

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

First report of *Acineta tuberosa* (Ciliophora) as an epibiont
on a sea spider (Pycnogonida) from northwest Borneo (Brunei),
with notes on ciliate epibionts on pycnogonids

TAPAS CHATTERJEE, IGOR DOVGAL, DAVID J. MARSHALL

ТОМ 10
ВЫПУСК 3
2025

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

*Журнал реферируется Всероссийским институтом научно-технической информации (ВИНТИ),
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., ГНТУ 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. 3

Основан в мае 2016 г.

Научный журнал

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Биоразнообразие экосистем и его сохранение

Чаттерджи Т., Довгаль И., Маршалл Д. Дж. Первое наблюдение *Acineta tuberosa* (Ciliophora) как эписионты морского паука (Русногониды) с северо-западного побережья Борнео (Бруней) и комментарии об инфузориях — эписионтах пикногонид 3–12

Гаврилова Н. А. О первых находках планктонной раковинной инфузории *Amphorellopsis tetragona* (Spirotrichea, Ghoreotrichia, Tintinnida) в Крымском прибрежье Чёрного моря 13–19

Карпова Е. П., Белогузова Р. Е., Чеснокова И. И., Кушаков С. В., Губанов В. В., Шавриев Д. Г. Фауна рыб реки Биюк-Карасу (центральная часть Крымского полуострова) 20–28

Аблязов Э. Р., Статкевич С. В., Ку Нгуен Динь, Чан Ван Тиен, Чьонг Ба Хай Предварительные данные по фауне рыб и десятиногих ракообразных национального парка Каттхен (Южный Вьетнам) 29–37

Резниченко В. В. О находках лишайника *Lobaria pulmonaria* на территории заказника «Параськины озёра» 38–48

Структура, функционирование и динамика экосистем

Королесова Д. Д., Мильчакова Н. А. Структура биоценоза *Chara aculeolata* Kützting 1832 в Тендровском заливе (Чёрное море) 49–64

Проблемы загрязнения водных экосистем и морская радиохеомоэкология

Пионтовский С. А., Загородняя Ю. А., Самотой Ю. В., Попова Е. В., Баяндин А. С., Калюжная С. Н. Оценка воздействия разлива мазута в декабре 2024 года на зоопланктон крымского шельфа 65–81

Ломакин П. Д., Чепыженко А. И., Попов М. А. Особенности структуры вод на приустьевых участках крымских рек Бельбек и Кача в межень 82–89

Биологические ресурсы, биотехнология и аквакультура

Скуратовская Е. Н., Сербин А. Д., Фан Чонг Хуан, Нгуен Тхи Лан, Капанова Л. Л. Сравнительный анализ токсикологических показателей и параметров окислительного стресса зелёной мидии *Perna viridis* из двух районов залива Ван Фонг (Вьетнам) 90–99

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. 3

Established in May 2016

Periodical

Issued 4 times a year

CONTENT

Biodiversity of ecosystems and its conservation

Tapas Chatterjee, Igor Dovgal and David J. Marshall **First report of *Acineta tuberosa* (Ciliophora) as an epibiont on a sea spider (Pycnogonida) from northwest Borneo (Brunei), with notes on ciliate epibionts on pycnogonids** 3–12

Gavrilova N. A. **On the first findings of the planktonic loricate infusoria *Amphorellopsis tetragona* (Spirotrichea, Ghoreotrichia, Tintinnida) in the Crimean coastal waters of the Black Sea** 13–19

Karpova E. P., Belogurova R. E., Chesnokova I. I., Kurshakov S. V., Gubanov V. V., Shavriev D. G. **Fish fauna of the Biyuk-Karasu River (Central Crimea)** 20–28

Abliazov E. R., Statkevich S. V., Dinh Cu Nguyen, Tien Tran Van, Truong Ba Hai **Preliminary data on the fauna of fish and decapod crustaceans of Cat Tien National Park (South Vietnam)** 29–37

Reznichenko V. V. **About the findings of the lichen *Lobaria pulmonaria* on the territory of the Paraskin's Lakes Nature Reserve** 38–48

Structure, functioning and dynamic of the ecosystem

Korolesova D. D., Milchakova N. A. ***Chara aculeolata* Kützting 1832 (Charales) biocenosis structure and habitat conditions in basin of the Azov-Black Sea region** 49–64

Problems of pollution of aquatic ecosystems and marine radiochemoecology

Piontkovski S. A., Zagorodnyaya Yu. A., Samotoy Yu. V., Popova E. V., Baiandin A. S., Kalujnaya S. N. **Assessment of the impact of the fuel oil spill in December 2024 on the Crimean shelf ecosystem** .. 65–81

Lomakin P. D., Chepyzhenko A. I., Popov M. A. **Features of the water structure in the mouth sections of the Crimean rivers Belbek and Kacha in low water** 82–89

Biological resources, biotechnology and aquaculture

Skuratovskaya E. N., Serbin A. D., Phan Trung Hoang, Nguyen Thi Lan, Kapranova L. L. **Comparative analysis of toxicological indicators and oxidative stress parameters in *Perna viridis* green mussels from Van Phong Bay (Vietnam)** 90–99

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ
И ЕГО СОХРАНЕНИЕ

UDC 593.176.1-155(265.72)

DOI: [10.21072/eco.2025.10.3.01](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.3.01)

**FIRST REPORT OF *ACINETA TUBEROSA* (CILIOPHORA) AS AN EPIBIONT
ON A SEA SPIDER (PYCNOGONIDA) FROM NORTHWEST BORNEO (BRUNEI),
WITH NOTES ON CILIATE EPIBIONTS ON PYCNOGONIDS ***

Tapas Chatterjee¹, Igor Dovgal² and David J. Marshall³

¹Near Hari Mandir Road, Hirapur, Dhanbad, Jharkhand, India,

e-mail: drtchatterjee@yahoo.co.in

²A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

e-mail: dovgal-1954@mail.ru

³University Brunei Darussalam, Brunei Darussalam,

e-mail: david.marshall@ubd.edu.bn

Abstract: The suctorian *Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1834 is reported from the subtidal zone at Bubut, along the South China Sea coastline of Brunei Darussalam, as an epibiont on the sea spider (Pycnogonida) *Hemichela* sp. The found ciliate has a stalked, loricate, flattened triangular cell body, rounded macronucleus and capitate tentacles arranged in two fascicles on two wide and short actinophores. The pycnogonid is also reported here as a host of *A. tuberosa* for the first time. This is also first report of *A. tuberosa* from the Brunei coastal area. In addition, notes on ciliate epibionts of pycnogonids are given.

Keywords: Ciliate, epibiosis, pycnogonid, basibiont, Brunei Darussalam

Introduction

Sea spiders are marine arthropods of the class Pycnogonida, characterized by having long legs and slender bodies. Pycnogonids are considered a suitable basibiont due to their hard cuticle and slow-moving lifestyle, and because they have limited known strategies against fouling, apart from moulting [Arnaud and Bamber, 1987; Wambreuse, Hamel, Mercier, 2021]. Pycnogonids are found to be host to a variety of organisms, like protozoans, poriferans, bryozoans, hydrozoans, polychaetes, nematodes, tunicates, diatoms and multicellular algae. In a few studies, ciliate epibionts have been reported on pycnogonids [Gassovsky, 1916; Pipe, 1982; Kouris et al., 2007; George, Siddiqui, 2020; Wambreuse, Hamel, Mercier, 2021].

Suctorian ciliates are commonly epibionts on marine and freshwater invertebrates such as copepods, cladocerans, nematodes, ostracods, halacarid and hydrachnid mites [e. g. Precht, 1935; Jankowski, 1981; Jankowski, 2007; Dovgal, 1996; Dovgal, 2002; Dovgal, 2013; Fernandez-Leborans, Tato-Porto, 2000; Dovgal, Chatterjee, Ingole, 2008; Dovgal et al., First report ... , 2008; Dovgal, Chatterjee, Ingole, 2009; Dovgal et al., New records of *Praethecacineta* ... , 2009; Ingole et al., 2010; Chatterjee, Fernandez-Leborans, Chan, 2012; Chatterjee et al., New records ... , 2013; Chatterjee, Fernandez-Leborans, Senna, 2013; Chatterjee, Kotov, Fernandez-Leborans, 2013; Chatterjee, Fernandez-Leborans, Marshall, 2014;

*The work of the 2nd author (ID) was carried out within the research topic No 124022400148-4 of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS. The work of 3rd author (DJM) is supported by Universiti Brunei Darussalam grants UBD/RSCH/1.4/FICBF(b)/2021/033.

Chatterjee, Fernandez-Leborans, Schizas, 2014; Chatterjee et al., 2018; Chatterjee, Dovgal, Fernandez-Leborans, 2019; Chatterjee, Nanajkar, Dovgal, 2019; Chatterjee et al., New records of epibiont ... , 2019; Chatterjee, Dovgal, Nanajkar, 2020; Chatterjee, Dovgal, Sautya, 2022; Chatterjee et al., Report of ... , 2024; Fernandez-Leborans, Chatterjee, Grego, 2012].

The present article documents a suctorian ciliate *Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1834 as an epibiont on a pycnogonid from the subtidal zone of the South China Sea, Brunei Darussalam. Furthermore, notes of epibiont ciliates associated with pycnogonids are included in this paper.

Material and Methods

Samples were collected and sorted by the 3rd author (DJM) near Bubut (Brunei Darussalam) ($4^{\circ}46'11''\text{N}$, $114^{\circ}28'11''\text{E}$) in May 2011 (Fig. 1). Benthic sediments from a depth of 15–20 m. The samples were passed through a 300 μm sieve, and the specimens were temporally fixed in 3 % formalin stained with Rose Bengal. After one day the specimens were transferred to and stored in 70 % ethanol. Pycnogonids have been rarely collected from the Brunei Shelf, with only one specimen retrieved from the several Bubut samples. The entire pycnogonid with the ciliates was temporarily mounted on a glass slide in glycerol (stained as above), and is currently stored in the invertebrate collection of DJM. The specimen was examined using a stereomicroscope (Olympus SX10) and an Olympus BX51 compound microscope with differential interference contrast (DIC). Photographs were taken using a DP 28 Olympus digital camera, and Olympus cellSens (Standard) software. Ciliate measurements were conducted utilizing the Top View 3.7 software for the processing of digital images. The systematic position of suctorian ciliates follows Dovgal (2002, 2013).

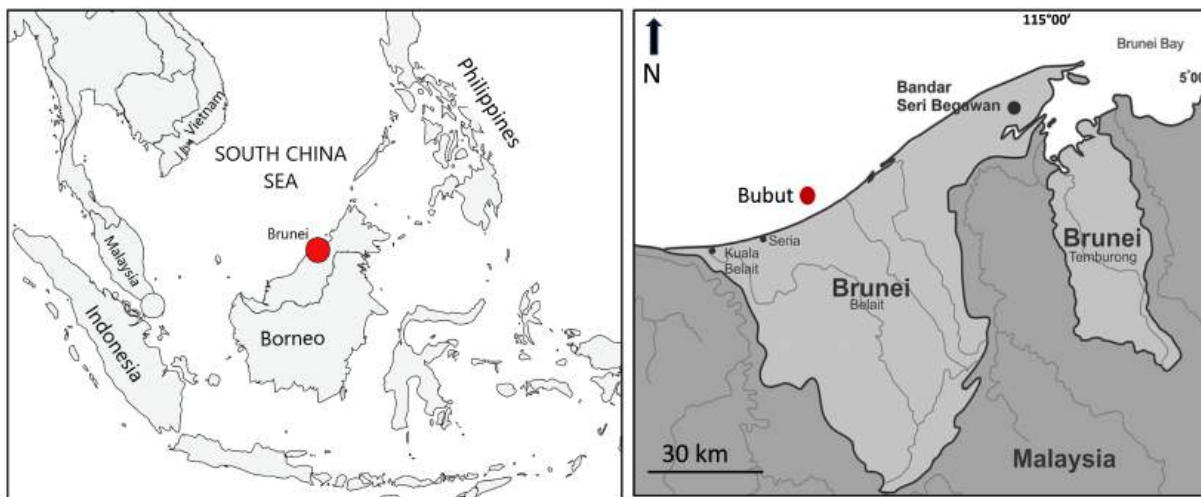


Fig. 1. Map of the collecting site

Рис. 1. Станция отбора проб

Results and Discussion

Basibiont

Class Pycnogonida Latreille, 1810

Order Pantopoda Gerstäcker, 1863

Suborder Eupantopodida Fry, 1978

Superfamily Ascorhynchoidea Pocock, 1904

Family Ammotheidae Dohrn, 1881

Genus *Hemichela* Stock, 1954

Hemichela sp.

One male pycnogonid found at 15–20 m of Brunei Bay as basibiont of ciliates. The basibiont is identified as *Hemichela* sp. The genus *Hemichela* is characterised by the presence of a single dactylus on the chela, which distinguishes it from the closely-related genus *Paranymphe*. The present basibiont specimen is an ovigerous male carrying an egg mass (Fig. 2A and B).

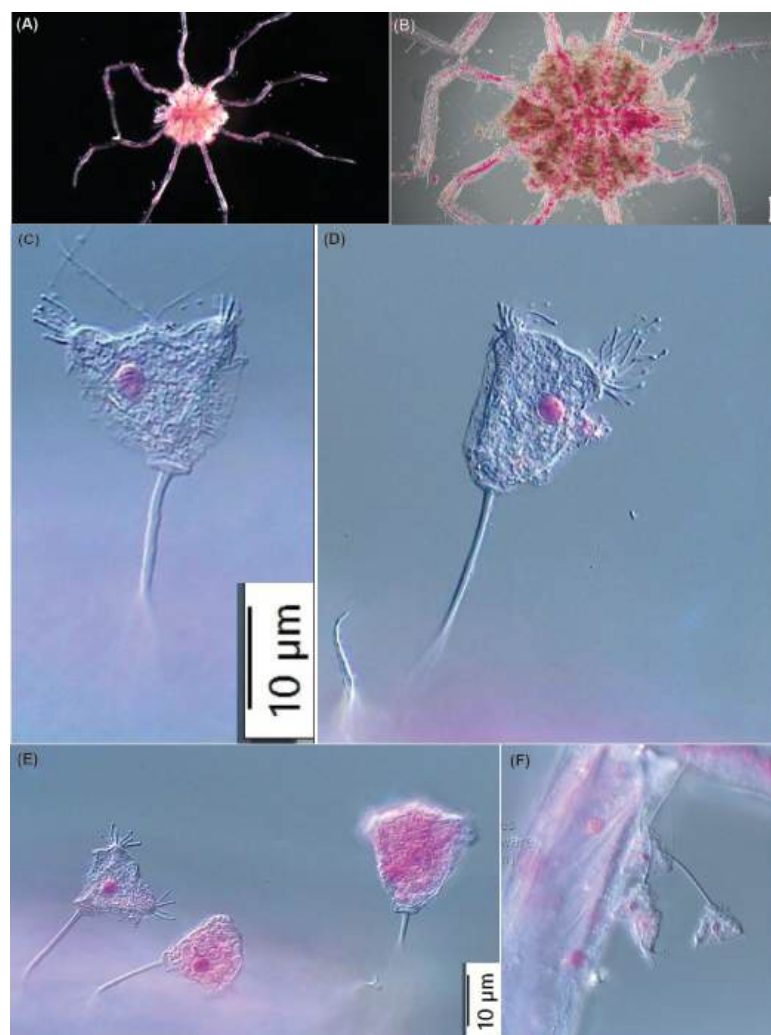


Fig. 2. **A.** Pycnogonid *Hemichela* sp., male (dorsal view), infested with ciliates; **B.** Pycnogonid *Hemichela* sp., male (ventral view), magnified view of egg mass; **C–F.** Magnified views of ciliate *Acineta tuberosa*

Рис. 2. **A.** Самец морского паука *Hemichela* sp. (вид сверху), колонизированный инфузориями; **B.** Самец морского паука *Hemichela* sp. (вид снизу), видно скопление яиц; **C–F.** Увеличенные изображения инфузории *Acineta tuberosa*

Epibiont

Phylum Ciliophora Doflein, 1901

Subphylum Intramacronucleata Lynn, 1996

Class Suctorea Claparède & Lachmann, 1859

Subclass Endogenia Collin, 1912

Order Acinetida Raabe, 1964

Family Acinetidae Ehrenberg, 1838

Genus *Acineta* Ehrenberg, 1834***Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1834 (Fig. 2C–F)**

Material examined: Numerous ciliates were found attached on legs of the pycnogonid *Hemichela* sp.

Brief Description: Small (body length up to 19 μm), stalked, loricate suctorian ciliate with flattened triangular cell body and rounded macronucleus, which centrally or some eccentrically located. The developed basal disc is presented in joint between the stalk and the lorica. The actinophores and tentacles were indrawn in some individuals.

Measurements (in μm , based on 7 individuals): Body length 12–19, width 12–16; actinophore length 2–4, width 2–5; macronucleus diameter length 2–4; stalk length 14–31 diameter 1; basal disc width 3–5; tentacle length 2–5. Detail measurements of each of the 7 specimens are given in table 1.

Remarks: The present species is similar to *Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1834, but differs from this by its smaller size (12–19 μm in length versus 25–120 μm after [Curds, 1985]) and the presence of a basal disc. However, *A. tuberosa* is a widely distributed and ubiquitous species, with high morphological variability. Thus, the observed differences between the present species and other *A. tuberosa* are insufficient to ascribe new species status with any confidence.

This is a ubiquitous marine and brackish species, observed on inanimate substrates and algae, hydroids, bryozoans, crustaceans, among other in the North, White, Caribbean, Yellow, Caspian, Mediterranean, Black, Azov Seas, the Atlantic, Pacific and Indian Oceans [Kahl, 1934; Wailes, 1943; Chen, Song, Hu, 2005; Fernandez-Leborans, Chatterjee, Grego, 2012; Dovgal, 2013; Chatterjee et al., New records ... , 2013; Chatterjee, Fernandez-Leborans, Senna, 2013; Chatterjee, Kotov, Fernandez-Leborans, 2013; Chatterjee, Dovgal, Nanajkar, 2020; Chatterjee et al., Report of ... , 2024]. The present study represents the first report of *A. tuberosa* on a pycnogonid host. This is also first report of *A. tuberosa* from the Brunei coastal area.

Notes on ciliate epibiont on pycnogonids: There are several groups of organisms identified as epibiotic on pycnogonids. These include organisms like multicellular algae, diatoms, foraminiferans, ciliates, entoprocts, bryozoans, and hydrozoans [King, 1973; Key, Barnes, 1999; Pipe, 1982; Lane et al., 2016; Lane et al., 2018; Kakui, Sekiguchi, 2024]. Table 2 gives a list of ciliates known to be epibionts of pycnogonids. Ciliate epibionts on pycnogonids are represented by peritrichs, suctorians and folliculinid ciliates. Three of these ciliate species have been identified up to species level, and are found also on other basibiont organisms.

Whereas ciliate epibionts are commonly found on organisms of other aquatic taxonomic groups, like isopods, cladocerans, cnidarians, bryozoans, rotifers, nematodes, ostracods, mites [Chatterjee et al., New records ... , 2013; Chatterjee, Fernandez-Leborans, Senna, 2013; Chatterjee, Kotov, Fernandez-Leborans, 2013; Chatterjee et al., 2018; Chatterjee, Nanajkar, Dovgal, 2019; Chatterjee et al., 2023; Chatterjee, Dovgal, Nanajkar, 2020], they are rare on pycnogonids. The reason for this may relate to relatively less investigation of pycnogonids, which themselves are typically rare in benthic samples. Wambreuse, Hamel, Mercier (2021) found that in a single investigation, 26 % of deep sea pycnogonids

were in fact infested by ciliate epibionts. Their samples contained two species belonging to the genus *Ephelota*, and one folliculinid with individuals mainly located on the legs, especially on coxae and femurs.

Lane [Lane et al., 2016] showed that in temperate environments, epibionts are not energetically costly to pycnogonids and, in some circumstances, they may be beneficial. On the other hand, there are observations of epibionts, such as poriferans and bryozoans which cover articulations between leg segments and restrict movement of pycnogonids [Wambreuse, Hamel, Mercier, 2021]. More investigations are needed to better understand the relationship between epibionts and the host pycnogonids. Understanding the role of pycnogonids as basibiont for ciliate and other epibionts may improve our knowledge on the ecosystem functioning of the aquatic biota, with its multifaceted relationships within and between biotic and abiotic factors.

Acknowledgements. First author (TC) thanks Dr. Cengiz Koçak, Department of Hydrobiology, Ege University, Türkiye for his help to identify the pycnogonid (basibiont).

Table 1. Measurements of *Acineta tuberosa* found attached to the pycnogonid *Hemichela* sp. (in µm, based on 7 individuals)

Таблица 1. Морфометрические характеристики *Acineta tuberosa* с морского паука *Hemichela* sp. (в мкм, промерены 7 особей)

No of individual	Body length	Body width	Actinophore length	Actinophore width	Macro-nucleus diameter	Stalk length	Stalk diameter	Basal disc width	Tentacle length
1	13	12	4; 4	3; 5	3	16	1	4	3; 3; 4; 3; 2
2	12	15	2; 4	3; 3	2	17	1	5	4; 4; 4; 3; 3; 5; 3
3	15	12	-	-	4	14	1	4	-
4	19	16	-	-	4	17	1	3	-
5	16	12	3; 3	5; 4	3	23	1	3	3; 2
6	13	15	2; 3	3; 4	4	31	1	3	2; 2; 2; 3
7	13	13	3; 2	3; 2	3	27	1	4	3; 2

Table 2. Finds of ciliates as epibionts on pycnogonid basibionts

Таблица 2. Известные находки инфузорий — эпибионтов морских пауков

Ciliate (epibiont)	Pycnogonid host (basibiont)	Locality	Depth	References	Remarks (if any)
<i>Rhabdophrya nymphonis</i> (Gassovsky, 1916) = <i>Dendrosomides nymphonis</i> Gassovsky, 1916	<i>Nymphon</i> sp.	Kola Bay of the Barents Sea		Gassovsky, 1916; Kahl, 1934	Also found on hydroids, algae and bryozoans from the Barents Sea near Murmansk [Jankowski, 2007; Chatterjee, Dovgal, 2020; Chatterjee, Dovgal, Sautya, 2022]
Unidentified peritrich	<i>Phoxichilidium tubulariae</i>	North Sea	19.5 m depth on steel gas production platform	Pipe, 1982	

Continued on the next page...

Ciliate (epibiont)	Pycnogonid host (basibiont)	Locality	Depth	References	Remarks (if any)
Unidentified suctoria	<i>Phoxichilidium tubulariae</i>	North Sea	19.5 m depth on steel gas production platform	Pipe, 1982	
<i>Ephelota</i> spp (2 species)	<i>Nymphon hirtipes</i>	North Atlantic	315–620 m depth	Wambreuse, Hamel, Mercier, 2021	
Folliculinid	<i>Nymphon hirtipes</i>	North Atlantic	315–620 m depth	Wambreuse, Hamel, Mercier, 2021	
Folliculinid	Unidentified pycnogonid	Juan de Fuca Ridge	Axial Volcano vents, Deep sea	Kouris et al., 2007	
<i>Thecacinetia oregonensis</i> (Murphy, 1965)	<i>Ammothella appendiculata</i> (Dohrn, 1881)	Sandspit, Karachi coast, Pakistan, Northern Arabian Sea	Intertidal	George, Siddiqui, 2020	Also found on nematode <i>Desmodora</i> sp. [Murphy, 1965; Chatterjee et al., 2023]
<i>Acinetia tuberosa</i> Ehrenberg, 1834	<i>Hemichela</i> sp.	Off Brunei Darussalam, Brunei Bay, South China Sea	Subtidal	Present record	

References

1. Arnaud F., Bamber R. N. The biology of Pycnogonida // Advances in Marine Biology. – 1987. – Vol. 24. – P. 1–96. – [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60073-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60073-5)
2. Chatterjee T., Dovgal I., Fernandez-Leborans G. A checklist of suctorian epibiont ciliates (Ciliophora) found on meiobenthic marine nematodes // Journal of Natural History. – 2019. – Vol. 53, iss. 33/34. – P. 2133–2143. – <https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1692085>
3. Chatterjee T., Dovgal I., Nanajkar M. Report of ciliate epibionts (Ciliophora, Suctorea) on meiobenthic invertebrates from Indian coast near Karwar, Karnataka // Protistology. – 2020. – Vol. 14, nr 2. – P. 84–88. – <https://doi.org/10.21685/1680-0826-2020-14-2-5>
4. Chatterjee T., Dovgal I., Pesic V., Zawal A. A checklist of epibiont suctorian and peritrich ciliates (Ciliophora) on halacarid and hydrachnid mites (Acari: Halacaridae & Hydrachnidia) // Zootaxa. – 2018. – Vol. 4457, no 3. – P. 415–430. – <https://doi.org/10.1146/zootaxa.4457.3.4>
5. Chatterjee T., Dovgal I., Sautya S. A new species of genus *Rhabdophrya* (Ciliophora: Suctorea) from the west coast of India and comments on the genus taxonomy // Zootaxa. – 2022. – Vol. 5178, no 3. – P. 293–300. – <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5178.3.8>
6. Chatterjee T., Fernandez-Leborans G., Chan B. K. K. New record of ciliate *Thecacinetia calix* (Ciliophora: Suctorea) epibiont on Agauopsis halacarid mite (Acari, Halacaridae) from Taiwan // Scripta Scientarium Naturalium. – 2012. – Vol. 2. – P. 121–127.

7. Chatterjee T., Fernandez-Leborans G., Marshall D. J. New records of ciliate epibionts (Ciliophora: Suctorea) from Brunei Darussalam // Marine Biodiversity Records. – 2014. – Vol. 7. – Art. e87. – <https://doi.org/10.1017/S1755267214000943>
8. Chatterjee T., Fernandez-Leborans G., Ramteke R., Ingole B. New records of epibiont ciliates (Ciliophora) from Indian coast with descriptions of six new species // Cahiers de Biologie Marine. – 2013. – Vol. 54, no 1. – P. 143–159. – <https://elibrary.ru/yddnjr>
9. Chatterjee T., Fernandez-Leborans G., Schizas N. V. Report of *Thecacineta calix* (Ciliophora: Suctorea) as an epibiont of harpacticoid copepods from Caribbean mesophotic reefs // Caribbean Journal of Science. – 2014. – Vol. 48, iss. 1. – P. 44–48. – <https://doi.org/10.18475/cjos.v48i1.a6>
10. Chatterjee T., Fernandez-Leborans G., Senna A. R. Ciliate epibionts on *Melita petronioi* Senna et al., 2012 (Crustacea: Amphipoda) from Brazil // Cahiers de Biologie Marine. – 2013. – Vol. 54, no 3. – P. 393–404. – <https://elibrary.ru/rgwtff>
11. Chatterjee T., Kotov A., Fernandez-Leborans G. A checklist of epibiotic ciliates (Peritricha and Suctoria) on the cladoceran crustaceans // Biologia. – 2013. – Vol. 68, no 3. – P. 439–447. – <https://doi.org/10.2478/s11756-013-0180-8>
12. Chatterjee T., Nanajkar M., Dovgal I. New record of *Loricophrya stresemanni* (Ciliophora, Suctorea) as epibiont on nematodes from the Indian Ocean and notes on the genus *Loricophrya* // Cahiers de Biologie Marine. – 2019. – Vol. 60, no 3. – P. 283–288. – <https://doi.org/10.21411/CBM.A.9C4BB1B2>
13. Chatterjee T., Nanajkar M., Dovgal I., Sergeeva N., Bhabhe S. New records of epibiont *Thecacineta calix* (Ciliophora, Suctorea) from the Caspian Sea and Angria Bank, Arabian Sea // Cahiers de Biologie Marine. – 2019. – Vol. 60, no 5. – P. 445–451. – <https://doi.org/10.21411/CBM.A.C75BCBEA>
14. Chatterjee T., Sautya S., Dovgal I., Mishra G. Report of epibiont *Thecacineta oregonensis* (Ciliophora: Suctorea) on *Desmodora* sp. (Nematoda) at 990 m depth from seamount flank of the Andaman Sea, Indian Ocean // Cahiers de Biologie Marine. – 2023. – Vol. 64, no 3. – P. 257–260. – <https://doi.org/10.21411/CBM.A.6F74246A>
15. Chatterjee T., Sautya S., Narayan J., Katke D., Abibulaeva A., Dovgal I. Report of epibiont ciliates (Ciliophora) found on meiofauna from Mumbai and adjacent coastal areas of India // Cahiers de Biologie Marine. – 2024. – Vol. 65, no 2. – P. 153–163. – <https://doi.org/10.21411/CBM.A.BA18781E>
16. Chatterjee T., Dovgal I. Checklist of ciliate epibionts (Ciliophora) found on bryozoans // Zootaxa. – 2020. – Vol. 4896, no 4. – P. 547–559. – <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4896.4.6>
17. Chen X. R., Song W. B., Hu X. Z. Morphology of suctorid ciliates from coastal waters off Qingdao, with description of a new genus and a new species (Protozoa, Ciliophora) // Acta Zootaxonomica Sinica. – 2005. – Vol. 30, no 3. – P. 493–500.
18. Curds C. R. A revision of Suctoria (Ciliophora, Kinetofragminofora) 1. *Acineta* and its morphological relatives // Bulletin of the British Museum (Natural History). Zoology series. – 1985. – Vol. 48, no 2. – P. 75–129. – <https://doi.org/10.5962/p.23462>
19. Dovgal I. V. Evolution, phylogeny and classification of Suctorea Claparède et Lachmann, 1858 // Protistology. – 2002. – Vol. 2, no 4. – P. 194–270.
20. Dovgal I. V. Keys for identification of tentaculous infusoria (Ciliophora, Suctoria) of the Ukrainian fauna // Vestnik Zoologii. – 1996. – Suppl. 2. – P. 1–42. [in Russ.].
21. Dovgal I. V. Suctoria (Ciliophora, Suctorea). – Kiev : Naukova Dumka, 2013. – 267 p. – (Fauna of Ukraine ; vol. 36, iss. 1). [in Russ.]

22. Dovgal I., Chatterjee T., Ingole B. An overview of suctorian ciliates (Ciliophora: Suctorea) as epibionts of halacarid mites (Acari, Halacaridae) // Zootaxa. – 2008. – Vol. 1810, no 1. – P. 60–68. – <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1810.1.4>
23. Dovgal I., Chatterjee T., Ingole B. New records of *Thecacinetia cothurnioides* and *Trematosoma rotunda* (Ciliophora, Suctorea) as epibionts on nematodes from the Indian Ocean // Protistology. – 2009. – Vol. 6, no 1. – P. 19–23.
24. Dovgal I., Chatterjee T., Ingole B., Nana-jkar M. First report of *Limnoricus ponticus* Dovgal & Lozowskiy (Ciliophora: Suctorea) as epibionts on *Pycnophyes* (Kinorhyncha) from the Indian Ocean with key to species of the genus *Limnoricus* // Cahiers de Biologie Marine. – 2008. – Vol. 49, no 4. – P. 381–385. – <https://elibrary.ru/xmbjif>
25. Dovgal I., Chatterjee T., Subba Rao D. V., Chan B. K. K., de Troch M. New records of *Praethecacinetia halacari* (Suctorea: Ciliophora) from Taiwan, Tanzania and Canada // Marine Biodiversity Records. – 2009. – Vol. 2. – Art. e136. – <https://doi.org/10.1017/S175526720999056X>
26. Fernandez-Leborans G., Chatterjee T., Grego M. New records of epibiont ciliates (Ciliophora) on Harpacticoida (Copepoda, Crustacea) from the Bay of Piran (Gulf of Trieste, Northern Adriatic) // Cahiers de Biologie Marine. – 2012. – Vol. 53, no 1. – P. 53–63. – <https://elibrary.ru/pnigvg>
27. Fernandez-Leborans G., Tato-Porto M. L. A review of the species of protozoan epibionts on crustaceans. II. Suctorian ciliates // Crustaceana. – 2000. – Vol. 73, no 10. – P. 1205–1237. – <https://doi.org/10.1163/156854000505209>
28. Gassovsky G. N. Sur la faune des infusoires du golf de Kola et de ses environs // Travaux de la Société Impériale des Naturalistes de Petrograd. Section de Zoologie et Physiologie. – 1916. – Vol. 45, no 4. – P. 139–215. [in Russ.]
29. George Z., Siddiqui G. First record of *Thecacinetia oregonensis* (Murphy, 1965) (Ciliophora: Suctoria) on sea spider from Sand-spit, Pakistan // Indian Journal of Geo-Marine Sciences. – 2020. – Vol. 49, no 11. – P. 1782–1784.
30. Ingole B., Singh R., Sautya S., Dovgal I., Chatterjee T. Report of epibiont *Thecacinetia calix* (Ciliophora: Suctorea) on deep-sea *Desmodora* (Nematoda) from the Andaman Sea, Indian Ocean // Marine Biodiversity Records. – 2010. – Vol. 3. – Art. e46. – <https://doi.org/10.1017/S1755267209990777>
31. Jankowski A. V. New species, genera and families of tentacle infusoria (class Suctoria) // Proceedings of Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences. – 1981. – Vol. 107. – P. 80–115. [in Russ.].
32. Jankowski A. V. Review of taxa Phylum Ciliophora Doflein, 1901 // Protista : Handbook on zoology / ed. A. F. Alimov. – St. Petersburg : Nauka, 2007. – Pt. 2. – P. 415–993. [in Russ.]
33. Kahl A. Suctoria // Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. – Leipzig, 1934. – Lfg. 26, T. II, c5. – S. 184–226.
34. Kakui K., Sekiguchi S. Colonial entoproct epibiotic on a sea spider // Zoological Science. – 2024. – Vol. 41, iss. 6. – PMID 39636135. – <https://doi.org/10.2108/zs240070>
35. Key M. M., Barnes D. K. A. Bryozoan colonization of the marine isopod *Glyptonotus antarcticus* at Signy Island, Antarctica // Polar Biology. – 1999. – Vol. 21. – P. 48–55. <https://doi.org/10.1007/s003000050331>
36. King P. E. Pycnogonids. – London : Hutchinson & Co., 1973. – 144 p.
37. Kouris A., Kim Juniper S., Frébourg G., Gaill F. Protozoan-bacterial symbiosis in a deep-sea hydrothermal vent folliculinid ciliate (*Folliculinopsis* sp.) from the Juan de Fuca Ridge // Marine Ecology. – 2007. – Vol. 28, iss. 1. – P. 63–71. – <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2006.00118.x>
38. Lane S. J., Shishido C. M., Moran A. L., Tobalske B. W., Woods H. A. No effects and no control of epibionts in two species of temperate pycnogonids // The Biological Bulletin. – 2016. – Vol. 230, no 2. – P. 165–173. – <https://doi.org/10.1086/BBLv230n2p165>

39. Lane S. J., Tobalske B. W., Moran A. L., Shishido C. M., Woods H. A. Costs of epibionts on Antarctic sea spiders // *Marine Biology*. – 2018. – Vol. 165, iss. 8. – Art. 137. – <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3389-9>
40. Murphy D. G. *Praethecacineta oregonensis*, a new species of suctorian associated with a marine nematode // *Zoologischer Anzeiger*. – 1965. – Bd. 17, Nr. 4. – S. 395–399.
41. Pipe A. R. Epizoites on marine invertebrates: With particular reference to those Associated with the pycnogonid *Phoxichilidium tubulariae* Lebour, the amphipod *Caprella linearis* (L.) and the decapod *Corystes cassivelaunus* (Pennant) // *Chemistry and Ecology*. – 1982. – Vol. 1, iss. 1. – P. 61–74. – <https://doi.org/10.1080/02757548208070786>
42. Precht H. Epizoen der Kieler Bucht // *Nova Acta Leopoldina. Neue Folge*. – 1935. – Bd. 3, Nr. 15. – S. 405–474.
43. Wailes G. H. Protozoa et Suctoria. – Toronto : Univ. of Toronto Press, 1943. – 46 p. – (Canadian Pacific fauna / Fish. Res. Board of Canada, Univ. of Toronto ; 1).
44. Wambreuse N., Hamel J. F., Mercier A. Epibiotic associations with the deep-sea pycnogonid *Nymphon hirtipes* Bell, 1855 as a source of biodiversity // *Deep-Sea Research. Pt. I: Oceanographic Research Papers*. – 2021. – Vol. 178. – Art. 103660. – <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2021.103660>

**ПЕРВОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ACINETA TUBEROSA (CILIOPHORA)
КАК ЭПИБИОНТА МОРСКОГО ПАУКА (PYCNOGONIDA)
С СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИБРЕЖЬЯ БОРНЕО (БРУНЕЙ) И КОММЕНТАРИИ
ОБ ИНФУЗОРИЯХ — ЭПИБИОНТАХ ПИКНОГОНИД**

Чаттерджи Т.¹, Довгаль И.², Маршалл Д. Дж.³

¹Дханбад, Джаркханд, Индия,

e-mail: drtchatterjee@yahoo.co.in

²ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: dovgal-1954@mail.ru

³Университет Брунея-Даруссалама, Бруней-Даруссалам,

e-mail: david.marshall@ubd.edu.bn

Аннотация: Суктория *Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1834 была обнаружена как эпibiонт морского паука (Pycnogonida) *Hemichela* sp. в сублиторальной зоне побережья Южно-Китайского моря (Бубут, Бруней-Даруссалам). Инфузория с уплощённым треугольным клеточным телом, снабжённым стебельком и раковиной, с округлым макронуклеусом и булавовидными щупальцами, собранными в два пучка на двух широких и коротких актинофорах. Это первая находка *A. tuberosa* на морском пауке, а также первая находка данного вида в побережье Брунея. Приводятся описание инфузории, а также обсуждаются известные случаи эпibiоза цилиат на пикногонидях.

Ключевые слова: инфузория, эпibiоз, пикногонид, базибионт, Бруней-Даруссалам

About the Authors

Chatterjee Tapas	Ph. D., D. Sc. Near Hari Mandir Road, Hirapur, Dhanbad 826001, Jharkhand, India, e-mail: drtchatterjee@yahoo.co.in
Dovgal Igor V.	Dr. Sc. in Biology, Professor, Chief Researcher in A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 2, Nakhimov ave., Sevastopol, 299011, Russian Federation, e-mail: dovgal-1954@mail.ru
Marshall David J.	Ph. D. and Professor of Marine Biology in Environmental and Life Sciences, Uni- versity Brunei Darussalam, Tungku Link, Gadong BE 1410, Brunei Darussalam, e-mail: david.marshall@ubd.edu.bn

Поступила в редакцию 03.04.2025

Принята к публикации 10.07.2025

О ПЕРВЫХ НАХОДКАХ ПЛАНКТОННОЙ РАКОВИННОЙ ИНФУЗОРИИ *AMPHORELLOPSIS TETRAGONA* (SPIROTRICHEA, GHOREOTRICHIA, TINTINNIDA) В КРЫМСКОМ ПРИБЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ *

Гаврилова Н. А.

