин. низменности. – Сочи : Донской издат. центр [и др.], 2020. – С. 77–88.
3. Высокоможжевеловые леса Крыма и проблемы их охраны / Молчанов Е. Ф., Григоров А. Н., Голубева И. В. [и др.]. – Москва, 1992. – 296 с. – Деп. в ВИНТИ 30.12.1992, № 3706-B92.
4. Горячкин Ю. Н., Федоров А. П. Оползни Севастопольского региона. Ч. 3. Мраморная балка – м. Айя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2019. – № 1. – С. 4–15. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2019-1-4-15>
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – 2019. – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2018/ (дата обращения: 30.01.2025).
6. Джангиров М. Ю. О массивах сосны пихтундской (*Pinus pityusa* Steven), требующих охраны на территории г. Сочи // Экологические проблемы и стратегия устойчивого развития агломерации город-курорт Сочи : сб. науч. ст. по материалам II науч.-практ. конф. (Сочи, июнь 2016 г.) / Сочин. науч.-исслед. центр РАН [и др.]. – Сочи : Издат. дом Sochi, 2016. – С. 93–97.
7. Дидух Я. П. Растительный покров Горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана). – Киев : Наук. думка, 1992. – 253 с.
8. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2018 год / Правительство Севастополя. Гл. упр. природ. ресурсов и экологии г. Севастополя (Севприроднадзор) // Правительство Севастополя. – 2019. – URL: <https://spn.sev.gov.ru/ekologicheskoe-sostoyanie-sevastopolya/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchey-sredy-goroda-sevastopolya/> (дата обращения: 30.01.2025).

9. Закон города Севастополя от 9 сентября 2019 года № 544-ЗС «Об утверждении перечня перспективных особо охраняемых природных территорий регионального значения города Севастополя» // Законодательное Собрание города Севастополя. – URL: https://sevzakon.ru/view/laws/bank/2019/zakon_n_544_zs_ot_09_09_2019/opublikovanie/ (дата обращения: 30.01.2025).
10. Конвенция о биологическом разнообразии. Глобальная стратегия сохранения растений: техническое обоснование, доводы в пользу обновления и предлагаемые основные этапы и индикаторы : UNEP/CBD/COP/10/19, 2 Aug. 2010 // Convention on Biological Diversity. – URL: <https://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-10/official/cop-10-19-ru.pdf> (дата обращения: 30.01.2025).
11. Конвенция о биологическом разнообразии. Куньминско-Монреальская глобальная рамочная программа в области биоразнообразия : CBD/COP/DEC/15/4, 19 Dec. 2022 // Convention on Biological Diversity. – URL: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-ru.pdf> (дата обращения: 30.01.2025).
12. Красная книга города Севастополя / ред.: И. В. Довгаль, В. В. Корженевский. – Калининград ; Севастополь : РОСТ – ДООАФК, 2018. – 432 с.
13. Красная книга Российской Федерации. Животные / М-во природ. ресурсов и экологии РФ, Рос. акад. наук ; гл. ред. кол.: Д. С. Павлов [и др.]. – 2-е изд. – Москва : ВНИИ Экология, 2021. – 1127 с.
14. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / М-во природ. ресурсов и экологии РФ [и др.] ; отв. ред. Д. В. Гельтман. – 2-е изд. – Москва : ВНИИ Экология, 2024. – 944 с.
15. Кукушкин О. В., Трофимов А. Г., Турбанов И. С., Слодкевич В. Я. Герпетофауна города Севастополя (юго-западный Крым): видовой состав, зоогеографическая характеристика, ландшафтно-зональное распределение, современное состояние и охрана // Трансформация экосистем. – 2019. – Т. 2, № 4. – С. 72–129. – <https://doi.org/10.23859/estr-190530>
16. Материалы комплексного экологического обследования территорий, обосновывающие придание им статуса особо охраняемой природной территории регионального значения в городе Севастополе – Государственный природный ландшафтный заказник «Спилия» (биологическое разнообразие). Ч. 2 / М-во науки и высш. образования РФ, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского РАН ; рук. Л. В. Бондарева. – Севастополь, 2019. – 117 с.
17. Мильчакова Н. А., Бондарева Л. В., Александров В. В. Природные ядра регионального экологического каркаса г. Севастополя // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17, № 2. – С. 102–114. – <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-102-114>
18. Мильчакова Н. А., Бондарева Л. В., Чернышева Е. Б., Александров В. В., Рябогина В. Г. Перспективы формирования особо охраняемых природных территорий федерального значения в городе Севастополе // Заповедники – 2019. Биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление : Материалы IX Всерос. науч.-практ. конф., Симферополь, 09–11 окт. 2019 г. / Крым. федер. ун-т им. В. И. Вернадского [и др.]. – Симферополь : Ариал, 2019. – С. 68–74.
19. Морские охраняемые акватории Крыма : науч. справ. / Н. А. Мильчакова, В. В. Александров, Л. В. Бондарева [и др.] ; под ред. Н. А. Мильчаковой. – Симферополь : Н. Орианда, 2015. – 312 с.
20. Панкеева Т. В., Каширина Е. С., Миранова Н. В., Новиков А. А. Природный заказник «Спилия» как новый объект ООПТ Севастополя // Заповедники – 2019. Биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление : Материалы IX Всерос. науч.-практ. конф., Симферополь, 09–11 окт. 2019 г. / Крым. федер. ун-т им. В. И. Вернадского [и др.]. – Симферополь : АРИАЛ, 2019. – С. 79–84. – <https://www.elibrary.ru/mrnosw>