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

Аннотация: Настоящая работа посвящена новому для Чёрного моря виду тинтиннид *Amphorellopsis tetragona* (Jørgensen, 1924) Kofoid et Campbell, 1929, обнаруженному в прибрежных водах Южного берега Крыма. Приводится диагноз вида, морфологические особенности раковинки и распространение в Мировом океане. Установлено, что этот вид встречается в Атлантическом и Тихом океанах, в Средиземном море, а также в Арктике (Баренцево море). Также его находили в солёных болотах в бассейне Индийского океана. Сравнительно недавно он был впервые зарегистрирован в Мраморном море. По нашим данным, пополнение черноморского списка чужеродными видами происходит постоянно начиная с 2001 года. До настоящего времени в Чёрном море насчитывалось 10 видов новых для региона тинтиннид (*Eutintinnus apertus*, *Eutintinnus tubulosus*, *Eutintinnus lususundae*, *Salpingella decurtata*, *Amphorellopsis acuta*, *Rhizodomus tagatzi*, *Tintinnopsis tocaninensis*, *Tintinnopsis mortensenii*, *Proplectella columbiana*, *Dartintinnus alderae*). *A. tetragona* является очередным новым видом, попавшим в Чёрное море из других районов Мирового океана.

Ключевые слова: тинтинниды, планктонные инфузории, инвазия, чужеродный вид, Чёрное море, биогеография, биоразнообразие, *Amphorellopsis tetragona*

Введение

В течение последних 25 лет в планктоне Чёрного моря регулярно отмечаются виды тинтиннид (*Tintinnida* Kofoid et Campbell, 1929), ранее неизвестных для данного региона. За этот период разными авторами [Гаврилова, 2001; Гаврилова, 2005; Гаврилова, 2017; Курилов, 2004; Селифонова, Новый вид ... , 2011; Селифонова, *Amphorellopsis* ... , 2011; Gavrilova, Dolan, 2007; Gavrilova, 2010; Gavrilova, Dovgal, 2016; Гаврилова, Довгаль, 2019] зарегистрировано 10 видов, которые, вероятно, являются вселенцами: *Eutintinnus apertus* Kofoid et Campbell, 1929, *Eutintinnus lususundae* Entz, 1884, *Eutintinnus tubulosus* Ostensfeld, 1899, *Salpingella decurtata* Jørgensen, 1924, *Amphorellopsis acuta* Schmidt, 1902, *Rhizodomus tagatzi* Strelkow et Wirketis, 1950, *Tintinnopsis tocaninensis* Kofoid et Campbell, 1929, *Dartintinnus alderae* Smith et al., 2018, *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902 и *Proplectella columbiana* (Wailes, 1925). Все эти виды постоянно присутствуют в пробах микрозоопланктона, а некоторые из них в определённые сезоны являются доминантами по отношению к аборигенным видам [Гаврилова, Довгаль, 2019].

В ходе сезонных мониторинговых исследований побережья Крыма в декабре 2022 года нами обнаружен ещё один новый для этого бассейна вид раковинных инфузорий — *Amphorellopsis tetragona* (Jørgensen, 1924) Kofoid et Campbell, 1929.

*Работа выполнена в рамках темы госзадания ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН» «Трансформация структуры и функций экосистем морской пелагиали в условиях антропогенного воздействия и изменений климата», регистрационный номер 124030400057-4.

Материал и методы

Материал для исследования собран 2 декабря 2022 г. малой планктонной сетью Апштейна с ячейкой газа 29 μm из слоя 0–3 м на двух прибрежных станциях Южного берега Крыма (район посёлка Понизовка) во время комплексных сезонных исследований данной акватории (рис. 1). Гидрологические условия на станциях отбора проб представлены в таблице 1.



Рис. 1. Станции отбора проб

Сетные пробы фиксировались раствором Люголя и в дальнейшем обрабатывались в стационарных лабораторных условиях в счётной камере Нажотта объёмом 0,8 мл с использованием светового микроскопа NIKON при 100- и 400-кратном увеличении.

Таблица 1

Гидрологическая характеристика станций

№ станции	Координаты		Расстояние от берега, м	Глубина, м	Температура, Т, °С	Прозрачность, м
	с. ш.	в. д.				
1	44.390673	33.938686	150	7,5	14,2	6
2	44.377955	33.935406	1500	78	14,3	10

Результаты и обсуждение

Раковинная инфузория *Amphorellopsis tetragona* (Jørgensen, 1924) Kofoid et Campbell, 1929 была обнаружена нами в декабре 2022 г. в пробах микрозоопланктона из поверхностных горизонтов прибрежья Южного берега Крыма. Её численность в верхнем 3-метровом слое составила 213 экз.·м⁻³ на станции 1 и 442 экз.·м⁻³ на станции 2 (рис. 1).

Систематическое положение Amphorellopsis tetragona

Тип Ciliophora Doflein, 1901

Подтип Intramacronucleata Lynn, 1996

Класс Spirotrichea Bütschli, 1889

Подкласс Choreotrichia Small et Lynn, 1985

Отряд Tintinnida Kofoid et Campbell, 1929

Семейство Tintinnidae Claparède et Lachmann, 1859

Род *Amphorellopsis* Kofoid et Campbell, 1929

Amphorellopsis tetragona (Jørgensen, 1924) Kofoid et Campbell, 1929

= *Amphorella tetragona* Jørgensen, 1924

= *Amphorides tetragona* (Jørgensen, 1924)

Диагноз. По нашим данным, раковинка *A. tetragona* прозрачная, гиалиновая, двухслойная, амфорообразная, имеет 130–160 μm в длину. Край устья выгнут наружу в виде широкого и ярко выраженного раструба высотой 25–30 μm и диаметром 40–50 μm . Отношение высоты раструба к длине лорики 1 : 5. Субустьевая зона заужена до 25–32 μm . В середине раковинка слегка расширяется до 35–36 μm в диаметре. В нижней трети внутренняя стенка сужается и заканчивается острым замкнутым клином, а внешняя стенка образует 4 складки, которые соединяются в замкнутый и заострённый апикальный конец (рис. 2). Согласно Кршиничу [Kršinić, Pt I, 2010; Kršinić, Pt II, 2010] длина лорики 135–161 μm , диаметр устья 44–52 μm , ширина раковинки 31,2–33,8 μm ; согласно Аббу-Аби Сааб [Abboud-Abi Saab, 2008] длина лорики 122–192 μm , диаметр устья 48 μm ; согласно Трегубову и Роузу [Trégouboff, Rose, 1957] длина лорики 125 μm .



Рис. 2. *Amphorellopsis tetragona* (Jørgensen, 1924) Kofoid & Campbell, 1929 (оригинал, $\times 400$)

Распространение. *A. tetragona* упоминается в литературных источниках как редкий и немногочисленный вид. Впервые *A. tetragona* была обнаружена в западной части Средиземного моря [Jørgensen, 1924].

Впоследствии чаще всего её находили в морях Средиземноморского бассейна: Лигурийском (бухта Вильфранш) [Trégouboff, Rose, 1957], Адриатическом [Kršinić, 1987; Kršinić, Pt I, 2010; Kršinić, Pt II, 2010; Kršinić, Grbec, 2006; Bojanić et al., 2012], Тирренском [Umani et al., 2010], Мраморном [Aliçlı et al., 2010; Balkis, Koray, 2014; Durmuş, Balkis-Ozdelice, 2014], а также у берегов Ливана [Abboud-Abi Saab, 1989; Abboud-Abi Saab, 2008].

В других районах Мирового океана находки *A. tetragona* носят спорадический характер. Так, её удавалось обнаружить в Арктике — в Баренцевом море [Dolan, Pierce, Yang, 2017; Chovgan, 2019], в Тихом океане — у берегов Японии [Nakamachi, Iwasaki, 1998], Новой Каледонии [Dolan, Jacquet, Torretton, 2006] и в Калифорнийском заливе [Mayen-Estrada et al, 2020], в Атлантическом

океане — в проливе Ла-Манш у берегов Северной Бретани [Paulmier, 1995]. Также упоминается о её находках в Индийском океане — к востоку-юго-востоку от островов Кергелен (Французские Южные и Антарктические территории) [Paulmier, 1997] — и в солёных болотах Индоокеанского региона [Dibyendu et al., 2016].

Замечания по номенклатуре. Впервые *Amphorellopsis tetragona* под названием *Amphorella tetragona* был описан Йоргенсенем в западной части Средиземного моря [Jørgensen, 1924]. В 1929 г. вид был перемещён в состав нового рода *Amphorellopsis* Kofoed et Campbell, 1929. Но годом ранее название рода *Amphorella* Daday, 1887 было замещено названием *Amphorides* Strand, 1928 в связи с тем, что родовое название *Amphorella* ранее уже было преокупировано (для рода моллюсков *Amphorella* Lowe, 1852) [Strand, 1928; Aesch, 2001]. При этом у некоторых авторов можно встретить комбинацию названий *Amphorides tetragona*. Так, например, под таким именем упоминается мезопелагическая тинтиннида с глубины более 200 м из Южной Адриатики [Kršinić, Grbec, 2006].

Согласно описанию Кофоида и Кемпбелла [Kofoed, Campbell, 1929], представители рода *Amphorellopsis* отличаются от видов рода *Amphorella* наличием заострённого, а не усечённого апикального конца. В связи с тем, что апикальный конец у всех образцов из наших проб заострённый, вид отнесён нами к роду *Amphorellopsis*.

Близкородственный вид *Amphorellopsis acuta* (Schmidt, 1902), внешне схожий с *A. tetragona*, также является чужеродным для Чёрного моря. Он был впервые зарегистрирован в Новороссийской бухте в октябре 2010 г. [Селифонова, *Amphorellopsis* ... , 2011]. У берегов Севастополя мы обнаружили *A. acuta* в сентябре 2011 г. [Gavrilova, Dovgal, 2016]. С тех пор он регулярно встречается в черноморском планктоне, достигая высоких показателей численности в осенний сезон. Важным отличительным признаком *A. acuta* является наличие трёх продольных лопастей в нижней трети раковинки, а также более мелкие размеры: по нашим данным, длина раковинки *A. acuta* 85–120 µm, диаметр устья 40–45 µm. Отношение высоты раструба к длине лорики 1 : 8 [Гаврилова, Довгаль, 2019].

Заключение

Таким образом, *Amphorellopsis tetragona* — новый вид тинтиннид для Чёрного моря. Исходя из географии распространения, этот вид можно отнести к эвригалинному и эвритермному космополиту.

Список литературы

1. Гаврилова Н. А. Новые виды тинтиннид в Черном море // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. — Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2005. — Вып. 69. — С. 5–11.
2. Гаврилова Н. А. Об обнаружении нового вида тинтиннид *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902 (Spirotrichea, Choreotrichia, Tintinnida, Codonellididae) в планктоне бухты Севастопольская (Чёрное море) // Морской биологический журнал. — 2017. — Т. 2, № 1. — С. 86–87. — <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.1.09>
3. Гаврилова Н. А. *Eutintinnus* (Ciliophora: Oligotrichida: Tintinnidae) — новый для фауны Черного моря род раковинных инфузорий // Экология моря / Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины. — Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2001. — Вып. 58. — С. 29–31.
4. Гаврилова Н. А., Довгаль И. В. Раковинные планктонные инфузории (Ciliophora, Tintinnida) Чёрного и Азовского морей. — Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2019. — 176 с. — <https://doi.org/10.21072/978-5-6042938-7-4>

5. Курилов А. В. Инфузории планктона прибрежной зоны северо-западной части Чёрного моря // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ИД ЭКОСИ – Гидрофизика, 2004. – Вып. 65. – С. 35–40.
6. Селифонова Ж. П. Новый вид инфузорий *Tintinnopsis tocaninensis* Kofoid et Campbell, 1929 (Ciliophora: Spirotrichea: Tintinnida) в Чёрном море // Российский журнал биологических инвазий. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 72–76. – <https://www.elibrary.ru/pkxveb>
7. Селифонова Ж. П. *Amphorellopsis acuta* (Ciliophora: Spirotrichea: Tintinnida) — новый вид тинтиннид в Чёрном море // Морской экологический журнал. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 85.
8. Abboud-Abi Saab M. Distribution and ecology of tintinnids in the plankton of Lebanese coastal waters (Eastern Mediterranean) // Journal of Plankton Research. – 1989. – Vol. 11, № 2. – P. 203–222. – <https://www.elibrary.ru/iyqsdf>
9. Abboud-Abi Saab M. Tintinnids of the Lebanese coastal waters (Eastern Mediterranean). – Lebanon : Centre Nat. de la Rech. Sci., 2008. – 192 p.
10. Aescht E. Catalogue of the generic names of ciliates (Protozoa, Ciliophora). – [Linz : Oberösterreichischen Landesmuseums ?], 2001. – 358 p. – (Denisia ; nr 1). – URL: <https://archive.org/details/denisia-1-001-350/mode/2up> (access date: 01.06.2020).
11. Alıçlı B., Balkis N., Toklu A., Höbek A. First record of *Amphorellopsis tetragona* (Protozoa: Ciliophora: Tintinnina) // European Journal of Biology. – 2010. – Vol. 69, № 2. – P. 103–106.
12. Balkis N., Koray T. A. Check-list of tintinnids (Protozoa: Ciliophora) in the coastal zone of Turkey // Pakistan Journal of Zoology. – 2014. – Vol. 46, iss. 4. – P. 1029–1038.
13. Bojanić N., Vidjak O., Šolić M., Krstulović N., Brautović I., Matijević S., Kušpilić G., Šestanovi S., Ninević G. Ž., Marasović I. Community structure and seasonal dynamics of tintinnid ciliates in Kaštela Bay (middle Adriatic Sea) // Journal of Plankton Research. – 2012. – Vol. 34, iss. 6. – P. 510–530. – <https://doi.org/10.1093/plankt/fbs019>
14. Chovgan O. Review of tintinnid species (Ciliophora: Tintinnina) from the Barents Sea // Protistology. – 2019. – Vol. 13, iss. 3. – P. 159–165. – <https://doi.org/10.21685/1680-0826-2019-13-3-5>
15. Dibyendu R., Santosh K. S., Kamala K. S., Palani S. G., Nallamuthu G., Jayanta K. B. Diversity and distribution of microzooplankton tintinnid (Ciliata: Protozoa) in the core region of Indian Sundarban wetland // Clean – Soil, Air, Water. – 2016. – Vol. 44, iss. 10. – P. 1–9. – <https://doi.org/10.1002/clen.201500781>
16. Dolan J. R., Jacquet S., Torretton J.-P. Comparing taxonomic and morphological biodiversity of tintinnids (planctonic ciliates) of New Caledonia // Limnology and Oceanography. – 2006. – Vol. 51, iss. 2. – P. 950–958.
17. Dolan J. R., Pierce R. W., Yang E. J. Tintinnid ciliates of the marine microzooplankton in arctic seas: a compilation and analysis of species records // Polar Biology. – 2017. – Vol. 40, iss. 6. – P. 1247–1260. – <https://doi.org/10.1007/s00300-016-2049-0>
18. Durmuş T., Balkis-Ozdelice N. Tintinnid (Protozoa: Ciliophora) species in the Gulf of Gemlik and some ecological properties of the environment // Fresenius Environmental Bulletin. – 2014. – Vol. 23, iss. 12. – P. 2990–2997.
19. Gavrilova N. A. Microzooplankton (Tintinnidae) // The introducers in the biodiversity and productivity of the Sea of Azov and the Black Sea / eds: Matishov G. G., Boltachev A. R. – Rostov-on-Don : Southern Sci. Centre RAS, 2010. – P. 63–69.
20. Gavrilova N. A., Dolan J. R. A note on species lists and ecosystem shifts: Black Sea tintinnids, ciliates of the microzooplankton // Acta Protozoologica. – 2007. – Vol. 46, iss. 4. – P. 279–288. – <https://elibrary.ru/myqzrz>

21. *Gavrilova N. A., Dovgal I. V.* Tintinnid ciliates (Spirotrichea, Choreotrichia, Tintinnida) of the Black Sea: recent invasions // *Protistology*. – 2016. – Vol. 10, iss. 3. – P. 91–96. – <https://doi.org/10.21685/1680-0826-2016-10-3-3>
22. *Jørgensen E.* Mediterranean Tintinnidae. – Copenhagen : Horst & Son, 1924. – 110 p. – (Report on the Danish oceanographical expeditions 1908–1910 to the Mediterranean and adjacent seas ; nr 8, vol. 11).
23. *Kofoed C. A., Campbell A. S.* A conspectus of the marine and fresh-water ciliata belonging to the suborder Tintinninea, with descriptions of new species principally from the Agassiz Expedition to the Eastern Tropical Pacific, 1904–1905. – Berkeley, California : Univ. of California Press, 1929. – 403 p.
24. *Kršinić F.* On the ecology of tintinnines in the Bay of Mali Ston (Eastern Adriatic) // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 1987. – Vol. 24, iss. 3. – P. 401–418. – [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(87\)90059-X](https://doi.org/10.1016/0272-7714(87)90059-X)
25. *Kršinić F.* Tintinnids (Tintinnida, Choreotrichia, Ciliata) in the Adriatic Sea, Mediterranean. Pt. I. Taxonomy. – Split, Croatia : Dalmacija papir, 2010. – 186 p.
26. *Kršinić F.* Tintinnids (Tintinnida, Choreotrichia, Ciliata) in the Adriatic Sea, Mediterranean. Pt. II. Ecology. – Split, Croatia : Dalmacija papir, 2010. – 113 p.
27. *Kršinić F., Grbec B.* Horizontal distribution of tintinnids in the open waters of the South Adriatic (Eastern Mediterranean) // *Scientia Marina*. – 2006. – Vol. 70, iss. 1. – P. 77–88.
28. *Mayen-Estrada R., Olvera-Bautista F., Reyes-Santos M., Duran-Ramires C. A., Medina-Duran J. H.* Tintinnids (Ciliophora: Tintinnida) from Mexico: a checklist // *Biologia*. – 2020. – Vol. 75, iss. 7. – P. 969–987. – <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00354-4>
29. *Nakamachi M., Iwasaki N.* List of tintinnids (Protozoa: Ciliata) in Uranouchi Inlet, Kochi, Japan // *Bulletin of Marine and Fisheries, Kochi University*. – 1998. – № 18. – P. 65–76.
30. *Paulmier G.* Les tintinnides (Ciliophora, Oligotrichida, Tintinnina) des côtes Françaises de la Manche et de l'Atlantique // *Annales de la Société des sciences naturelles de la Charente-Maritime*. – 1995. – Vol. 8, no 4. – P. 453–483.
31. *Paulmier G.* Tintinnides (Ciliophora, Oligotrichida, Tintinnina) de l'Atlantique Boréal, de l'Océan Indien et quelques mers adjacentes: Méditerranée, Mer Caraïbe, Mer Rouge. Inventaire et distribution. Observations basée sur les loricas : rapport IFREMER DRV/RH/97-17. – Brest, France : [s. n.], 1997. – 126 p.
32. *Strand E.* Miscellanea nomenclatorica zoologica et palaeontologica. [Pt.] I–II // *Archiv für Naturgeschichte. Abt. A*. – 1928. – Vol. 92, nr 8. – S. 30–75.
33. *Trégouboff G., Rose M.* Manuel de planctologie méditerranéenne. – Paris : Centre National de la Recherche Sci., 1957. – 2 vol.
34. *Umani S. F., Monti M., Minutoli R., Guglielmo L.* Recent advances in the Mediterranean researches on zooplankton: from spatial-temporal patterns of distribution to processes oriented studies // *Advances in Oceanology and Limnology*. – 2010. – Vol. 1, iss. 2. – P. 295–356. – <https://doi.org/10.4081/aiol.2010.5313>

ON THE FIRST FINDINGS OF THE PLANKTONIC LORICATE INFUSORIA
AMPHORELLOPSIS TETRAGONA (SPIROTRICHEA, GHOREOTRICHIA, TINTINNIDA)
IN THE CRIMEAN COASTAL WATERS OF THE BLACK SEA

Gavrilova N. A.

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

Abstract: The present work is devoted to a new species of tintinnid *Amphorellopsis tetragona* (Jörgensen, 1924) Kofoid et Campbell, 1929, found in the coastal waters of the Southern Coast of Crimea. The diagnosis of the species, morphological features of the shell and distribution in the World Ocean are given. It is established that this species is found in the Atlantic and Pacific Oceans, in the Mediterranean Sea, as well as in the Arctic (Barents Sea). It has also been found in salt marshes in the Indian Ocean basin. Comparatively recently, it was recorded for the first time in the Sea of Marmara. According to our data, replenishment of the Black Sea list with alien species has been going on continuously since 2001. So far, 10 species of tintinnids new to the region have been recorded in the Black Sea (*Eutintinnus apertus*, *Eutintinnus tubulosus*, *Eutintinnus lususundae*, *Salpingella decurtata*, *Amphorellopsis acuta*, *Rhizodamus tagatzi*, *Tintinnopsis tocanensis*, *Tintinnopsis mortensenii*, *Proplectella columbiana*, *Dartintinnus alderae*). *A. tetragona* is another new species introduced into the Black Sea from other parts of the World Ocean.

Keywords: *Amphorellopsis tetragona*, tintinnida, plankton ciliates, invasion, alien species, Black Sea, Crimea, biogeography, biodiversity

Сведения об авторе

Гаврилова	кандидат биологических наук, научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалеского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь,
Нелли	
Александровна	299011, Российская Федерация, e-mail: krinelly@mail.ru

Поступила в редакцию 06.03.2025

Принята к публикации 19.06.2025

ФАУНА РЫБ РЕКИ БИЮК-КАРАСУ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА) *

Карпова Е. П.^{1,2}, Белогурова Р. Е.^{1,2}, Чеснокова И. И.^{1,2}, Куршаков С. В.^{1,2},
Губанов В. В.¹, Шавриев Д. Г.^{1,2}

¹ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,

²НИЦ ПСГ – филиал ФИЦ ИнБЮМ, г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: karpova@ibss-ras.ru

Аннотация: Река Биюк-Карасу является самым полноводным водотоком среди всех рек северо-восточного макросклона Крымских гор, отличается от них своими гидрологическими характеристиками и обладает богатой аборигенной фауной рыб. Проанализирован современный состав ихтиофауны реки: в верхнем течении нативное сообщество рыб практически полностью вытеснено лимнофильным комплексом акклиматизированных в расположенных там водохранилищах рыб. Нами зарегистрированы 13 видов: лещ, белый амур, толстолобики — белый и пёстрый, плотва, карась серебряный, карп, щука, окунь обыкновенный, судак и бычки — песочник и головач. В водотоках выше Белогорского водохранилища отмечалась ручьевая форель, в том числе по окраске сходная с породой адлерская янтарная. Это может свидетельствовать о проникновении туда особей из расположенного на реке форелевого хозяйства. В среднем течении Биюк-Карасу комплекс аборигенных видов сохранился почти полностью, за исключением исчезнувшего за последние 50 лет малого рыбца. Основными видами на этом участке в последнее десятилетие являются голавль, а также пескарь, усач и шемая. В нижнем течении в настоящее время обитает обширный комплекс чужеродных днепровских видов: обитатели лентических водоёмов — горчак, плотва, укляя, краснопёрка, а также бычки — песочник, гонец, головач. Обилие таких видов, как чебачок амурский, карась серебряный, лещ, щука и окунь обыкновенный, было несколько ниже. На видовой состав ихтиофауны этого района изменения, связанные с проблемами подачи днепровской воды в Крым, существенного влияния не оказали. В целом в ихтиоценах по направлению от верхнего течения реки к нижнему увеличиваются показатели видового богатства и разнообразия при практически неизменной выровненности сообществ и уровне доминирования.

Ключевые слова: Крымский полуостров, реки, ихтиофауна, антропогенное воздействие, биоразнообразие, чужеродные и аборигенные виды

Введение

Реки являются важным компонентом ландшафта, благодаря чему многократно повышается его эстетическая ценность, и, что особенно важно для Крыма, могут служить местами рекреации туристов и местного населения. Хозяйственная деятельность в долинах крымских рек приобрела широкий размах более двух тысяч лет назад. Ещё 30 лет назад долины крупных крымских рек — Салгира, Альмы, Бельбека и Качи были заняты сёлами, садами и пастбищами. Сейчас сады и пастбища всё больше уступают место селитебным территориям. Относительно слабо преобразованные

*Работа выполнена в рамках тем государственного задания НИЦ ПСГ — филиал ФИЦ ИнБЮМ «Изучение особенностей структуры и динамики пресноводных экосистем Северного Причерноморья» (№ 123101900019-5) и «Оценка и развитие рыбохозяйственного потенциала перспективных районов Северного Причерноморья» (№ 125012100509-6), а также в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ 124022400148-4).

лесные массивы остались лишь в горной части, малопригодной для сельскохозяйственного освоения, и даже при этом многие источники и ручьи каптированы и вода из них подаётся на нужды водоснабжения и орошения. Всё это не могло не сказаться на экологическом состоянии крымских рек [Киселева, Прокопов, 2003].

Река Биюк-Карасу, протекающая по территории Крыма, является одной из наиболее значимых водных артерий полуострова, это крупнейший приток Салгира длиной 86 километров, а площадь её водосборного бассейна — 1160 км². Исток реки, один из крупнейших карстовых источников полуострова — Карасу-Баши, который находится на северных склонах Караби-яйлы. Вдоль реки расположены два крупных водохранилища: Тайганское, построенное в 1938 году, и Белогорское (1972 г.). Их общий объём составляет 37,1 млн м³. С 2015 года эти водохранилища используются для водоснабжения Керченско-Феодосийско-Судакского региона через систему Северо-Крымского канала, несмотря на то что первоначально они были предназначены для орошения сельскохозяйственных земель в Белогорском, Нижнегорском и Советском районах. На данный момент актуальным является изучение современного экологического состояния водотоков полуострова, особенно в условиях вододефицита. Поэтому в качестве исследуемого объекта был выбран бассейн реки Биюк-Карасу.

С 2015 года потребление воды из реки значительно возросло (с 10,9 млн м³ в 2007 году до 40,5 млн м³ в 2017 году), что связано с необходимостью перекачки воды на юго-восток полуострова. Также отмечается рост потребления воды на производственные нужды, которое увеличилось с 0,248 млн м³ в 2013 году до 23 млн м³ в 2017 году. Однако это связано с тем, что, согласно действующему законодательству, потери воды теперь учитываются как «производственные нужды», а такие потери в данном водотоке (около 20 млн м³) происходят из-за того, что вода транспортируется по земляному руслу реки, где происходит её естественная фильтрация. Таким образом, с 2015 года объём забора водных ресурсов из реки увеличился почти в четыре раза, на фоне нехватки воды произошло резкое сокращение площади орошаемых земель [Мирошниченко, 2003; Иванютин, Подовалова, 2019].

Река Биюк-Карасу обладает богатой аборигенной фауной рыб. Из девяти видов, отмеченных предыдущими исследованиями, три были характерны для истоков (форель ручьевая *Salmo trutta labrax* Pallas, 1814, голянь *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758), усатый голец *Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758)). В верхнем течении реки, помимо этих видов, присутствовали: пескарёв крымский *Gobio krymensis* Bănărescu & Nalbant, 1973, усач крымский *Barbus tauricus* (Kessler, 1877) и голавль *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758). В районе среднего течения реки форель и усатый голец не встречались, однако обитали крымская шемая *Alburnus mentoides* Kessler, 1859 и малый рыбец *Vimba vimba tenella* (Nordmann, 1840). По видовому составу наиболее бедным оказалось нижнее течение реки, где было зарегистрировано два вида — крымский пескарёв и бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) [Цеев, 1929]. Однако за последние 50–70 лет видовой состав ихтиофауны реки Биюк-Карасу подвергался неоднократным вариациям, связанным с хозяйственным освоением водоёмов бассейна, а также с изменением гидрологического режима крымских рек.

Один из главных показателей стабильности экосистемы — биоразнообразие различных групп организмов, обуславливающее её изменчивость и устойчивость по отношению к колебаниям факторов среды [Одум, 1986]. Основные критерии при этом — показатели альфа-разнообразия сообществ. Применение индексов биоразнообразия, которые отличаются относительной простотой расчёта и универсальностью, возможно к разным таксономическим группам, однако в горных реках с обеднёнными фито- и зоопланктонными сообществами наиболее удобный объект — сообщества рыб.

Материал и методы

Регулярные исследования ихтиофауны проводили на трёх станциях, в районе сёл Белая Скала (координаты места отбора проб — $45^{\circ}10'$ с. ш., $34^{\circ}61'$ в. д.), Зыбины ($45^{\circ}21'$ с. ш., $34^{\circ}62'$ в. д.) и Уваровка ($45^{\circ}43'$ с. ш., $34^{\circ}78'$ в. д.), в ходе экспедиций в бассейн реки Салгир, включая его приток (реку Биюк-Карасу) (рис. 1).

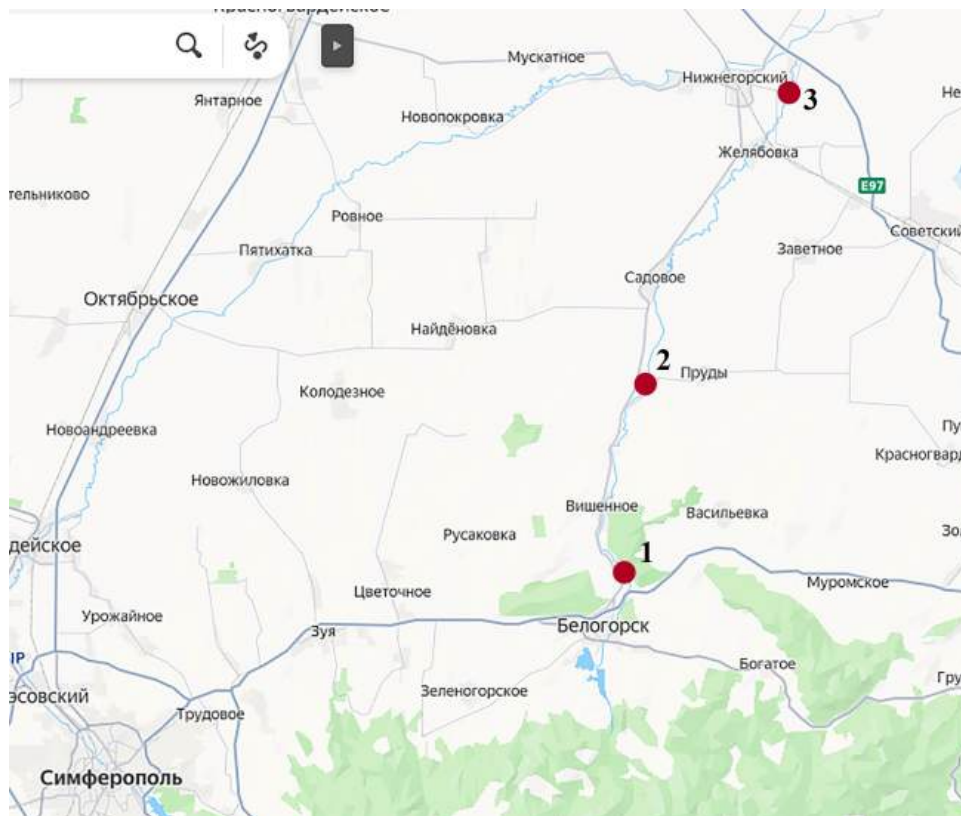


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб на реке Биюк-Карасу (1 — р-н с. Белая Скала, 2 — р-н с. Зыбины, 3 — р-н с. Уваровка)

Для сбора ихтиологических проб в русле реки применяли метод гона. При помощи мальковой волокуши и загораживания из дели с шагом ячеи 6 мм хамсароса отгораживался участок русла реки протяжённостью 50 м. Рыбы с этого участка сгонялись в орудие лова с 3-кратной повторностью. При этом максимально вылавливалось всё рыбное население — от сеголетков до старших возрастных групп. Всего на каждой из станций было выполнено 12 обловов волокуши. Виды, имеющие охранный статус, были выпущены в среду обитания после определения стандартной длины и массы.

После вылова рыб в термостатическом боксе доставляли в лабораторию, где проводили видовую идентификацию образцов по общепризнанным определителям [Берг, 1948–1949] и неполный биологический анализ, которому подвергнуто 2360 экземпляров рыб [Лакин, 1990].

Результаты и обсуждение

В бассейне реки Биюк-Карасу был отмечен 31 вид рыб из 9 семейств (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав рыб реки Биюк-Карасу

п/п	Таксон	Районы*			
		1	2	3	4
семейство Карповые Cyprinidae					
1	Горчак <i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)			+	+
2	Карась серебряный <i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)		+		+
3	Карп, сазан <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758		+		
4	Шемая <i>Alburnus mentoides</i> Kessler, 1859			+	+
5	Усач крымский <i>Barbus tauricus</i> (Kessler, 1877)			+	+
6	Пескарь крымский <i>Gobio krymensis</i> Bănărescu & Nalbant, 1973			+	
7	Чебачок амурский <i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel, 1846)			+	+
8	Голавль <i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)			+	+
9	Лещ <i>Abramis brama</i> Linnaeus, 1758		+	+	
10	Густера <i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)				+
11	Толстолобик белый <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)		+		
12	Толстолобик пёстрый <i>H. nobilis</i> (Richardson, 1845)		+		
13	Белый амур <i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)		+		
14	Уклея <i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)				+
15	Плотва <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)		+	+	+
16	Краснопёрка <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)				+
17	Гольян <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)			+	
семейство Немахейловые Nemacheilidae					
18	Усатый голец <i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)		+		
семейство Бьюновые Cobitidae					
19	Щиповка обыкновенная <i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758				+
семейство Сомовые Siluridae					
20	Европейский сом <i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758				+
семейство Лососевые Salmonidae					
21	Форель ручьевая <i>Salmo trutta labrax</i> Pallas, 1814	+			
семейство Щуковые Esocidae					
22	Щука <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758		+	+	+
семейство Центранховые Centrarchidae					
23	Окунь солнечный <i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)			+	+
семейство Окуневые Percidae					
24	Окунь обыкновенный <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758		+	+	+
25	Судак <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)		+		
семейство Бычковые Gobiidae					
26	Бычок-гонец <i>Babka gymnotrachelus</i> (Kessler, 1857)				+
27	Бычок-головач <i>Ponticola kessleri</i> (Günther, 1861)		+	+	+
28	Бычок-песочник <i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814)		+	+	+
29	Бычок-кругляк <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814)				+
30	Бычок трубконосый <i>Proterorhinus semilunaris</i> (Heckel, 1837)				+
31	Длиннохвостый бычок Книповича <i>Knipowitschia longecaudata</i> (Kessler, 1877)				+
	Всего видов	1	13	14	21

Примечание: 1 — участок реки Биюк-Карасу выше Белогорского водохранилища; 2 — верхнее течение реки; 3 — среднее течение; 4 — нижнее течение.

В верхнем течении, где в настоящее время расположен каскад водохранилищ — Белогорского и Тайганского, аборигенное рыбное сообщество практически полностью вытеснено лимнофильным комплексом акклиматизированных там рыб. Из 22 представителей ихтиофауны, которые регистрировались в них в середине прошлого века [Делямуре, 1964; Делямуре, 1966; Мирошник, 2003], в настоящее время нами были отмечены 12: лещ, белый амур, толстолобики (белый и пёстрый), плотва, карась серебряный, карп, щука, речной окунь, судак и бычки — песочник и головач. Соотношение видов по обилию представлено на рисунке 2. В русле реки выше Белогорского водохранилища отмечалась ручьевая форель, а прочие виды отсутствовали. Наиболее массовыми видами лентических водоёмов являлись лещ, который был представлен как крупными половозрелыми особями, так и молодью, а также плотва и окунь.

В среднем течении Бюк-Карасу в настоящее время присутствует комплекс аборигенных видов, за исключением исчезнувшего в прошлые годы малого рыба. Основными видами на этом участке в последнее десятилетие стали: голавль, пескарь крымский, усач крымский и шемай крымская. Доля их по численности в пробах в среднем течении реки колебалась: от 11,8 до 25,0 % для усача крымского (в среднем 20,7 %); от 10,1 до 27,5 % для голавля (21,8 %); от 17,6 до 20,2 % для пескаря крымского (18,5 %); от 17,6 до 52,1 % для шемаи (28,9 %). Доля этих видов по массе составляла: 19,1–38,2 % для усача крымского (40,2 %); 23,7–41,9 % для голавля (38,6 %); 7,6–20,1 % для пескаря крымского (9,9 %); 6,2–35,3 % для шемаи крымской (11,5 %). Доля остальных видов составляла от 5,9 до 12,3 % по численности (в среднем 10,2 %) и от 1,9 до 6,1 % по массе (в среднем 5,3 %). В отношении пространственного распределения был отмечен тренд к увеличению доли пескаря крымского (как по численности, так и по биомассе) по мере удаления от верховья вниз по течению, в отношении прочих видов чётко выраженных трендов не выявлено. В малых количествах нами были встречены в среднем течении: голянь речной, горчак, лещ, чебаков амурский, щука, солнечный окунь, окунь обыкновенный, бычки — песочник и головач, немного более обильно была представлена плотва. Все эти виды обитали преимущественно в заводях и на участках с умеренным течением.

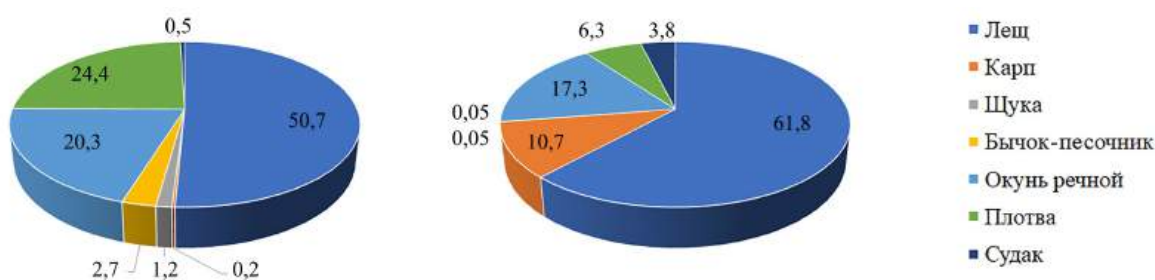


Рис. 2. Среднемноголетняя структура уловов в водохранилищах (слева — численность, справа — биомасса)

В период 2015–2023 гг., который характеризуется резким изменением гидрологического режима реки, на данном участке состав ихтиофауны был весьма обеднён. Преобладали всего три вида — голавль (9,4–12,5 % (в среднем 10,7 %) по численности и 16,6–29,8 % (в среднем 23,9 %) по биомассе), крымский усач (56,3–62,5 % (58,9 %) по численности и 53,3–66,7 % (59,3 %) по биомассе) и крымская шемай (25,0–34,4 % (30,4 %) по численности и 16,7–16,9 % (16,8 %) по биомассе). Единично отмечался бычок-головач. Таким образом, как видно из рисунка 3, в ихтиоценозах среднего течения наблюдается существенная структурная трансформация. Полностью исчезли на этом участке аборигенные виды — усатый голец и речной голянь.

В своём нижнем течении река имеет равнинный характер, здесь наблюдаются более слабое течение, заиление и наличие обширных зарослей водной растительности. Аборигенная ихтиофауна этого участка была наиболее бедной. В первом десятилетии XX века в ней отмечалось всего два вида рыб — пескарь и бычок-песочник [Цееб, 1929]. В настоящее время здесь обитает обширный комплекс чужеродных видов днепровского комплекса (как показано в таблице 2), источником появления которых послужил Северо-Крымский канал.

Наиболее многочисленны здесь были лимнофильные виды: горчак, плотва, укля, краснопёрка, а также бычки — песочник, гонец, головач. Обилие таких видов, как чебачок амурский, карась серебряный, лещ, щука и окунь обыкновенный, было несколько ниже. На этом участке изменение гидрологических характеристик реки также оказало влияние на состав и структуру рыбных сообществ. За период исследований были отмечены снижение видового разнообразия, общей численности рыб, а также рост доминирования отдельных видов и значительные вариации относительной численности и биомассы видов рыб. Эпизодически, во время паводков, на этом участке наблюдались аборигенные виды (шемая, усач), однако в целом здесь присутствовали только популяции видов-вселенцев.

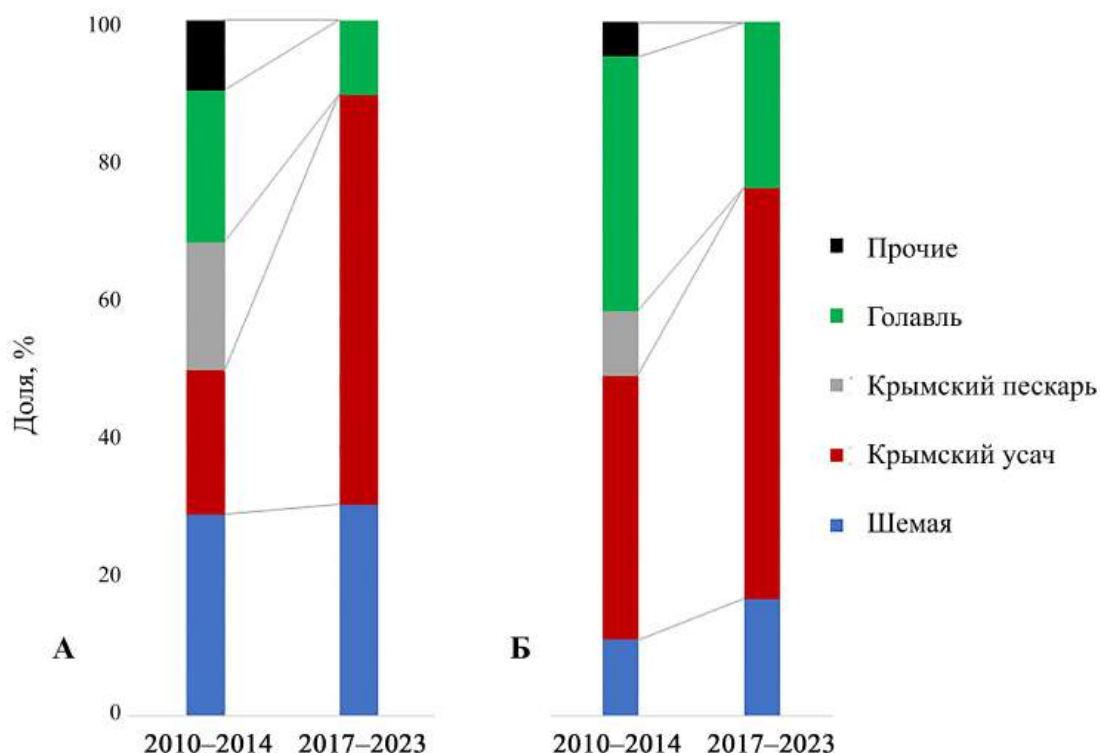


Рис. 3. Структура ихтиоценов среднего течения реки Биук-Карасу по численности (А) и биомассе (Б)

Таблица 2

Доля видов по численности в ихтиоценах нижнего течения реки Бююк-Карас

п/п	Таксон	Год			
		2013	2017	2018	2023
1	Горчак	32,9	36,9	4,3	0,0
2	Карась серебряный	1,2	0,0	0,0	0,0
3	Шемая крымская	0,0	0,0	14,1	0,0
4	Усач крымский	0,0	0,0	16,3	0,0
5	Чебачок амурский	1,2	4,1	0,0	0,0
6	Голавль	0,0	0,0	1,1	0,0
7	Густера	3,0	0,0	0,0	0,0
8	Уклея	6,7	23,6	12,0	21,7
9	Плотва	28,0	23,4	0,0	0,0
10	Краснопёрка	3,7	9,7	0,0	43,3
11	Щиповка обыкновенная	0,0	0,0	0,0	1,7
12	Европейский сом	0,0	0,0	0,0	3,3
13	Щука	0,6	0,2	0,0	6,7
14	Окунь солнечный	0,0	0,0	42,4	0,0
15	Окунь обыкновенный	0,6	0,0	5,4	8,3
16	Бычок-гонец	4,3	0,3	0,0	3,3
17	Бычок-головач	4,3	0,0	0,0	0,0
18	Бычок-песочник	13,4	0,2	4,3	0,0
19	Бычок-кругляк	0,0	1,5	0,0	0,0
20	Бычок трубконосый	0,0	0,2	0,0	10,0
21	Длиннохвостый бычок Книповича	0,0	0,0	0,0	1,7
	Всего видов	12	10	8	9

Заключение

Таким образом, осуществлён анализ современного состояния фауны рыб реки Бююк-Карасу. Выявлено, что в верхнем течении аборигенное рыбное сообщество практически полностью вытеснено лимнофильным комплексом рыб, акклиматизированных в расположенных там водохранилищах (лещ, белый амур, толстолобики — белый и пёстрый, плотва, карась серебряный, карп, щука, окунь обыкновенный, судак и бычки — песочник и головач). В среднем течении Бююк-Карасу комплекс аборигенных видов сохранился почти полностью, за исключением исчезнувшего в прошлые годы малого рыбца. Установлено, что основными видами на этом участке в последнее десятилетие являются: голавль, а также пескарь, усач и шемая. В нижнем течении в настоящее время присутствует обширный комплекс чужеродных днепровских видов: обитатели лентических водоёмов — горчак, плотва, уклея, краснопёрка, а также бычки — песочник, гонец, головач. Обилие таких видов, как чебачок амурский, карась серебряный, лещ, щука и окунь обыкновенный, было несколько ниже. На видовой состав ихтиофауны этого района изменения, связанные с проблемами подачи днепровской воды в Крым, существенного влияния не оказали. В целом в направлении от верхнего течения реки к нижнему в ихтиоценах увеличиваются показатели видового богатства и разнообразия при практически неизменной выровненности сообществ и уровне доминирования.

Список литературы

1. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. – Изд. 4-е, испр. и доп. – Москва : Изд-во АН СССР, 1948–1949. – 3 ч.
2. Делямуре С. Л. Рыбы пресных водоемов. – Симферополь : Крым, 1964. – 70 с.
3. Делямуре С. Л. Рыбы пресных водоемов. – 2-е изд., испр. и доп. – Симферополь : Крым, 1966. – 66 с.
4. Иванютин Н. М., Подовалова С. В. Оценка современного экологического состояния реки Биюк-Карасу // Вода и экология: проблемы и решения. – 2019. – № 1. – С. 54–61. – <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2019.24.1.54-63>
5. Киселева Г. А., Прокопов Г. А. Выделение участков реки с различной степенью антропогенной преобразованности (на примере р. Салгир) // Устойчивый Крым. Водные ресурсы / Респ. ком. по экологии и природ. ресурсам АР Крым [и др.] ; ред.: Тарасенко В. С. [и др.]. – Симферополь : Таврида, 2003. – С. 139–141.
6. Лакин Г. Ф. Биометрия. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Высш. шк., 1990. – 352 с.
7. Мирошниченко А. И. Рыбы внутренних водоемов Крыма // Устойчивый Крым. Водные ресурсы / Респ. ком. по экологии и природ. ресурсам АР Крым [и др.] ; ред.: Тарасенко В. С. [и др.]. – Симферополь : Таврида, 2003. – С. 142–145.
8. Одум Ю. Экология. – Москва : Мир, 1986. – 376 с.
9. Цееб Я. Я. Предварительные итоги изучения ихтиофауны крымских рек // Труды Крымского научно-исследовательского института. – Симферополь : [б. и.], 1929. – Т. 2, вып. 2. – С. 112–123.

FISH FAUNA OF THE BIYUK-KARASU RIVER (CENTRAL CRIMEA) Karpova E. P.^{1,2}, Belogurova R. E.^{1,2}, Chesnokova I. I.^{1,2}, Kurshakov S. V.^{1,2}, Gubanov V. V.¹, Shavriev D. G.^{1,2}

¹A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

²Research Center for Freshwater and Brackish Water Hydrobiology – branch of A. O. Kovalevsky
Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: karpova@ibss-ras.ru

Abstract: The Biyuk-Karasu River is the most full-flowing watercourse among all the rivers of the north-eastern macroslope of the Crimean Mountains. It differs from other rivers of this hydrological region in its characteristics and has a rich native fish fauna. The modern composition of the river ichthyofauna is analyzed: in the upper reaches, the native fish community is almost completely displaced by the limnophilic complex of fish acclimatized in the reservoirs located there. We registered 13 species: bream, grass carp, silver carp — white and motley, roach, silver carp, carp, pike, common perch, pike-perch and gobies — sandpiper and bighead. In the watercourses above the Belogorsk reservoir, brook trout was noted, including one similar in color to the Adler amber breed. This may indicate the penetration of individuals from the trout farm located on the river. In the middle reaches of the Biyuk-Karasu, the complex of native species has been preserved almost completely, with the exception of the small vimba that has disappeared. The main species in this area in the last decade are: chub, as well as gudgeon, barbel and shemaya. In the lower reaches, there is currently a large complex of alien Dnieper species: inhabitants of lentic reservoirs — bitterling, roach, bleak, rudd, as well as gobies — sandpiper, messenger, golovach. The abundance of such species as Amur chebachok, silver crucian carp, bream, pike and common perch was somewhat lower. The changes associated with the problems of supplying Dnieper river water to Crimea did not have a significant impact on the species composition of the ichthyofauna of this area. In general, in the direction from the upper reaches of the river to the lower reaches, the indicators of species richness and diversity increase in ichthyocenes with an almost unchanged alignment of communities and the level of dominance.

Keywords: Crimean peninsula, rivers, ichthyofauna, anthropogenic impact, biodiversity, alien and native species

Сведения об авторах

Карпова Евгения Павловна	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: karпова_jeу@mail.ru
Белогурова Раиса Евгеньевна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский центр пресноводной и солоноватоводной гидробиологии – филиал ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: belogurova_re@ibss-ras.ru
Чеснокова Ирина Игоревна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: chii@ibss-ras.ru
Куршаков Сергей Викторович	научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: kurshakov@ibss-ras.ru
Губанов Владимир Викторович	младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: gubanov@ibss-ras.ru
Шавриев Дмитрий Георгиевич	ведущий инженер, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: shavrievd@ibss-ras.ru

*Поступила в редакцию 18.07.2025
Принята к публикации 25.08.2025*

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ РЫБ И ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА КАТТЬЕН (ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ) *

Аблязов Э. Р.^{1,2,3}, Статкевич С. В.², Ку Нгуен Динь³, Чан Ван Тиен³, Чыонг Ба Хай³

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук,
Москва, Российская Федерация,

²ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,

³Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского
и технологического центра, Хошимин, Вьетнам,
e-mail: abliazov@ibss-ras.ru

Аннотация: Одной из основных задач особо охраняемых природных территорий является оценка видового разнообразия, которая в дальнейшем даёт возможность проводить мониторинг изменения биоразнообразия в условиях минимальных антропогенных воздействий. До настоящего времени комплексные исследования фауны рыб и десятиногих ракообразных национального парка Каттьен — одного из крупнейших заповедников на юге Вьетнама — не проводились. Имеются лишь немногочисленные публикации, которые носят фрагментарный характер. Целью работы стало детальное изучение пресноводной фауны (рыбы и десятиногие ракообразные) гидрологической сети национального парка Каттьен. Изучение фаунистического разнообразия данной охраняемой территории проводилось в 2024–2025 гг. Обнаружено 34 вида рыб из 12 семейств и 12 видов десятиногих ракообразных из 4 семейств. Виды *C. uminensis*, *M. talaiense*, *S. triangularis*, *N. botti* являются эндемиками Вьетнама. Приведён аннотированный список исследуемых гидробионтов с указанием мест регистрации в границах парка.

Ключевые слова: национальный парк Каттьен, река Донгнай, затопливаемые лесные территории, озёра, рыбы, десятиногие ракообразные

Введение

Особо охраняемые природные территории (ООПТ), будучи минимально подверженными антропогенному воздействию, являются основой для сохранения и восстановления биологического разнообразия и природно-ресурсного потенциала экосистем. В этом отношении наибольшую значимость имеют заповедники, заказники, национальные и природные парки. Первостепенной задачей охраняемых территорий является каталогизация видового разнообразия, результаты которой в дальнейшем позволят выявить наиболее общие закономерности изменения экосистем, ценологических связей и биологии отдельных видов животных и растений.

С момента организации национального парка Каттьен в 1978 г. [Нгуен, Аничкин, 2011] на его территории проводилось значительное количество научно-исследовательских работ. Однако до настоящего времени исследования фауны рыб и десятиногих ракообразных национального парка относительно немногочисленны и носят фрагментарный характер. В 2001 г. были опубликованы результаты комплексной съёмки в водно-болотных угодьях озера Баусау [Doan Canh, 2001], в котором отмечено 46 видов рыб. Имеются сведения о видовом составе рыб биосферного заповедника Донгнай [Nguyen et al., 2019], где основу аннотированного списка составляют виды, населяющие одно из крупнейших водохранилищ Вьетнама — озеро Чيان и реку Донгнай.

*Исследование выполнено в рамках темы «Эколан Э-3.6» (задача 3) Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра и государственного задания № 124022400148-4 Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского Российской академии наук.

Для облова гидробионтов применялись нетравмирующие орудия лова: сачки с размерами входного отверстия 30 × 30, 45 × 25 см и диаметром ячеей от 0.1 до 0.5 см; сачки гидробиологические с размерами входного отверстия 30 × 31, 26 × 26 см и диаметром ячеей 500 мкм; донные ловушки (типа верши) диаметром ячеей 0.3 и 1.0 см; волокуша с диаметром ячеей в кутце 0.3 см.

Таксономическая идентификация рыб и десятиногих ракообразных осуществлялась с использованием монографических сводок по пресноводным гидробионтам Юго-Восточной Азии и современных ревизий по отдельным таксономическим группам [Đặng, Hò, 2005; Le, 2006; Cai, Ng, Choy, 2007; Thanh, Tu, 2007; Hanamura et al., 2011; Fishes of the Mekong ... , 2013; Aprila et al., 2020; Fishes of the Indochinese ... , 2021; Annawaty et al., 2022]. Названия видов приведены согласно современной классификации [WoRMS; Eschmeyer's catalog ...].

Все отловленные гидробионты содержались в живом виде. После установления видовой принадлежности и фотосъёмки все особи выпускались в среду обитания.

Результаты и обсуждение

По результатам проведённых нами исследований, фауна рыб и десятиногих ракообразных национального парка Катъен насчитывает 46 видов. Аннотированный список видов исследуемых гидробионтов с указанием мест поимок в границах парка приведён ниже.

Класс Лучепёрые рыбы — Actinopterygii Klein, 1885

Семейство Cyprinidae Rafinesque, 1815

Barbodes rhombeus (Kottelat, 2000) — обычный вид в водоёмах национального парка. Населяет затопляемые лесные территории и различные притоки р. Донгнай;

Barbonymus schwanenfeldii (Bleeker, 1853) — массовый вид в р. Донгнай. В сезон дождей заходит в различные притоки из основного русла;

Ceratogarra cambodiensis (Tirant, 1883) — отмечен только в р. Донгнай;

Cyclocheilichthys apogon (Valenciennes, 1842) — отмечался в р. Донгнай и её притоках на территории заповедника;

Hampala macrolepidota Kuhl & Van Hasselt, 1823 — отмечен только в р. Донгнай;

Labiobarbus leptocheilus (Valenciennes, 1842) — отмечался в р. Донгнай и её притоках на территории заповедника;

Labeo pierrei (Sauvage, 1880) — отмечен только в р. Донгнай;

Mystacoleucus obtusirostris (Valenciennes, 1842) — отмечен только в р. Донгнай;

Osteochilus microcephalus (Valenciennes, 1842) — отмечен в различных притоках р. Донгнай на территории национального парка;

Osteochilus waandersii (Bleeker, 1853) — отмечен только в р. Донгнай;

Puntioplites proctozystron (Bleeker, 1865) — отмечен только в р. Донгнай. По нашим наблюдениям, один из наиболее многочисленных видов в границах национального парка;

Systomus rubripinnis (Valenciennes, 1842) — отмечен только в р. Донгнай.

Семейство Xenocyprididae Günther, 1868

Paralaubuca typus Bleeker, 1864 — отмечен только в р. Донгнай.

Семейство Danionidae Bleeker 1863

Amblypharyngodon chulabhornae Vidthayanon & Kottelat, 1990 — в период работ отмечен только в Безымянном озере;

Danio albolineatus (Blyth, 1860) — единичные особи отмечались в р. Донгнай с притоками, а также на затопливаемых лесных территориях;

Esomus metallicus Ahl, 1923 — в период работ отмечен только в Безымянном озере;

Laubuka siamensis Fowler, 1939 — отмечался в различных притоках р. Донгнай на территории национального парка и в Безымянном озере;

Rasbora paviana Tirant, 1885 — по нашим наблюдениям, наиболее многочисленный вид в водоёмах национального парка. Населяет временные и постоянные водотоки (реки и ручьи), а также временно затопливаемые лесные территории;

Rasbora cf. daniconius (Hamilton, 1822) — несколько особей отмечено при сборе проб в р. Донгнай в границах заповедника;

Rasbora sp. — единично зафиксирован при сборе проб в р. Донгнай в границах заповедника.

Семейство Cobitidae Swainson, 1838

Acantopsis dialuzona Van Hasselt, 1823 — регистрировался в р. Донгнай и её притоках;

Acantopsis sp. — одна особь зафиксирована при сборе проб в р. Донгнай в границах заповедника.

Семейство Ambassidae Klunzinger, 1870

Parambassis siamensis (Fowler, 1937) — в период работ отмечен только в Безымянном озере.

Семейство Bagridae Bleeker, 1858

Hemibagrus spilopterus H. H. Ng & Rainboth, 1999 — отмечен в р. Донгнай, а также в её притоках в сезон дождей.

Семейство Clariidae Bonaparte, 1846

Clarias cf. batrachus (Linnaeus, 1758) — отмечен в р. Донгнай, её временных и постоянных притоках, а также на временно затопливаемых лесных территориях.

Семейство Ailiidae Bleeker, 1858

Clupisoma sinense (Huang, 1981) — отмечен только в р. Донгнай;

Laides longibarbis (Fowler, 1934) — отмечен только в р. Донгнай.

Семейство Helostomatidae T. N. Gill, 1872

Helostoma temminckii G. Cuvier, 1829 — отмечен только в акватории оз. Баусау.

Семейство Pristolepididae T. R. Roberts, 1989

Pristolepis fasciata (Bleeker, 1851) — единично отмечался в оз. Баусау.

Семейство Osphronemidae van der Hoeven, 1832

Trichopodus microlepis (Günther, 1861) — отмечен только в Безымянном озере;

Trichopodus trichopterus (Pallas, 1770) — обычный вид для национального парка. Отмечен во всех исследованных водоёмах, водотоках (реки и ручьи) и на временно затопливаемых лесных территориях;

Trichopsis vittata (G. Cuvier, 1831) — зарегистрирован в оз. Баучим и Безымянном.

Семейство Channidae Fowler, 1934

Channa gachua (Hamilton, 1822) — отмечен в р. Донгнай с притоками и на затопливаемых лесных территориях;

Channa striata (Bloch, 1793) — в период наблюдений единичные особи регистрировались на затопливаемых лесных территориях, в оз. Баусау и различных притоках р. Донгнай.

Отряд десятиногие ракообразные — Decapoda

Инфраотряд Настоящие креветки — Caridea Dana, 1852

Семейство Atyidae De Haan, 1849

Caridina brachydactyla De Man, 1908 — обычный вид в водоёмах национального парка;

Caridina gracilipes De Man, 1892 — отмечался единичными особями в оз. Баусау;

Caridina propinqua De Man, 1908 — несколько особей поймано в Безымянном озере;

Caridina uminensis Đăng & Đỗ, 2007 — в период наблюдений единичные находки регистрировались в водоёмах и водотоках на охраняемой территории. Эндемик Вьетнама.

Семейство Palaemonidae Rafinesque, 1815

Macrobrachium lanchesteri (De Man, 1911) — обычный вид в водоёмах и водотоках парка Каттьен;

Macrobrachium mieni Dang, 1975 — в период наблюдений отмечался единично в речной системе;

Macrobrachium sintangense (De Man, 1898) — обычный вид в р. Донгнай;

Macrobrachium talaiense Le, 2006 — вид известен только в р. Донгнай. Эндемик Вьетнама.

Инфраотряд Настоящие крабы — Brachyura Latreille, 1802

Семейство Gecarcinucidae Rathbun, 1904

Guinotusa beauvoisi (Rathbun, 1902) — зафиксирован при сборе проб в р. Донгнай в границах заповедника;

Sayamia germaini (Rathbun, 1902) — отмечен на временно затопливаемых лесных территориях. Отловлены 2 особи (самец и самка);

Somanniathelphusa triangularis Đăng & Đỗ, 2005 — населяет временные и постоянные водотоки (реки и ручьи) парка. Отмечался на временно затопливаемых лесных территориях. Один из массовых видов десятиногих ракообразных, населяющих заповедную территорию. Эндемик Вьетнама.

Семейство Potamidae Ortmann, 1896

Neolarnaudia botti Türkay & Naiyanetr, 1987 — отмечен в речной системе Донгнай. Эндемик Вьетнама.

Река Донгнай — самая длинная река Вьетнама, а её бассейн — второй по величине в южном регионе страны после реки Меконг. Однако в границах парка находятся небольшой участок реки и несколько её притоков, где и проводились наши работы. Так, ихтиофауна была представлена 27 видами, из которых 13 отмечены только в основном русле реки. *B. schwanenfeldii* встречался в притоках исключительно в сезон дождей в местах, близких к слиянию с руслом р. Донгнай. Среди видов, регистрировавшихся во временных и постоянных водотоках (реки и ручьи) парка, можно выделить *R. paviana*, *Tr. trichopterus*, *Cl. cf. batrachus*, *Ch. striata* — они фиксировались на территории национального парка в течение всего года. *R. paviana* численно превосходила прочие виды и составляла основу ихтиофауны лесных водотоков. Из ракообразных были собраны 3 вида крабов и 5 видов креветок, причём значительная доля в уловах приходилась на *M. lanchesteri* и *M. talaiense*.

Лесные затопляемые территории — уникальные экосистемы, для которых характерно затопление в течение определённого периода, они играют важную роль в обеспечении оптимального функционирования тропических регионов и сохранении биоразнообразия. На подобных участках реализуется в первую очередь водорегулирующая функция леса. Кроме того, затопленные леса являются местом обитания и миграции различных групп животных. По результатам проведённых нами исследований данных территорий были собраны представители ихтиофауны (*B. rhombeus*, *D. albolineatus*, *R. paviana*, *Cl. cf. batrachus*, *Tr. trichopterus*, *Ch. gachua*, *Ch. striata*) и крабы (*S. germaini* и *So. triangularis*).

Озёра. На юге национального парка Катъен, на высоте около 130 м над уровнем моря, расположено пресноводное озеро Баусау, известное как место обитания популяции сиамского крокодила — *Crocodylus siamensis*, Schneider, 1801 [Polet et al., 2002; Нгуен, Околелова, Динь, 2021]. Сбор материала здесь производился как в береговой зоне, среди зарослей водной растительности, так и в центральной части (с лодки). При проведении ихтиологических работ были отмечены 3 вида, из которых *H. temminckii* и *Pr. fasciata* встречались только в озере. Подобный результат частично связан с невозможностью проведения полноценной ихтиологической съёмки. В акватории оз. Баусау возможно работать исключительно ручными сачками. В уловах из десятиногих ракообразных были отмечены креветки рода *Caridina* (3 вида) и *Macrobrachium* (1 вид), по численности преобладал вид *C. brachydactyla*.

Также работы по изучению фауны рыб и десятиногих ракообразных проводили в озёрах Баучим и Безымянном. Ихтиофауна в данных водоёмах была представлена 8 видами: *Trichopsis vittata*, *Tr. trichopterus*, *Tr. microlepis*, *P. siamensis*, *R. paviana*, *L. siamensis*, *Es. metallicus*, *Am. chulabhornae*. В оз. Баучим отмечен только *Trichopsis vittata*. А виды *Tr. microlepis*, *P. siamensis*, *Es. metallicus*, *Am. chulabhornae* за период наблюдений зарегистрированы исключительно в Безымянном озере. В оз. Баучим в уловах десятиногие ракообразные не зафиксированы. В Безымянном озере встречались *M. lanchesteri*, *C. brachydactyla*, *C. propinqua* и *C. uminensis*.

Заключение

Фауна рыб и десятиногих ракообразных национального парка Каттьен насчитывает 46 видов, из которых 34 вида относятся к представителям ихтиофауны, 8 видов — к представителям креветок и 4 вида — крабов. Виды *C. uminensis*, *M. talaiense*, *S. triangularis*, *N. botti* являются эндемиками Вьетнама. Полученные данные свидетельствуют о том, что таксономическое разнообразие гидробионтов характерно для Юго-Восточной Азии.

Выявлены различия в видовом составе рыб водоёмов различных типов. Так, небольшие реки населяют не крупные представители семейств Cyprinidae и Danionidae, наиболее многочисленным среди которых является *R. paviana*. Виды *H. temminckii* и *Pr. fasciata* отмечены только в озере Баусау. А основу ихтиофауны Безымянного озера составляют *Tr. microlepis*, *P. siamensis*, *Es. metallicus*, *Am. chulabhornae*, которые отсутствуют в других водоёмах парка. Для таких видов, как *Cl. cf. batrachus*, *Ch. gachua*, *Ch. striata*, затопленные леса являются местом обитания и миграции в сезон дождей: используя для дыхания атмосферный кислород, данные представители фауны перемещаются между водоёмами и водотоками.

Изучены состав и распределение десятиногих ракообразных водных объектов заповедной территории. Пресноводные креветки семейств Atyidae и Palaemonidae являются обитателями постоянных водоёмов и водотоков парка Каттьен. Также в речной системе Донгнай зарегистрированы находки крабов *G. beauvoisi*, *So. triangularis* и *N. botti*. Наземная фауна десятиногих ракообразных представлена крабами *S. germaini* и *So. triangularis*, последний из которых в большом количестве отмечался на временно затапливаемых лесных территориях.

Гидрологическая сеть национального парка Каттьен играет важную роль в сохранении биоразнообразия, так как обеспечивает естественную среду обитания для представителей фауны рыб и десятиногих ракообразных в условиях минимального антропогенного воздействия.

Список литературы

1. Нгуен В. Т., Аничкин А. Е. Национальный парк Каттьен – общие сведения // Структура и функции почвенного населения тропического муссонного леса (национальный парк Катъен, Южный Вьетнам) / РАН, Ин-т пробл. экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, Совмест. Рос.-Вьетнам. Тропич. науч.-исслед. и технол. центр ; под общ. ред. А. В. Тиунова. – Москва : Т-во науч. изд. КМК, 2011. – С. 11–15.
2. Нгуен В. Т., Околелова А. А., Динь В. А. Т. Сохранение животного мира биосферного заповедника Донг Най в Южном Вьетнаме // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 59–65. – <https://elibrary.ru/dkjujq>
3. Annawaty A., Lapasang N. H. E., Rahayu P., Hairul H., Tadeko F. R. I., Dwiyanto D. Checklist of the freshwater shrimps (Crustacea, Decapoda, Caridea) from the Banggai Archipelago, Central Sulawesi, Indonesia // Check List. – 2022. – Vol. 18, iss. 2. – P. 341–355. – <https://doi.org/10.15560/18.2.341>
4. Aprila L. S., Wowor D., Boer M., Farajallah A. Population dynamics of *Macrobrachium sintangense* and *M. lanchesteri* in Lake Lido, West Java // The 3rd International conference on biosciences, 8 August 2019, Bogor, Indonesia. – UK : IOP Publ., 2020. – Art. 012008. – (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science ; vol. 457). – <https://doi.org/10.1088/1755-1315/457/1/012008>
5. Cai Y., Ng P. K. L., Choy S. Freshwater shrimps of the family Atyidae (Crustacea: Decapoda: Caridea) from peninsular Malaysia and Singapore // The Raffles Bulletin of Zoology. – 2007. – Vol. 55, iss. 2. – P. 277–309.
6. Dăng N. T., Hồ T. H. One new genus and two new species of potamid freshwater crabs from the southern part of Vietnam // Journal of Biology. – Hanoi, 2005. – Vol. 27, nr 1. – P. 1–7. (in Vietnamese).

7. Doan Canh. Environmental assessment to support the development of a feasibility project for the restoration of the Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) at Ban Sau, Cat Tien National Park : final report / Cat Tien Nat. Park. – Vietnam, 2001. – 78 pp.
8. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references : database / eds: Fricke R., Eschmeyer W. N., Van der Laan R. – Updated monthly. – URL: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (accessed: 05.03.2025).
9. Fishes of the Indochinese Mekong / ed. board.: Taki Ya. [et al.]. – Tokyo : Nagao Natural Environment Found., 2021. – 546 p. – URL: https://www.nagaofoundation.or.jp/e/publication/e-book/mekongfishes/book/index.html#target/page_no=1 (accessed: 27.02.2025).
10. Fishes of the Mekong Delta, Vietnam / Tran D. D., Shibukawa K., Nguyen P. T. [et al.]. – Can Tho, Vietnam : Can Tho Univ. Publ. House, 2013. – 174 p.
11. Hanamura Yu., Imai H., Lasasimma O., Souliyamath P., Ito S. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from Laos // Zootaxa. – 2011. – Vol. 3025. – P. 1–37. – <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3025.1.1>
12. Le T. B. A new freshwater prawn species of the genus *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) from South Vietnam // Journal of Biology. – Hanoi, 2006. – Vol. 28, nr 1. – Art. 824. – <https://doi.org/10.15625/0866-7160/v28n1.824>
13. Nguyen T. T., Nguyen L. N., Lam B. Q., Huynh T. C., Nguyen D. H., Nguyen N. B., Mai T. D., Nguyen T. P. Fish composition in Dong Nai biosphere reserve in Vietnam // The Journal of Agriculture and Development. – 2019. – Vol. 18, iss. 6. – P. 30–37.
14. Polet G., Murphy D. J., Lam P. V., Mui T. V. Crocodile conservation at work in Vietnam. Re-establishing *Crocodylus siamensis* in Cat Tien National Park // Crocodiles : Proc. of the 16th Working meet. of the crocodile specialist group of the species survival commis. of IUCN – The World conservation union convened at Gainesville, Florida, 7–10 Oct. 2002. – Gland, Switzerland : IUCN, 2002. – P. 86–95. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/NS-2002-001.pdf> (accessed: 05.03.2025).
15. Thanh Đ. N., Tu Đ. V. New species of Caridina (Crustacea – Decapoda – Atyidae) from Vietnam // Journal of Biology. – Hanoi, 2007. – Vol. 29, nr 4. – Art. 5395. – <https://doi.org/10.15625/0866-7160/v29n4.5395>
16. WoRMS. World Register of Marine Species. – URL: <https://www.marinespecies.org> (accessed: 19.07.2025).

PRELIMINARY DATA ON THE FAUNA OF FISH AND DECAPOD CRUSTACEANS OF CAT TIEN NATIONAL PARK (SOUTH VIETNAM)

Abliazov E. R.^{1,2,3}, Statkevich S. V.², Dinh Cu Nguyen³, Tien Tran Van³, Truong Ba Hai³

¹A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation,

²A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

³Southern Branch of Joint Russian-Vietnamese Tropical Science and Technology Research Center,
Southern Center, Ho Chi Minh City, Vietnam,
e-mail: abliazov@ibss-ras.ru

Abstract: One of the main goals of protected areas is to assess species diversity, which allows us to monitor changes in biodiversity in conditions with minimal anthropogenic impact. To date, no comprehensive studies have been conducted on the fish and decapod crustacean fauna of Cat Tien National Park, one of the largest nature reserves in southern Vietnam. Existing publications are few and fragmentary. This study aimed to provide a detailed assessment of the freshwater fauna (fish and decapod crustaceans) associated with the park's hydrological

network. A comprehensive survey of faunal diversity was conducted within the protected area during 2024–2025. In total, 34 fish species representing 12 families and 12 species of decapod crustaceans from 4 families were recorded. The species *C. uminensis*, *M. talaiense*, *S. triangularis*, *N. botti* are endemic to Vietnam. An annotated list of the studied aquatic organisms is provided, indicating the locations of registration within the boundaries of the park.

Keywords: Cat Tien National Park, Dong Nai river, flooded forest areas, lakes, fish, decapods

Сведения об авторах

Аблязов Эрнес Рустемович	инженер лаборатории тропической экологии, Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН; научный сотрудник отдела ихтиологии, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: abliazov@ibss-ras.ru
Статкевич Светлана Вячеславовна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела ихтиологии, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: statkevich03@ibss-ras.ru
Ку Нгуен Динь	кандидат биологических наук, заведующий лабораторией водной экологии, Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, г. Хошимин, Вьетнам, № 3, ул. 3/2, район Vuon Lai, 650000, e-mail: dinhcnd@gmail.com
Чан Ван Тиен	магистр, научный сотрудник лаборатории водной экологии, Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, г. Хошимин, Вьетнам, № 3, ул. 3/2, район Vuon Lai, 650000, e-mail: tvtien.itb@gmail.com
Чьонг Ба Хай	научный сотрудник лаборатории водной экологии, Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, г. Хошимин, Вьетнам, № 3, ул. 3/2, район Vuon Lai, 650000, e-mail: tvtien.itb@gmail.com

Поступила в редакцию 30.07.2025

Принята к публикации 26.08.2025

О НАХОДКАХ ЛИШАЙНИКА *LOBARIA PULMONARIA* НА ТЕРРИТОРИИ ЗАКАЗНИКА «ПАРАСЬКИНЫ ОЗЁРА»

Резниченко В. В.

ФГБУ «Печоро-Ильчский государственный природный биосферный заповедник»,
подразделение государственного природного заказника федерального значения «Параськины озёра»,
Якутия, Российская Федерация,
e-mail: valerre@inbox.ru

Аннотация: Данная статья посвящена результатам полевых исследований, проводимых на территории заказника «Параськины озёра», по мониторингу точек произрастания лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. Полевые работы по поиску и фиксации точек нахождения данного вида проводились в летний период в 2023 и 2024 годах. Статья содержит: введение, сведения об ООПТ, на которой проводилось исследование, карты с указанием точек произрастания *L. pulmonaria*, описание лесных сообществ, в которых были найдены точки, результаты полевых исследований. В статье имеются шесть иллюстраций: карта-схема расположения заказника «Параськины озёра», карты и фотографии мест произрастания *L. pulmonaria*, диаграммы, на которых показаны результаты измерения размера талломов, а также графики, отображающие результаты измерения высоты произрастания таллома над поверхностью земли. Также в статье имеются три таблицы, в которых содержатся данные о точках произрастания краснокнижного лишайника, об окраске таллома и его целостности.

Ключевые слова: биоразнообразие, мониторинг, точки произрастания, *L. Pulmonaria*, лишайник

Введение

Данная тема является актуальной, так как огромную ценность для особо охраняемых природных территорий имеет наличие видов растений, мхов, лишайников или животных, занесённых в Красную книгу РФ или региональную Красную книгу. Государственный природный заказник федерального значения «Параськины озёра» был образован 4 августа 2021 года.

Первые сведения о точках произрастания *L. pulmonaria* появились в 2020–2021 годах на этапе сбора обосновывающих материалов научными сотрудниками ИБ Коми НЦ УрО РАН. Выявленные редкие и охраняемые виды лишайников в основном эпифиты, поселяющиеся на стволах и ветвях старых деревьев в еловых и сосновых лесах. Популяции *L. pulmonaria*, *Bryoria fremontii* (Tuck.) Brodo & D. Hawksw, *Ramalina thrausta* (Ach.) Nyl. и *Chaenothecopsis fennica* (Laurila) Tibell в благоприятных местообитаниях многочисленны [Пыстина, Семёнова, 2021]. Таковыми местообитаниями являются: смешанный берёзово-еловый лес, приручейный ельник, пойменный ельник с берёзой.

L. pulmonaria — эпифитный листоватый лишайник, занесённый в Красную книгу Российской Федерации (категория редкости 2). Это означает, что вид сокращается в численности. Слоевище крупнолистное, до 30 см в длину и до 20 см в ширину. Верхняя поверхность оливковая или зелёная с коричневым оттенком, сетчато-складчатая, с глубокими впадинами, разделёнными «рёбрами». По «рёбрам» развиваются серовато-беловатые соредии и изидии. Нижняя поверхность окрашена светлее, местами покрыта буроватым войлочком и тёмно-коричневыми ризинами длиной до 2 мм [Мучник, Инсарова, Казакова, 2011]. Произрастает *L. pulmonaria* большей частью в смешанных и лиственных лесах. Леса должны поддерживать достаточную степень влажности и создавать условия затенённости, поэтому в сосняках данный вид не встречается.

Помимо этого, особое влияние на распределение лишайников и развитие их талломов оказывают стихийные (например, лесные пожары, вулканизм) и антропогенные факторы — атмосферное загрязнение, рубки лесов, горные выработки и карьеры, распашка степей, рекреационная нагрузка [Флора лишайников ... , 2014]. Так, *L. pulmonaria* чувствительна к техногенному загрязнению, поэтому не встречается в лесах, в которых воздух загрязнён. Ещё одним лимитирующим фактором является вырубка лесов, особенно старовозрастных, ведь данный лишайник предпочитает именно старовозрастные леса.