21. Плантиум. Растения и лишайники России и сопредельных стран : открытый онлайн-атлас и определитель растений. – URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 30.01.2025).
22. Проект Генерального плана города Севастополя. Природно-экологический каркас / НИИПИ Генплана Москвы // Правительство Севастополя. – 2017. – URL: <https://sev.gov.ru/files/iblock/1b1/l0gfyinrclw koc94ava8wuf3w57fcm2/Generalnyy-plan..zip> (дата обращения: 30.01.2025).
23. Разработка схемы региональной экологической сети Автономной Республики Крым : науч.-техн. отчет / Таврич. нац. ун-т им. В. И. Вернадского. – Симферополь, 2008. – 322 с.
24. Рыф Л. Э. *Roacynum armenum* (Pobed.) Mavrodiev, Laktionov et Yu. E. Alexeev (Аросунасеае) в юго-западном Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Вып. 127. – С. 78–87. – <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.127.2018.10>
25. Санников П. Ю. Обзор методов оценки репрезентативности сетей ООПТ // Географический вестник. – 2014. – № 2. – С. 107–115. – <https://www.elibrary.ru/shnykr>
26. Саркина И. С. Макромицеты растительных сообществ ООПТ «Спилия» (город Севастополь) // Наземные и морские экосистемы Причерноморья и их охрана : сб. тез. II Всерос. науч.-практ. шк.-конф., 28 сент. – 02 окт. 2020 г., пгт Курортное / редкол.: Коробушкин Д. И. [и др.]. – Севастополь : Ин-т природ.-техн. систем, 2020. – С. 302–305.
27. Стишов М. С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. – Москва : WWF России, 2012. – 284 с.
28. Тарасюк А. Н. Проблемы сохранения и развития природно-заповедного фонда Севастопольского региона // Записки общества геоэкологов / Таврич. нац. ун-т им. В. И. Вернадского. – Симферополь : ТНУ, 2001. – Вып. 5/6. – С. 53–63.
29. Шук Н. В. О необходимости сохранения экологических коридоров на территории Большого Севастополя // Системы контроля окружающей среды – 2017 : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Севастополь, 06–09 нояб. 2017 г. / Ин-т природ.-техн. систем [и др.] ; редкол.: Воскресенская Е. Н. [и др.]. – Севастополь : ИПТС, 2017. – С. 139. – <https://www.elibrary.ru/yqltck>
30. Экология заповедных территорий России / В. Е. Соколов, К. П. Филонов, Ю. Д. Нухимовская, Г. Д. Шадрин ; под ред. В. Е. Соколова, В. Н. Тихомирова. – Москва : Янус-К, 1997. – 574 с.
31. Allan J. R., Possingham H. P., Atkinson S. C., Waldron A., Di Marco M., Butchart S. H., Adams V. M., Kissling W. D., Worsdell T., Sandbrook C., Gibbon G., Kumar K., Mehta P., Maron M., Williams B. A., Jones K. R., Wintle B. A., Reside A. F., Watson J. E. The minimum land area requiring conservation attention to safeguard biodiversity // Science. – 2022. – Vol. 376, № 6597. – P. 1094–1101. – <https://doi.org/10.1126/science.abl9127>
32. Bowen G. W., Burgess R. L. A quantitative analysis of forest island pattern in selected Ohio landscapes : ORNL/TM-7759. – Oak Ridge, USA : Oak Ridge Nat. Lab., 1981. – 111 p. – (Environmental sciences division ; publ. № 1719).
33. Convention on the conservation of european wildlife and natural habitats. Resolution № 4. Listing endangered natural habitats requiring specific conservation measures // The Council of Europe. – 1996. – URL: <https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?p=&id=1475213&Site=&BackColorInternet=B9BDEE&BackColorIntranet=FFCD4F&BackColorLogge d=FFC679&direct=true> (дата обращения: 05.02.2024).
34. Craigie I. D., Baillie J. E., Balmford A., Carbone C., Collen B., Green R. E., Hutton J. M. Large mammal population declines in Africa's protected areas // Biological Conservation. – 2010. – Vol. 143, iss. 9. – P. 2221–2228. – <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.06.007>

35. Di Cintio A., Niccolini F., Scipioni S., Bulleri F. Avoiding «paper parks»: a global literature review on socioeconomic factors underpinning the effectiveness of marine protected areas // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15, iss. 5. – Art. 4464. – <https://doi.org/10.3390/su15054464>
36. Dinerstein E., Olson D., Joshi A. ... Saleem M. An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm // *BioScience*. – 2017. – Vol. 67, iss. 6. – P. 534–545. – <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
37. Faeth S. H., Kane T. C. Urban biogeography // *Oecologia*. – 1978. – Vol. 32. – P. 127–133. – <https://doi.org/10.1007/BF00344697>
38. Götmark F., Thorell M. Size of nature reserves: densities of large trees and dead wood indicate high value of small conservation forests in southern Sweden // *Biodiversity & Conservation*. – 2003. – Vol. 12, iss. 6. – P. 1271–1285. – <https://doi.org/10.1023/A:1023000224642>
39. Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors / Hilty J. A., Worboys G., Keeley A. [et al.] ; ed. by Groves C. – Gland, Switzerland : IUCN, 2019. – 140 p. – <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en>
40. iNaturalist. – URL: <https://www.inaturalist.org> (дата обращения: 30.01.2025).
41. Li G., Fang C., Watson J. E. M., Sun S., Qi W., Wang Z., Liu J. Mixed effectiveness of global protected areas in resisting habitat loss // *Nature Communications*. – 2024. – Vol. 15. – Art. 8389. – <https://doi.org/10.1038/s41467-024-52693-9>
42. Venter O., Fuller R. A., Segan D. B., Carwardine J., Brooks T., Butchart S. H. M., Di Marco M., Iwamura T., Joseph L., O'Grady D., Possingham H. P., Rondinini C., Smith R. J., Venter M., Watson J. E. M. Targeting global protected area expansion for imperiled biodiversity // *PLoS Biology*. – 2014. – Vol. 12, iss. 6. – Art. e1001891. – <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001891>
43. Watson J. E. M., Grantham H. S., Wilson K. A., Possingham H. P. Systematic conservation planning: past, present and future // *Conservation biogeography* / eds: R. J. Ladle, R. J. Whittaker. – Oxford : Blackwell Publ., 2011. – Chap. 6. – P. 136–160. – <https://doi.org/10.1002/9781444390001.ch6>

THE ENVIRONMENTAL PROTECTION EFFICIENCY OF THE PROSPECTIVE STATE NATURE PRESERVE «MOUNT SPILIA (ASKETI)» (SEVASTOPOL) WITH DIFFERENT CONFIGURATION OF ITS BOUNDARIES

Alexandrov V. V.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: valexandrov@ibss-ras.ru*

Abstract: The State Nature Preserve of Regional Significance (SNP) «Mount Spilia (Asketi)» is one of 13 protected areas in Sevastopol that are planned to be established. The existing schemes of its location as well as environmental protection efficiency depending on different boundaries configurations are analyzed in this paper to propose the optimization measures. During the 2019–2024 the area between the Balaklavskaya Bay and the Kayades Ridge occupied with natural plant communities was examined to identify the location of plant species listed in the Red Books of Russia and Sevastopol. Based on own and published data as well as the web resources Plantarium.ru and iNaturalist.org, it was found that the rare flora in the studied area includes 68 species. Of these, 19 to 56 % were not found within the boundaries of any of the proposed options for the SNP «Mount Spilia (Asketi)». The percentage of species with an acceptable level of protection (more than half of their occurrence sites across the studied

area are located within the SNP) ranged from 16 to 60 %. The range size in the region from Balaklavskaya Bay to the Kayades ridge for the three dominant plant species protected at the federal level has been identified. It has been revealed that only *Pinus pityusa* Steven will be sufficiently protected, as 81–97 % of its range will fall within the SNP «Mount Spilia (Asceti)». For *Astragalus arnacantha* M. Bieb., this value ranged from 5 to 84%, while for *Juniperus excelsa* M. Bieb. — from 7 to 49 %. The calculation of the shape indices showed that the current options for the boundaries of SNP «Mount Spilia (Asketi)» were not optimal, the object is vulnerable to external impacts. Considering this, a new spatial layout for the Protected Area was proposed, which ensures an increase in its area from 119 to 1,039 ha, reducing vulnerability and covering most habitats of rare species.