Район исследования

Работы по мониторингу точек произрастания краснокнижного лишайника *L. pulmonaria* проводились на территории заказника «Параськины озёра». Заказник расположен на территории МОГО «Ухта», в 50 км к югу от Ухты по направлению трассы Ухта — Сыктывкар. Общая площадь ООПТ составляет 17 109,5735 гектаров. Карта заказника «Параськины озёра» представлена на рисунке 1, кварталы выделены зелёным, фиолетовым и жёлтым цветами.

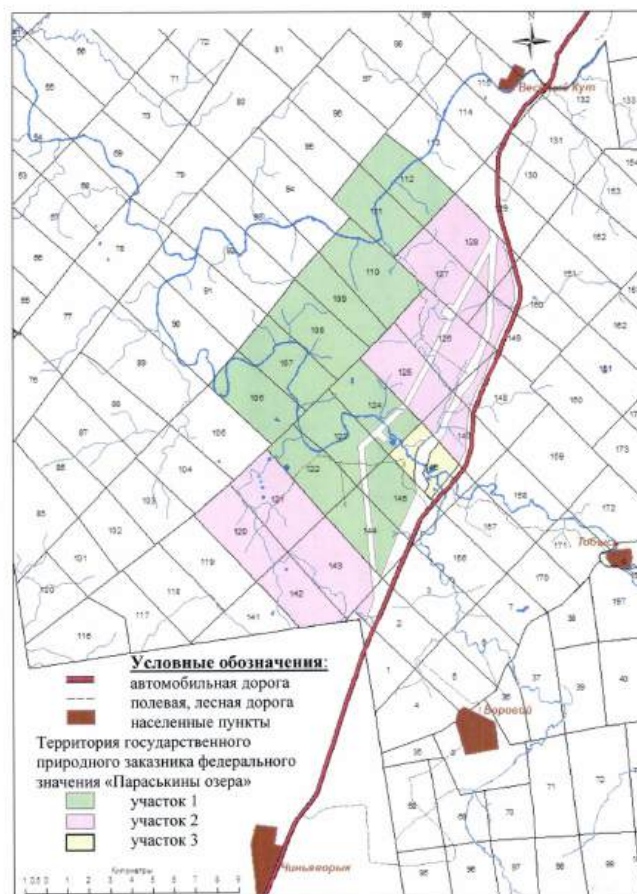


Рис. 1. Карта-схема расположения заказника «Параськины озёра»

С точки зрения геологического строения территория заказника — уникальный ландшафт, который сформировался под влиянием карстовых процессов. Длительное время на фоне общего поднятия Тиманского кряжа происходили денудационные процессы. Вероятно, именно в эти периоды активно развивались процессы выщелачивания и растворения пород. В результате возникли многочисленные карстовые формы рельефа — воронки, которые довольно часто встречаются на территории заказника.

В четвертичное время важнейшим фактом геологической истории района заказника были два покровных оледенения. За счёт таяния ледников в западной части территории образовался обширный водный бассейн, в этот же период происходили перестройка гидрографической сети и выработка долин современных рек данной территории.

По территории заказника протекает река Тобысь (главный водоток заказника), река Ухтарка является левым её притоком, а Ухарка — правым. На территории заказника находятся четыре крупнейших озера: Голубое озеро, Большое Параськино озеро, озеро Кауфмана, имеющее форму бабочки, и озеро Егорты. Для туристических целей вокруг Голубого озера, озера Кауфмана и Большого Параськиного озера оборудованы экотропы, также на территории заказника имеются арт-объекты, скамейки и беседки. Основная часть объектов рекреации расположена в 146-м квартале.

Согласно ботанико-географическому районированию территория заказника расположена в полосе экотона средней и северной тайги Кольско-Печорской подпровинции Северо-Европейской таёжной провинции Евразийской таёжной (хвойнолесной) области. В растительном покрове преобладают сосновые средневозрастные леса, ельники, березняки и осинники. В сосняках лишайниковых, в кустарничково-травяном ярусе, доминантом является *Vaccinium vitis-idaea* L., содоминантом — черника *Vaccinium myrtillus* L. В мохово-лишайниковом ярусе доминирует лишайник *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda, содоминантами выступают *Cladonia rangiferina* (L.) F.H. Wigg. и *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. Из зелёных мхов наиболее постоянен и обилен *Pleurozium schreberi* Mitten, довольно часто встречаются мхи родов *Dicranum* и *Polytrichum*.

Ход работы и метод исследования

В летние месяцы 2023 и 2024 годов в ходе маршрутных исследований автором были продолжены работы по поиску и фиксированию точек произрастания *L. pulmonaria*. Для фиксирования точек распространения данного вида лишайника на территории заказника «Параськины озёра» были обследованы местообитания: осинник за газопроводом «Сияние Севера», еловый лес на берегу реки Тобысь, а также лесной массив напротив дороги на посёлок Тобысь.

Точки произрастания *L. pulmonaria* фиксировались с помощью программы *Locus Map*. В ходе маршрутного исследования описывался тип растительного сообщества, субстрат, на котором отмечен таллом (дерево или валёж), определялся вид древесной породы. Далее измерялся обхват дерева с помощью сантиметровой ленты, а затем проводился учёт количества талломов и характер покрытия (единичный таллом, скопления талломов или сплошное покрытие). Также оценивалось состояние таллома (цвет, наличие повреждений, наличие пятен), измерялись его размеры (длина и ширина) с помощью линейки. Карты и фотографии местообитаний представлены на рисунках 2–6.

Район № 1. Осиновый лес за газопроводом «Сияние севера». Рельеф данного района неравномерный, характеризуется наличием воронок, дно которых покрыто водой. В древесном ярусе преобладает *Populus tremula* L., но встречаются также *Picea obovata* Ledeb. и *Betula pubescens* Ehrh. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea*, но встречаются также *Geranium sylvaticum* L., *Rubus saxatilis* L. и другие виды.

Район № 2. Лесной массив напротив дороги на посёлок Тобысь.

Район № 3. Еловый лес между Голубым озером и рекой Тобысь. Данный лесной массив располагается по спуску к реке Тобысь. В древесном ярусе доминирует *P. obovata*. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует *V. vitis-idaea*.

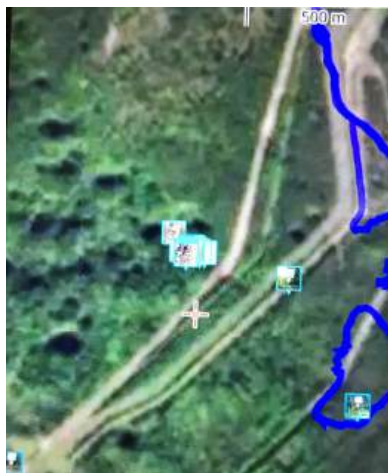


Рис. 2. Карта расположения точек произрастания *L. pulmonaria* в районе № 1



Рис. 3. Осиновый лес (район № 1)

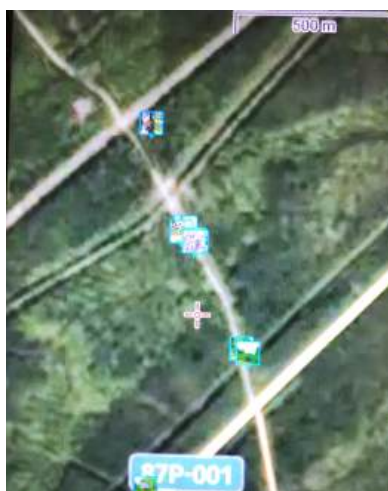


Рис. 4. Карта расположения точек произрастания *L. pulmonaria* в районе № 2



Рис. 5. *L. pulmonaria* в районе № 2

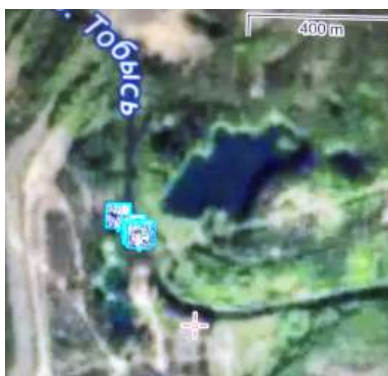


Рис. 6. Карта расположения точек в еловом лесу между Голубым озером и рекой (Голубое озеро расположено по левую сторону от реки)

Результаты и обсуждение

Район № 1. Осиновый лес. В данном местообитании было выявлено 15 деревьев, на коре которых зафиксирована *L. pulmonaria*. Результаты представлены в таблице 1.

По данным из таблицы 1 можно сделать вывод, что лишайник *L. pulmonaria* встречался в основном на деревьях, обхват которых составлял не менее 58 см. Также отмечалось нахождение талломов на валежниках и старых пнях.

По возможности измерялись следующие параметры: длина таллома, ширина таллома и высота его нахождения на стволе. На рисунках 7–8 представлены результаты измерений.

Как видно из графика, высота нахождения таллома над поверхностью земли составила от 117 до 180 см. Отмечались также талломы, которые находились на старых пнях или на валежниках.

В зависимости от характера произрастания талломы встречались в единичном экземпляре, группами или образовывали сплошное покрытие. Далее измерялись ширина и длина таллома. Результаты представлены на рисунке 8.

Анализируя диаграмму, представленную на рисунке 8, можно сделать вывод, что средние размеры встреченных талломов составляли от 2 до 12 см в ширину и от 2 до 12 см в длину.

Таблица 1

Данные о точках произрастания *L. Pulmonaria* в осиновом лесу за газопроводом «Сияние севера»

Номер точки	Местообитание	Окраска таллома, состояние	Субстрат, обхват дерева в см	Количество талломов
1	Осиновый лес	коричнево-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 97 см	сплошное скопление талломов
2	Осиновый лес	коричнево-зелёная, ярко-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 78 см	11 талломов
3	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	валежник	7 талломов
4	Осиновый лес	коричнево-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 64 см	талломы разбросаны по поверхности ствола
5	Осиновый лес	коричневая	<i>P. tremula</i> ., 113 см	группа талломов
6	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	ветвь старой ели	группа талломов
7	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	ветвь старой ели	группа талломов
8	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 65 см	единичный таллом
9	Осиновый лес	коричневая, сухой таллом	<i>P. tremula</i> , 82 см	6 талломов
10	Осиновый лес	зелёно-коричневая, обычное	<i>P. tremula</i> , 118 см	5 талломов
11	Осиновый лес	коричнево-бледно-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 81 см	1 таллом
12	Осиновый лес	бледно-зелёная с буроватым оттенком, обычное	<i>P. tremula</i> , 117 см	сплошное покрытие
13	Осиновый лес	зелёно-коричневая, обычное	<i>P. tremula</i> , 113 см	талломы разбросаны по поверхности ствола
14	Осиновый лес	часть таллома ярко-зелёная, а часть коричневатая	<i>P. tremula</i> , 76 см	7 талломов
15	Осиновый лес	коричневая, обычное	<i>P. tremula</i> , 58 см	8 талломов

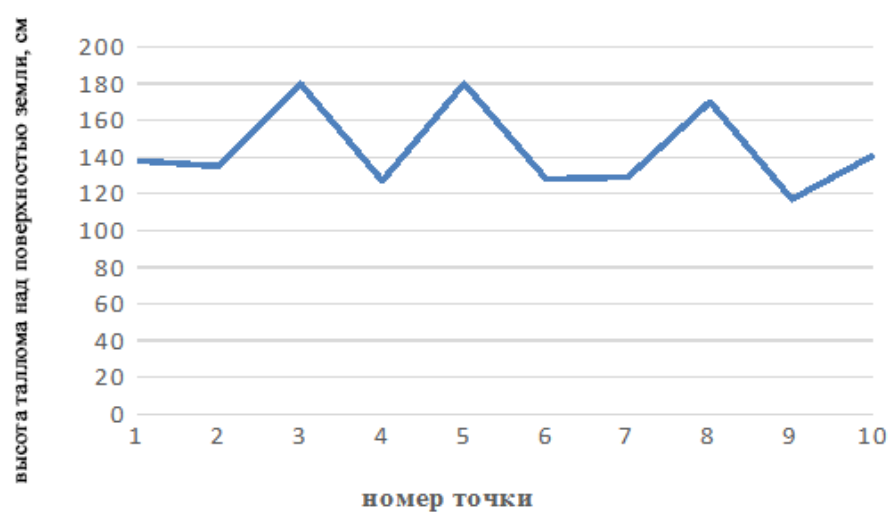


Рис. 7. Результаты измерения высоты нахождения таллома над поверхностью земли

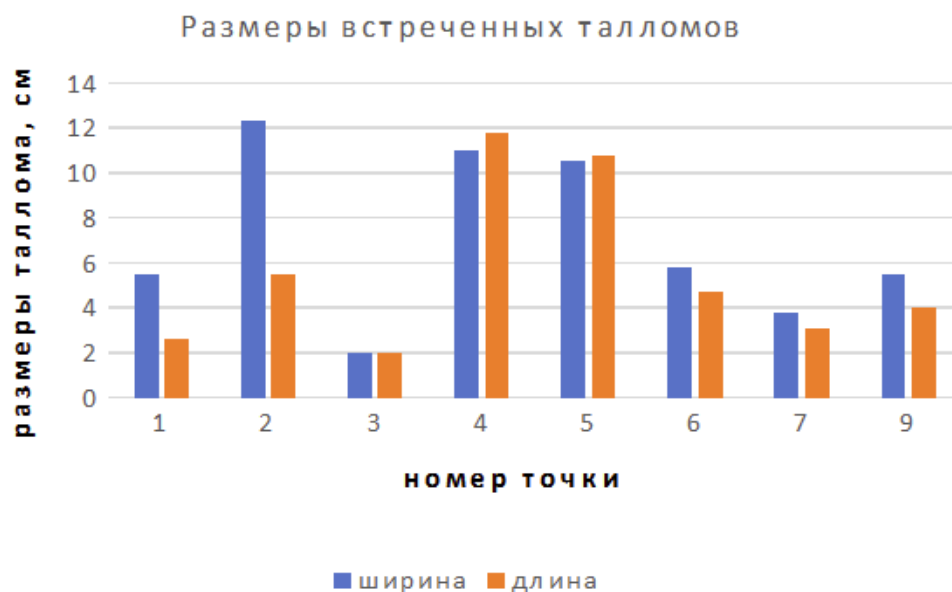


Рис. 8. Результаты измерения величины талломов

Район № 2. В данном местообитании выявлено восемь точек произрастания лишайника *L. pulmonaria*. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Данные о точках произрастания *L. pulmonaria* в лесном массиве напротив дороги на пос. Тобысь

Номер точки	Тип фитоценоза	Окраска таллома, состояние	Субстрат, обхват дерева в см	Количество талломов
1	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 64 см	3 таллома
2	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	валежник	сплошное покрытие
3	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	валежник	7 талломов
4	Осиновый лес	бледно-зелёная, обычное	валежник	сплошное покрытие
5	Осиновый лес	бледно-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 87 см	3 таллома
6	Осиновый лес	бледно-зелёная, обычное	пень	сплошное покрытие
7	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 20 см	5 талломов
8	Осиновый лес	ярко-зелёная, обычное	<i>P. tremula</i> , 16 см	2 таллома

Согласно данным таблицы 2, лишайник *L. pulmonaria* встречается как на деревьях с обхватом ствола 60–80 см, так и 15–20 см (в обхвате). Далее измерялась высота нахождения талломов над поверхностью земли. Результаты представлены на рисунке 9.

Как видно из графика, высота нахождения талломов лишайника *L. pulmonaria* варьируется от 58 до 105 см. Далее измерялись длина и ширина талломов. Результаты измерений представлены на рисунке 10.

Ширина встреченных талломов составила от 1,8 до 6,5 см, длина — от 0,7 до 6 см. Таким образом, встречаются как крупные талломы, так и маленькие.

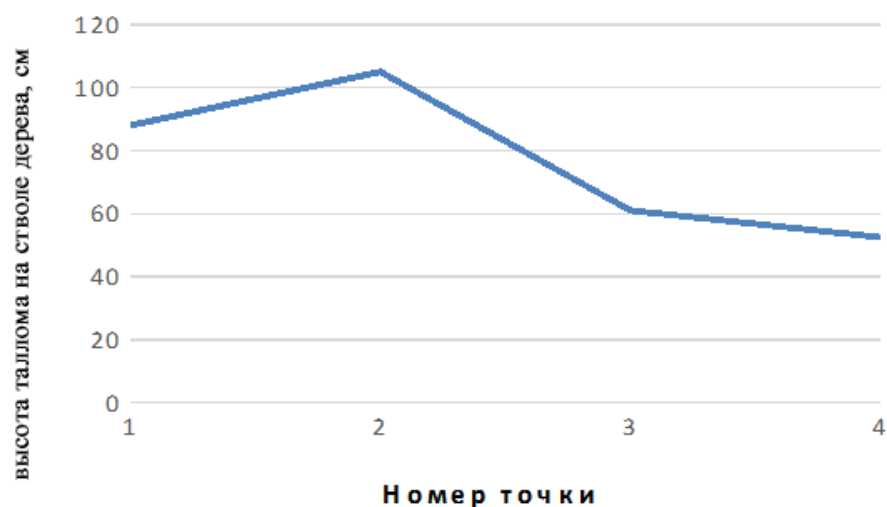


Рис. 9. Результаты измерения высоты нахождения таллома над поверхностью земли

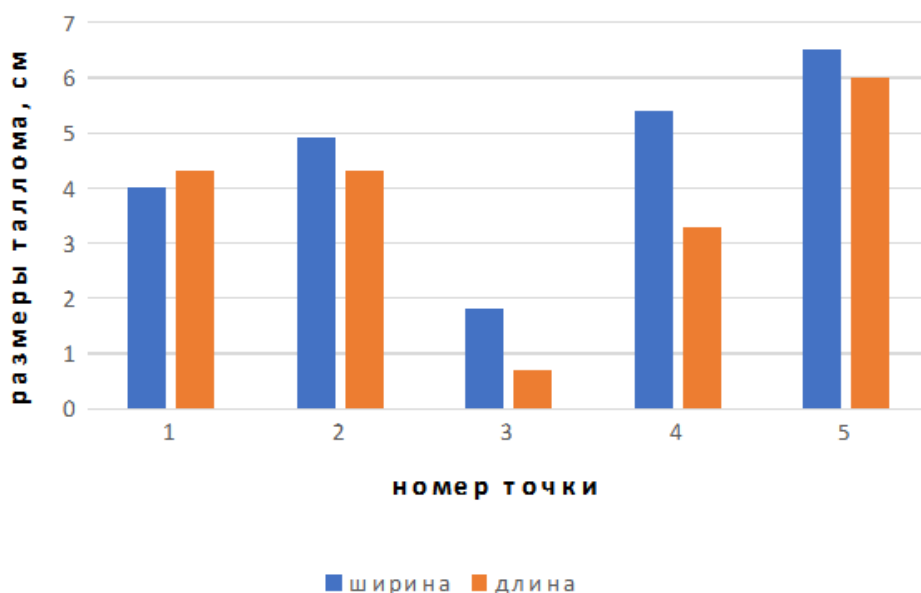


Рис. 10. Результаты измерения величины талломов

Район № 3. Результаты исследований представлены в таблице 3.

По данным таблицы 3, лишайник *L. pulmonaria* встречается как на деревьях больше 100 см в обхвате, так и 15 см в обхвате. Далее измерялась высота нахождения талломов над поверхностью земли. Результаты представлены на рисунке 11.

На основании графика, представленного на рисунке 11, можно сделать вывод, что высота нахождения талломов лишайника *L. pulmonaria* варьируется от 43 до 93 см. Далее измерялись длина и ширина талломов. Результаты измерений представлены на рисунке 12.

Как видно из рисунка 12, ширина встреченных талломов составила от 4 до 25 см, длина — от 2 до 10 см.

Таблица 3

Данные о точках произрастания *L. pulmonaria* в районе Голубого озера

Номер точки	Тип фитоценоза	Окраска таллома, состояние	Субстрат, обхват дерева в см	Количество талломов
1	Ельник на берегу реки Тобысь	бледно-коричнево-зелёная, обычное	<i>P. obovata</i> , 94 см	единичный таллом
2	Ельник на берегу реки Тобысь	бледно-коричнево-зелёная, обычное	<i>P. obovata</i> , 93 см	3 таллома
3	Ельник на берегу реки Тобысь	бледно-зелёная	<i>P. obovata</i> , 134 см	3 таллома
4	Ельник на берегу реки Тобысь	бледно-коричнево-зелёная, обычное	<i>P. obovata</i> , 175 см	17 талломов
5	Ельник на берегу реки Тобысь	ярко-зелёная, обычное	<i>P. obovata</i> , 51 см	11 талломов
6	Ельник на берегу реки Тобысь	коричнево-зелёная, обычное	засохшая <i>P. obovata</i> , 15 см	2 таллома
7	Ельник на берегу реки Тобысь	бледно-зелёная	засохшая <i>P. obovata</i> , 89 см	5 талломов
8	Ельник на берегу реки Тобысь	коричнево-зелёная, обычное	<i>P. obovata</i> , 122 см	8 талломов

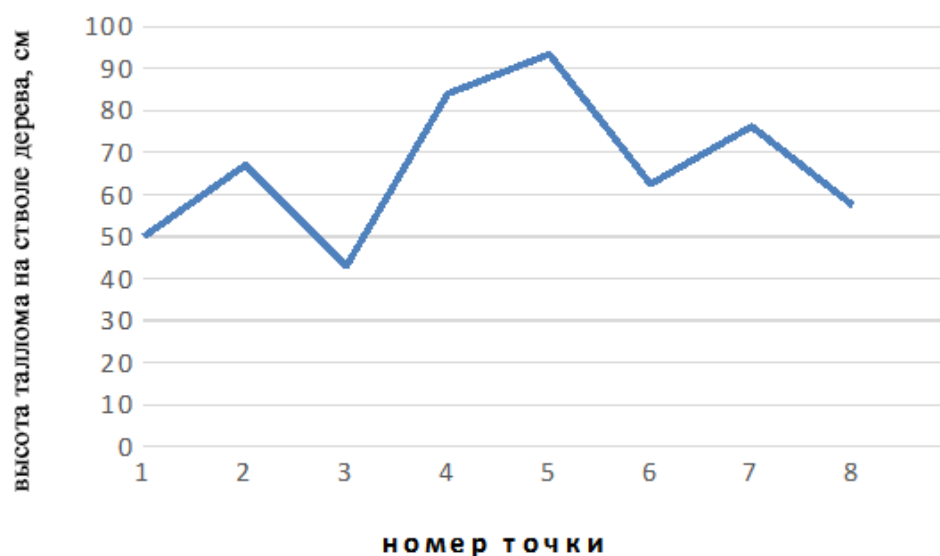


Рис. 11. Результаты измерения высоты нахождения таллома над поверхностью земли

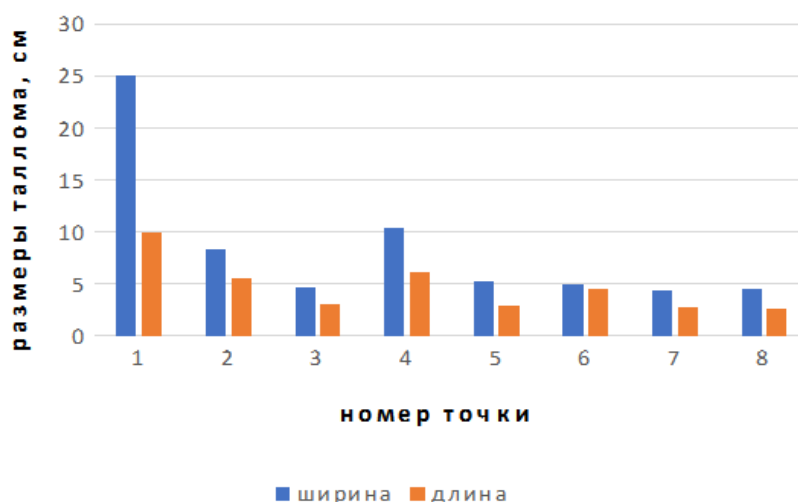


Рис. 12. Результаты измерения величины талломов

Выводы

Таким образом, в ходе пеших маршрутов автором статьи были обследованы три местообитания, а также зафиксированы точки произрастания краснокнижного лишайника *L. pulmonaria*. Также были измерены следующие параметры: обхват дерева, на котором произрастает данный лишайник, высота таллома над поверхностью земли, размеры талломов, а также оценивалось состояние талломов (наличие повреждений и цвет).

В районе № 1 *L. pulmonaria* была встречена на двенадцати осинах, одном валежнике и двух елях. В четырёх точках таллом имел ярко-зелёную окраску, а в остальных — от бледно-зелёно-коричневой до коричневой. В районе № 2 (лесном массиве напротив дороги на посёлок Тобысь) *L. pulmonaria* была отмечена на четырёх осинах, трёх валежниках и одном пне. Цвет таллома варьировался от бледно-зелёного до ярко-зелёного. В районе № 3 лишайник встречался только на елях. Большей частью талломы имели бледно-коричнево-зелёную, бледно-зелёную окраску.

В конечном итоге было выявлено, что наибольшее количество точек произрастания (пятнадцать) *L. pulmonaria* обнаружено в осиновом лесу за газопроводом «Сияние севера» (район № 1), в районах № 2 и № 3 отмечено по восемь точек. Вероятно, в районе № 1 наиболее благоприятные условия для размножения данного лишайника, чем в районах № 2 и № 3.

Список литературы

1. Мучник Е. Э., Инсарова И. Д., Казакова М. В. Учебный определитель лишайников Средней России. — Рязань : Рязан. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2011. — 359 с.
2. Пыстина Т. Н., Семёнова Н. А. Первые сведения о разнообразии лишайников проектируемого федерального заказника «Параськины озёра» (Республика Коми) // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 27–28 апр. 2021 г. / Вят. гос. ун-т [и др.] ; отв. ред. Т. Я. Яшихмина. — Киров : ВятГУ, 2021. — Кн. 2. — С. 268–272. — <https://elibrary.ru/gvwwpz>
3. Флора лишайников России: биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения / Андреев М. П., Ахти Т., Войцехович А. А. [и др.] ; отв. ред. М. П. Андреев, Д. Е. Гимельбрант. — Москва [и др.] : Т-во науч. изд. КМК, 2014. — 392 с.

**ABOUT THE FINDINGS OF THE LICHEN *LOBARIA PULMONARIA*
ON THE TERRITORY OF THE PARASKIN'S LAKES NATURE RESERVE**

Reznichenko V. V.

Pechora-Ilychsky state Biosphere Reserve, structural division the state nature reserve of federal meaning

«Paraskyn's lakes», urban-type settlement Yaksha, Russian Federation,,

e-mail: valerre@inbox.ru

Abstract: This article is devoted to the results of field research conducted on the territory of the Paraskin's Lakes Nature Reserve to monitor the growth points of *L. pulmonaria* lichen. Field work to find and fix the locations of this species was carried out in the summer in 2023 and 2024 years. One of the main tasks of specially protected natural areas is to preserve biological diversity and ecosystems in their original form. Biological diversity is a unique feature of wildlife. It is thanks to him that the structural and functional organization of ecosystems is formed, ensuring their stability and resistance to environmental changes, including those caused by anthropogenic influences. Species listed in the Red Book of the Russian Federation are of great value. One of these species is the lichen *L. pulmonaria*. Further, the article will present the results of monitoring the points of growth of this lichen.

Keywords: biodiversity, monitoring, points of growth, *L. pulmonaria*, lichen

Сведения об авторе

Резниченко	научный сотрудник, ФГБУ «Печоро-Илычский государственный природный
Валерия	биосферный заповедник», подразделение государственного природного заказника
Вадимовна	федерального значения «Параськины озёра», ул. Ланиной, 8, пгт Якша, 169436, Российская Федерация, e-mail: valerre@inbox.ru

Поступила в редакцию 05.12.2024

Принята к публикации 17.06.2025

СТРУКТУРА, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
И ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ

УДК 574.58(262.5.04)

DOI: [10.21072/eco.2025.10.3.06](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.3.06)

СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗА *CHARA ACULEOLATA* KÜTZING 1832
В ТЕНДРОВСКОМ ЗАЛИВЕ (ЧЁРНОЕ МОРЕ) *

Королесова Д. Д.^{1,2}, Мильчакова Н. А.²

¹ГАОУ «Черноморский биосферный заповедник», г. Голая Пристань, Российская Федерация,

²ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: susya_ch@mail.ru

Аннотация: Впервые описана таксономическая структура и охарактеризованы биотопические особенности биоценоза *Chara aculeolata* — массового вида северо-западной части Чёрного моря. Материал собран на 11 станциях в Тендровском заливе Черноморского государственного природного биосферного заповедника в период 2010–2021 гг. Макрофиты и зооэпифитон отбирали учётной рамкой с мешком из мельничного газа, пробы макрозообентоса — дночерпателем Петерсена (0,025 м²). Видовой состав биоценоза включал 84 вида, из которых 20 — представители макрофитов и 64 — беспозвоночные животные. К охраняемым относятся два вида макрозообентоса, четыре — водорослей и один — морских трав. Фитоценоз представлен четырьмя отделами макрофитов, на долю красных водорослей приходилась половина разнообразия, вклад зелёных и харовых не превышал 15–20 %. В составе зооценоза выявлено 10 классов беспозвоночных, наибольшее таксономическое разнообразие обнаружено у ракообразных и полихет (по 17 видов), брюхоногих и двусторчатых моллюсков (13 и 9 видов соответственно). Для биоценозов харовых водорослей Азово-Черноморского бассейна выявлены пять новых видов беспозвоночных: *Ebala pointeli*, *Laomedea exigua* и *Microdeutopus versiculatus* (в составе зооэпифитона), *Brachynotus sexdentatus* и *Nereis rava* (в составе макрозообентоса). Общая биомасса биоценоза варьировала от 16,00 до 3162,50 г·м⁻² при средней (602,19 ± 345,28) г·м⁻², на долю макрофитов приходилось от 54 до 97 %. По показателям обилия к руководящим видам отнесены харовые водоросли *Chara aculeolata* и *Lamprothamnium papulosum*, моллюски *Mytilaster linneatus*, *Abra alba*, *Loripes orbiculatus*, *Rissoa* sp. и хирономиды, суммарный вклад которых в общую биомассу составлял 47 %. Учитывая высокое разнообразие биоценоза *Chara aculeolata*, его экосистемную роль и вариабельность биоценологических показателей, необходимо проводить регулярный мониторинг состояния природно-аквальных комплексов Черноморского государственного природного биосферного заповедника.

Ключевые слова: *Chara aculeolata*, биоценоз, видовой состав, экологические особенности, особо охраняемые природные территории, Азово-Черноморский бассейн

Введение

Харовые водоросли (Charophyta) — реликтовая группа макрофитов, современное разнообразие которых включает около 450 видов [Krause, 1997; Guiry, Guiry]. Большинство видов харовых произрастает в пресных водоёмах, однако некоторые виды распространены в солоноватоводных местообитаниях. В мезогалинных заливах, лагунах и эстуариях морей Евразии, включая

*Работа выполнена в рамках научной темы «Мониторинг состояния природных комплексов Черноморского биосферного заповедника (“Летопись природы”))» и по теме ФИЦ ИнБЮМ «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ гос. регистрации 124022400148–4).

Азово-Черноморский бассейн (АЧБ), они играют важную экосистемную и средообразующую роль [Морозова-Водяницкая, 1959; Albertoni, Palma-Silva, de Assis Esteves, 2001; Palma-Silva, 2002; Громов, 2012; Королесова, 2015].

Разнообразие харовых водорослей АЧБ насчитывает 21 вид [Covaliov et al., 2003; Флора водных ... , 2008; Маслов, Ткаченко, 2008; Громов, 2012; Borisova, 2016; Charophytes of Europe, 2024], из них 12 произрастают в заливах северо-западной части Чёрного моря (СЗЧМ), в том числе 7 — в Тендровском [Погребняк, Островчук, 1973; Ткаченко, Маслов, 2002; Борисова, Ткаченко, 2008; Romanov et al., 2020].

В последние десятилетия практически повсеместно регистрируется уменьшение разнообразия харофитов, сокращение продукционных характеристик и площади их биоценозов под воздействием негативных природных и антропогенных факторов [Мильчакова, Александров, 1999; Черняков, 1995; Langangen, 2007; Blindow et al., 2016]. Это послужило основанием для придания высокого охранного статуса как целому ряду видов харовых водорослей, так и их биоценозам [Korsch et al., 2013; European Red List ... , 2016; Charophytes of Europe, 2024; GBIF]. Одним из таких видов АЧБ является хара мелкошиповатая (*Chara aculeolata* Kutzing 1832), которая занесена в Красные книги некоторых регионов РФ, является охраняемым видом в целом ряде европейских государств [Charophytes of Europe, 2024], в том числе в странах Черноморского бассейна [Temniskova, Stoyneva, Kirjakov, 2008]. В Чёрном море хара мелкошиповатая является характерным видом охраняемого солоноватоводного биотопа согласно [European Red List ... , 2016].

По нашим предварительным оценкам [Королесова, 2015], биоценоз хары в СЗЧМ распространён на площади 125 км², из них около половины приходится на акватории Черноморского государственного природного биосферного заповедника (ЧГПБЗ).

Несмотря на роль биоценоза хары в экосистемах мелководных заливов СЗЧМ, данные о его структуре и разнообразии остаются малочисленными. В этой связи была поставлена цель работы: изучить структуру фито- и зооценоза биоценоза *Chara aculeolata*, определить биоценотические показатели и охарактеризовать условия обитания в Тендровском заливе, выполнить сравнительный анализ с местообитаниями других акваторий АЧБ.

Материал и методы

Данные для написания работы получены в ходе бентосных съёмок на регулярной сетке станций в акваториях Тендровского залива в летний период с 2010 по 2021 г. (рис. 1). Материалом для изучения структуры биоценоза *Chara aculeolata* послужили пробы, собранные на 11 станциях сетки в границах распространения биоценоза в диапазоне глубин 0,5–2,2 м. Для каждой станции описывали тип растительности, донных осадков [Усенко, Чигрин, Черняков, 1988], измеряли глубину ручным лотом, определяли солёность воды с использованием рефрактометра ATAGO S/Mill 8409.

Биоценоз *Chara aculeolata* рассматривается нами как сочетание фито- и зооценоза [Беклемишев, 1969], в состав последнего мы включаем зооэпифитон, топически связанный с талломами макрофитов, и макрозообентос, приуроченный к донным осадкам. Данные по составу и количественным параметрам указанных групп получены с применением соответствующих методик. Количественные пробы макрофитов и зооэпифитона отбирали учётной рамкой с мешком из мельничного газа № 43 (диаметр ячеек 0,16 мм) размером 20 × 20 см в трёх повторностях на каждой станции [Калугина-Гутник, 1975; Руководство по гидробиологическому ... , 1992], качественные пробы — вручную или скребком с шириной захвата 30 см [Жадин, 1960]. Макрозообентос

отбирали на тех же станциях, предварительно очистив дно от крупных талломов макрофитов, или на участках с менее плотной растительностью, максимально приближённых к станциям регулярной сетки в пределах распространения биоценоза. Для отбора проб макрозообентоса использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,025 м² в двух проворностях.

Всего в границах распространения биоценоза *Chara aculeolata* собрано и обработано 48 количественных проб макрофитов и зооэпифитона, 26 — макрозообентоса, а также 33 качественные пробы.

В полевых условиях пробы бентоса промывали через сито с размером ячеей 0,5 мм и фиксировали 4%-ным раствором формалина в морской воде, часть проб в условиях полевого стационара подвергали заморозке при температуре –18 °С [Жадин, 1960; Голлербах, Красавина, 1983].

В лабораторных условиях измеряли длину талломов (мм) и массу (г) макрофитов. Для видов макрозообентоса и зооэпифитона определяли сырую массу (г) после фиксации, моллюски взвешивали с раковинами, предварительно удалив мантийную жидкость [Жадин, 1960]. Массу определяли с точностью до 0,05–0,001 г на торсионных (WT-1000) или электронных (SNUG-2) весах.

Для фито- и зооценоза рассчитывали биомассу (г·м⁻²) и плотность (экз.·м⁻²) видов, их встречаемость (%) и относительное обилие (%). Определяли удельную плотность (экз.·кг⁻¹) и биомассу (г·кг⁻¹) организмов зооэпифитона на единицу массы макрофитов [Маккавеева, 1979].

Для характеристики структуры фитоценоза использовали индекс обилия, учитывающий биомассу и встречаемость, наиболее полно характеризующий представленность видов в растительном сообществе [Воробьёв, 1949]:

$$Io = \sqrt{b \cdot p}, \quad (1)$$

где b — биомасса, г·м⁻²; p — встречаемость, в долях единицы.

Оценку роли видов и таксономических групп в структуре зооценоза проводили с использованием индекса плотности в модификации (согласно Чернякову, 1995) с учётом численности, биомассы и встречаемости бентонтов:

$$In = \sqrt{\sqrt{n \cdot p} \cdot \sqrt{b \cdot p}}, \quad (2)$$

где n — плотность, экз.·м⁻²; b — биомасса, г·м⁻²; p — встречаемость, в долях единицы.

На основании индексов плотности (In) и обилия видов (Io) с применением графического метода [Воробьёв, 1949] выделяли руководящие, характерные, второстепенные, случайные виды в структуре фито- и зооценоза.

Многолетние изменения видового состава зооценоза оценивали по коэффициенту Чекановского — Серенсена, рассчитанному для данных периода 1946–2021 гг. [Песенко, 1982].

Площадь биоценоза *Chara aculeolata* рассчитывали картографическим методом с использованием программного пакета QGIS 3.16.

Идентификацию видов макрофитов, макрозообентоса и зооэпифитона проводили при помощи световой микроскопии (бинокуляр «МБС-9», микроскоп «Микмед-2») по монографическим сводкам и определителям [Зинова, 1967; Определитель фауны ... , 1968–1972; Голлербах, Красавина, 1983; Киселева, 2004; Гринцов, 2022; Charophytes of Europe, 2024]. Виды макрофитов указывали согласно AlgaeBase [Guiry, Guiry], беспозвоночных — согласно WoRMS [WORMS. World Register ...].

Замечания по таксономическому положению *Chara aculeolata*. В настоящей работе мы принимаем название вида согласно [Голлербах, Красавина, 1983; Калугина-Гутник, 1975; Борисова, Ткаченко, 2008; Borisova, 2016], которое рядом авторов сведено к синониму *Chara papillosa* Kütz. ($\equiv$ *Chara intermedia* A. Braun) [Charophytes of Europe, 2024]. Однако, по нашему мнению, таксономическое положение и объём таксона нуждаются в уточнении ввиду сложности дифференциации по морфологическим признакам и неоднозначности результатов молекулярно-генетических исследований [Urbaniak, Combik, 2013; Charophytes of Europe, 2024].

Результаты

Биоценоз *Chara aculeolata* в Тендровском заливе приурочен к илисто-песчаным донным осадкам и глубине от 0,5 до 2,2 м, распространён вдоль Тендровской косы и у острова Смаленый (рис. 1). Общая площадь биоценоза в разные годы периода исследования варьировала от 4 до 36 км² при средней величине $(10,63 \pm 3,53)$ км². Его максимальное развития выявлено в зоне свала глубин (2,2 м), где общее проективное покрытие (ОПП) макрофитов достигало от 60 до 100 %, а длина талломов хары — до 100 см. Средняя глубина произрастания макрофитов составляла $(1,51 \pm 0,22)$ м. Уровень солёности вод в границах биоценоза изменялся от 10 до 17 ‰ при среднем значении $(14 \pm 2,13)$ ‰.

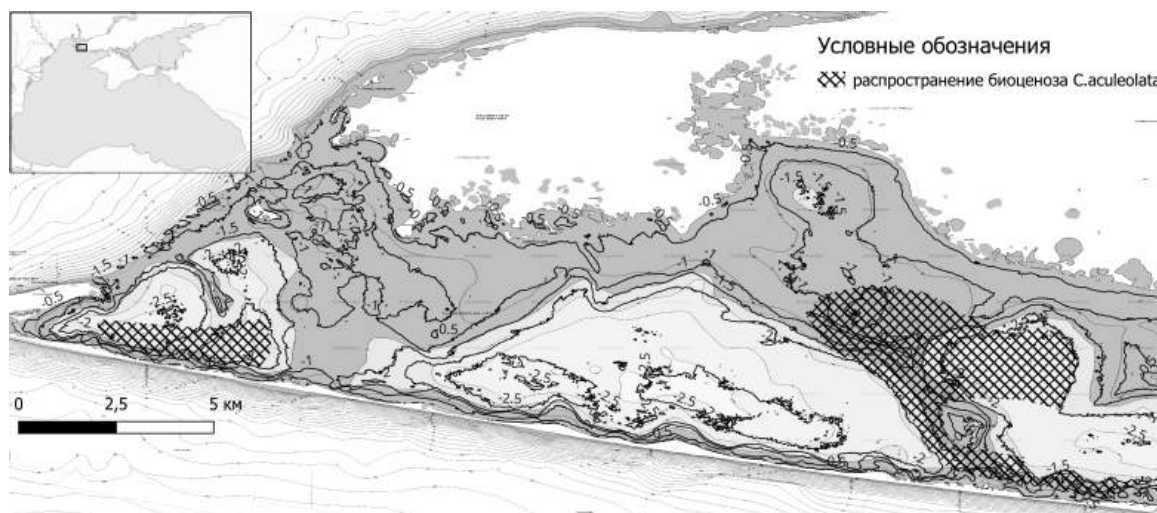


Рис. 1. Карта-схема распространения биоценоза *Chara aculeolata* в Тендровском заливе в 2021 г.

Структура биоценоза. Биоценоз *Chara aculeolata* относится к многовидовым, в его составе обнаружено 20 видов макрофитов и 64 — беспозвоночных животных (включая 3 надвидовых таксона, принятых как моновидовые) (табл. 1, 2).

Фитоцен представлен четырьмя отделами макрофитов, на долю красных водорослей (Rhodophyta) приходилась половина таксонов видового ранга. Вклад Chlorophyta, Charophyta и Tracheophyta оказался сходным — от 15 до 20 % общего видового разнообразия. Максимальная встречаемость (67–100 %) отмечена для харовых (*Chara aculeolata*, *Lamprothamnium papulosum*) и красных водорослей (*Chondria capillaris*, *Lophosiphonia obscura*). В составе фитоцена зарегистрировано два вида харовых, охраняемых на региональном уровне: *Lamprothamnium papulosum* (внесён в Красную книгу Республики Крым (2015)) и *Chara canescens* (внесён в Красный список Херсонской области [Бойко, Подгайний, 2002]).

Таблица 1

Видовой состав и количественные показатели фитоценоза в составе биоценоза *Chara aculeolata* в Тендровском заливе

Вид	п, экз.·м ⁻²	б, г·м ⁻²	б/В, %	р, %	Io
Charophyta					
<i>Chara aculeolata</i> Kützing 1832	126,9 ± 79,08	225,85 ± 298,97	70,18	100	15,03
<i>Chara canescens</i> Loiseleur 1810	1,52 ± 3,18	0,57 ± 1,19	0,00	5	0,76
<i>Lamprothamnium papulosum</i> (Wallroth) J.Groves 1916	1866,33 ± 1260,88	23,61 ± 12,51	6,18	67	13,84
Bcero Charophyta	1906,36 ± 1194,53	400,13 ± 282,66	68,43	100	21,50
Chlorophyta					
<i>Chaetomorpha linum</i> (O.F.Müller) Kützing 1845	-	3,60 ± 7,19	0,02	24	1,90
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützing 1843	-	0,10 ± 0,18	< 0,01	14	0,32
<i>Cladophora liniformis</i> Kützing 1849	-	0,03 ± 0,04	< 0,01	10	0,17
<i>Cladophora vadorum</i> (J.E.Areschoug) Kützing 1849	-	0,05 ± 0,10	< 0,01	5	0,22
Bcero Chlorophyta	-	3,61 ± 6,92	0,53	48	1,99
Rhodophyta					
<i>Palisada thuyoides</i> (Kützing) Cassano, Senties, Gil-Rodríguez & M.T.Fujii 2009	-	0,27 ± 0,57	< 0,01	5	0,52
<i>Chondria capillaris</i> (Hudson) M.J.Wynne 1991	-	23,61 ± 12,51	12,28	90	4,86
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C.Agardh 1817	-	22,35 ± 25,27	1,24	48	4,72
<i>Lophosiphonia obscura</i> (C.Agardh) Falkenberg 1897	-	4,91 ± 3,41	0,86	67	2,22
<i>Carradoriella elongata</i> (Hudson) Savoie & G.W.Saunders 2018	-	0,07 ± 0,15	< 0,01	5	0,27
<i>Polysiphonia opaca</i> (C.Agardh) Moris & De Notaris 1839	-	< 0,01	< 0,01	5	-
<i>Vertebrata subulifera</i> (C.Agardh) Kuntze 1891	-	4,76 ± 6,61	0,83	24	2,18
<i>Vertebrata fucoides</i> (Hudson) Kuntze 1891	-	3,51 ± 7,31	0,02	19	1,87
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightfoot) Roth 1806	-	1,05 ± 3,35	< 0,01	24	1,02
<i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V.Lamouroux) Penrose & Y.M.Chamberlain 1993	-	< 0,01	< 0,01	5	-
Bcero Rhodophyta	-	57,43 ± 28,20	18,03	91	7,77
Tracheophyta					
<i>Zostera noltei</i> Hornemann, 1832	8,48 ± 11,67	4,14 ± 8,26	0,80	14	2,03
<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner 1912	35,86 ± 35,01	31,52 ± 29,36	3,89	43	5,61
<i>Zannichellia palustris</i> L. 1753	36,00 ± 50,33	2,03 ± 2,17	1,17	24	1,42
Bcero Tracheophyta	71,17 ± 56,23	34,83 ± 30,30	12,55	48	5,83

п — средняя плотность вида; б — средняя биомасса вида; р — встречаемость вида в пробах; В — средняя биомасса фитоценоза; б/В — относительное обилие по биомассе; Io — индекс обилия; «-» — показатель не рассчитывали

Биомасса фитоценоза за период исследования варьировала от 13,35 до 3027,5 г·м⁻² при среднем значении (519,99 ± 288,81) г·м⁻², на долю доминанта на некоторых участках приходилось до 99 % общей биомассы. Помимо харовых водорослей значительный вклад в общую биомассу вносили представители Rhodophyta и Tracheophyta (18 и 13 % соответственно).

По нашим данным, средняя плотность макрофитов фитоценоза составляла $(2075,10 \pm 1258,34)$ экз. $\cdot \text{м}^{-2}$. Доля ценозообразующего вида в общей численности макрофитов не превышала 10 %, тогда как доля других харовых водорослей, таких как *Laprothamnium papulosum*, достигала 80 %. Плотность высших водных растений, представленных преимущественно *Zannichellia palustris* и *Stuckenia pectinata*, в среднем составляла $(71,17 \pm 56,23)$ экз. $\cdot \text{м}^{-2}$.

В структуре фитоценоза на основании индекса обилия выделены два руководящих вида ($Io \geq 10$) — *Chara aculeolata* и *Laprothamnium papulosum*; три характерных ($10 > Io > 4$) — *Stuckenia pectinata*, *Chondria capillaris*, *Chondria dasyphylla*; 9 второстепенных ($4 > Io > 0,5$) и 6 случайных ($0,5 > Io \geq 0$). Группа руководящих видов была представлена исключительно многолетними растениями, среди второстепенных и случайных преобладали однолетние и сезонные виды.

Зооценоз характеризовался высоким таксономическим разнообразием, в его составе зарегистрированы представители 10 классов (табл. 2). Наиболее широко представлены Crustacea и Polychaeta (по 17 видов); кроме того, отмечены 13 видов Gastropoda, 9 — Bivalvia, 3 — Cnidaria, 2 — Ascidiacea и по одному виду Polycladida, Chitonida и Chironomida (Oligochaeta до вида не определялись). Максимальная встречаемость отмечена для *Mytilaster lineatus* и *Chondrochelia savignyi* (76 %), *Rissoa* sp. (71 %), несколько реже встречались *Idotea balthica* (62 %) и *Actinia equina*, *Cerastoderma glaucum*, *Microdeutopus gryllotalpa* (по 57 %).

Впервые выявлено пять видов беспозвоночных, ранее неизвестных для биоценозов харовых водорослей АЧБ. Из них в составе зооэпифитона встречались *Ebala pointeli*, *Laomedea exigua* и *Microdeutopus versiculatus*, макрозообентоса — *Brachynotus sexdentatus* и *Nereis rava* (табл. 2). Для этих видов, кроме *Microdeutopus versiculatus*, показаны низкая встречаемость и обилие. В составе зооценоза обнаружены два вида бентонтов, охраняемые на региональном уровне: *Gastrana fragilis* (занесена в Красную книгу Республики Крым (2015)) и *Brachynotus sexdentatus* (занесён в Красную книгу Краснодарского края (2017)).

Таблица 2

Видовой состав и количественные показатели зооценоза биоценоза *Chara aculeolata* в Тендровском заливе

Вид	n, экз. $\cdot \text{м}^{-2}$	b, г $\cdot \text{м}^{-2}$	n/N, %	p, %	In
Cnidaria					
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	$29,64 \pm 22,04$	$0,50 \pm 0,51$	2,02	57	1,48
<i>Sagartia undata</i> (Müller, 1778)	$4,09 \pm 4,78$	$0,14 \pm 0,18$	0,43	19	0,38
<i>Laomedea exigua</i> M. Sars, 1857	$12,73 \pm 26,47$	$< 0,01$	0,03	5	0
Всего Cnidaria	$49,60 \pm 49,96$	$0,71 \pm 0,59$	2,16	60	1,88
Polycladida					
<i>Leptoplana tremellaris</i> (Müller OF, 1773)	$1,00 \pm 1,53$	$< 0,01$	0,15	14	0,08
Всего Polycladida	$1,00 \pm 1,53$	$< 0,01$	0,15	14	0,08
Annelidae					
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	$33,73 \pm 29,50$	$0,69 \pm 0,66$	3,01	29	1,17
<i>Lagis koreni</i> Malmgren, 1866	$1,95 \pm 3,78$	$0,20 \pm 0,34$	0,19	19	0,35
<i>Eulalia viridis</i> (Linnaeus, 1767)	$1,14 \pm 2,36$	$< 0,01$	0,01	5	$< 0,01$
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny in Lamarck, 1818	$44,18 \pm 47,54$	$1,91 \pm 2,19$	1,47	24	1,48
<i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus, 1767)	$16,00 \pm 14,48$	$0,09 \pm 0,09$	0,57	24	0,53
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	$4,82 \pm 6,00$	$0,12 \pm 0,17$	0,13	19	0,38
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	$10,23 \pm 15,46$	$0,07 \pm 0,13$	0,43	14	0,34
<i>Euclymene collaris</i> (Claparède, 1869)	$2,18 \pm 2,49$	$0,01 \pm 0,02$	0,26	14	0,14
<i>Amphitritides gracilis</i> (Grube, 1860)	$4,36 \pm 6,26$	$0,05 \pm 0,08$	0,03	10	0,21

Продолжение на следующей странице...

Вид	n, экз.·м ⁻²	b, г·м ⁻²	n/N, %	p, %	In
<i>Leiochone leiopygos</i> (Grube, 1860)	7,50 ± 12,23	0,08 ± 0,16	0,11	10	0,28
<i>Protodorvillea kefersteini</i> (McIntosh, 1869)	20,00 ± 34,51	0,01 ± 0,01	1,93	10	0,18
<i>Microspio mecznikowiana</i> (Claparède, 1869)	1,82 ± 3,78	< 0,01	0,10	5	< 0,01
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)	104,73 ± 192,60	0,08 ± 0,12	0,44	19	0,75
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	23,77 ± 44,91	0,20 ± 0,37	0,27	10	0,45
<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	5,45 ± 11,34	0,24 ± 0,51	0,01	5	0,23
<i>Nereis rava</i> Ehlers, 1868	17,05 ± 35,45	0,05 ± 0,10	0,19	5	0,21
<i>Nereida</i> g.sp.	34,55 ± 53,71	0,57 ± 0,67	3,18	29	1,12
Oligochaeta	187,23 ± 297,98	0,03 ± 0,03	1,44	43	1,04
Bcero Annelidae	606,80 ± 554,94	5,89 ± 3,69	14,95	95	7,73
Chitonida					
<i>Lepidochitona cinerea</i> (Linnaeus, 1767)	9,50 ± 18,88	0,02 ± 0,05	0,13	10	0,21
Bcero Chitonida	9,50 ± 18,88	0,02 ± 0,05	0,13	10	0,21
Bivalvia					
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	454,95 ± 365,38	14,14 ± 8,32	22,34	76	7,82
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguière, 1789)	25,27 ± 31,03	3,41 ± 2,29	1,04	57	2,30
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	34,00 ± 50,58	2,76 ± 4,20	1,05	24	1,52
<i>Loripes orbiculatus</i> Poli, 1795	182,41 ± 343,63	5,43 ± 9,90	3,99	48	3,87
<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	15,68 ± 31,73	0,24 ± 0,49	0,26	14	0,53
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	196,59 ± 377,90	1,25 ± 1,87	0,63	10	6,24
<i>Abra nitida</i> (O. F. Müller, 1776)	5,45 ± 11,34	0,04 ± 0,09	0,58	5	0,15
<i>Polittapes aureus</i> (Gmelin, 1791)	7,00 ± 8,42	8,27 ± 10,02	0,33	29	1,47
<i>Gastrana fragilis</i> (Linnaeus, 1758)	3,64 ± 7,56	2,00 ± 4,16	< 0,01	5	0,36
Bcero Bivalvia	1017,50 ± 851,65	41,30 ± 22,08	28,39	95	13,95
Gastropoda					
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)	2,18 ± 4,54	0,01 ± 0,01	0,19	5	0,08
<i>Rissoa splendida</i> Eichwald, 1830	3,64 ± 7,56	0,03 ± 0,07	0,17	5	0,13
<i>Rissoa membranacea</i> (J. Adams, 1800)	62,32 ± 60,88	1,03 ± 1,30	0,99	29	1,51
<i>Rissoa</i> sp.	1562,77 ± 2850,62	5,27 ± 6,89	13,68	71	8,05
<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)	309,05 ± 362,48	0,89 ± 1,08	3,49	52	2,95
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	1,45 ± 2,09	0,06 ± 0,09	0,19	10	0,17
<i>Tritia pellucida</i> (Risso, 1826)	10,36 ± 10,89	1,04 ± 1,14	0,54	24	0,88
<i>Setia valvatooides</i> Milaschewitsch, 1909	67,00 ± 110,88	0,09 ± 0,12	0,30	14	0,60
<i>Ebala pointeli</i> (de Folin, 1868)	3,64 ± 7,56	< 0,01	< 0,01	10	0,09
<i>Tricolia pullus</i> (Linnaeus, 1758)	3,64 ± 5,22	0,08 ± 0,11	0,25	10	0,23
<i>Retusa robagliana</i> (P. Fischer, 1869)	3,64 ± 7,56	0,02 ± 0,04	0,30	5	0,11
<i>Retusa variabilis</i> (Milaschewitsch, 1912)	0,73 ± 1,51	0,01 ± 0,01	0,06	5	0,06
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguière, 1792)	0,73 ± 1,51	< 0,01	0,01	5	0,03
Bcero Gastropoda	2218,00 ± 2838,92	9,31 ± 8,33	19,59	100	11,99
Crustacea					
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	190,00 ± 223,87	0,04 ± 0,05	4,47	76	1,46
<i>Iphinoe tenella</i> Sars, 1878	90,59 ± 81,84	0,05 ± 0,06	2,76	52	1,07
<i>Iphinoe maeotica</i> Sowinskyi, 1893	0,41 ± 0,85	< 0,01	0,02	5	0,02
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	178,32 ± 174,57	1,08 ± 0,86	3,17	62	2,93
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1836)	28,86 ± 37,72	0,40 ± 0,38	1,44	33	1,06
<i>Lekanesphaera hookeri</i> (Leach, 1814)	27,27 ± 32,56	0,33 ± 0,62	0,59	24	0,84
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> A. Costa, 1853	237,14 ± 293,24	0,09 ± 0,10	2,31	57	1,61
<i>Microdeutopus versiculatus</i> (Spence Bate, 1857)	34,18 ± 51,56	0,02 ± 0,02	0,88	38	0,53

Продолжение на следующей странице...

Вид	n, экз.·м ⁻²	b, г·м ⁻²	n/N, %	p, %	In
<i>Ampelisca diadema</i> (A. Costa, 1853)	27,27 ± 41,84	0,07 ± 0,12	1,37	33	0,67
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	10,36 ± 15,00	0,01 ± 0,02	0,13	14	0,23
<i>Gammarus insensibilis</i> Stock, 1966	1,09 ± 1,77	0,01 ± 0,02	0,10	10	0,10
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	9,32 ± 12,18	0,03 ± 0,05	0,20	38	0,43
<i>Erichthonius difformis</i> H. Milne Edwards, 1830	147,86 ± 213,18	0,03 ± 0,04	2,29	38	0,88
<i>Crassikorophium bonellii</i> (H. Milne Edwards, 1830)	18,64 ± 21,12	< 0,01	0,48	19	0,20
<i>Canuella perplexa</i> Scott T. & Scott A., 1893	1,82 ± 3,78	< 0,01	0,02	5	< 0,01
<i>Paramysis</i> sp.	4,10 ± 4,71	0,01 ± 0,01	0,12	14	0,15
<i>Brachynotus sexdentatus</i> (Risso, 1827)	0,14 ± 0,28	0,10 ± 0,21	0,03	5	0,07
Всего Crustacea	1225,00 ± 1135,50	2,55 ± 1,86	20,77	100	7,47
Insecta					
<i>Chironomus salinarius</i> (Kieffer, 1921).	1057,32 ± 1456,63	0,80 ± 0,87	8,96	33	3,11
Всего Insecta	1057,32 ± 1456,63	0,80 ± 0,87	8,96	33	3,11
Ascidacea					
<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766)	1,55 ± 2,37	1,20 ± 1,67	0,07	24	0,57
<i>Molgula euprocta</i> (Drasche, 1884)	2,55 ± 4,00	0,94 ± 1,87	0,22	10	0,38
Всего Ascidacea	6,50 ± 6,13	2,36 ± 2,66	0,3	40	1,25

n — средняя плотность вида; b — средняя биомасса вида; p — встречаемость вида в пробах; In — индекс плотности; N — общая плотность бентонтов зооценоза; n/N — относительное обилие по численности

Суммарная биомасса зооценоза, рассчитанная как сумма биомассы зооэпифитона и макрозообентоса, варьировала от 2,68 до 225,28 г·м⁻² (средняя (63,09 ± 29,04) г·м⁻²), на долю моллюсков приходилось более 80 %. Максимальный вклад в общую биомассу отмечен для *Mytilaster lineatus* (более 22 %), представленного в основном ювенильными особями со средней индивидуальной массой (0,03 ± 0,01) г.

Плотность организмов зооценоза достигала 42 560 экз.·м⁻² при средней величине (6291,00 ± 5575,95) экз.·м⁻², доминировали мелкие гастроподы рода *Rissoa*. Высокое значение относительного обилия по численности показано для *Mytilaster lineatus* (22 %), мелких гастропод родов *Hydrobia* и *Rissoa* (3–15 %), хирономид (9 %) и *Chondrochelia savignyi* (4 %). Удельная численность зооэпифитона макрофитов колебалась от 946,24 до 8170,73 экз.·кг⁻¹ при средней (7006,11 ± 8774,42) экз.·кг⁻¹.

По индексу плотности к руководящим ($In \geq 3$) отнесены пять видов беспозвоночных: *Rissoa* sp., *Mytilaster lineatus*, *Abra alba*, *Loripes orbiculatus*, *Chironomus salinarius*; к характерным ($3 > In > 1$) — 14 видов; к второстепенным ($1 > In > 0,1$) — 32; остальные 12 таксонов — к случайным ($In < 0,1$). Среди руководящих, характерных и второстепенных видов вклад представителей макрозообентоса и зооэпифитона был 60 и 40 % соответственно. В группе случайных видов большая часть видов (около 75 %) относилась к макрозообентосу.

Общая биомасса биоценоза *Chara aculeolata* в Тендровском заливе варьировала от 16,00 до 3162,50 г·м⁻² и в среднем составляла (521,04 ± 330,18) г·м⁻². При этом на долю макрофитов приходилось от 54 до 97 %. Наибольшие показатели численности и биомассы зооценоза зафиксированы на станциях с максимальными продукционными характеристиками фитоценоза, где отмечено значительное развитие зооэпифитона: масса достигала 232,48 г·кг⁻¹ (при среднем значении (96,14 ± 45,36) г·кг⁻¹).

Анализ структуры фито- и зооценоза (рис. 2) выявил сходное распределение видов по показателям обилия. Вклад второстепенных видов был максимален (49 %), тогда как вклад руководящих не превышал 8 % общего разнообразия. В составе фитоценоза роль руководящих и случайных видов была выше, чем в зооценозе (суммарно 40 и 27 % соответственно), доля характерных и второстепенных была больше среди беспозвоночных, чем макрофитов (72 и 60 % соответственно). Для биоценоза *Chara aculeolata* выявлен высокий уровень доминирования: руководящие виды, составившие всего 8 % таксономического разнообразия, формировали в среднем половину (47 %) общей биомассы.

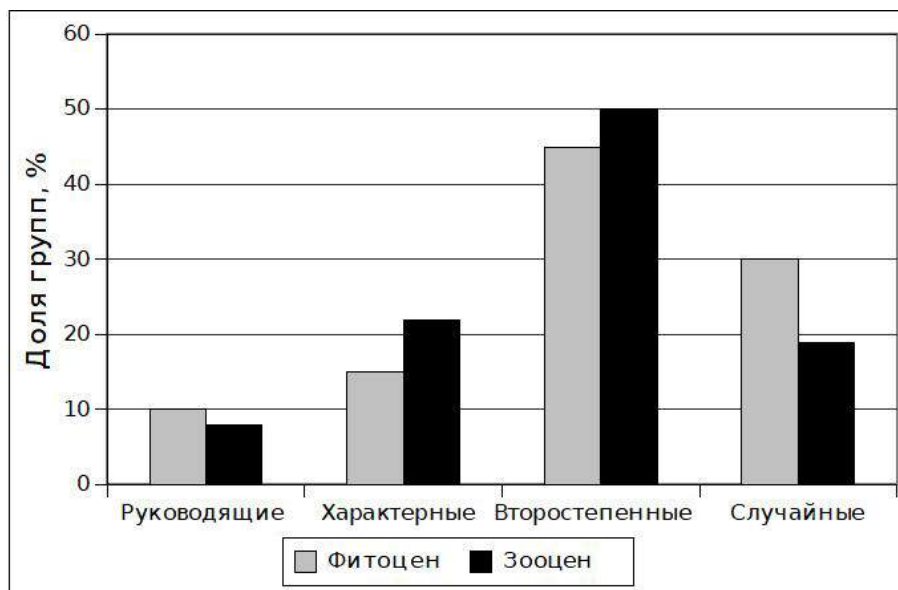


Рис. 2. Вклад разных по обилию групп видов в общее таксономическое разнообразие биоценоза *Chara aculeolata* Тендровского залива (2010–2021 гг.)

Обсуждение

Биоценоз *Chara aculeolata* Тендровского залива характеризовался относительно высоким уровнем разнообразия. Количество видов макрофитов сходно с выявленным для фитоценоза хары мелкошиповатой в Азовском море [Маслов, 2010], однако в полтора раза ниже описанного ранее для СЗЧМ [Погребняк, Островчук, 1973; Калугина-Гутник, 1975] (табл. 3). Значительный вклад вида-эдификатора (более 90 %) в общую биомассу фитоценоза соответствует данным, приведённым для других акваторий СЗЧМ [Калугина-Гутник, 1975; Погребняк, Островчук, 1973] и Евразии [Blindow et al., 2016; Charophytes of Europe, 2024].

Наиболее характерными для фитоценоза биоценоза *Chara aculeolata* Тендровского залива являются, помимо ценозообразующего вида, *Lamprothamnium papulosum*, *Stuckenia pectinata* и два вида рода *Chondria*; в других акваториях СЗЧМ кроме перечисленных видов значительную роль в фитоценозе играют *Chara aspera*, *Zannichellia palustris*, *Zostera noltii*, реже сопутствующими видами выступали *Zostera marina* и *Ruppia maritima* [Садогурский, 2009; Маслов, 2010].

Среднее значение биомассы биоценоза хары за период 2010–2021 гг. оказалось на порядок ниже показателей периода его максимального развития в акваториях Тендровского залива с 1960-х по 1990-е гг. [Гринбарт, 1968; Погребняк, Островчук, 1973; Ерёменко, Миничева, 1992], а также данных последних десятилетий по Каркинитскому заливу [Садогурский, 2009] (табл. 3). В то же время за период наших исследований отмечено увеличение площади биоценоза хары мелкошиповатой и его биомассы [Королесова, 2023] на фоне восстановительной сукцессии, которая также описана для лимана Донузлав [Ревков и др., 2021].

Таксономическое разнообразие зооценоза биоценоза *Chara aculeolata* Тендровского залива оказалось выше известного ранее для большинства акваторий СЗЧМ (табл. 3). Исключением является биоценоз харовых водорослей лимана Донузлав, в котором зарегистрировано более ста видов беспозвоночных [Ревков и др., 2021]. По данным авторов, это разнообразие выявлено для биоценозов нескольких видов харовых, среди которых преобладал *Lamprothamnium papulosum*, поэтому сравнение с нашими данными может быть не совсем корректным.

Таблица 3

Биоценологические показатели биоценозов харовых водорослей в водоёмах АЧБ

Район	Годы	Фитоцен			Зооцен		Источник
		В, г·м ⁻²	b/V, %	Кол-во видов	В, г·м ⁻²	Кол-во видов	
Тендровский залив	2010–2021	485,28 ± 221,17 (3027,5)*	47–97	20	219,86 ± 26,38	64	Наши данные
	1939–1994	5335 (11 000)	80–100	–	192	52	Борисенко, 1946; Гринбарт, 1968; Погребняк, Островчук, 1973; Григорьев, Пупков, 1977; Черняков, 1995; Ткаченко, Маслов, 2002
Ягорлыцкий залив	1961–1981	2500 (18 500)	70	35	254	21	Гринбарт, 1968; Погребняк, Островчук, 1973; Ерёмченко, Миничева, 1992
Джарылгачский залив	1934–1984	1860	70	–	–	8–14	Арнольди, 1949; Рубинштейн, 1988
Каркинитский залив	1959–2003	7530,10 (12 466,7)	50–70	11	50,3**	16	Маккавеева, 1979; Садогурский, 2009
Лиман Донузлав	1981	350–1744 (3000)	–	–	142,22	28	Чухчин, 1992
	2019	1087–42 423	–	–	316 ± 93	102	Ревков и др., 2021
Таманский залив	2005–2024	101,82	70	15	–	–	Симакова, 2011; Сушкова, Афанасьев, Беспалова, 2024
Залив Сиваш	2004	1586,52 ± 1694,60 (3469)	46	18	–	–	Маслов, 2010

В — биомасса фито- или зооценоза; b/V — доля биомассы доминанта в суммарной биомассе фитоценоза; * — в скобках указаны максимальные значения; b/V — доля доминанта в общей биомассе фитоценоза, %; ** — указана масса на 1 кг макрофитов; «—» — нет данных

Анализ многолетних данных [Борисенко, 1946; Гринбарт, 1968; Погребняк, Островчук, 1973; Григорьев, Пупков, 1977; Черняков, 1995] по видовому составу зооценоза биоценоза хары мелкошиповатой Тендровского залива показал, что с учётом наших данных он представлен 81 видом (табл. 2, 3). Нами выявлено 29 видов, до этого не отмечавшихся в составе биоценоза, в то же время 11 таксонов из зарегистрированных ранее обнаружить не удалось. Новыми для биоценоза харовых АЧБ оказались 5 видов беспозвоночных, из которых 3 относились к зооэпифитону, 2 — к макрозообентосу. Два вида — *Laomedea exigua* и *Microdeutopus versiculatus* являются типичными обитателями зарослевых биоценозов, особенно часто встречаются в зарослях морских трав [Маккавеева, 1979; Мурина, Гринцов, 2009; Гринцов, 2022], однако в биоценозах харофитов АЧБ ранее не регистрировались. Виды, отмеченные в бентосе, относятся к фауне илисто-песчаных субстратов.

Высокие значения коэффициента Чекановского — Серенсена (0,45–0,67), полученные при сравнении с нашими данными видового состава зооценоза биоценоза хары Тендровского залива, описанного в разные периоды исследования [Арнольди, 1949; Борисенко, 1946; Гринбарт, 1968; Григорьев, Пупков, 1977; Черняков, 1995], свидетельствуют о его относительной стабильности.

Типичными для биоценоза *Chara aculeolata* Тендровского залива являются 9 видов бентонтов, что совпадает с опубликованными данными для СЗЧМ [Борисенко, 1946; Арнольди, 1949; Гринбарт, 1968; Григорьев, Пупков, 1977; Черняков, 1995]. Наибольшая встречаемость характерна для двустворчатых моллюсков (*Mytilaster linneatus*, *Abra segmentum*, *Parvicardium exiguum*), мелких гастропод (*Hydrobia acuta*, *Rissoa splendida*, *Bittium reticulatum*), равноногих ракообразных (*Idotea balthica*), *Leptoplana tremellaris* и хирономид. Показательно, что для других биоценозов харовых водорослей также характерно преобладание моллюсков, в большинстве случаев отмечается доминирование *Mytilaster linneatus* [Маккавеева, 1979; Ревков и др., 2021]. Наши данные показали значительную роль фитофильных ракообразных *Microdeutopus gryllotalpa*, *Chondrochelia savignii*, актиний *Actinia equina* в зооэпифитоне и двустворчатого моллюска *Loripes orbiculatus* в структуре макрозообентоса, что отличается от данных других исследователей [Гринбарт, 1968; Григорьев, Пупков, 1977; Маккавеева, 1979]; в то же время *Bittium reticulatum* отмечен нами лишь единично, тогда как другими авторами он отнесён к наиболее массовым видам биоценозов харовых водорослей [Чухчин, 1992; Ревков и др., 2021].

Значения удельной плотности организмов зооэпифитона в расчёте на 1 кг макрофитов в Тендровском заливе оказались более чем вдвое ниже приводимых для Каркинитского и Ягорлыцкого заливов [Маккавеева, 1979], тогда как удельная биомасса была на 30 % выше. В зооэпифитоне *Chara aculeolata* в Тендровском заливе значительную роль играли двустворчатые моллюски с относительно высокой индивидуальной массой.

Анализ экологических и биотопических особенностей биоценоза хары показал, что его распространение определяется экологическими особенностями вида-эдификатора. *Chara aculeolata* произрастает в диапазоне глубин 0–28 м [Alegro et al., 2016], в Тендровском заливе вид выявлен на оптимальных для него глубинах от 0 до 2,2 м [Langangen, 2007; Charophytes of Europe, 2024]. Реже сообщество хары развивается на глубинах свыше 2–4 м [Torn, Martin, Kukk, 2004; Громов, 2012]. В Тендровском заливе уровень солёности воды за период исследования варьировал от 10 до 17 ‰, что соответствовало диапазону, указанному для многих солоноватоводных местообитаний вида [Langangen, 2007; Gąbka, 2009], однако известно, что *Chara aculeolata* способна произрастать как в пресной воде, так и при солёности, превышающей морскую АЧБ [Голлербах, Красавина, 1983; Charophytes of Europe, 2024].

После периода деградации биоценозов харовых водорослей и их замены сообществами других макрофитов, в некоторых акваториях АЧБ отмечены элементы восстановительной сукцессии [Ревков и др., 2021; Королесова, 2023]. Учитывая значительное таксономическое разнообразие, варьирование продукционных характеристик, экосистемную роль биоценоза *Chara aculeolata*, необходимо проводить долгосрочный мониторинг состояния биоценозов харовых водорослей, популяций массовых и охраняемых видов и их местообитаний. Полигоном для таких мониторинговых исследований являются акватории Черноморского государственного природного биосферного заповедника, для которых накоплены многолетние ряды данных, разработана программа мониторинга, выполняется комплекс мер по сохранению в соответствии с режимом охраны территорий ООПТ. Ведение регулярного мониторинга позволит разработать научно обоснованные меры по сохранению и восстановлению раритетных видов гидробионтов, в том числе харовых водорослей.

Заключение

Впервые охарактеризовано таксономическое разнообразие биоценоза *Chara aculeolata*, в составе которого описано 84 вида, в том числе 20 макрофитов, 64 беспозвоночных.

В составе фитоценоза доминировали красные водоросли, на их долю приходилось 50 % видов. Вклад представителей других отделов был сходным и варьировал от 15 до 20 % общего разнообразия макрофитов.

В составе зооценоза преобладали полихеты и ракообразные, суммарная доля которых составила 53 %, значительным разнообразием характеризовались также двустворчатые и брюхоногие моллюски.

Выявлены пять видов беспозвоночных, новых для биоценоза харовых водорослей АЧБ: *Brachynotus sexdentatus*, *Ebala pointeli*, *Laomedea exigua*, *Microdeutopus versiculatus* и *Nereis rava*.

Общая биомасса биоценоза варьировала от 16,00 до 3162,50 г·м⁻², на долю фитоценоза приходилось от 54 до 97 %.

Структура биоценоза характеризовалась высоким уровнем доминирования руководящих форм, к которым относились *Chara aculeolata*, *Lamprothamnium papulosum*, *Rissoa* sp., *Mytilaster lineatus*, *Abra alba*, *Loripes orbiculatus*, *Chironomus salinarius*.

С учётом выявленного таксономического разнообразия, значения биоценоза хары мелкошиповатой в экосистеме СЗЧМ, отмечена необходимость регулярного мониторинга состояния биоценоза хары мелкошиповатой в водоёмах Черноморского государственного природного биосферного заповедника.

Благодарности. Авторы выражают благодарность кандидату географических наук Чернякову Д. А. и коллективу Черноморского биосферного заповедника за многолетнюю помощь при планировании и проведении экспедиционных выездов, сборе полевого материала.