Keywords: Protected Areas, optimization, efficiency evaluation, endangered species, Red Book, Crimea

Сведения об авторе

Александров	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт
Владимир	биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, г. Севас-
Владимирович	тополь, 299011, Российская Федерация, valexandrov@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 11.02.2025 г.

Принята к публикации 24.02.2025 г.

ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И МОРСКАЯ РАДИОХЕМОЭКОЛОГИЯ

УДК [591.524.11:[504.5:665.7]](262.5)

DOI: [10.21072/eco.2025.10.1.07](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.1.07)

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЗООБЕНТОСА ЧЁРНОГО МОРЯ К ХРОНИЧЕСКОМУ НЕФТЯНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ *

Алёмов С. В.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: alyomov_sv@ibss-ras.ru

Аннотация: Проанализирована многолетняя (более 700 станций за период с 1973 по 2012 г.) встречаемость видов макрозообентоса на участках крымского побережья с различным уровнем загрязнения донных осадков нефтяными углеводородами. Для 100 основных видов установлена принадлежность к определённой экологической группе: 1 — чувствительные к загрязнению, 2 — индифферентные, 3 — устойчивые. Предложенную шкалу можно использовать: при расчётах существующих экологических индексов состояния сообществ бентоса (например, индексов BENTIX, AMBI), при разработке новых показателей состояния сообществ, для выделения критических видов (чувствительные виды или негативные индикаторы загрязнения) и биоиндикаторов (устойчивые виды или позитивные индикаторы загрязнения).

Ключевые слова: Чёрное море, нефтяное загрязнение, экологическое состояние, макрозообентос, индексы

Введение

Макрозообентос является одним из узловых звеньев биотического круговорота вещества и энергии в прибрежных экосистемах. Пространственная стабильность и относительное долголетие макробентосных организмов и сообществ позволяет относить его к наиболее информативной группе водных ценозов, отражающей происходящие долгосрочные изменения в среде [Телеганов, 2007; Choirunnisa, Takarina, 2019; Mimier, Żbikowski, 2017; Maida, Zuriani, 2018; Revkov et al., 2008]. На его характеристиках (численность, биомасса, таксономическое разнообразие) базируется большое число оценок состояния биотопов [Алёмов, Осадчая, 2004; Миронов, Кирюхина, Алёмов, 1999; Петров, 2000; Тихонова, Соловьёва, 2015; Dauer, 1993; Di Lorenzo et al., 2022; Wilson, 2003]

В последние годы биотические индексы стали общепринятым компонентом экологических оценок состояния окружающей среды [Abahi et al., 2020; Onyena, Nkwoji, Chukwu, 2023; Pielou, 1966; Simboura, Zenetos, 2002; Wilson, Jeffrey, 1987]. В таких индексах показатели присутствия и обилия таксонов макробеспозвоночных, чувствительных к различным нарушениям среды, и таксонов — индикаторов загрязнения окружающей среды используются при определении экологического состояния акваторий. Донные беспозвоночные, в дополнение к их центральной роли в функционировании морских экосистем, представляют собой хороший показатель в оценке состояния качества окружающей среды [Keke et al., 2021; Mwedzi et al., 2020; Muxika, Borja, Bonne, 2005; Tampo et al., 2021; Water Framework ... , 2009].

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Изучение биогеохимических закономерностей радиоэкологических и хемотрасформационных процессов в экосистемах водоемов Азово-Черноморского бассейна в сравнении с другими акваториями Мирового океана и отдельными водными экосистемами их водосборных бассейнов для обеспечения устойчивого развития на южных морях России» (№ гос. регистрации 124030100127-7).

Следует отметить, что разные индексы зачастую дают различную (иногда значительно отличающуюся) оценку экологического качества акваторий [Алёмов, Витер, Гусева, 2019]. Необходимо учитывать, что в процессе расчёта индексов с применением свободно распространяемого программного продукта, например индексов BENTIX [The BENTIX index ...], AMBI или M-AMBI [AZTI – Centro ...], используются встроенные разработчиками в программное обеспечение библиотеки видов, ранжированных по экологическим группам. Поскольку разные методические подходы разрабатывались разными авторами для различных участков морей бассейна Средиземного моря и Атлантического океана, они могут не вполне адекватно характеризовать отклики черноморских биоценозов, особенно адаптированных к хроническому воздействию загрязнения.

Всё это указывает на необходимость дальнейших исследований по адаптации этих индексов к условиям Чёрного моря и поиску дополнительных критериев и показателей оценки состояния сообществ. Целью работы является составление списка массовых видов черноморского макрозообентоса, ранжированного по их устойчивости к нефтяному загрязнению донных отложений.

Материалы и методы

Для анализа встречаемости различных видов макрозообентоса при различных уровнях загрязнения (в период с 1973 по 2012 г., более 700 станций) использованы собственные материалы автора (1985–2012 гг.) и архивные материалы отдела морской санитарной гидробиологии (ныне лаборатория хемотропологии) ИнБЮМ за 1973–1982 гг.

В ходе санитарно-биологических съёмок пробы донных отложений для анализа качественного и количественного состава макрозообентоса отбирали дночерпателем Петерсена ($S = 0,038 \text{ м}^2$) по три повторности в каждой точке на глубинах 3–20 м и ручным водолазным дночерпателем ($S = 0,038 \text{ м}^2$) на глубинах до 2 м в летний период по единой сетке станций (рис. 1). Исследования проводились с 1973 г. с периодичностью один раз в три года. Пробы промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм, фиксировали 96%-ным раствором этанола. Дальнейшую обработку проб вели по [СТП ИМБИ 077-2019] и определяли видовой состав макрозообентоса по [Киселёва, 2004; Определитель фауны ... , 1968; Определитель фауны ... , 1969; Определитель фауны ... , 1972; Чухчин, 1984]. Номенклатуру видов макрозообентоса приводили в соответствии с мировым реестром [World Register ...].



Рис. 1. Схема расположения станций многолетнего мониторинга в регионе г. Севастополя

Одновременно с отбором проб макрозообентоса отбирались пробы донных отложений для определения физико-химических показателей и концентрации хлороформ-экстрагируемых веществ [Миловидова, Кирюхина, 1985; Миронов, Кирюхина, Алемов, 1999; Миронов, Кирюхина, Алемов, 2003]. Опубликованные материалы, а также архивные данные, предоставленные Л. Н. Кирюхиной, Т. В. Шадринной и Е. А. Тихоновой, были использованы для анализа встречаемости видов макрозообентоса при различной степени загрязнения донных отложений (таблица 1). Для выделения уровней загрязнения была использована предложенная ранее [Влияние нефти ... , 1985] градация концентраций хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) в донных отложениях. Реальные фиксируемые величины концентрации ХЭВ варьировали в пределах двух порядков величин (таблица 1).

Для грунтов со II уровнем загрязнения было выделено значительно меньшее (в 2-3 раза) количество станций по сравнению с другими уровнями. При этом показатели донных отложений и видовой состав макрозообентоса при I и II уровнях достаточно близки. Объединение данных по этим двум уровням добавило к общему списку видов 7 % от общего количества. В связи с этим при дальнейшем анализе оба уровня рассматриваются совместно.

Таблица 1

Характеристика донных отложений и макрозообентоса при различных уровнях загрязнения донных осадков

Показатель	Уровень загрязнения, %					
	I	II	I и II	III	IV	V
Количество станций	153	47	200	215	108	181
Концентрация ХЭВ, г/100 г сух.д.о.*	< 0,05	0,05–0,09	< 0,10	0,10–0,49	0,50–0,99	> 1,00
Средняя концентрация ХЭВ, г/100 г сух.д.о.	0,02	0,06	0,03	0,28	0,70	2,39
Число видов макрозообентоса**	196	133	211	169	125	151

*Выделение уровней загрязнения по [Влияние нефти ... , 1985]

**Виды и надвидовые таксоны, по которым не проводилось определение до вида

Результаты и обсуждение

Изучение макрозообентоса является важной составной частью комплексного мониторинга экологического состояния донных осадков в акватории г. Севастополя (юго-запад полуострова Крым). Эти работы охватывают районы с различной антропогенной нагрузкой, так как в прибрежной зоне базируются корабли Черноморского флота, расположены рыбный и торговый порты, рекреационные зоны. Мониторинговые исследования бентосных сообществ в регионе Севастополя проводятся отделом морской санитарной гидробиологии (ныне лаборатория хемо-экологии) ИнБЮМ с 1973 г. по регулярной сетке станций [Алёмов и др., 2018; Миловидова, Кирюхина, 1985; Миронов, Кирюхина, Алемов, 1999; Миронов, Кирюхина, Алемов, 2003; Biological diversity ... , 2012].

На основании анализа материалов, полученных в 1973–1975 гг. (114 станций) Миловидовой Н. Ю. и Кирюхиной Л. Н., по изменениям биомассы различных видов макрозообентоса, была предложена шкала толерантности основных видов черноморского макрозообентоса к загрязнению [Влияние нефти ... , 1985], состоящая из 23 видов. Проводимые дальнейшие исследования состава и характеристик сообществ макрозообентоса в акваториях с различным уровнем нефтяного загрязнения донных отложений позволили как уточнить сведения по упомянутым в данной шкале видам, так и расширить этот список (рис. 2).

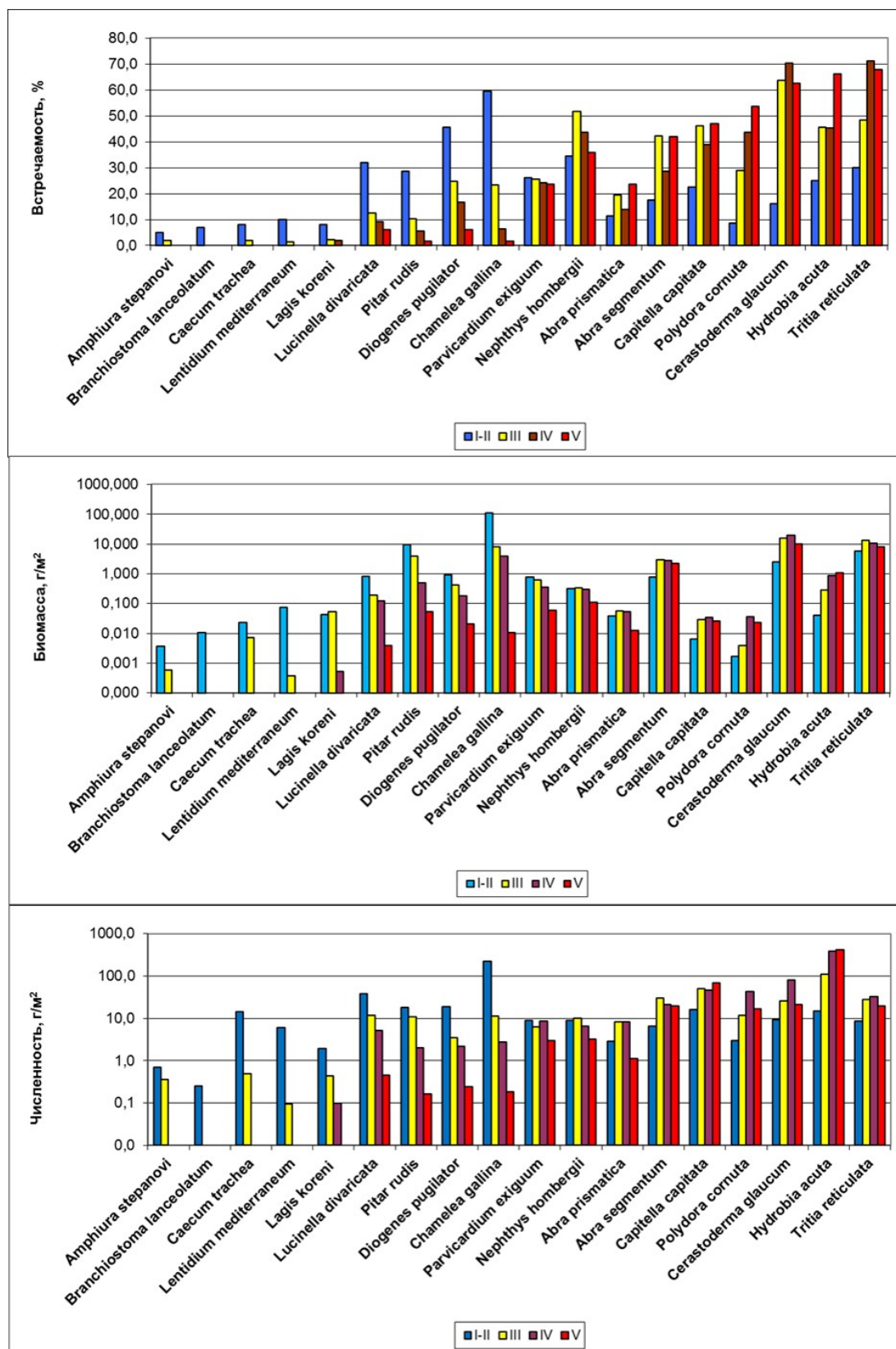


Рис. 2. Встречаемость, средние значения численности и биомассы массовых видов макрозообентоса на грунтах с различным уровнем загрязнения