Список литературы

1. Арнольди Л. В. Материалы по количественному изучению зообентоса Чёрного моря. II. Каркинитский залив // Труды Севастопольской биологической станции им. А. О. Ковалевского / АН СССР. – Москва [и др.] : Изд-во АН СССР, 1949. – Т. 7. – С. 127–192. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5291>
2. Беклемишев К. В. Экология и биогеография пелагиали. – Москва : Наука, 1969. – 291 с.
3. Бойко М. Ф., Подгайний М. М. Червоний список Херсонської області: рідкісні та зникаючі види рослин, грибів та тварин. – 2-ге вид., перероб. та допов. – Херсон : Терра, 2002. – 32 с.
4. Борисенко А. М. Количественный учёт донной фауны Тендровского залива : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Харьков, 1946. – 26 с.
5. Борисова Е. В., Ткаченко Ф. П. Материалы к флоре Charales юго-запада Украины // Альгология. – 2008. – Т. 18, № 3. – С. 287–298. – <https://www.elibrary.ru/juydgr>
6. Воробьёв В. П. Бентос Азовского моря. – Симферополь : Крымиздат, 1949. – 193 с. – (Труды АзЧерНИРО ; вып. 13).
7. Голлербах М. М., Красавина Л. К. Харовые водоросли – Charophyta. – Ленинград : Наука, 1983. – 190 с. – (Определитель пресноводных водорослей СССР / АН СССР, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова ; вып. 14).
8. Григорьев Б. Ф., Пупков В. А. Донные беспозвоночные Ягорлыцкого и Тендровского заливов Чёрного моря // Вестник зоологии. – 1977. – № 2. – С. 76–82.
9. Гринбарт С. Г. Зообентос Ягорлыцкого и Тендровского заливов // Биологические исследования Чёрного моря и его промысловых ресурсов / отв. ред. В. А. Водяницкий. – Москва : Наука, 1968. – С. 99–105. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/364>

10. Гринцов В. А. Амфиподы Чёрного моря : иллюстр. атлас-определитель / Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского РАН. – Севастополь : ИнБЮМ, 2022. – 476 с. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/12021>
11. Громов В. В. Водная и прибрежно-водная растительность северного и западного побережья Азовского моря // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 121–137. – <https://www.elibrary.ru/pexkcz>
12. Ерёмченко Т. И., Миничева Г. Г. Структурно-функциональная характеристика донной растительности Ягорлыцкого залива // Природные комплексы Черноморского биосферного заповедника / отв. ред. С. В. Тарашук. – Киев : Наук. думка, 1992. – С. 48–55.
13. Жадин В. И. Методика гидробиологических исследований. – Москва : Высш. шк., 1960. – 192 с.
14. Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – Москва [и др.] : Наука, 1967. – 398 с.
15. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря. – Киев : Наук. думка, 1975. – 248 с. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5645>
16. Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей. – Апатиты : Изд-во Кол. науч. центра РАН, 2004. – 409 с. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5647>
17. Королесова Д. Д. Биоценоз харовых водорослей как важный элемент прибрежных экосистем (на примере Тендровского и Ягорлыцкого заливов Чёрного моря) // Вісник Одеського національного університету. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2015. – Т. 20, вип. 1. – С. 134–148.
18. Королесова Д. Д. Восстановление фитоценоза *Chara aculeolata* Kützinger в Тендровском заливе (Чёрное море) // Морской биологический журнал. – 2023. – Т. 8, № 4. – С. 110–115. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2023.08.4.09>
19. Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы / отв. ред. С. А. Литвинская. – 3-е изд. – Воронеж : Ковчег, 2017. – 850 с. – <https://www.elibrary.ru/yppylr>
20. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / отв. ред.: А. В. Ена, А. В. Фатерыга. – Симферополь : Ариал, 2015. – 480 с. – <https://www.elibrary.ru/wxeqef>
21. Маккавеева Е. Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря. – Киев : Наук. думка, 1979. – 228 с. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5666>
22. Маслов И. И., Ткаченко Ф. П. Фитосоциологические аспекты флоры водорослей макрофитов Чёрного моря (Украина) // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 2008. – Вып. 96. – С. 12–18. – <https://www.elibrary.ru/ulgjkd>
23. Маслов И. И. Макрофитобентос Сиваша // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». – 2010. – Вып. 1 – С. 143–151. – <https://www.elibrary.ru/vhnupx>
24. Мильчакова Н. А., Александров В. В. Донная растительность некоторых районов лимана Донузлав (Чёрное море) // Экология моря. – 1999. – Вып. 49. – С. 68–71. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/4237>
25. Морозова-Водяницкая Н. В. Растительные ассоциации в Чёрном море // Труды Севастопольской биологической станции. – Москва : Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 11. – С. 3–28. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5389>
26. Мурина В. В., Гринцов В. А. Видовое разнообразие гидроидных полипов в биоценозе обрастания Карадагского природного заповедника (Чёрное море) // Карадаг – 2009 : сб. науч. тр., посвящ. 95-летию ... Украины / ред.: А. В. Гаевская, А. Л. Морозова. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 344–350. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/495>

27. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей / Акад. наук СССР, Ин-т биологии юж. морей ; отв. ред. В. А. Водяницкий. – Киев : Наук. думка, 1968–1972. – 3 т.
28. *Песенко Ю. А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – Москва : Наука, 1982. – 278 с.
29. *Погребняк И. И., Островчук П. П.* Фитоценозы мягких грунтов северо-западной части Чёрного моря // Материалы Всесоюзного симпозиума по изученности Чёрного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов (Севастополь, октябрь 1973) / Акад. наук УССР, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Киев : Наук. думка, 1973. – Ч. 3. – С. 145–147. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/7630>
30. *Ревков Н. К., Болтачева Н. А., Ревкова Т. Н., Бондаренко Л. В., Щуров С. В., Лукьянова Л. Ф.* Донная фауна озера Донузлав (Чёрное море) в условиях промышленной добычи песка // Экосистемы. – 2021. – № 27. – С. 5–22. – <https://doi.org/10.37279/2414-4738-2021-27-5-22>
31. *Рубинштейн И. Г.* Влияние добычи песка на флору и фауну Джарылгачского залива (Чёрное море) // Количественное и качественное распределение бентоса: кормовая база бентосоядных рыб / ВНИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. – Москва : ВНИРО, 1988. – С. 73–91.
32. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ин-т глобал. климата и экологии ; под ред. В. А. Абакумова. – Санкт Петербург : Гидрометеиздат, 1992. – 317 с.
33. *Садогурский С. Е.* Флора и растительность акваторий филиала Крымского природного заповедника «Лебяжий острова» (Чёрное море): современное состояние и пути сохранения // Заповідна справа в Україні. – 2009. – Т. 15, № 2. – С. 41–50. – <https://www.elibrary.ru/ynmklj>
34. *Симакова У. В.* Структура и распределение сообществ макрофитобентоса в зависимости от рельефа дна: Северокавказское побережье Чёрного моря : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10. – Москва, 2011. – 203 с.
35. *Сушкова Е. Г., Афанасьев Д. Ф., Беспалова Л. А.* Анализ пространственной структуры распределения фитобентосных сообществ Таманского залива // Успехи современного естествознания. – 2024. – № 11. – С. 78–84. – <https://doi.org/10.17513/use.38336>
36. *Ткаченко Ф. П., Маслов И. И.* Морской макрофитобентос Черноморского биосферного заповедника // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2002. – Вып. 62. – С. 34–40. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/4556>
37. *Усенко В. П., Чигрин Р. Г., Черняков Д. А.* Природная зональность Тендровского залива. – Киев, 1988. – 38 с. – (Препринт / АН УССР, Ин-т геол. наук).
38. Флора водных и прибрежно-водных экосистем Азово-Черноморского бассейна / С. П. Воловик, И. Г. Корпакова, Д. Ф. Афанасьев [и др.]. – Краснодар : АзНИИРХ, 2008. – 275 с.
39. *Черняков Д. А.* Природно-аквальноні ландшафтні комплекси Тендрівської та Єгорлицької заток і моніторинг їх стану у Чорноморському біосферному заповіднику : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Харків. 1995. – 16 с.
40. *Чухчин В. Д.* Формирование донных биоценозов в оз. Донузлав после соединения с морем // Многолетние изменения зообентоса Чёрного моря / АН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского ; отв. ред. В. Е. Заика. – Киев : Наук. думка, 1992. – С. 217–225. – <https://repository.marine-research.ru/handle/299011/5644>
41. *Albertoni E. F., Palma-Silva C., de Assis Esteves F.* Macroinvertebrates associated with Chara in a tropical coastal lagoon (Imboassica lagoon, Rio de Janeiro, Brazil) // Hydrobiologia. – 2001. – Vol. 457. – P. 215–224. – <https://doi.org/10.1023/A:1012233818709>
42. *Alegro A., Stanković I., Šegota V., van de Weyer K., Blaženčić J.* Macrophytic vegetation in the oligotrophic Mediterranean Lake Vrana (Island of Cres, Northern Adriatic) – New insight after 50 years // Botanica Serbica. – 2016. – Vol. 40, iss. 2. – P. 137–144. – <https://doi.org/10.5281/zenodo.162234>

43. *Blindow I., Dahlke S., Dewart A., Flügge S., Hendreschke M., Kerkow A., Meyer J.* Long-term and interannual changes of submerged macrophytes and their associated diaspore reservoir in a shallow southern Baltic Sea bay: influence of eutrophication and climate // *Hydrobiologia*. – 2016. – Vol. 778, iss. 1. – P. 121–136. – <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2655-4>
44. *Borisova E. V.* Analysis of the flora of Charales (Charophyta) of Ukraine // *Al'gologiya*. – 2016. – Vol. 26, iss. 4. – P. 403–417. – <https://doi.org/10.15407/alg26.04.403>
45. Charophytes of Europe / eds: Schubert H. [et al.]. – Cham, Switzerland : Springer Nature, 2024. – 1144 p. – <https://doi.org/10.1007/978-3-031-31898-6>
46. *Covaliov S., van Geest G., Hanganu J., Hulea O., Török L., Coops H.* Seasonality of macrophyte dominance in flood-pulsed lakes of the Danube Delta // *Hydrobiologia*. – 2003. – Vol. 506, iss. 1/3. – P. 651–656.
47. European Red List of Habitats. Pt. 1. Marine Habitats / Europ Commis. ; Gubbay S., Sanders N., Haynes T. [et al.]. – Luxembourg : Publ. Office of the Europ. Union, 2016. – 46 p. – <https://data.europa.eu/doi/10.2779/032638>
48. *Gąbka M.* Charophytes of the Wielkopolska region (NW Poland): distribution, taxonomy and autecology. – Poznań : Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 2009. – 110 p.
49. GBIF. Global Biodiversity Information Facility. – URL: <https://www.gbif.org> (accessed: 07.04.2025).
50. *Guiry M. D., Guiry G. M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication / Univ. of Galway. – URL: <https://www.algaebase.org> (accessed: 20.05.2025).
51. *Korsch H., Doege A., Raabe U., van de Weyer K.* Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyceae) Deutschlands / H. Korsch, A. Doege, U. Raabe, K. van de Weyer. – 3 Fassung, Stand: Dezember 2012. – Jena : Friedrich-Schiller-Univ., 2013. – 32 p. – (Hausknechtia ; Beih. 17).
52. *Krause W.* Charales (Charophyceae). – Jena : Gustav Fischer, 1997. – 202 p. – (Süßwasserflora von Mitteleuropa ; Bd. 18).
53. *Langangen A.* Charophytes of the Nordic countries. – Oslo : Saeculum ANS, 2007. – 102 p.
54. *Palma-Silva F.* The role of Charophytes primary production in a coastal lagoon subjected to human impacts (RJ, Brazil) // *Acta Limnologica Brasile*. – 2002. – Vol. 14, iss. 1. – P. 59–62.
55. *Romanov R., Korolesova D., Afanasyev D., Zhakova L.* *Chara baltica* (Charophyceae, Charales) from the Black Sea Region and taxonomic implications of extrastipulodes // *Botanica*. – 2020. – Vol. 26, iss. 2. – P. 126–137. – <https://doi.org/10.2478/botlit-2020-0014>
56. *Temniskova D., Stoyneva M. P., Kirjakov I. K.* Red List of the Bulgarian algae. I. Macroalgae // *Phytologia Balcanica*. – 2008. – Vol. 14, iss. 2. – P. 193–206.
57. *Torn K., Martin G., Kukk H.* Distribution of the charophyte species in the Estonian coastal waters (NE Baltic Sea) // *Scientia Marina* – 2004. – Vol. 68. – P. 129–136.
58. *Urbaniak J., Combik M.* Genetic and morphological data fail to differentiate *Chara intermedia* from *C. baltica*, or *C. polyacantha* and *C. rudis* from *C. hispida* // *European Journal of Phycology*. – 2013. – Vol. 48, iss. 3. – P. 253–259. – <https://doi.org/10.1080/09670262.2013.805249>
59. *WORMS.* World Register of Marine Species : [site]. – <https://doi.org/10.14284/170> (accessed: 20.05.2025).

CHARA ACULEOLATA KÜTZING 1832 (CHARALES) BIOCECENOSIS STRUCTURE AND HABITAT CONDITIONS IN BASIN OF THE AZOV-BLACK SEA REGION

Korolesova D. D.^{1,2}, Milchakova N. A.²

¹Black Sea Biosphere Reserve, Golaya Pristan, Russian Federation,

²A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

e-mail: susya_ch@mail.ru

Abstract: The taxonomic structure and biotopic characteristics of the biocenosis of *Chara aculeolata*, a dominant species in the northwestern part of the Black Sea, has been described for the first time. The material collected from 11 stations in the Tendrovsky Bay of the Black Sea Biosphere Reserve between 2010 and 2021. Macrophytes and epiphytic macroinvertebrates were collected using a frame with a mill gas bag, macrozoobenthos were collected with a Petersen dredge (0.025 m²). The species composition of the biocenosis includes 84 species, 20 — macrophytes and 64 — invertebrates. Two species of macrozoobenthos, four species of algae, and one species of seagrass are protected. The phytocenosis is represented by four phyla of macrophytes, with red algae accounting for half of the total diversity. The contribution of green algae and charophytes does not exceed 15–20 %. Ten classes of invertebrate were identified in the zoocenosis, with the greatest taxonomic diversity found for crustaceans and polychaete (17 species each), followed by gastropods and bivalves (13 and 9 species respectively). For the first time, five new species of invertebrates were identified for the charophytes biocenosis in Azov-Black Sea basin: *Ebala pointeli*, *Laomedea exigua*, *Microdeutopus versiculatus* in the zooepiphyton; *Brachynotus sexdentatus* and *Nereis rava* in macrozoobenthos. The biocoenosis total biomass ranged from 16 to 3,162 g·m⁻², with an average of (602 ± 345) g·m⁻²; macrophytes accounted for 54–97 % of the biomass. The dominant species are Charophyta: *C. aculeolata* and *Lamprothamnion papulosum*, followed by the mollusk *Mytilaster lineatus*, *Abra alba*, *Loripess orbiculatus*, and *Rissoa* sp., and chironomid, which together contribute 47 % to the total biomass. Due to the high species diversity of the *Chara aculeolata* biocenosis, its ecosystem role and the variability of biocenotic parameters, it is necessary to conduct regular monitoring of the natural and aquatic complexes state of the Black Sea State Natural Biosphere Reserve.

Keywords: *Chara aculeolata*, biocenosis, species composition, ecological features, specially protected natural territories, the Azov-Black Sea basin

Сведения об авторах

Королесова Дарья Дмитриевна	главный специалист отдела научных исследований ГАУ «Черноморский биосферный заповедник» Министерства природных ресурсов, экологии и рыболовства Херсонской области, ул. Лермонтова, д. 1, Голопристанский р-н, г. Голая Пристань, Херсонская область, 275600, Российская Федерация, e-mail: susya_ch@mail.ru
Мильчакова Наталия Афанасьевна	заведующий лабораторией фиторесурсов ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, д. 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: nmilchakova@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 11.06.2025

Принята к публикации 21.07.2025

ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И МОРСКАЯ РАДИОХЕМОЭКОЛОГИЯ

УДК [591.524.12.044:665.7](262.5)

DOI: [10.21072/eco.2025.10.3.07](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.3.07)

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИВА МАЗУТА В ДЕКАБРЕ 2024 ГОДА НА ЗООПЛАНКТОН КРЫМСКОГО ШЕЛЬФА *

Пионтковский С. А.^{1,2}, Загородняя Ю. А.², Самотой Ю. В.², Попова Е. В.²,
Баяндин А. С.², Калюжная С. Н.²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Российская Федерация,

² ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

e-mail: spiontkovski@mail.ru

Аннотация: Катастрофа в декабре 2024 г. в Керченском проливе двух судов, перевозивших 9000 тонн мазута, обернулась множественными убытками, среди которых воздействие разлива мазута на экосистему шельфа ожидало своих оценок. В связи с этим для исследования были выбраны организмы меропланктона, жизненный цикл которых связывает пелагическое и бентосное сообщества. Исследованы изменения численности и биомассы медузы *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), доминирующей в суммарной биомассе зоопланктона, и изменения численности личинок двустворчатых моллюсков. Сбор 170 проб планктонными сетями в водном слое над шельфом в четырёх экспедициях (с августа 2024 г. по август 2025 г.), их обработка и анализ показали, что разлив мазута не отразился на сезонной динамике биомассы медуз и суммарной численности личинок двустворчатых моллюсков в шельфовых водах Крымского полуострова. Отмечена большая мезомасштабная вариабельность биомассы медуз с коэффициентами вариации от 49 до 122 %.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, зоопланктон, медузы, межгодовая изменчивость, Чёрное море

Введение

Крымский полуостров относят к важным рекреационным регионам Российской Федерации, где ежегодно отдыхают около 6 млн граждан, причём половина из них проводит летние отпуска на Южном берегу Крыма. В 2024 г. Крымский полуостров лидировал в России по приросту спроса на летнее бронирование отелей [Агафонова, Мекеня, Симоненко, 2025]. Наряду с рекреацией на полуострове интенсивно развиваются сельскохозяйственные комплексы, жилищное строительство, наземные и морские грузоперевозки. Как следствие — не только наземная прибрежная экосистема, но и экосистема шельфа испытывают значительную антропогенную нагрузку. Во временном аспекте она носит характер как многолетних монотонных трендов, так и импульсных экстремальных воздействий [Санитарно-биологические ... , 2025; Студеникина и др., 2008].

В экосистеме крымского шельфа монотонные положительные тренды антропогенного происхождения представлены возрастающими объёмами бытовых стоков, включающими стоки канализаций с их аммонийным азотом и поверхностно-активными веществами (ПАВ). Так, с 2014 по 2018 г. сброс сточных вод по Республике Крым увеличился в 3 раза, с 52 до 160 млн т [Демченко, Полякова, 2020]. Возрастающий объём стоков ухудшает санитарное состояние прибрежных вод, так как большая часть бытовых стоков поступает в море без очистки [Чепыженко, Чепыженко, 2018]. Содержащиеся в моющих средствах ПАВ покрывают тонким слоем субстрат, вызывая омыление дна. В результате организмы, ведущие прикрепленный к субстрату образ жизни, не могут

* Работа выполнена в рамках государственных заданий СевГУ № FEFM-2024-0013 и ИнБИОМ № FNNZ-2024-0027/124022400148-4 и 124022400057-4.

к нему прикрепиться. Кроме того, ПАВ оказывают прямое отрицательное воздействие на физиологические процессы в морских организмах [Остроумов, 2005].

Примерами импульсных экстремальных воздействий на прибрежную экосистему Крыма являются разливы нефтепродуктов вследствие аварий перевозящих их судов. Серия мощных разливов произошла в ноябре 2007 г. в Керченском проливе с утечкой около 1300 тонн мазута [Oil spill ... , 2011]. В декабре 2024 г. в том же Керченском проливе к ней добавилась катастрофа двух судов, перевозивших 9000 тонн мазута. Приблизительно половина этого объёма попала в море и распространилась вдоль шельфа в восточном и западном направлениях, что привело к чрезвычайной ситуации федерального масштаба с общим убытком, оценённым правительством РФ в 85 млрд рублей [Крушение танкеров ... , 2025]. Сотни километров пляжей Крымского полуострова и кавказского побережья подверглись очистке от выбросов мазута, а некоторые пляжи были закрыты на летний сезон 2025 г. Экологические последствия этой катастрофы для прибрежных экосистем ещё предстоит оценить, хотя некоторые оценки были сделаны в первые же месяцы: экспресс-индикаторами послужили погибшие птицы и дельфины [Епимахов, 2025].

Наряду с влиянием на представителей высоких трофических уровней экосистемы шельфа, разлив мазута мог отрицательно сказаться и на массовых организмах зоопланктона, обеспечивающих трофические уровни более высокого порядка. Задача наших исследований и состояла в такой оценке, для чего были выбраны организмы меропланктона, жизненный цикл которых связывает пелагическое и бентосное сообщества. Так, характерной чертой структуры экосистем шельфа и открытых вод Чёрного моря является огромная биомасса сцифоидных медуз [Kovalev, Piontkovski, 1998; Mutlu, 2001; Weisse, Gomoiu, 2000]. Исследования шельфа южной, восточной, северной и западной частей Чёрного моря показали, что биомасса желтелого зоопланктона, в котором медузы доминируют в настоящее время, превышает биомассу кормового зоопланктона, составляющего основу рациона мелких пелагических рыб, приблизительно в 100 раз [Zagorodnyaya, Piontkovski, Gubanov, 2023].

В сравнительном аспекте Чёрное море относят к трём «самым желтелым» среди 45 больших морских экосистем Мирового океана, ранжированных по индексу желтелости [Brotz et al., 2012]. На шельфе Крыма по биомассе доминирует медуза *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758). Её жизненный цикл включает как планктонную, так и бентосную стадии развития. При этом осевшая на дно личинка превращается в полип (высотой около 5 мм), который со временем отпочковывает эфиреи (молодые медузы), развивающиеся во взрослых особей. Таким образом, жизнеспособные полипы опосредованно определяют биомассу последующего поколения взрослых медуз. Жизненный цикл *A. aurita*, имеющей пандемический ареал, хорошо изучен [Dawson, Martin, 2001; Lucas, 2001; Pitt et al., 2018]. Период развития от полипа до взрослых особей в умеренных широтах составляет около 6 месяцев, это зависит от температуры и доступности пищи [Goldstein, Steiner, 2020; Ishii, Kojima, Tanaka, 2004; Loveridge, Lucas, Ford, 2024; Miyake, Iwao, Kakinuma, 1997]. В субтропических широтах этот период может быть вдвое меньше [El-Serehy, 2005].

Наша гипотеза заключалась в том, что разлив мазута и его распространение по шельфу не дали полипам весеннего поколения 2025 г. продолжить свой цикл развития, что должно сказаться на численности и биомассе зрелых медуз весеннего и летнего поколений 2025 г. Помимо медуз, внимание было обращено на численность личинок двустворчатых моллюсков в планктоне как индикатора репродуктивного состояния их бентосных популяций в связи с разливом мазута. Продуцентами личинок являются многие виды с доминированием митилястера (*Mytilaster lineatus* Gmel., 1790) и мидий (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) в прибрежных водах Крыма [Санитарно-биологические ... , 2025; Лисицкая, 2017]. Для проверки гипотез привлечены данные планктонных ловов, выполненных в пяти экспедициях научно-исследовательского судна вдоль крымского шельфа.

Материал и методы

Гидрофизические зондирования и планктонные обловы интегрального слоя над шельфом в 102, 132, 134–136-м рейсах НИС «Профессор Водяницкий» были выполнены в 2018–2025 гг. В качестве примера на рисунке 1 показана стандартная схема океанографических станций, а в таблице 1 приведена краткая характеристика экспедиций. Материалы 102-го рейса (с наибольшим количеством гидрофизических зондирований) использованы для иллюстрации типичной структуры и динамики вод в летний период. Исследования планктона базируются на анализе экспедиционных материалов четырёх рейсов 2024–2025 гг.: данные 132-го рейса характеризуют ситуацию до разлива и 134-го — сразу после разлива нефти, а материалы более поздних рейсов позволяют достовернее оценить последующее влияние загрязнения на пелагическое и донное сообщества в регионе.

Таблица 1

Краткая характеристика экспедиций НИС «Профессор Водяницкий» в 2024–2025 гг.

Номер рейса НИС «Профессор Водяницкий»	Сроки выполнения экспедиционных работ	Количество океанографических станций	Количество сетных ловов зоопланктона
102	09.06.18–01.07.18	134	44
132	24.07.24–12.08.24	44	23
134	13.03.25–08.04.25	48	27
135	25.05.25–16.06.25	119	52
136	24.07.25–18.08.25	90	24

Пробы зоопланктона, собранные планктонной сетью Джеди с диаметром входного кольца 36 см и размером ячеек 140 мкм и сгущенные до 100 мл, фиксировали нейтральным раствором формалина 4%-й концентрации. Выполнялись вертикальные тотальные обловы водного слоя над шельфом. Зоопланктон обрабатывали стандартным счётно-порционным методом в камере Богорова с определением таксономического состава, размеров организмов и их количества в пробе. Для перехода от размера к биомассе использовали известные для черноморских видов размерно-весовые соотношения [Ковалев и др., 1993] и вычисляли биомассу в единице объёма обловленного слоя или под квадратным метром.

В пробах, собранных ихтиопланктонной сетью Хенсена с диаметром входного кольца 70 см и размером ячеек 400 мкм, определяли количество медуз и их размер. Сырая масса аурелии (W) и диаметр купола связаны соотношением $W(\text{mg}) = 0,053D^{2,98}$, где D — диаметр в мм [Anninsky, 2009]. Расчёты численности и биомассы сделаны для сетных тотальных ловов, выполненных на шельфе, над глубинами менее 200 м.

При оценке варьирования пространственного распределения биомассы медуз станции с обловами планктона были распределены по 10–13 секторам (рис. 1) в зависимости от масштабности полевых съёмок, так как в некоторых случаях (135 и 136-й рейсы) они охватывали восточную часть черноморского шельфа (до г. Адлера). В большинстве случаев средняя секторальная биомасса вычислялась по данным 3–5 станций.

Суммарную численность личинок двусторчатых моллюсков подсчитывали по пробам, собранным сетью Джеди.

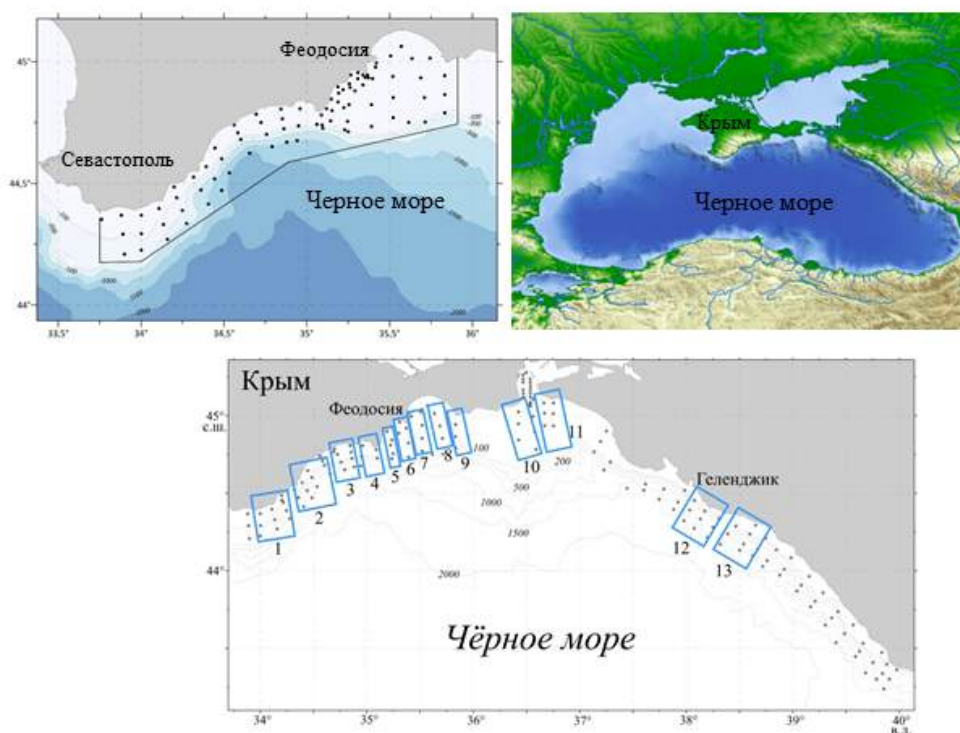


Рис. 1. Схема океанографических станций вдоль крымского шельфа (134-й рейс НИС «Профессор Водяницкий»), крупный план черноморского шельфа (<https://ru.wikipedia.org>) и схема секторов 135-го рейса. Батиметрия на рисунках показана изолиниями глубин (м)

Фоновыми измерениями, характеризующими термохалинную структуру верхних слоёв, служили вертикальные зондирования погружным комплексом IDRONAUT OCEAN SEVEN 320. Вертикальные профили концентрации растворённого кислорода получены с помощью датчика оптического канала в диапазоне 0–50 мг/л с точностью 0,01 мг/л.

В статистической обработке данных использованы программные пакеты PAST v.3 и Statistica v.9, позволившие построить графики и оценить достоверность вдоль-шельфовых и кросс-шельфовых трендов. Для оценки наличия или отсутствия монотонных трендов использован непараметрический критерий Манна — Кендалла, применяемый в гидрофизике и гидрометеорологии [Wang et al., 2020]. Параметр Z этого критерия следует нормальному распределению с $E(Z) = 0$, $V(Z) = 1$. Нулевая гипотеза H_0 (о статистической незначимости тренда) отвергается при абсолютном значении $Z > Z_{1-a/2}$, где a — принятый уровень значимости (в нашем случае $a = 0,05$). При p -значении теста ниже принятого уровня значимости монотонный тренд во временной серии присутствует.

Результаты

Годовой жизненный цикл популяции *A. aurita* проходит на фоне значительной сезонной перестройки термохалинной структуры и динамики вод. При этом диапазон сезонных изменений температуры в поверхностном слое составляет 16 °С, а диапазон пространственных изменений в масштабах одной сетки станций на шельфе Крыма равен 4 °С [Артамонов и др., 2020]. Толщина верхнего квазиоднородного слоя изменяется пятикратно, от 10 м в августе до 50 м в марте, с соответствующим ослаблением термической стратификации водной толщи.

Чтобы представить обобщённо термохалинную и динамическую структуру на крымском шельфе в летний сезон, на рисунке 2 приведены результаты обширной съёмки шельфа с распределением температуры, солёности, положения вихрей и меандров основного черноморского течения (ОЧТ) по данным инструментальных измерений в экспедициях НИС «Профессор Водяницкий». Характерно, что антициклонические вихри располагаются справа от стрежня основного черноморского потока, а циклонические — слева. Орбитальные скорости в антициклонах достигают 30 см/с, а скорость ОЧТ в летний сезон составляет 40 см/с в верхнем 25-метровом слое [Артамонов и др., 2020]. Прибрежное течение и ОЧТ совпадают по направлению. Представленные на рисунке 2 элементы структуры и динамики формируют большую вариабельность и мозаичность пространственного распределения биомассы медуз: коэффициенты её вариации в полевых съёмках составляли 49–122 %.

Исследование сезонной динамики вертикального распределения градиента плотности, в котором главную роль играет температура воды, важно для понимания особенностей развития личиночных стадий медуз, так как этот градиент влияет на эффективность их оседания и последующего прикрепления к субстрату. Амплитуда сезонных изменений плотности воды быстро уменьшается с глубиной: на 75 метрах она в 30 раз меньше, чем на поверхности [Белокопытов, 2017].

Концентрация растворённого кислорода в водах была относительно высокой (рис. 2) и не являлась лимитирующим фактором для развития популяций меропланктона. Интенсивный вертикальный турбулентный обмен, разрушение сезонного пикноклина в зимние месяцы и его отсутствие в начале весны способствовали оседанию личинок медуз.

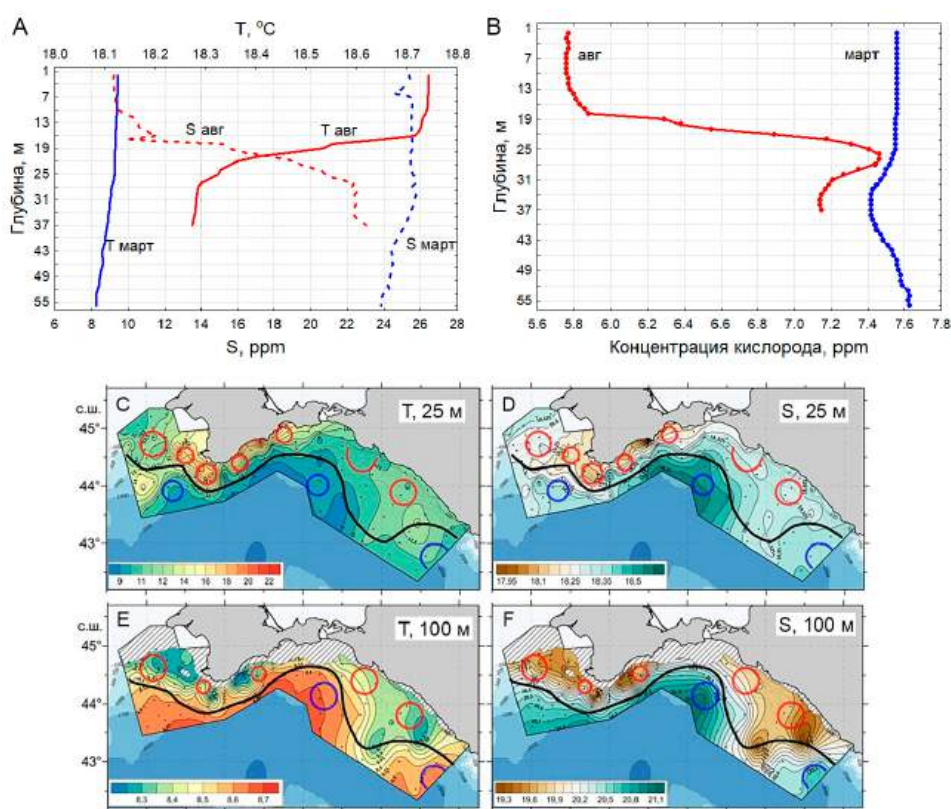


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры (T), солёности (S) и концентрации растворённого кислорода в августе 2024 г. и марте 2025 г. (A, B). Пространственное распределение температуры (T) и солёности (S) на горизонтах 25 и 100 м в июне 2018 г. (C, D, E, F) [Артамонов и др., 2020], кружками показаны антициклонические (красные) и циклонические (синие) вихри. Чёрной кривой отмечена граница основного черноморского течения (ОЧТ)

Диаграммы частотного распределения размеров медуз, построенные по материалам четырёх последовательных рейсов, показали особенности изменения размерной структуры взрослых медуз с августа 2024 г. по август 2025 г. Так, в августе 2024 г. доминировали особи минимальных размеров (рис. 3). В марте 2025 г. средний диаметр купола ((86 ± 57) мм) почти вдвое превышал таковой в августе ((49 ± 25) мм), а по медиане они различались в 1,6 раза. В июне 2025 г. в частотном распределении заметно выделялась средняя группа (диаметр 50 мм). В августе 2025 г. частотное распределение статистически не отличалось от такового в августе 2024 г., на что указывает обобщённая диаграмма частот по всем рейсам. Она характеризует сезонную изменчивость размерной структуры, в которой вариабельность оказалась значительной: коэффициенты вариации среднего размера купола, по данным четырёх рейсов, составляли 50, 67, 63 и 45 % соответственно.

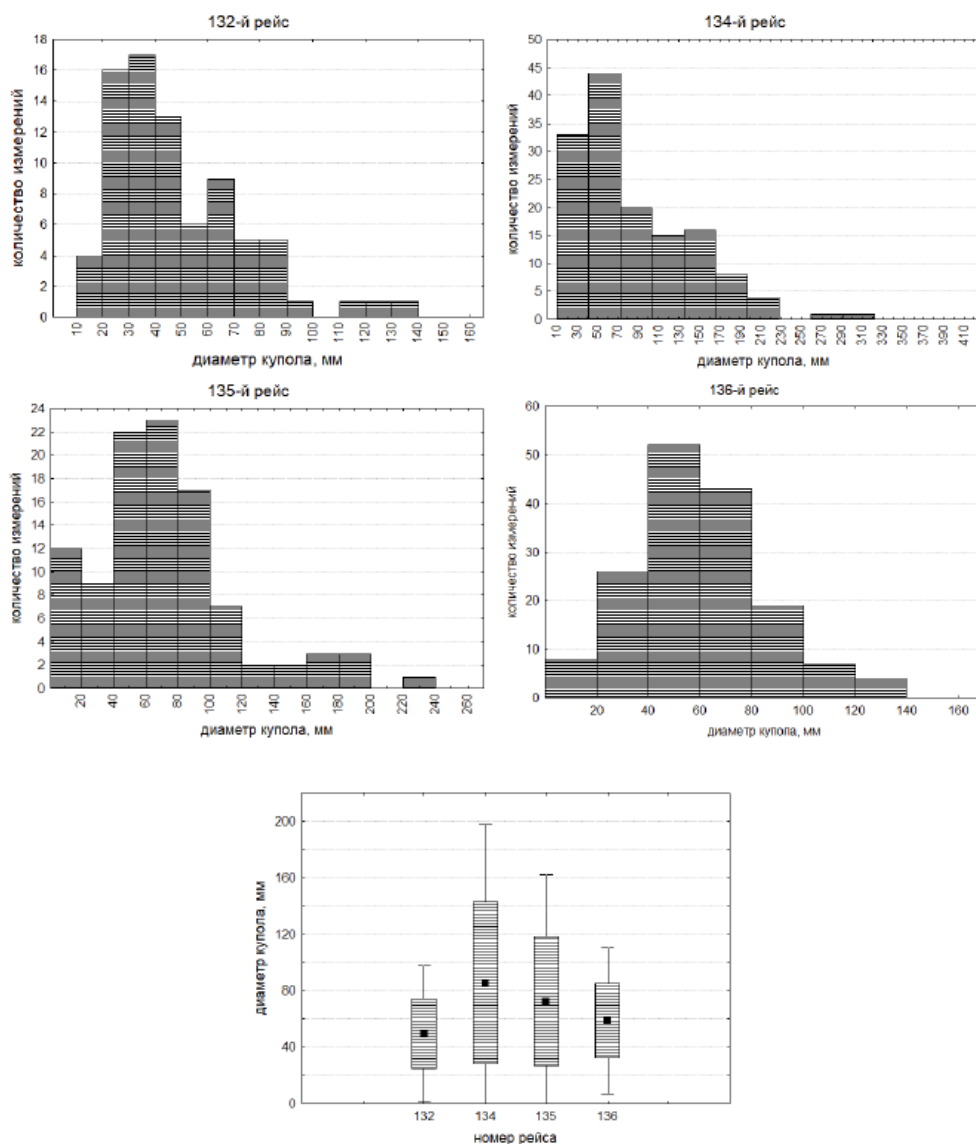


Рис. 3. Диаграмма частоты встречаемости медуз разных размеров (по оси абсцисс приведён диаметр купола в мм) и обобщённая (по данным 4 рейсов) диаграмма размерной структуры, в которой представлены: величина средней (чёрный квадрат), стандартного отклонения (прямоугольники) и 95 % доверительного интервала (вертикальные отрезки). 132-й рейс (июль — август 2024 г.), $n = 79$; 134-й рейс (март — февраль 2025 г.), $n = 142$; 135-й рейс (май — июнь 2025 г.), $n = 101$; 136-й рейс (июль — август 2025 г.), $n = 164$; n — количество измерений диаметра купола

В августе 2024 г. эфирь в пробах не учитывали. Анализ планктонных проб в двух последующих рейсах, в марте и июне 2025 г., показал низкую численность эфирь. В марте единичные экземпляры были отмечены на двух станциях из 27, в июне — на 14 станциях из 87. При этом на схеме станций (рис. 1) видно, что пробы были собраны над относительно большой площадью шельфа.

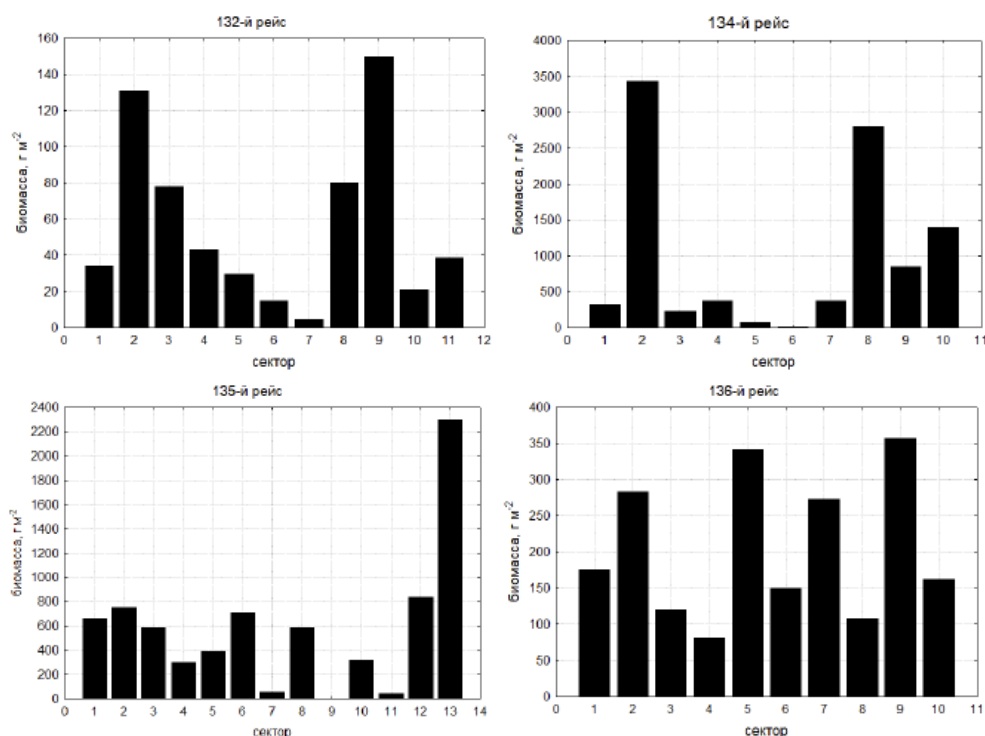


Рис. 4. Распределение биомассы медуз по секторам. 132-й рейс (июль — август 2024 г.), 33 станции; 134-й рейс (март — февраль 2025г.), 27 станций; 135-й рейс (май — июнь 2025г.), 52 станции; 136-й рейс (июль — август 2025 г.), 24 станции

Пространственный вдоль-шельфовый тренд биомассы отсутствовал в августе 2024 г., марте, июне и августе 2025 г. (тест Манна — Кендалла, $p = 0,1; 0,3; 0,9; 0,4$ соответственно). Распределение биомассы по акватории (по секторам) было мозаичным (рис. 4). Наряду с отсутствием монотонного вдоль-шельфового тренда, в пространственном распределении биомассы можно отметить сравнительно низкие величины, приходящиеся на районы узкого шельфа Южного берега Крыма (рис. 1).