В рамках дальнейшей разработки критериев оценки действия нефтяного загрязнения на экосистемы шельфовых зон Чёрного моря составлена шкала индикаторных видов макрозообентоса на основе данных о присутствии/отсутствии (встречаемости) отдельных видов на грунтах с различным уровнем нефтяного загрязнения. Для этого проанализирована многолетняя (в период с 1973 по 2012 г.) встречаемость видов макрозообентоса на участках крымского побережья с различным уровнем загрязнения донных осадков нефтяными углеводородами.

Из общего списка видов выделены те, для которых общая встречаемость за весь анализируемый период составила более 1,5 % (встречены более чем на 10 станциях). Этот перечень включает 100 видов и крупных надвидовых таксонов. Для таких видов определена встречаемость при различных уровнях загрязнения как процент станций при том или ином уровне загрязнения от общего количества станций, на которых этот вид обнаружен. Таким образом, охарактеризована принадлежность видов зообентоса к определённой экологической группе по чувствительности к загрязнению (таблица 2): чувствительные, индифферентные и устойчивые. К чувствительным отнесены виды, которые встречались только на грунтах от I до III уровней загрязнения, либо те, для которых характерно выраженное снижение показателя встречаемости при возрастании уровня загрязнения донных осадков. Виды макрозообентоса, для которых характерна обратная тенденция (увеличение показателей встречаемости при возрастании уровня загрязнения), отнесены к экологической группе устойчивых. Экологическую группу индифферентных к загрязнению составили виды, которые не проявляли явно выраженных изменений показателя встречаемости на всём диапазоне степени загрязнённости донных осадков.

Таблица 2

Встречаемость (%) видов макрозообентоса при различных уровнях загрязнения донных осадков

№	Вид	Количество станций*	Уровень загрязнения, %			
			I и II	III	IV	V
Чувствительные						
1	<i>Acanthocardia paucicostata</i> (G. B. Sowerby II, 1834)	19	42,1	42,1	10,5	5,3
2	<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	14	57,1	21,4	7,1	14,3
3	<i>Ampelisca diadema</i> (A. Costa, 1853)	48	83,3	14,6	–	2,1
4	<i>Amphiura stepanovi</i> Djakonov, 1954	14	71,4	28,6	–	–
5	<i>Anadara inaequalvis</i> (Bruguière, 1789)	32	65,6	28,1	3,1	3,1
6	<i>Aricidea (Acmira) cerrutii</i> Laubier, 1966	78	66,7	28,2	2,6	2,6
7	<i>Bodotria arenosa mediterranea</i> (Steuer, 1938)	18	100	–	–	–
8	<i>Branchiostoma lanceolatum</i> (Pallas, 1774)	14	100	–	–	–
9	<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)	20	80,0	20,0	–	–
10	<i>Calyptrea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	50	56,0	18,0	14,0	12,0
11	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	179	66,5	27,9	3,9	1,7
12	<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	15	73,3	6,7	6,7	13,3
13	<i>Cradosrupocellaria bertholletii</i> (Audouin, 1826)	18	33,3	44,4	5,6	16,7
14	<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	173	52,6	30,6	10,4	6,4
15	<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	12	66,7	16,7	–	16,7
16	<i>Exogone naidina</i> Örsted, 1845	43	65,1	18,6	4,7	11,6
17	<i>Fabulina fabula</i> (Gmelin, 1791)	65	49,2	36,9	4,6	9,2
18	<i>Genetyllis tuberculata</i> (Bobretzky, 1868)	11	54,5	18,2	18,2	9,1
19	<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861	44	52,3	27,3	9,1	11,4
20	<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	75	62,7	24,0	9,3	4,0
21	<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	22	63,6	31,8	–	4,5
22	<i>Lagis koreni</i> Malmgren, 1866	23	69,6	21,7	8,7	–

Продолжение на следующей странице...

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЗООБЕНТОСА ЧЁРНОГО МОРЯ К ХРОНИЧЕСКОМУ НЕФТЯНОМУ
ЗАГРЯЗНЕНИЮ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

№	Вид	Количество станций*	Уровень загрязнения, %			
			I и II	III	IV	V
23	<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)	12	83,3	16,7	–	–
24	<i>Lekanesphaera hookeri</i> (Leach, 1814)	11	90,9	9,1	–	–
25	<i>Lentidium mediterraneum</i> (O. G. Costa, 1830)	23	87,0	13,0	–	–
26	<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	26	80,8	15,4	3,8	–
27	<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	112	57,1	24,1	8,9	9,8
28	<i>Macomangulus tenuis</i> (da Costa, 1778)	17	82,4	17,6	–	–
29	<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	87	49,4	36,8	5,7	8,0
30	<i>Modiolus adriaticus</i> Lamarck, 1819	59	61,0	22,0	8,5	8,5
31	<i>Micronephthys longicornis</i> (Perejaslavitseva, 1891)	67	62,7	28,4	4,5	4,5
32	<i>Nototropis guttatus</i> (A. Costa in Hope, 1851)	27	66,7	11,1	18,5	3,7
33	<i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen, 1884)	12	100	–	–	–
34	<i>Pectenogammarus olivii</i> (H. Milne Edwards, 1830)	17	70,6	29,4	–	–
35	<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769	15	46,7	46,7	6,7	–
36	<i>Phyllodoce</i> sp.	43	44,2	27,9	18,6	9,3
37	<i>Pitar mediterraneus</i> (Aradas & Benoit, 1872)	21	52,4	47,6	–	–
38	<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	88	64,8	25,0	6,8	3,4
39	<i>Platyhelminthes</i>	39	59,0	15,4	5,1	20,5
40	<i>Polititapes aureus</i> (Gmelin, 1791)	45	53,3	31,1	8,9	6,7
41	<i>Protodorvillea kefersteini</i> (McIntosh, 1869)	86	65,1	22,1	3,5	9,3
42	<i>Retusa truncatula</i> (Bruguière, 1792)	23	43,5	21,7	21,7	13,0
43	<i>Saccocirrus papillocercus</i> Bobretzky, 1872	12	83,3	16,7	–	–
44	<i>Sagartia undata</i> (Müller, 1778)	16	62,5	37,5	–	12,5
45	<i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778)	87	58,6	28,7	6,9	5,7
46	<i>Steromphala adriatica</i> (R. A. Philippi, 1844)	18	50,0	22,2	11,1	16,7
47	<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)	46	52,2	34,8	8,7	4,3
48	<i>Tritia neritea</i> (Linnaeus, 1758)	21	52,4	14,3	14,3	19,0
49	<i>Tritia pellucida</i> (Risso, 1826)	69	47,8	29,0	8,7	14,5
Индифферентные						
50	<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)**	16	31,3	31,3	31,3	6,3
51	<i>Abra renieri</i> (Bronn, 1831)**	23	30,4	47,8	13,0	8,7
52	<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	200	22,5	34,5	16,0	27,0
53	<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	338	28,1	34,9	14,8	22,2
54	<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766)	13	7,7	38,5	23,1	30,8
55	<i>Brachystomia eulimoides</i> (Hanley, 1844)	28	–	60,7	7,1	32,1
56	<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	60	36,7	28,3	10,0	25,0
57	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	303	29,0	36,3	11,6	23,1
58	<i>Iphinoe elisae</i> Băcescu, 1950	177	21,5	34,5	9,6	34,5
59	<i>Iphinoe maeotica</i> Sowinskyi, 1893	22	31,8	27,3	13,6	27,3
60	<i>Iphinoe tenella</i> Sars, 1878	14	35,7	–	7,1	57,1
61	<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	35	31,4	31,4	25,7	11,4
62	<i>Limapontia capitata</i> (O. F. Müller, 1774)	18	16,7	38,9	22,2	22,2
63	<i>Loripes orbiculatus</i> Poli, 1795	47	14,9	46,8	8,5	29,8
64	<i>Mangelia costata</i> (Pennant, 1777)	20	25,0	35,0	15,0	25,0
65	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> A. Costa, 1853	39	43,6	15,4	10,3	30,8
66	<i>Mysta picta</i> (Quatrefages, 1866)	30	40,0	23,3	16,7	20,0
67	<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	225	35,6	28,9	12,9	22,7
68	<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	152	21,7	29,6	17,1	31,6
69	NEMERTEA	76	36,8	23,7	9,2	30,3

Продолжение на следующей странице...

№	Вид	Количество станций*	Уровень загрязнения, %			
			I и II	III	IV	V
70	<i>Nephtys cirrosa</i> Ehlers, 1868	26	26,9	26,9	19,2	26,9
71	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	292	23,6	38,0	16,1	22,3
72	OLIGOCHAETA	162	32,1	39,5	11,1	17,3
73	<i>Parthenina terebellum</i> (R. A. Philippi, 1844)	20	15,0	50,0	5,0	30,0
74	<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	176	29,5	31,3	14,8	24,4
75	<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	16	43,8	12,5	18,8	25,0
76	<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)	53	26,4	34,0	7,5	32,1
77	<i>Prionospio cirrifera</i> Wirén, 1883	26	53,8	26,9	7,7	11,5
78	<i>Retusa robagliana</i> (P. Fischer, 1869)	44	38,6	27,3	9,1	25,0
79	<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1836)	64	34,4	29,7	10,9	25,0
80	<i>Syllis</i> sp.	27	44,4	3,7	7,4	44,4
81	<i>Upogebia pusilla</i> (Petagna, 1792)	17	17,6	58,8	11,8	11,8
Устойчивые						
82	<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	123	18,7	34,1	12,2	35,0
83	<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	233	15,0	39,1	13,3	32,6
84	<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	151	7,9	31,8	18,5	41,7
85	<i>Brachystomia scalaris</i> (MacGillivray, 1843)	11	9,1	–	36,4	54,5
86	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	271	16,6	36,5	15,5	31,4
87	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	358	8,9	38,3	21,2	31,6
88	<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)	13	7,7	15,4	–	76,9
89	<i>Harmothoe reticulata</i> (Claparède, 1870)	69	29,0	14,5	13,0	43,5
90	<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	52	15,4	40,4	13,5	30,8
91	<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)	317	15,8	30,9	15,5	37,9
92	<i>Molgula euprocta</i> (Drasche, 1884)	21	–	23,8	19,0	57,1
93	<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	14	28,6	14,3	14,3	42,9
94	<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	223	7,6	27,8	21,1	43,5
95	<i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Gould, 1841)	16	6,3	25,0	6,3	62,5
96	<i>Rissoa membranacea</i> (J. Adams, 1800)	82	11,0	29,3	15,9	43,9
97	<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)	136	6,6	25,7	19,1	48,5
98	<i>Rissoa splendida</i> Eichwald, 1830	27	18,5	7,4	29,6	44,4
99	<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	67	23,9	26,9	13,4	35,8
100	<i>Tritia reticulata</i> (Linnaeus, 1758)	364	16,5	28,6	21,2	33,8

*Общее количество станций, на которых обнаружен данный вид

**В настоящее время оба вида объединены в один — *Abra alba* (W. Wood, 1802)

Из общего списка почти половина видов (49) отнесены к чувствительным, что указывает на возможность существенного снижения показателя видового богатства зообентоса при возрастании степени загрязнённости донных осадков до IV уровня. Наиболее чувствительными являются ланцетник (*Branchiostoma lanceolatum*), кумацея (*Bodotria arenosa mediterranea*) и полихета (*Paraonis fulgens*), которые отмечались лишь на наименее загрязнённых участках. Ещё 10 видов не отмечены при загрязнённости выше III уровня и, в совокупности с первыми тремя, они могут являться индикаторами чистых вод. Среди наиболее устойчивых видов, показатели встречаемости которых значительно возрастают на наиболее загрязнённых участках, выделяются мелкие гастроподы (*Br. scalaris*, *R. membranacea*, *R. parva*, *R. splendida*), полихеты (*P. cornuta* и *A. succinea*), а также мшанки (*Cr. pallasiana*), асцидии (*M. euprocta*) и голладский крабик (*Rh. harrisi*). Большинство из них являются детритофагами, а приуроченность к грунтам с высоким содержанием органических веществ способствует, очевидно, их устойчивости и к нефтяному загрязнению.