Из рисунка 4 очевидно, что, по сравнению с мартом 2025 г. (после разлива мазута, 134-й рейс), средняя биомасса медуз на крымском шельфе в июне 2025 г. (135-й рейс) была меньше (около 600 г/м²), а в августе 2025 г. она уменьшилась до 205 г/м² при коэффициенте её вариации 49 % (рис. 5). Отмеченное летнее уменьшение может совокупно отражать как влияние мазута, так и влияние сезонности, представленной на рисунке 5.

Следует отметить два обстоятельства, затрудняющие сравнение графиков на рисунке 4: во-первых, последовательность выполнения станций в 132 и 134-м рейсах (возрастающая нумерация секторов осуществлялась в восточном направлении) отличалась от двух последующих рейсов — 135 и 136-го (возрастающая нумерация секторов осуществлялась в западном направлении), так как в первых двух рейсах съёмки начинались от южного побережья Крыма (от Фороса), а в последующих двух — от восточного побережья Кавказа (от Адлера). Во-вторых, количество станций (соответственно, секторов) в 135 и 136-м рейсах (июнь —

август 2025 г.) увеличилось в связи с принятым решением о расширении акватории работ и включении кавказского побережья (до Адлера). В-третьих, распределение станций с обловами медуз по акватории шельфа не было равномерным, так как состояние моря не всегда позволяло работать планктонными сетями. Тем не менее эти обстоятельства несущественны при формулировании вывода о том, что статистически значимый пространственный монотонный тренд биомассы на крымском шельфе отсутствовал.

Сезонные изменения средней по секторам биомассы медуз на крымском шельфе составили 57, 987, 623 и 205 г/м² по результатам четырёх последовательно проведённых полевых съёмок в августе 2024 г., марте, июне и августе 2025 г. (132, 134, 135 и 136-й рейсы). Коэффициенты вариации находились в диапазоне 49–122 %, что превышает коэффициент вариации биомассы в связи с сезонной изменчивостью, которую демонстрирует многолетняя временная серия 1988–2014 гг.: он составляет 48 % (рис. 5). В упомянутых четырёх экспедициях максимум варьирования приходился на весеннюю полевую съёмку (134-й рейс), а минимум — на летние съёмки 2024 и 2025 гг. (особенно на завершающий 136-й августовский рейс).

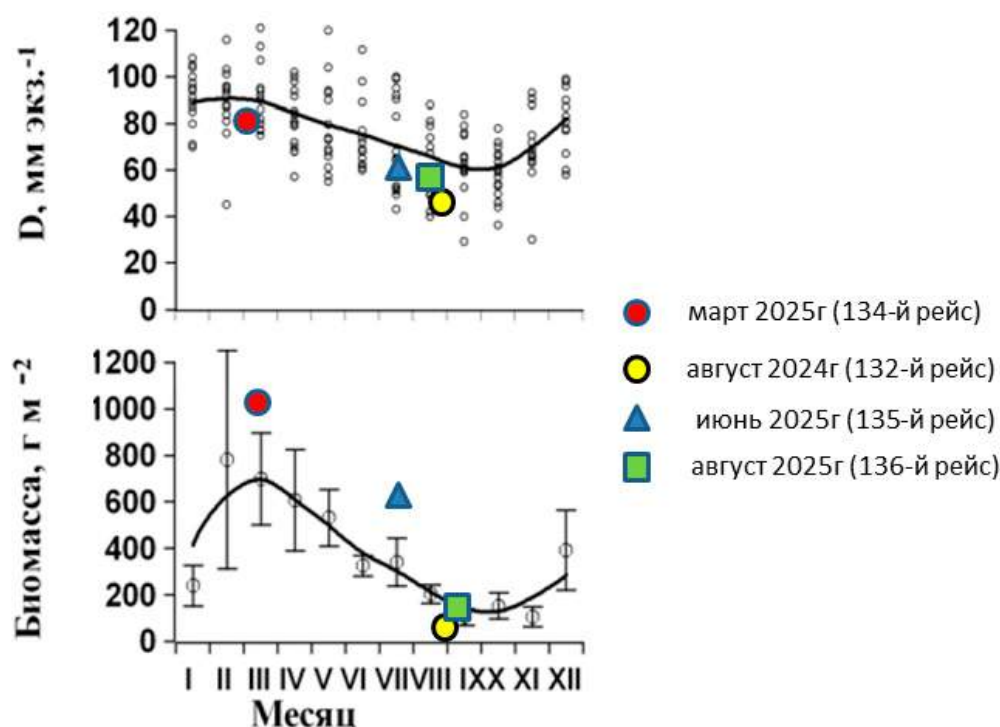


Рис. 5. Биомасса и размеры медуз (диаметр купола, мм) в 2024–2025 гг. на фоне многолетнего сезонного тренда этих показателей в 1998–2014 гг. [Аннинский, Финенко, Дацк, 2020]

Копеподы и личинки двустворчатых моллюсков составляют значительную часть рациона медуз [Mutlu, 2001]. В марте 2025 г. концентрация личинок двустворок в слое над крымским шельфом была сравнительно высокой (73 экз./м³ при коэффициенте вариации 52 %), что указывает на потенциальную обеспеченность медуз кормом. Данное определение концентрации двустворок как сравнительно высокое вытекает из сопоставления с предыдущими годами. Так, в марте — апреле 2017, 2019, 2022 и 2023 гг. средние показатели концентрации личинок составляли 66, 21, 22, 8 экз./м³ соответственно. В июле 2025 г. их средняя по секторам концентрация была заметно выше и составляла 1319 экз./м³ при коэффициенте вариации 103 %.

Обсуждение результатов

Мазут (в данном случае марки «М-100») представляет собой остаточную, наиболее тяжёлую фракцию перегонки нефти. Он имеет высокую плотность (1015 кг/м^3 при 20°C) и чрезвычайно токсичен [Кузьминова, Влодович, Солецкий, 2023]. При разливе в море мазут оседает на дно, теряет плотность и частично всплывает при температуре выше 26°C .

Генеральное направление прибрежного течения на шельфе Крыма — западное, в этом направлении происходил частичный перенос мазутной массы из эпицентра разлива. Однако прибрежное течение реверсивно по направлению [Kuznetsov, Ivashchenko, 2025]. В сочетании с региональным направлением ветров зимой 2025 г. это способствовало распространению мазута как на запад, вплоть до Евпатории, так и на восток, вдоль кавказского побережья [Zodiatis et al., 2025]. Загрязнение пляжной зоны кавказского и крымского побережий после разлива мазута многократно обсуждалось в средствах массовой информации. Так, по данным пресс-службы МЧС РФ, в марте 2025 г. вдоль крымского побережья было очищено 223 км береговой зоны и собрано 763 тонны загрязнённого песка и грунта. По данным Роспотребнадзора, 150 пляжей г. Анапы и Темрюкского района были закрыты для купания на летний сезон 2025 г.

Сложность оценки влияния мазута состоит в выявлении произошедших изменений на фоне значительной сезонной изменчивости популяции медуз. На крымском шельфе (в районе г. Севастополя) максимум биомассы *A. aurita* приходится на март — апрель, а минимум — на летние месяцы [Аннинский, Финенко, Дацк, 2020]. При этом наблюдаются трёхкратные различия средних величин биомассы. В сезонной динамике популяции *A. aurita* температуру считают главным фактором, регулирующим жизненный цикл медуз и её стадий [Gao et al., 2015; Purcell, 2007]. В умеренных широтах массовое появление эфир характерно для весны [Lucas, 1996; Schnedler-Meyer, Kiørboe, Mariani, 2018]. Об этом свидетельствует также 15-летний массив данных по крымскому шельфу (рис. 5) [Аннинский, Финенко, Дацк, 2020].

Что же касается динамических факторов среды, то кросс-шельфовый и вдоль-шельфовый турбулентный обмен, мезомасштабная изменчивость (вихри, фронты), субмезомасштабные вихри и реверсивный характер прибрежного течения являются совокупной причиной отсутствия линейного пространственного тренда в распределении биомассы медуз на шельфе, с востока на запад, в направлении наиболее продуктивного северо-западного шельфа Чёрного моря. Эти же факторы формируют пространственную неоднородность распределения биомассы по акватории шельфа, с повышенными величинами на периферии антициклонических вихрей и во фронтальной зоне основного черноморского течения [Чудиновских, Мельников, Силаков, 2023; Mutlu, 2001]. Известны также способности медуз активно перемещаться, с ориентацией на направленность течения, и формировать плотные скопления за счёт этих перемещений [Churnside et al., 2016; Fossette et al., 2015; Rakow, Graham, 2006]. В целом перечисленные факторы способствуют мозаичности мезомасштабного пространственного распределения биомассы медуз с коэффициентами вариации 70–120 %.

Высокая пространственная неоднородность мезомасштабного распределения биомассы *A. aurita* отмечалась и ранее. Например, в пределах акватории полевой съёмки крымского шельфа в апреле 2016 г. она варьировала от полного отсутствия медуз в Керченском проливе до 612 г/м^2 в Феодосийском районе и 1331 г/м^2 в районе Южного берега Крыма [Финенко, Аннинский, Дацк, 2021]. Во временном аспекте пространственная неоднородность стабилизирует биомассу в пелагиали крымского шельфа за счёт хорошо выраженного адвективного переноса. В летний сезон среднемесячная скорость прибрежного течения максимальна в приповерхностном слое и уменьшается с глубиной, составляя в придонном слое 0,3 от максимальной величины [Иванов, Кузнецов, Морозов, 2019]. Так, в районе Южного берега Крыма модулируемый ветром вдольбереговой поток западного-юго-западного направления имеет среднемноголетний модуль скорости 8 см/с [Кузнецов, Зима, Щербаченко, 2020] с максимальными величинами до 35 см/с [Юровский и др., 2023].

Из данных Роспотребнадзора и МЧС по загрязнению побережья мазутом известно, что наиболее пострадавшими оказались районы западного побережья Кавказа (Темрюкский район и г. Анапа), однако распределение биомассы медуз по секторам не отражает этой особенности (рис. 4). Как отмечалось выше, по характеру пространственного распределения оно мозаично.

В контексте пространственной динамики биомассы планктона акватория крымского шельфа — это проточная система с генеральным её переносом в западном направлении. По аналогии с массопереносом вод массоперенос в пелагическом сообществе можно оценить в первом приближении как наличную биомассу (в единице объёма), умноженную на среднюю скорость геострофического течения. На крымском шельфе перенос суммарной массы планктона максимален летом в слое над термоклином и, по нашим расчётам, составляет $\sim 60 \text{ г С/м}^2/\text{сутки}$. При этом остаётся неучтённым вклад процессов выедания и отмирания биомассы. Тем не менее рассчитанная величина массопереноса биомассы значительно превышает первичную продукцию на крымском шельфе, приводимую в литературных источниках первых десятилетий XXI века [Ковалева, Суслин, 2025; Пионтковский и др., 2024].

Сравнительно узкий шельф восточной и центральной частей Крымского полуострова выступает фактором ослабления антропогенных загрязнений разной природы, в частности мазута, что способствует перемешиванию шельфовых и глубинных вод. Воздействие этого фактора усиливают зимние ветра, управляющие кросс-шельфовой и вдоль-шельфовой составляющими мезомасштабного турбулентного обмена. Можно предположить, что малая численность эфир, отмеченная нами в мартовских пробах, со временем компенсируется их адвективным поступлением из других районов. В этом случае адвекция выступает механизмом пополнения биомассы пелагического сообщества и объясняет наблюдаемое отсутствие влияния мазута на биомассу медуз и личинок двустворчатых моллюсков.

Присутствие личинок двустворчатых моллюсков (то есть бентосных организмов) в достаточно большом количестве в планктоне косвенно свидетельствует о том, что на бентосную часть их популяций, как и на полипы медуз, на исследованных участках шельфа разлив мазута не повлиял. Как было отмечено ранее, численность личинок в июле 2025 г. составляла 1319 экз./м³ при коэффициенте вариации 103 %. Выполнявшиеся (параллельно с экспедициями НИС «Профессор Водяницкий») ежемесячные сборы планктонных проб на траверзе Балаклавской бухты показали, что в июле — августе 2024 г. суммарная численность организмов меропланктона составляла 1174–1878 экз./м³, в августовских пробах доминировали личинки двустворчатых моллюсков [Губанова, 2025]. Такая численность меропланктона в августе характеризовала его сезонный максимум. В целом в течение года численность меропланктона варьировала от единиц или нескольких десятков организмов в зимние месяцы до почти двух тысяч — в летние.

Параллельно с нашими исследованиями сбор и анализ проб донных отложений в Керченском проливе и у Таманского побережья был выполнен сотрудниками Института океанологии РАН, которые анализировали химический состав углеводородного загрязнения и состав бентоса. Эти исследования показали, что по истечении 2,5 месяцев после аварии значительных изменений во временной динамике биомассы водных организмов не произошло. В целом она изменялась на уровне средних величин для прибрежных акваторий при некотором снижении видового разнообразия, что свидетельствует о ранней стадии восстановления экосистемы [Экологическая катастрофа ... , 2025].

Разлив мазута в декабре 2024 г. — это не первый инцидент на крымском шельфе. Предыдущий мощный разлив ($\sim 1300 \text{ т}$) произошёл в ноябре 2007 г., тоже в Керченском проливе. Анализ его последствий для пелагического сообщества привёл к качественно сходным выводам: поступление большого объёма мазута в прибрежные воды не привело к заметным изменениям структурных характеристик планктонного и бентосного сообществ [Санитарно-биологические ... , 2025; Загородняя, 2009; Студеникина и др., 2008].

Во введении данной статьи сказано, что разлив мазута следует рассматривать как кратковременную, импульсную антропогенную нагрузку на экосистему шельфа на фоне многолетней нагрузки. Таковой является фоновое загрязнение Чёрного моря нефтяными углеводородами и другими формами загрязнения. Основными источниками поступления нефтяных углеводородов в пелагиаль Мирового океана являются выходы сырой нефти у морского дна (50 % всех утечек), утечки при бурении и обслуживании нефтяных скважин, аварийные разливы при судоходстве и континентальные стоки с нефтесодержащими отходами [Патин, 2017]. Сравнительный анализ межгодовой изменчивости биомассы зоопланктона с 1970-х гг. до первых десятилетий XXI века показал наличие монотонных отрицательных трендов в регионах с высокой фоновой концентрацией нефтяных углеводородов (Персидский залив, Мексиканский залив, Каспийское море) и отсутствие трендов в регионах со сравнительно низкими фоновыми концентрациями углеводородов, к которым нами отнесены Чёрное и Средиземное моря, в сравнении с указанными регионами [Пионтковский, Минский, Мегер, 2023].

Таким образом, с точки зрения многолетней изменчивости ряда ключевых структурных характеристик пелагических и бентосных сообществ крымского шельфа в первые десятилетия XXI века, можно отметить их стабильное состояние — отсутствие монотонных отрицательных или положительных трендов при наличии межгодовых колебаний [Санитарно-биологические ... , 2025; Пионтковский, Минский, Мегер, 2023; Пионтковский и др., 2024]. В пелагиали этому способствует межгодовая стабильность плотности кинетической энергии в верхнем 30-метровом слое [Дорофеев, Сухих, 2023] и кросс-шельфового массопереноса вод в верхнем 200-метровом слое — в масштабах Чёрного моря [Akpınar et al., 2022], а также сравнительно стабильный уровень первичной продукции (с отсутствием межгодового тренда).

Данные рисунка 5 указывают на повышенные средние величины биомассы медуз, полученные нами в 2025 г., по сравнению со среднемноголетними. Численность личинок двустворчатых моллюсков в летних экспедициях 2025 г. также была заметно выше таковой в предыдущие годы (в марте — апреле 2017, 2019, 2022 и 2023 гг.). Однако высокие величины коэффициентов вариации биомассы медуз не позволяют отнести эти превышения к статистически значимым, так как доверительные интервалы 2025 г. и среднемноголетних значений перекрываются. При этом в открытых водах за пределами шельфа отмечено увеличение биомассы *A. aurita* в 2005–2017 гг. [Anninsky et al., 2022], в то время как на шельфе (у Севастополя) изменения биомассы в 2002–2021 гг. носили характер межгодовых колебаний, что очевидно из приведённого авторами рисунка [Anninsky et al., 2025]. Наши расчёты по временной серии биомассы, представленной авторами на их рисунке, показали, что она не содержит статистически значимого межгодового тренда ($S = 4$; $Z = 0,01$; $p = 0,92$).

Для Средиземноморского бассейна (в частности, Адриатического моря) известны 200-летние временные серии наблюдений за биомассой сцифоидных медуз [Kogovšek, Bogunović, Malej, 2010]. В этих сериях отмечен 10-летний период изменчивости, как один из основных, с 1960-х гг.

В отношении черноморского шельфа можно предположить наличие приблизительно той же периодичности, поскольку весь Средиземноморский бассейн находится под влиянием одних и тех же крупномасштабных атмосферных аномалий. К ним относят Северо-Атлантическое колебание (North Atlantic Oscillation — NAO), которое формируется градиентом атмосферного давления над Северной Атлантикой и характеризуется соответствующим индексом [Аннинский, Финенко, Дацк, 2020; Oguz, Dippner, Kaymaz, 2006; Piontkovski et al., 2006], и восточно-атлантический/западно-российский индекс (East Atlantic/West Russia index — EAWR), который характеризует градиент атмосферного давления над восточной частью Северо-Американского континента и Восточной Европой. Оба индекса указывают на преобладание отрицательной

фазы в двухтысячных годах XXI века. С точки зрения влияния на пелагические экосистемы градиенты атмосферного давления опосредованно, через поле ветра, воздействуют на интенсивность и направленность геострофических течений и массоперенос планктона.

Выводы

Наша исходная гипотеза не получила подтверждения: анализ планктонных проб, собранных в четырёх экспедициях, показал, что разлив мазута в декабре 2024 г. не отразился на сезонной динамике биомассы медуз (взрослых особей) и суммарной численности личинок двустворчатых моллюсков в пределах исследованных акваторий шельфа. Оба параметра служили индикаторами процессов, происходящих на дне и в водной толще над шельфом. Факторами, стабилизирующими внутрисезонную динамику биомассы планктонного сообщества в водах над крымским шельфом, выступают: адвективный массоперенос прибрежным течением, меандрирование ОЧТ, мезомасштабные и субмезомасштабные вихри. В совокупности с ошибками сетных ловов они обуславливают высокие коэффициенты вариации биомассы на шельфе от 49 до 122 %, превышающие сезонную вариабельность биомассы.

Благодарности. Экспедиционные исследования обеспечивались Центром коллективного пользования НИС «Профессор Водяницкий» ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ им. А. О. Ковалевского РАН. Авторы признательны главному инженеру судна В. В. Давыдову за неустанную техническую помощь в обеспечении работ и коллегам из МГИ (Ю. В. Артамонову, Е. А. Скрипалевой и др.) за предоставленные иллюстративные материалы гидрофизических исследований.

Список литературы

1. Агафонова Н. П., Мекеня А. И., Симоненко Я. А. Экономический анализ роли сферы туризма в России // Журнал прикладных исследований. – 2025. – № 7. – С. 98–105. – <https://doi.org/10.47576/2949-1878.2025.7.7.012>
2. Аннинский Б. Е., Финенко Г. А., Дацык Н. А. Альтернативные условия массового появления сцифоидной медузы *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) и гребневика *Pleurobrahia pileus* (O.F.Muller, 1776) в планктоне Черного моря // Юг России: экология, развитие. – 2020. – Т.15, № 2. – С. 35–47. – <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-2-35-47>
3. Артамонов Ю. В., Скрипалева Е. А., Федирко А. В., Шутов С. А., Дерюшкин Д. В., Шаповалов Р. О., Шаповалов Ю. И., Щербаченко С. В. Циркуляция вод в северной части Черного моря летом – зимой 2018 года // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – № 1. – С. 69–90. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-1-69-90>
4. Белокопытов В. Н. Климатические изменения гидрологического режима Черного моря : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.28. – Севастополь, 2017. – 42 с.
5. Губанова А. Д. Сезонные изменения видового состава и численности кормового зоопланктона Балаклавской бухты и сопредельных вод в 2024–2025 гг. // Биоразнообразие и устойчивое развитие. – 2025. – Т. 10, вып. 1. – С. 57–65. – <https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.1.05>
6. Демченко Н. П., Полякова Н. Ю. Об антропогенных и экономических факторах экологического состояния Крыма // Экономика строительства и природопользования. – 2020. – № 2. – С. 5–14. – <https://doi.org/10.37279/2519-4453-2020-2-5-14>
7. Дорофеев В. Л., Сухих Л. И. Анализ долговременной изменчивости гидродинамических полей в верхнем 200-метровом слое Черного моря на основе результатов реанализа // Морской гидрофизический журнал. – 2023. – Т. 39, № 5. – С. 617–630. – <https://www.elibrary.ru/pilfwg>

8. Епимахов В. Г. Оценка максимально допустимого уровня поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr с рационом в организм жвачных животных // Эпоха науки. – 2025. – № 41. – С. 3–9. – <https://doi.org/10.24412/2409-3203-2025-41-3-9>
9. Загородняя Ю. А. Оценка воздействия разлива нефтепродуктов в Керченском проливе осенью 2007 г. на зоопланктон // Экология моря / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2009. – Вып. 77. – С. 17–22.
10. Иванов В. А., Кузнецов А. С., Морозов А. Н. Мониторинг циркуляции прибрежных вод у Южного берега Крыма // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 485, № 4. – С. 507–510. – <https://doi.org/10.31857/S0869-56524854507-510>
11. Ковалев А. В., Мельников В. В., Островская Н. А., Прусова И. Ю. Макропланктон // Планктон Черного моря / АН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского ; отв. ред.: А. В. Ковалев, З. З. Финенко. – Киев : Наук. думка, 1993. – С. 183–193.
12. Ковалева И. В., Суслин В. В. Оценка долговременных изменений показателей продуктивности фитопланктона в шельфовой зоне северной и северо-восточной части Черного моря с использованием спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2025. – Т. 22, № 1. – С. 192–204. – <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2025-22-1-192-204>
13. Крушение танкеров в Керченском проливе // РБК 360. – 2025. – URL: <https://www.rbc.ru/society/04/04/2025/67efa3d99a79476c0fb6a917>. – Дата публ.: 04.04.2025.
14. Кузнецов А. С., Зима В. В., Щербаченко С. В. Изменчивость характеристик прибрежного течения у Южного берега Крыма в 2017–2019 годах // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – № 3. – С. 5–16. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2020-3-5-16>
15. Кузьмина Н. С., Вдодович И. В., Солецкий Р. А. Экспериментальное воздействие мазута и дизельного топлива на личинок атерины // Вестник Астраханского государственного университета. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2023. – № 1. – С. 27–34. – <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-27-34>
16. Лисицкая Е. В. Таксономический состав и сезонная динамика меропланктона в районе мидийно-устричной фермы (Севастополь, Черное море) // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 38–49. – <https://doi.org/10.21072/mbj.2017.02.4.04>
17. Остроумов С. А. Загрязнение, самоочищение и восстановление водных экосистем. – Москва : МАКС Пресс, 2005. – 100 с.
18. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. Т. 2. Экологические последствия, мониторинг и регулирование при освоении углеводородных ресурсов шельфа. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ВНИРО, 2017. – 284 с.
19. Пионтковский С. А., Загородняя Ю. А., Серикова И. М., Минский И. А., Ковалева И. В., Георгиева Е. Ю. Межгодовая изменчивость физических и биологических характеристик вод крымского шельфа в летний сезон (2010–2020 годы) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2024. – № 2. – С. 39–59. – <https://www.elibrary.ru/cubyxi>
20. Пионтковский С. А., Минский И. А., Мегер Я. В. Многолетняя изменчивость биомассы зоопланктона в регионах Мирового океана с различным уровнем нефтяного загрязнения // Биоразнообразие и устойчивое развитие. – 2023. – Т. 8, вып. 4. – С. 20–33. – <https://doi.org/10.21072/eco.2023.28.02>
21. Санитарно-биологические исследования прибрежных акваторий Крыма: современное состояние и многолетние тренды / Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского РАН» ; под ред. С. В. Алемова. – Севастополь [и др.] : Т-во науч. изд. КМК, 2025. – 332 с.

22. Студеникина Е. И., Сафронова Л. М., Мирзоян З. А., Мартынюк М. Л., Фроленко Л. Н., Шляхова Н. А. Оценка современного состояния биологических сообществ Черного и Азовского морей в связи с аварией судов в Керченском проливе // Керченская авария: последствия для водных экосистем / Федер. агентство РФ по рыболовству, Азов. НИИ рыб. хоз-ва ; науч. ред.: И. Г. Корпакова, С. А. Агапов. – Ростов-на-Дону : АзНИИРХ, 2008. – С. 133–159.
23. Финенко Г. А., Аннинский Б. Е., Дацык Н. А. Пространственное распределение, структура популяций желтелых хищников и пищевой пресс на зоопланктонное сообщество в прибрежных районах Крымского побережья Черного моря // Журнал Сибирского федерального университета. Сер.: Биология. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 168–181. – <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0336>
24. Чепыженко А. И., Чепыженко А. А. Загрязнение прибрежной зоны и пляжей Крыма муниципальными сточными водами (оценка состояния, методы мониторинга, инструментальное обеспечение, прогноз) // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018 : сб. ст. междунар. науч.-30. практ. конф., 24–27 сент. 2018 г. / Севастоп. гос. ун-т, Рос. фонд фундам. исслед. ; под ред. Л. И. Лукиной [и др.]. – Севастополь : СевГУ, 2018. – С. 1253–1258.
25. Чудиновских Е. С., Мельников В. В., Силаков М. И. Влияние основного черноморского течения на биологию развития черномор-31. ских желтелых // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Морская биология в 21 веке: биология развития, молекулярная и клеточная биология, биотехнология морских организмов», 12–15 сентября 2023 г., Владивосток, Россия / Нац. науч. центр мор. биологии им. А. В. Жирмун-32. ского ДВО РАН, Примор. океанариум – фил. ННЦМБ ДВО РАН. – Владивосток : ННЦМБ ДВО РАН, 2023. – С. 354–356.
26. Экологическая катастрофа в Черном море: получены новые данные о последствиях разлива мазута в Черном море // Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. – 2025. – URL: <https://ocean.ru/index.php/novosti-left/novosti-instituta/item/3473>. – Дата публ.: 28.04.2025.
27. Юровский Ю. Ю., Малиновский В. В., Кориненко А. Е., Глухов Л. А., Дулов В. А. Перспективы радиолокационного мониторинга скорости ветра, спектров ветровых волн и скорости течения с океанографической платформы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2023. – № 3. – С. 40–54. – <https://www.elibrary.ru/ofynog>
28. Akpinar A., Sadighrad E., Fach B., Arkin S. Eddy induced cross-shelf exchanges in the Black Sea // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, iss. 19. – Art. 4881. – <https://doi.org/10.3390/rs14194881>
29. Anninsky B. E. Organic composition and ecological energetics of jellyfish *Aurelia aurita* L. (Cnidaria, Scyphozoa) under the Black Sea conditions // Trophic relationships and food supply of heterotrophic animals in the pelagic ecosystem of the Black Sea / eds: G. E. Shulman [et al.]. – Istanbul, Turkey: [s. n.], 2009. – Chap. 3. – P. 99–160. – <https://www.elibrary.ru/clddbvw>
30. Anninsky B. E., Finenko G. A., Datsyk N. A., Hubareva E. S. Expansion of gelatinous macrozooplankton in the open Black Sea off Crimea under the weather events of recent years // Mediterranean Marine Science. – 2022. – Vol. 23, iss. 3. – P. 460–472. – <https://doi.org/10.12681/mms.27021>
31. Anninsky B. E., Finenko G. A., Kideys A. E., Datsyk N. A. Environmental control on macro- and mesozooplankton biomass off Sevastopol bay: A 20-year analysis // Marine Environmental Research. 2025. – Vol. 211. – Art. 107447. – <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107447>
32. Brotz L., Cheung W. W. L., Kleisner K., Pakhomov E., Pauly D. Increasing jellyfish populations: trends in large marine ecosystems // Hydrobiologia. – 2012. – Vol. 690. – P. 3–20. – <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1039-7>

33. Churnside J. H., Marchbanks R. D., Donaghay P. L., Sullivan J. M., Graham W. M., Wells R. J. D. Hollow aggregations of moon jellyfish (*Aurelia* spp.) // Journal of Plankton Research. – 2016. – Vol 38, iss. 1. – P. 122–130. – <https://doi.org/10.1093/plankt/fbv092>
34. Dawson M. N., Martin L. E. Geographic variation and ecological adaptation in *Aurelia* (Scyphozoa, Semaestomeae): Some implications from molecular phylogenetics // Jellyfish blooms: Ecological and societal importance : proc. of the intern. conf. ... held in Gulf Shores, Alabama, 12–14 Jan. 2000 / eds: Purcell J. E. [et al.]. – Dordrecht, Netherlands : Springer, 2001. – P. 259–273.
35. El-Serehy H. The jellyfish *Aurelia aurita* (Cnidaria: Scyphomedusae): its life history strategy, migration activity and its impact on the zooplankton community of Suez Canal, Egypt // Egyptian Journal of Aquatic Research. – 2005. – Vol. 31, spec. iss. – P. 179–190.
36. Fossette S., Gleiss A. C., Chalumeau J., Bastian T., Armstrong C. D., Vandenabeele S., Karpytchev M., Hays G. C. Current-oriented swimming by jellyfish and its role in bloom maintenance // Current Biology. – 2015. – Vol. 25, iss. 3. – P. 342–347. – <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.11.050>
37. Gao Q., Chen J., Xu Z., Zhu D. Abundance distribution and seasonal variation of medusae, siphonophores and ctenophores in the Changjiang (Yangtze River) Estuary and the adjacent East China Sea // Acta Ecologica Sinica. – 2015. – Vol. 35, iss. 22. – P. 7328–7337. – <https://doi.org/10.5846/stxb201403210505>
38. Goldstein J., Steiner U. K. Ecological drivers of jellyfish blooms – the complex life history of a «well-known» medusa (*Aurelia aurita*) // Journal of Animal Ecology. – 2020. – Vol. 89, iss. 3. – P. 910–920. – <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13147>
39. Ishii H., Kojima S., Tanaka Y. Survivorship and production of *Aurelia aurita* ephyrae in the innermost part of Tokyo Bay, Japan // Plankton Biology and Ecology. – 2004. – Vol. 51, iss. 1. – P. 26–35.
40. Kogovšek T., Bogunović B., Malej A. Recurrence of bloom-forming scyphomedusae: wavelet analysis of a 200-year time series // Hydrobiologia. – 2010. – Vol. 645. – P. 81–96. – <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0217-8>
41. Kovalev A. V., Piontkovski S. A. Interannual changes in the biomass of the Black Sea gelatinous zooplankton // Journal of Plankton Research. – 1998. – Vol. 20, iss. 7. – P. 1377–1385. – <https://doi.org/10.1093/plankt/20.7.1377>
42. Kuznetsov A. S., Ivashchenko I. K. Long-term average annual spectral characteristics of the coastal current long-period oscillations off the Southern Coast of Crimea // Physical Oceanography. – 2025. – Vol. 32, iss. 1. – P. 32–45. – <https://www.elibrary.ru/uupgzg>
43. Loveridge A., Lucas C. H., Ford D. Influence of in-situ temperature and material provisioning on the medusa-to-polyp transition in a year-round population of the scyphozoan *Aurelia aurita* // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. – 2024. – Vol. 104. – Art. e58. – <https://doi.org/10.1017/S0025315424000468>
44. Lucas C. H. Population dynamics of *Aurelia aurita* (Scyphozoa) from an isolated brackish lake, with particular reference to sexual reproduction // Journal of Plankton Research. – 1996. – Vol. 18, iss. 6. – P. 987–1007. – <https://doi.org/10.1093/plankt/18.6.987>
45. Lucas C. H. Reproduction and life history strategies of the common jellyfish *Aurelia aurita*, in relation to its ambient environment // Hydrobiologia. – 2001. – Vol. 451, iss. 1/3. – P. 229–246. – <https://doi.org/10.1023/A:1011836326717>
46. Miyake H., Iwao K., Kakinuma Y. Life history and environment of *Aurelia aurita* // South Pacific Study. – 1997. – Vol. 17, no. 2. – P. 273–285.
47. Mutlu E. Distribution and abundance of moon jellyfish (*Aurelia aurita*) and its zooplankton food in the Black Sea // Marine Biology. –

2001. – Vol. 138, iss. 2. – P. 329–339. – <https://doi.org/10.1007/s002270000459>
48. Oguz T., Dippner J. W., Kaymaz Z. Climatic regulation of the Black Sea hydrometeorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales // Journal of Marine Systems. – 2006. – Vol. 60, iss. 3/4. – P. 235–254. – <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2005.11.011>
49. Oil spill accident in the Kerch Strait in November 2007 / eds: A. Korshenko [et al.]. – Moscow : Nauka, 2011. – 284 p. – <https://www.elibrary.ru/qkkwzv>
50. Piontkovski S. A., O'Brien T. D., Umani S. F., Krupa E. G., Stuge T. S., Balymbetov K. S., Grishaeva O. V., Kasymov A. G. Zooplankton and the North Atlantic Oscillation: A basin scale analysis // Journal of Plankton Research. – 2006. – Vol. 28, iss. 11. – P. 1039–1046. – <https://doi.org/10.1093/plankt/fbl037>
51. Pitt K. A., Lucas C. H., Condon R. H., Duarte C. M., Stewart-Koster B. Claims that anthropogenic stressors facilitate jellyfish blooms have been amplified beyond the available evidence: A systematic review // Frontiers in Marine Science. – 2018. – Vol. 5. – Art. 451. – <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00451>
52. Purcell J. E. Environmental effects on asexual reproduction rates of the scyphozoan *Aurelia labiata* // Marine Ecology – Progress Series. – 2007. – Vol. 348. – P. 183–196. – <https://doi.org/10.3354/meps07056>
53. Rakow K. C., Graham W. M. Orientation and swimming mechanics by the scyphomedusa *Aurelia* sp. in shear flow // Limnology and Oceanography. – 2006. – Vol. 51, iss. 2. – P. 1097–1106. – <https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.2.1097>
54. Schnedler-Meyer N. A., Kiørboe T., Mariani P. Boom and bust: life history, environmental noise, and the (un) predictability of jellyfish blooms // Frontiers in Marine Science. – 2018. – Vol. 5. – Art. 257. – <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00257>
55. Zagorodnyaya Yu. A., Piontkovski S. A., Gubanov V. V. Pelagic ecosystem of the Black Sea goes gelatinous // Marine Biology Research. – 2023. – Vol. 19, iss. 6/7. – P. 317–326. – <https://doi.org/10.1080/17451000.2023.2235571>
56. Zodiatis G., Radhakrishnan H., Nikolaidis A., Soloviev D., Prokopi K. The modeling of oil pollution in the Kerch Strait in December 2024 // EGU General Assembly 2025, Vienna, Austria, 27 Apr. – 2 May 2025, EGU25-6129. – <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-6129>
57. Wang F., Shao W., Yu H., Kan G., He X., Zhang D., Ren M., Wang G. Re-evaluation of the power of the Mann – Kendall test for detecting monotonic trends in hydrometeorological time series // Frontiers in Earth Science. – 2020. – Vol. 8. – Art. 14. – <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00014>
58. Weisse T., Gomoiu M.-T. Biomass and size structure of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in the northwestern Black Sea during spring and summer // Journal of Plankton Research. – 2000. – Vol. 22, iss. 2. – P. 223–239. – <https://doi.org/10.1093/plankt/22.2.223>

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE FUEL OIL SPILL IN DECEMBER 2024 ON THE CRIMEAN SHELF ECOSYSTEM

Piontkovski S. A.^{1,2}, Zagorodnyaya Yu. A.², Samotoy Yu. V.², Popova E. V.²,
Baiandin A. S.², Kalujnaya S. N.²

¹Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation,

²A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: spiontkovski@mail.ru

Abstract: The northern Black Sea coast is considered one of the main recreational regions of Russia. A significant role in it belongs to the Crimean Peninsula, where, along with recreation, agricultural complexes, construction, land and sea cargo transportation are intensively developing. As a result, terrestrial and coastal ecosystems experience a large anthropogenic load. The disaster of two ships in the Kerch Strait in December 2024, carrying

9,000 tons of fuel oil, resulted in multiple losses, including the impact of the fuel oil spill on the shelf ecosystem awaiting its assessment. In this regard, meroplankton organisms, the life cycle of which links the pelagic and benthic communities, were selected for the study. Changes in the abundance and biomass of the jellyfish *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), which is dominant in the total biomass of zooplankton, and changes in the abundance of bivalve larvae were studied. Collection of 170 samples with plankton nets in the water layer above the shelf in five expeditions (from August 2024 to August 2025), their processing and analysis showed that the fuel oil spill did not affect the seasonal dynamics of jellyfish biomass and the total number of bivalve larvae. Large mesoscale variability of biomass was noted with a variation coefficient from 70 to 100 %.