Предложенную шкалу можно использовать: 1) при расчётах существующих экологических индексов состояния сообществ бентоса (например, индексов BENTIX [Simboura, Zenetos, 2002], AMBI [Borja, Franco, Pérez-Landa, 2000]); 2) при разработке новых показателей состояния сообществ; 3) для выделения критических видов (чувствительные виды или негативные индикаторы загрязнения) и биоиндикаторов (устойчивые виды или позитивные индикаторы загрязнения); 4) для выбора видов макрозообентоса с целью исследования накопления, выведения и передачи нефтяных углеводородов по пищевой цепи гидробионтами, которые могут вносить существенный вклад в интенсивность потоков углеводородов аллохтонного происхождения через морские организмы и их сообщества в прибрежной зоне Чёрного моря.

Выводы

В целях разработки критерия оценки действия нефтяного загрязнения на экосистемы шельфовых зон Чёрного моря составлен список видов черноморского макрозообентоса, ранжированный по степени толерантности к органическому (нефтяному) загрязнению. Шкала толерантности черноморского макрозообентоса к нефтяному загрязнению, полученная на основе его пространственного распределения, позволяет вскрыть некоторые причины изменения донных биоценозов во времени на участках с различным уровнем загрязнения и прогнозировать их будущее при снижении или увеличении антропогенной нагрузки.

Список литературы

1. Алёмов С. В., Витер Т. В., Гусева Е. В. Многолетние изменения состояния сообществ макрозообентоса бухты Круглая (регион Севастополя) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2019. – № 2. – С. 59–66. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2019-2-59-66>
2. Алёмов С. В., Витер Т. В., Гусева Е. В., Волков Н. Г. Сообщества макрозообентоса акваторий Севастопольского региона // Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий юго-западного Крыма в начале XXI века / Ин-т мор. биол. исслед. им. А. О. Ковалевского РАН; отв. ред.: О. Г. Миронов, С. В. Алёмов. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – Гл. 5. – С. 108–178.
3. Алёмов С. В., Осадчая Т. С. Индекс «биологического качества» в оценке экологического состояния прибрежных акваторий // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2004. – Вып. 66. – С. 7–11. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/4624>
4. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества / под ред. О. Г. Миронова. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. – 136 с.
5. Киселёва М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей. – Апатиты : Изд-во Кол. науч. центра РАН, 2004. – 409 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5647>
6. Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. Черноморский макрозообентос в санитарно-биологическом аспекте. – Киев : Наук. думка, 1985. – 101 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5647>
7. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. Нефть и состояние бентосных сообществ в севастопольских бухтах // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского; отв. ред.: Е. В. Павлова, Н. В. Шадрин. – Севастополь : Аквавита, 1999. – С. 176–193.

8. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алемов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии сева­стопольских бухт в XX веке. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – 185 с.
9. Определитель фауны Черного и Азовского морей : Свободноживущие беспозвоночные. Т. 1. Простейшие, губки, кишечнополостные, черви, щупальцевые / под общ. рук. Ф. Д. Мордухай-Болтовского ; сост. В. Д. Брайко [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1968. – 437 с.
10. Определитель фауны Черного и Азовского морей : Свободноживущие беспозвоночные. Т. 2. Ракообразные / под общ. рук. Ф. Д. Мордухай-Болтовского ; сост. М. Бэческу [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1969. – 536 с.
11. Определитель фауны Черного и Азовского морей : Свободноживущие беспозвоночные. Т. 3. Членистоногие (кроме ракообразных), моллюски, иглокожие, щетинкочелюстные, хордовые / под общ. рук. Ф. Д. Мордухай-Болтовского ; сост. З. И. Баранова [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1972. – 340 с.
12. Петров А. Н. Реакция прибрежных макробентосных сообществ Черного моря на органическое обогащение донных отложений // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2000. – Вып. 51. – С. 45–51. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/4297>
13. СТП ИМБИ 077-2019. Методика анализа качественного и количественного состава мейо- и макрозообентоса : утв. 20.03.2019 приказом № 25-од от 19.03.2019 / Ин-т мор. биол. исслед. – Севастополь, 2019. – [?] с.
14. Телеганов А. А. Использование макрозообентоса для биологического мониторинга пойменных озёр Верхнего Поочья : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. – Калуга, 2007. – 134 с.
15. Тихонова Е. А., Соловьёва О. В. Использование макрозообентоса для экологических исследований портовых акваторий (на примере Севастопольской бухты, Чёрное море) // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Сер.: Биология. Химия. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 135–144.
16. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. – Киев : Наук. думка, 1984. – 176 с. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5646>
17. Abahi K. S., Gouissi F. M., Akodogbo H. H., Sanni Worogo S. H., Adje D. D., Gnossou M. P. Assessment of the water quality of the upper reaches of the Ouémé River in Bénin using benthic macroinvertebrate-based biotic indices // Revue des Sciences de l'Eau. – 2020. – Vol. 32, nr 4. – P. 433–444. – <https://doi.org/10.7202/1069576ar>
18. AZTI – Centro de Investigación Marina y Alimentaria. – URL: <https://www.azti.es> (accessed: 27.01.2025).
19. Biological diversity of the coastal zone of the Crimean Peninsula: problems, preservation and restoration pathways / V. N. Eremeev, A. R. Boltachev, B. G. Aleksandrov [et al.] ; ed. by V. N. Eremeev, A. R. Boltachev. – Sevastopol : Куликов А. С., 2012. – 92 p. – URL: <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/1362>
20. Borja A., Franco J., Pérez-Landa V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments // Marine Pollution Bulletin. – 2000. – Vol. 40, iss. 12. – P. 1100–1114. – [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00061-8)
21. Choirunnisa, Takarina N. D. Community structure of macrozoobenthos at Blanakan Fish Pond, Subang, West Java // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 284. – Art. 012027. – <https://doi.org/10.1088/1755-1315/284/1/012027>
22. Dauer D. M. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure // Marine Pollution Bulletin. – 1993. – Vol. 26, iss. 5. – P. 249–257.

23. Di Lorenzo T., Fiasca B., Di Cicco V., Vaccarelli I., Di Camillo A. T., Crisante S., Galassi D. M. P. Effectiveness of biomass/abundance comparison (ABC) models in assessing the response of hyporheic assemblages to ammonium contamination // *Water*. – 2022. – Vol. 14, iss. 18. – Art. 2934. – <https://doi.org/10.3390/w14182934>
24. Keke U. N., Omoigberale M. O., Ezenwa I., Yusuf A., Biose E., Nweke N., Edegbene A. O., Arimoro F. O. Macroinvertebrate communities and physicochemical characteristics along an anthropogenic stress gradient in a southern Nigeria stream: implications for ecological restoration // *Environmental and Sustainability Indicators*. – 2021. – Vol. 12. – Art. 100157. – <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100157>
25. Maida E., Zuriani A. Macrozoobentos diversity index as a bioindicator in Krueng Cunda River to support the success of the shrimp agribusiness at Lhokseumawe City, Aceh // *Proceedings of MICoMS 2017*. – Bingley : Emerald Publ., 2018. – P. 157–163. – <https://doi.org/10.1108/978-1-78756-793-1-00011>
26. Mimier D., Żbikowski J. Effect of substrate change on macrozoobenthos structure // *Ecological Questions*. – 2017. – Vol. 27. – P. 109–118. – <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2017.032>
27. Muxika I., Borja A., Bonne W. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts // *Ecological indicators*. – 2005. – Vol. 5, iss. 1. – P. 19–31. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.08.004>
28. Mwedzi T., Siziba N., Odume O. N., Nyamazana E., Mabika I. Responses of macroinvertebrate community metrics to urban pollution in semi-arid catchments around the city of Bulawayo, Zimbabwe // *Water SA*. – 2020. – Vol. 46, iss. 4. – P. 583–592. – <https://doi.org/10.17159/wsa/2020.v46.i4.9071>
29. Onyena A. P., Nkwoji J. A., Chukwu L. O. Sediment characteristics and ecological quality evaluation of a brackish creek using AZTI's Marine Biotic and Benthic Indices // *Aquatic Sciences*. – 2023. – Vol. 85, iss. 4. – Art. 108. – <https://doi.org/10.1007/s00027-023-01007-0>
30. Pielou E. C. Shannon's formula as a measure of species diversity: its use and misuse // *American Naturalist*. – 1966. – Vol. 100, nr 914. – P. 463–465.
31. Revkov N. K., Petrov A. N., Kolesnikova E. A., Dobrotina G. A. Comparative analysis of long-term alteration in structural organization of zoobenthos under permanent anthropogenic impact (Case study: Sevastopol Bay, Crimea) // *Marine Ecological Journal*. – 2008. – Vol. 7, № 3. – P. 37–49. – <https://elibrary.ru/tyntuj>
32. Simboura N., Zenetos A. Benthic indicators to use in ecological quality classification of mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index // *Mediterranean Marine Science*. – 2002. – Vol. 3, no. 2. – P. 77–111. – <https://doi.org/10.12681/mms.249>
33. Tampo L., Kaboré I., Alhassan E. H., Ouéda A., Bawa L. M., Djaneye-Boundjou G. Benthic macroinvertebrates as ecological indicators: their sensitivity to the water quality and human disturbances in a tropical river // *Frontiers in Water*. – 2021. – Vol. 3. – Art. 662765. – <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.662765>
34. [The BENTIX index ...] // HCMR. Institute of Oceanography / Hellenic Centre for Marine Research. – URL: <https://io.hcmr.gr/science-for-society/ecological-status-assessment/the-bentix-index/> (accessed: 27.01.2025).
35. Water framework directive intercalibration technical report. Pt. 3. Coastal and transitional waters / ed. by A. Carletti, A.-S. Heiskanen. – Luxembourg : OPOCE, 2009. – 240 p. – URL: http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library (accessed: 27.01.2025).
36. Wilson J. G. Evaluation of estuary quality status at system level using the biological quality index and the pollution load index // *Biology and Environment : proc. of the Royal Irish Acad.* – 2003. – Vol. 103B, № 2. – P. 49–57. – <https://doi.org/10.3318/BIOE.2003.103.2.49>

37. Wilson J. G., Jeffrey D. W. Europe wide indices for monitoring estuarine pollution // Biological indicators of pollution : proc. of a seminar, 24–25 Febr. 1986 / ed. D. H. S. Richardson. – Dublin : Royal Irish Acad., 1987. – P. 225–242.
38. World Register of Marine Species. – URL: <http://www.marinespecies.org> (access date: 25.01.2025).

ASSESSMENT OF THE RESISTANCE OF THE BLACK SEA ZOOBENTHOS TO CHRONIC OIL POLLUTION OF BOTTOM SEDIMENTS

Alyomov S. V.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: alyomov_sv@ibss-ras.ru*

Abstract: The long-term (more than 700 stations from 1973 to 2012) occurrence of macrozoobenthos species in areas of the Crimean coast with different levels of pollution of bottom sediments by petroleum hydrocarbons has been analyzed. The 100 main species belong to a certain ecological group: 1 — pollution-sensitive, 2 — indifferent, 3 — resistant. The proposed scale can be used: in the calculation of existing ecological indices of benthos communities (for example, the BENTIX and AMBI indices); in the development of new indicators of the state of communities; to identify critical species (sensitive species or negative pollution indicators) and bioindicators (stable or positive pollution indicators).

Keywords: Black Sea, oil pollution, ecological status, macrozoobenthos, indices

Сведения об авторе

Алёмов	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2,
Сергей	Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: alyomov_sv@ibss-ras.ru
Викторович	

Поступила в редакцию 05.02.2025 г.

Принята к публикации 26.02.2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А. О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«СУБТРОПИЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Основан в мае 2016 г.

Основатель журнала –
ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского –
природный заповедник РАН»

Научное издание

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
Сер. ПИ № ФС77-76870 от 11 октября 2019 г.

Рекомендовано к печати решением учёного совета Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследовательского центра
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
(протокол № 3 от 20.02.2025 г.).

Главный редактор: доктор геогр. наук Горбунов Р. В.
Заместитель главного редактора: доктор биол. наук Довгаль И. В.
Ответственный секретарь: Жукова Ю. В.
Корректор: Уткина Е. Г.
Компьютерная вёрстка: Майборода Д. И.
Макет обложки: Келип М.-Е. А.

Фото на обложке: Статья Климовой Татьяны Николаевны, Субботина Александра Анатольевича.
«Спутниковые карты распределения ТПМ на период ихтиопланктонных съёмок
на НИС «Профессор Водяницкий» (Морской портал, 2024) — 27.09.2020 г. (114 рейс)»

Подписано к печати: 11.07.2025 г.

Дата выхода: 23.07.2025 г.

Формат 60x84/8 Усл. печ. л. 10,9 Тираж: 100 экз.

Отпечатано в типографии: ИП Ермолов М. П., ОГРНИП 314920436710081 от 26.12.2014;
ул. Кулакова, д. 59, г. Севастополь, 299011;
тел.: +7 978 70-45-111; e-mail: print-e@yandex.ru

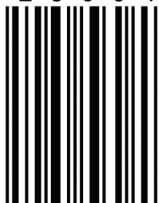
Распространяется бесплатно

ISSN 2949-4583



9 772949 458006

2 5 0 0 1



>