Keywords: oil pollution, zooplankton, jellyfish, interannual variability, Black Sea

Сведения об авторах

Пионтовский Сергей Александрович	доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, e-mail: spiontkovski@mail.ru
Загородняя Юлия Анатольевна	ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: artam-ant@yandex.ru
Самотой Юлия Владимировна	младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: samotoi@ibss-ras.ru
Попова Елена Викторовна	ведущий инженер, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: el-popova@yandex.ru
Баяндин Алексей Сергеевич	ведущий инженер, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: baiandin_as@ibss-ras.ru
Калюжная София Николаевна	инженер, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: el-s.ktulhowa@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 02.09.2025

Принята к публикации 16.10.2025

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ВОД НА ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКАХ КРЫМСКИХ РЕК БЕЛЬБЕК И КАЧА В МЕЖЕНЬ *

Ломакин П. Д.¹, Чепыженко А. И.¹, Попов М. А.²

¹Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН»,
Севастополь, Российская Федерация,

²ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: p_lomakin@mail.ru

Аннотация: На основе данных двух экспедиций, проведённых Морским гидрофизическим институтом в 2019 и 2020 гг., проанализированы особенности структуры полей температуры, солёности, концентрации общего взвешенного вещества и концентрации окрашенного растворённого органического вещества на приустьевых участках крымских рек Бельбек и Кача в межень. Показано, что структура термохалинного поля была типичной для тёплого полугодия и не содержала признаков антропогенной нагрузки. В поле солёности в устьях исследуемых рек обнаружены слабодисперсизированные стоковые линзы. В полях концентрации общего взвешенного вещества и концентрации окрашенного растворённого органического вещества выявлена весома антропогенная составляющая, определявшаяся влиянием сточных вод посёлка Любимовка и стоком изучаемых рек. В приустьевой области обеих рек шириной около 200 м и глубиной 2–5 м, которую можно считать составным элементом естественного маргинального фильтра, наблюдалось фронтальное распределение концентрации общего взвешенного вещества и концентрации окрашенного растворённого органического вещества. В этой барьерной зоне оседало примерно 50 % общего взвешенного вещества и задерживалось около 20 % окрашенного растворённого органического вещества от содержания этих веществ в непосредственной близости к устьям рек Бельбек и Кача.

Ключевые слова: температура, солёность, общее взвешенное вещество, растворённое органическое вещество, маргинальный фильтр, Крым

Введение

Примерно с 90-х годов прошлого столетия до настоящего времени ведущими научно-исследовательскими учреждениями г. Севастополя преимущественно гидрохимическими методами ведутся мониторинговые исследования состояния прибрежных вод Севастопольского региона.

Результаты этих исследований, отражённые в многочисленных статьях, обобщены в работах [Гидролого-гидрохимический ... , 2006; Грузинов и др., 2019], где представлено описание основных источников, загрязняющих севастопольские бухты и открытые участки взморья.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ МГИ по темам FNNN-2024-0016 «Исследование пространственно-временной изменчивости океанологических процессов в береговой, прибрежной и шельфовой зонах Черного моря под воздействием природных и антропогенных факторов на основе контактных измерений и математического моделирования» и FNNN-2024-0012 «Анализ, диагноз и оперативный прогноз состояния гидрофизических и гидрохимических полей морских акваторий на основе математического моделирования с использованием данных дистанционных и контактных методов измерений», а также в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов» (2024–2026 гг.), регистрационный номер 124022400152-1.

По мнению авторов указанных работ, им удалось выявить далеко не все источники загрязнения при исследовании отдельных прибрежных участков изучаемого региона. Один из таких участков — обширная (в рамках региона) акватория северной части взморья, между мысами Коса Северная и Лукулл, куда впадают реки Бельбек и Кача.

Известные, но малоизученные источники загрязнения прибрежных акваторий Крыма связывают со стоком крымских рек, которые традиционно считаются загрязнёнными [Гидрогеология, 1970; Поверхностные водные ... , 2004]. Влияние стока рек Бельбек и Кача на состояние и качество вод приустьевых акваторий практически не исследовано.

Цель настоящей статьи — выявить особенности структуры полей температуры, солёности, концентрации общего взвешенного вещества (ОВВ) и окрашенного растворённого органического вещества (ОРОВ) на приустьевых участках крымских рек Бельбек и Кача в межень; выделить антропогенную составляющую концентрации данных веществ и определить загрязнённые ими участки; оценить линейный горизонтальный масштаб естественных маргинальных фильтров рассматриваемых рек и степень трансформации ОВВ и ОРОВ в этих барьерных зонах.

Отметим, что ОВВ и ОРОВ относят к ряду эффективных показателей загрязнения прибрежных вод океанов, морей и пресных водоёмов [Eisma, 2011; Boss et al., 2001; Tedetti et al., 2012].

Исследуемая акватория расположена на севере севастопольского взморья, между мысом Коса Северная и посёлком Кача. Сюда впадают реки Бельбек и Кача, а также находится посёлок Любимовка (рис. 1).

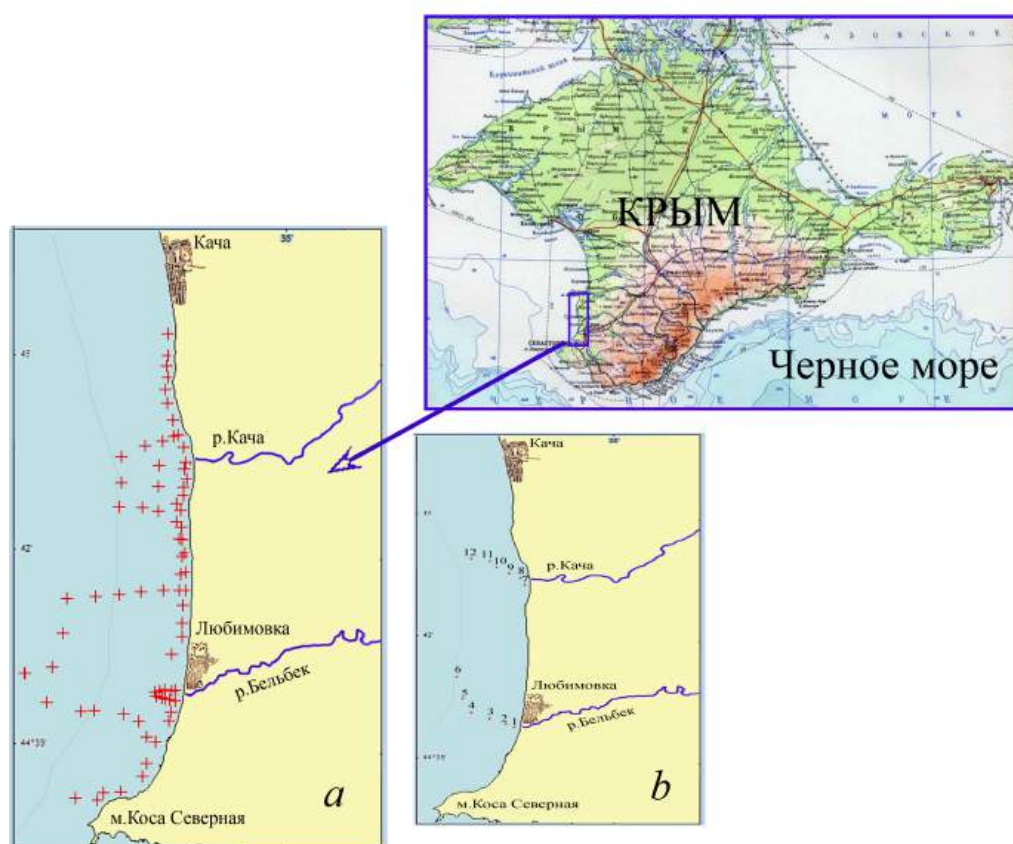


Рис. 1. Исследуемая акватория. Схема станций экспедиции, проведённой в июне 2020 г. (a), и фрагмент съёмки, выполненной в сентябре 2019 г. (b)

Исходные данные и методы исследования

Для анализа использованы данные двух экспедиций, проведённых Морским гидрофизическим институтом с участием авторов настоящей статьи. Основной массив исходной информации получен в ходе экспедиции, предпринятой 7 июня 2020 г., по схеме из 54 дрейфовых станций (рис. 1а). Для оценки трансформации ОВВ и ОРОВ в приустьевой зоне рек Бельбек и Кача привлечены данные фрагмента съёмки, реализованной 19 сентября 2019 г. (данные разрезов от устья рек Кача и Бельбек — в море) (рис. 1б).

Забортные работы проведены с борта маломерного судна осадкой 1,7 м. Диапазон исследованных глубин 2–57 м.

Весь массив исходной информации получен при помощи оптического биофизического зондирующего комплекса «Кондор» («НПП «Аквастандарт», ТУ 431230-006-00241904-2015, код ТН ВЭД ЕАЭС 9027 50 000 0, сертификат ЕАЭС RU Д-RU.ЭМ03.А.00096/19) (Hydrooptics Ltd. Development. Creation. Research. URL: <http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor> (дата обращения: 05.06.2025 г)).

Температура, солёность, концентрация ОВВ и ОРОВ в водной толще фиксировались синхронно в зондирующем режиме *in situ* с шагом по глубине 0,1 м. Точность определения этих величин составила: температура $\pm 0,01$ °С, солёность $\pm 0,005$ ЕПС, ОВВ $\pm 0,2$ мг/л, ОРОВ $\pm 0,3$ мг/л.

При выделении участков, загрязнённых ОВВ и ОРОВ антропогенной природы, мы использовали простой метод [Chapman, Hayward, Faithful, 2017], широко применяемый в практике экспедиционных исследований прибрежных акваторий. Его суть заключается в следующем: загрязнённым участкам акватории соответствуют локальные максимумы концентрации в поле исследуемой величины. Степень загрязнения оценивалась путём сравнения фактической концентрации изучаемого вещества и концентрации этого вещества с минимальной антропогенной составляющей — природной нормой. В прибрежных водах Севастопольского региона, согласно [Ломакин, Чепыженко, 2022], природная норма для ОВВ равна 0,8 мг/л и 2 мг/л для ОРОВ.

Сведения о погоде в районе Севастополя взяты с сайта [Расписание погоды].

Обсуждение результатов

Данные анализируемых экспедиционных исследований получены в маловетреную сухую погоду в межень на реках Кача и Бельбек.

Согласно оценкам авторов [Гидрогеология, 1970; Поверхностные водные ... , 2004], среднегодовой расход р. Бельбек — 2,75 м³/с, р. Кача — 1,69 м³/с. В течение основного времени года (в межень) устье каждой из этих рек представляет собой ручей с расходом порядка 0,1 м³/с. В паводки речные устья существенно расширяются, а расход увеличивается до 20 м³/с и более.

Ниже приведено описание структуры полей температуры, солёности, концентрации ОВВ и ОРОВ в межень на анализируемом участке севастопольского взморья.

Поле температуры воды. Структура поля температуры воды была двухслойной, типичной для тёплого времени года, и характеризовалась следующими параметрами: наличием верхнего квазиоднородного слоя толщиной около 35 м и температурой 17–19 °С, который подстилался слоем скачка толщиной около 10 м и вертикальным градиентом 0,5 град/м и придонным слоем с температурой 9,5–11,5 °С (рис. 2).

Поле солёности. Солёность изменялась в небольшом диапазоне (18,12–18,35 ЕПС), который, вероятно, типичен для межени. Квазиоднородный по температуре слой характеризовался повышенной солёностью (18,22–18,35 ЕПС), солёность придонного слоя была ниже (18,12–18,15 ЕПС). Судя по горизонтальному распределению солёности, в верхнем слое северной и западной частей полигона наблюдались высокосолёные воды открытого моря. В придонном слое с юга распространялись менее солёные воды из Севастопольской бухты (рис. 3).

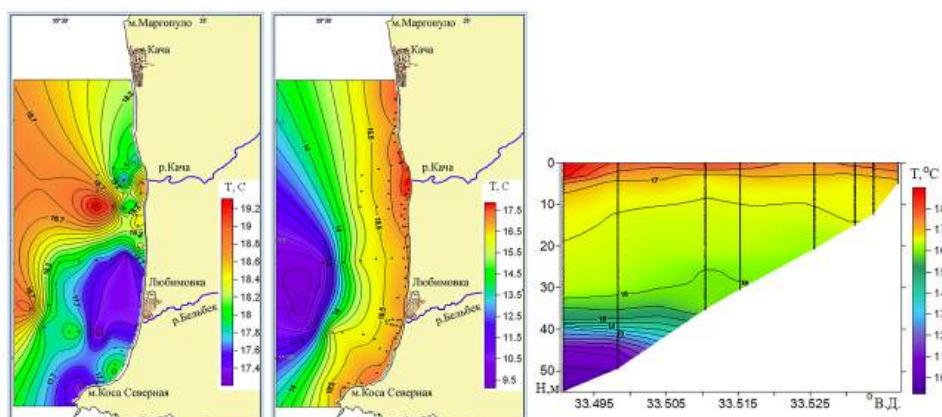


Рис. 2. Распределение температуры воды (°C) в поверхностном слое (а), у дна (б), на разрезе по нормали к берегу между устьями рек Кача и Бельбек (с) в июне 2020 г.

На приустьевых участках, в верхнем слое в поле солёности, видны стоковые линзы рек Кача и Бельбек с перепадом солёности относительно фона в 0,02–0,05 ЕПС. Диаметр стоковой линзы р. Кача ~250–300 м, линзы р. Бельбек ~100–150 м. Ещё 3 линзы распреснённых вод с диаметром около 100–200 м и перепадом солёности 0,02 ЕПС отмечены у берега, на участке от мыса Коса Северная до устья р. Кача. Их происхождение также может быть связано с речным стоком (рис. 3а).

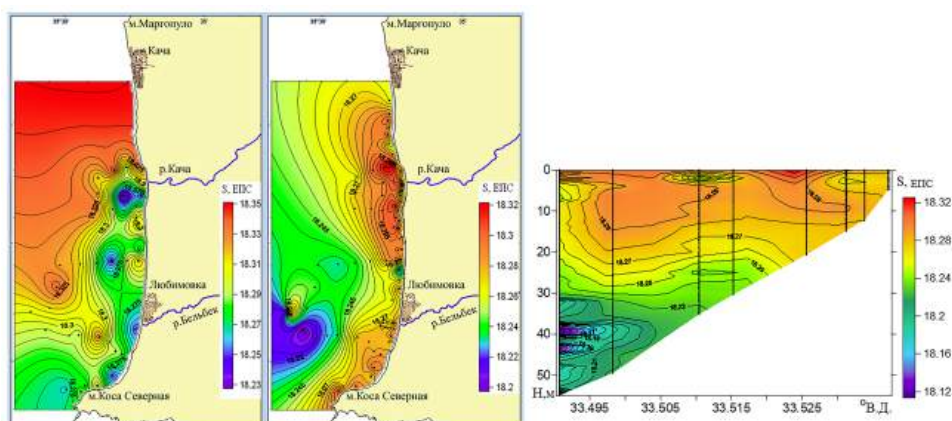


Рис. 3. Распределение солёности (ЕПС) в поверхностном слое (а), у дна (б), на разрезе по нормали к берегу между устьями рек Кача и Бельбек (с) в июне 2020 г.

Поле концентрации ОВВ. Анализ структуры поля концентрации ОВВ (рис. 4) выявил качественное отличие от структуры термохалинного поля, которое, как правило, не реагирует на антропогенное воздействие (рис. 2, 3).

В южной половине полигона наблюдалась масштабная линза вод площадью 3–4 кв. мили явно антропогенного происхождения, с концентрацией ОВВ 1,8–3,5 мг/л, что примерно в 2–4 раза превосходило природную норму. Наличие в пределах этого образования трёх хорошо выраженных локальных максимумов свидетельствует о загрязнении данного участка антропогенной взвесью несколькими источниками (рис. 4а, 4б).

Этими источниками могут быть сточные воды посёлка Любимовка (наиболее весомый фактор), сток р. Бельбек, а также взвесь, поступающая в море вследствие размыва мыса Коса Северная. Известно [Ocean renewable ... , 2012], что мысы аккумулируют волновую энергию, формируя локальные очаги эрозии береговой линии.

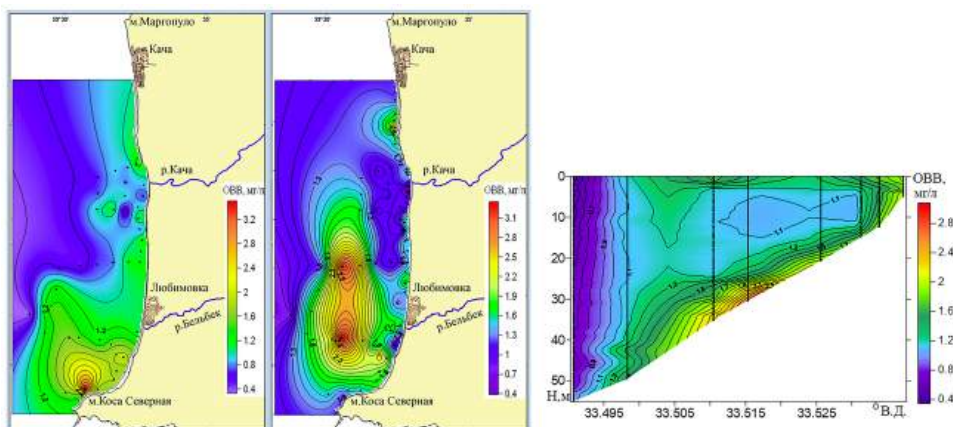


Рис. 4. Распределение концентрации ОВВ (мг/л) в поверхностном слое (а), у дна (б), на разрезе по нормали к берегу между устьями рек Кача и Бельбек (с) в июне 2020 г.

В приустьевой области р. Кача, на фоне вод открытой части моря с низким природным содержанием взвеси (0,4–0,8 мг/л), выделялись отдельные стоковые линзы диаметром 100–200 м и концентрацией антропогенной взвеси 1,8–2,5 мг/л, что в 2–3 раза выше природной нормы (рис. 4а, 4б).

Поле концентрации ОВВ стратифицировано. Максимальная концентрация этого вещества с весомым вкладом антропогенной составляющей приходится на придонный слой. На участках исследуемой акватории с глубинами более 50 м доля антропогенной составляющей становится незначительной (рис. 4с).

Поле концентрации ОРОВ. Структура поля концентрации этого вещества (рис. 5) аналогична, за некоторым исключением, структуре поля концентрации ОВВ (рис. 4).

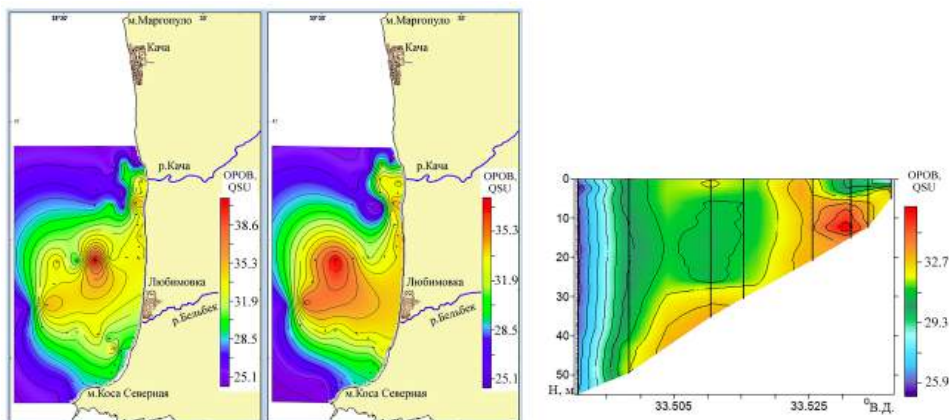


Рис. 5. Распределение концентрации ОРОВ (мг/л) в поверхностном слое (а), у дна (б), на разрезе по нормали к берегу между устьями рек Кача и Бельбек (с) в июне 2020 г.

Основное отличие — воды всей рассматриваемой акватории содержали ОРОВ с антропогенной составляющей. Концентрация этого вещества изменялась в интервале 2,4–3,3 мг/л, что превышало природную норму в 1,2–1,6 раза.

В поле ОРОВ нет локального максимума у мыса Коса Северная. То есть наиболее масштабная линза вод, содержавшая ОРОВ антропогенного происхождения, была обусловлена сточными водами посёлка Любимовка и стоком р. Бельбек. В поле концентрации ОРОВ отчётливо видна стоковая линза р. Кача (рис. 5а, 5б).

На рис. 6 показано распределение концентрации ОБВ и ОРОВ на разрезах, в приустьевых областях рек Бельбек и Кача (рис. 1b). Разрезы были выполнены в сентябре 2019 г. в сухую погоду в условиях умеренного северного ветра, в межень. Из-за осадки судна 1,7 м наиболее близкие к устьям мелководные станции располагались в точках на глубине 2 м, на удалении ~5 м от уреза воды. Наиболее удалённые мористые станции находились в точках с отметками 28 и 22 м соответственно. Длина разрезов в районе устья р. Бельбек — 0,7 мили, в районе устья р. Кача — 0,5 мили.

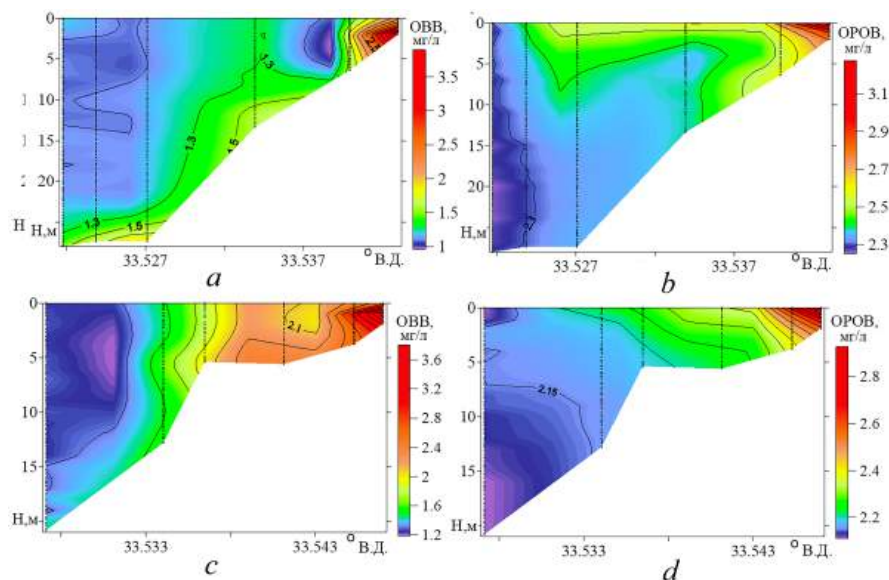


Рис. 6. Распределение ОБВ (мг/л) (а) и ОРОВ (мг/л) (b) на разрезе устье р. Бельбек — море; эти же характеристики соответственно (с, d) на разрезе устье р. Кача — море в сентябре 2019 г.

Приведённые выше сведения позволили получить представление о геометрических размерах мористой части естественного маргинального фильтра исследуемых рек в межень и оценить степень седиментации ОБВ и трансформации ОРОВ в этой барьерной зоне.

В частности, выявлено, что приустьевая область обеих рек шириной около 200 м и глубиной 2–5 м выделяется фронтальным распределением концентрации ОБВ и ОРОВ с максимальным горизонтальным градиентом.

Для устья р. Бельбек горизонтальный градиент концентрации ОБВ и ОРОВ оказался равным соответственно 1,3 мг/л на 100 м и 0,3 мг/л на 100 м. Для устья р. Кача горизонтальный градиент этих величин составил 0,8 мг/л на 100 м и 0,3 мг/л на 100 м (рис. 6).

Судя по разности концентраций ОБВ и ОРОВ на границах мористой части естественного маргинального фильтра, на прибрежном участке устья р. Бельбек шириной 200 м и глубиной 2–5 м осело 63 % ОБВ и задержалось 19 % ОРОВ от содержания этих веществ в прибрежной мелководной зоне глубиной 0–2 м.

На таком же приустьевом участке р. Кача осело 45 % ОБВ и задержалось 23 % ОРОВ от содержания этих веществ в прибрежной мелководной зоне глубиной 0–2 м.

То есть фронтальные образования в полях концентрации ОБВ и ОРОВ, выявленные на приустьевых участках рек Бельбек и Кача, представляют собой составной элемент естественного маргинального фильтра рассматриваемых рек. На этих фронтах осаждаются примерно 50 % взвешенных веществ и задерживается около 20 % растворённых органических веществ от их количества, содержащегося вблизи устьев.

Глубже 5 м ОБВ распространялось в придонном слое, а ОРОВ — в поверхностном. Относительный вклад антропогенной составляющей в концентрации этих веществ постепенно уменьшался, но полностью не исчез (рис. 6).

Заключение

На основе данных экспедиций, проведённых Морским гидрофизическим институтом в сентябре 2019 г. и в июне 2020 г., проанализированы особенности структуры полей температуры, солёности, концентрации общего взвешенного вещества (ОВВ) и концентрации окрашенного растворённого органического вещества (ОРОВ) на приустьевых участках крымских рек Бельбек и Кача в межень.

Структура термохалинного поля была типичной для тёплого полугодия. В поле солёности в устьях исследуемых рек обнаружены слабодисперсизированные стоковые линзы с горизонтальным масштабом около 300 м в устье р. Кача и 150–200 м в устье р. Бельбек.

В поле концентрации ОВВ и ОРОВ выявлена существенная антропогенная составляющая. Показано, что основные источники ОВВ антропогенной природы обусловлены сточными водами посёлка Любимовка, стоком изучаемых рек и взвесью, поступающей в водную среду вследствие размыва мыса Коса Северная. Основные источники ОРОВ антропогенного происхождения представлены сточными водами пос. Любимовка и стоком загрязнённых рек Кача и Бельбек.

На преобладающей части исследуемой акватории фактическая концентрация ОВВ в 1,5–4 раза превышала природную норму. ОРОВ антропогенного происхождения с концентрацией в 1,2–1,6 раза выше природной наблюдалось на всей рассмотренной акватории.

В приустьевой области рек Бельбек и Кача глубиной 2–5 м, в полях концентрации ОВВ и ОРОВ, обнаружены фронтальные образования шириной около 200 м, которые можно считать составными элементами естественного маргинального фильтра устья каждой реки. Показано, что в этих барьерных зонах осаждается примерно 50 % взвешенных веществ и задерживается около 20 % растворённых органических веществ от их количества, содержащегося вблизи устьев.

Список литературы

1. Гидрогеология СССР. Т. VIII. Крым / М-во геологии УССР, Укр. науч.-исслед. геол.-развед. ин-т ; ред. В. Г. Ткачук. – Москва : Недра, 1970. – 364 с.
2. 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, 2006. – 90 с. – (Препринт/МГИ). – URL: http://mhi-ras.ru/assets/files/gidrologo-gidrohimicheskij_rezhim_sevastopolskoj_buh_ty_2006.pdf (дата обращения: 11.05.2025).
3. Грузинов В. М., Дьяков Н. Н., Мезенцева И. В., Мальченко Ю. А., Жохова Н. В., Коршенко А. Н. Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района // Океанология. – 2019. – Т. 59, № 4. – С. 579–590. – <https://doi.org/10.31857/S003-1574594579-590>
4. Ломакин П. Д., Чепыженко А. И. Структура полей океанологических величин в зоне апвеллинга у Гераклейского полуострова (Крым) в августе 2019 года // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2022. – № 1. – С. 31–41. – <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2022-1-31-41>
5. Поверхностные водные объекты Крыма : справочник / сост.: Лисовский А. А. [и др.] ; под ред. Тимченко З. В. – Симферополь : Рескомводхоз, 2004. – С. 12, 22, 25.
6. Расписание погоды : [сайт]. – 2004–2025. – URL: <https://rp5.ru> (дата обращения: 05.06.2025).
7. Boss E., Pegau W. S., Zaneveld J. R. V., Barnard A. H. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf // Journal of Geophysical Research. – 2001. – Vol. 106, № C5. – P. 9499–9507.
8. Chapman P. M., Hayward A., Faithful J. Total suspended solids effects on freshwater lake biota other than fish // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 2017. – Vol. 99, iss. 4. – P. 423–427. – <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2154-y>

9. Eisma D. Suspended matter in the aquatic environment. – Berlin [et al.] : Springer, 2011. – 315 p. – <https://doi.org/10.1007/978-3-642-77722-6>
10. Ocean renewable energy: 2015–2050. An analysis of ocean energy in Australia / Commonwealth Sci. and Industr. Res. Org. – [S. l.] : CSIRO, 2012. – 209 p. – URL: <https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=csiro:EP113441&dsid=DS2> (accessed: 11.05.2025).
11. Tedetti M., Longhitano R., Garcia N., Guigue C., Ferretto N., Goutx M. Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France) // Environmental Chemistry. – 2012. – Vol. 9, iss. 5. – P. 438–449. – <https://doi.org/10.1071/EN12081>

FEATURES OF THE WATER STRUCTURE IN THE MOUTH SECTIONS OF THE CRIMEAN RIVERS BELBEK AND KACHA IN LOW WATER

Lomakin P. D.¹, Chepyzhenko A. I.¹, Popov M. A.²

¹Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

²A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: p_lomakin@mail.ru

Abstract: Based on the data from two expeditions conducted by the Marine Hydrophysical Institute in 2019 and 2020, the structural features of the temperature, salinity, total suspended matter and colored dissolved organic matter concentration fields in the estuary areas of the Crimean Belbek and Kacha rivers during low water are analyzed. It is shown that the structure of the thermohaline field was typical for the warm half-year and did not contain any signs of anthropogenic load. In the salinity field at the mouths of the rivers under study, slightly desalinated runoff lenses were found. In the fields of concentration of total suspended matter and concentration of colored dissolved organic matter, a significant anthropogenic component is revealed, determined by the influence of wastewater from the village of Lyubimovka and the flow of the studied rivers. In the estuary area of both rivers, approximately 200 m wide and 2–5 m deep, which can be considered a component of the natural marginal filter, a frontal distribution of the concentration of total suspended matter and the concentration of colored dissolved organic matter is observed. Approximately 50 % of the total suspended matter settled in this barrier zone, and about 20 % of the colored dissolved organic matter was retained from the content of these substances in the immediate vicinity of the mouths of the Belbek and Kacha rivers.

Keywords: temperature, salinity, total suspended matter, dissolved organic matter, marginal filter, Crimea

Сведения об авторах

Ломакин Павел Демьянович доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела океанографии, ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», ул. Капитанская, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: p_lomakin@mail.ru

Чепыженко Алексей Ильич кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела гидрофизики шельфа, ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», ул. Капитанская, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: ecodevice@yandex.ru

Попов Марк Александрович кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: mark.a.popov@mail.ru

Поступила в редакцию 24.06.2025

Принята к публикации 15.07.2025

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ,
БИОТЕХНОЛОГИЯ И АКВАКУЛЬТУРА

УДК [594.124:591.044](265.72.04)

DOI: [10.21072/eco.2025.10.3.09](https://doi.org/10.21072/eco.2025.10.3.09)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
И ПАРАМЕТРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ЗЕЛЁНОЙ МИДИИ
PERNA VIRIDIS ИЗ ДВУХ РАЙОНОВ ЗАЛИВА ВАН ФОНГ (ВЬЕТНАМ) *

Скуратовская Е. Н.¹, Сербин А. Д.¹, Фан Чонг Хуан², Нгуен Тхи Лан², Капранова Л. Л.¹

¹ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Российская Федерация,

²Приморское отделение Совместного Российско-Вьетнамского

Тропического научно-исследовательского и технологического центра, г. Нячанг, Вьетнам,

e-mail: skuratovskaya@ibss-ras.ru

Аннотация: Проведён сравнительный анализ токсикологических показателей (содержание Zn, Cu, Pb, Cd, Hg, As) и параметров окислительного стресса (уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ), активность антиоксидантных ферментов — супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ), пероксидазы (ПЕР)) в гепатопанкреасе зелёной мидии *Perna viridis* из двух районов залива Ван Фонг, используемых для выращивания объектов марикультуры, — Ван Нинь (ВН) и Нинь Дьем (НД) (Вьетнам). Содержание исследованных химических элементов в гепатопанкреасе *P. viridis* не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК). Содержание Hg и As в гепатопанкреасе мидий из акватории ВН было достоверно выше (в 3 и 1,5 раза соответственно) по сравнению с НД. Уровень ПОЛ и активность ПЕР в гепатопанкреасе моллюсков из района ВН достоверно превышали (в 1,5 и 1,7 раза соответственно) соответствующие показатели особей из акватории НД. Активность ключевых антиоксидантных ферментов — СОД и КАТ не различалась в гепатопанкреасе *P. viridis* из двух районов. Полученные результаты демонстрируют высокую информативность совместного применения комплекса токсикологических и биохимических показателей гепатопанкреаса зелёной мидии для оценки экотоксикологической ситуации морских прибрежных акваторий, включая марикультурные хозяйства Вьетнама.

Ключевые слова: токсикологические показатели, параметры окислительного стресса, гепатопанкреас, зелёная мидия, залив Ван Фонг

Введение

Широко распространённым объектом марикультуры Вьетнама является зелёная мидия *Perna viridis* (Linnaeus, 1758). *P. viridis* в естественной среде обитает по всему побережью страны, включая лагуны и устья рек, и постоянно подвергается воздействию локальных загрязнений. Многие районы активно используются и для аквакультуры зелёной мидии. Моллюсков выращивают на сваях и плотках с помощью специальных приспособлений — коллекторов, расположенных в прибрежных водах [Nguyen, Tran, Le, 2014; Le et al., 2025].

*Работа выполнена в рамках темы Эколан Э-3.3 «Исследование и оценка биоразнообразия некоторых морских сообществ центральных и южных вод Вьетнама» и государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Биоразнообразие как основа устойчивого функционирования морских экосистем, критерии и научные принципы его сохранения» (№ гос. регистрации 124022400148-4).

Учитывая быстрое развитие урбанизации и промышленности в центральных провинциях Вьетнама, гидрохимические и гидрологические особенности бухт и заливов, где размещаются фермы, условия выращивания моллюсков могут существенно ухудшаться, что в первую очередь отражается на их физиолого-биохимическом состоянии. Поэтому для прогнозирования экономической устойчивости марикультурных хозяйств, анализа качества морской среды в районах выращивания мидий и оценки безопасности товарной продукции для употребления в пищу человеком необходимо исследовать биохимические параметры в комплексе с содержанием токсичных веществ в организме культивируемых моллюсков [Nguyen, Tran, Le, 2014; Le et al., 2025].

Токсикологический анализ тканей позволяет сделать вывод о безопасности и возможности использования мидий в пищу, а также охарактеризовать экологическое состояние районов выращивания объектов марикультуры. К токсичным веществам, представляющим угрозу как для жизнедеятельности моллюсков, так и для человека — конечного звена трофической цепи, относятся тяжёлые металлы (ТМ) и мышьяк. Под их влиянием ослабляется иммунитет, снижается интенсивность дыхания, активность многих ферментов, замедляется рост, увеличивается смертность, уменьшается плодовитость [Зарытха и др., 2020; Le et al., 2025].

Биохимические показатели дают возможность оценить физиологическое состояние на уровне метаболических реакций, выявить патологические изменения в организме на самой ранней стадии, до появления видимых нарушений на более высоких уровнях организации. Среди наиболее информативных биохимических маркеров выделяют параметры окислительного стресса. К ним относятся активность антиоксидантных ферментов, индукция которых является неспецифической формой ответа организма на действие стресс-факторов, продукты окисления жизненно важных биомолекул — белков, липидов, нуклеиновых кислот [Бельчева и др., 2013; Климова и др., 2017; Regoli, Giuliani, 2014; Haque et al., 2017].

На основании вышеизложенного цель работы заключалась в исследовании некоторых токсикологических показателей (содержание ТМ и мышьяка) и параметров окислительного стресса в гепатопанкреасе зелёной мидии *P. viridis* из двух марикультурных хозяйств залива Ван Фонг (Вьетнам).

Материал и методы

Отбор проб проводили на двух марикультурных фермах, расположенных в заливе Ван Фонг (районы Ван Нинь и Нинь Дьем) в апреле 2025 г. (рис. 1).



Рис. 1. Районы отбора моллюсков

Характеристика района исследования. В региональной экономической структуре первостепенное значение имеют сельское хозяйство (рыболовство и аквакультура), туризм и промышленность, включая развитие портовой деятельности. Залив Ван Фонг расположен в 50 км к северу от Нячанга, характеризуется богатым биоразнообразием и хорошим водообменом. Донные отложения в заливе в основном загрязнены органическими веществами, ТМ, источниками которых служат бытовые сточные воды, рыбоперерабатывающие предприятия, аквакультура, судоходная деятельность [Giang, 2022]. Результаты исследований в мае 2015 г. показали, что донные отложения залива Ван Фонг в основном представлены мелкозернистыми фракциями и распределены довольно равномерно, среднее соотношение частиц ила и глины ($< 0,062$ мм) относительно высокое. Концентрации тяжёлых металлов (Zn, Cu и Pb) и биогенов (C, N, P) в донных отложениях находились в пределах, установленных Национальным техническим регламентом по качеству донных отложений (QCVN 43:2012/BTNMT). Однако в последние годы, в связи с активной экономической деятельностью, наблюдается ухудшение экологического состояния залива за счёт повышения содержания токсичных веществ в воде и донных отложениях [Pham, 2017].

Ван Нинь (ВН) находится в северной части залива Ван Фонг. На качество морской среды ВН существенное влияние оказывают развитие аквакультуры, портовые загрузки, интенсивное судоходство и рыболовство [Kim, 2023]. Нинь Дьем (НД) — район в южной части залива. В прибрежной зоне НД находятся промышленные площадки (включая соляные заводы и индустриальные парки), прибрежные лагуны и примыкающие морские районы, которые используются для рыболовства и аквакультуры [Khanh Hoa investment ... , 2023, Pham, 2017].

Биологический анализ моллюсков. Мидий в аэрируемых контейнерах транспортировали в лабораторию, где производили отбор моллюсков длиной раковины 80–90 мм с последующим биологическим анализом. Из каждого района отбирали в среднем по 40 экземпляров. Размерно-массовые характеристики исследованных экземпляров представлены в таблице 1.

Таблица 1

Размерно-массовые характеристики зелёной мидии *Perna viridis* из двух районов ($M \pm m$)

Параметр	Нинь Дьем (n = 40)	Ван Нинь (n = 40)
L, мм	$84,63 \pm 1,03$	$87,08 \pm 0,77$
D, мм	$23,05 \pm 0,44$	$23,97 \pm 0,35$
H, мм	$34,25 \pm 0,38$	$35,89 \pm 0,46$
W, г	$36,02 \pm 1,34$	$34,22 \pm 1,14$

Примечание: L — длина, D — ширина, H — высота, W — масса моллюска.

Токсикологические и биохимические показатели определяли в гепатопанкреасе — основном органе детоксикации и накопления токсичных веществ, включая тяжёлые металлы [Ковековдова и др., 2018].

Токсикологический анализ. Химические элементы (ХЭ) — ртуть (Hg), свинец (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As), медь (Cu), цинк (Zn) определяли в гепатопанкреасе моллюсков на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой PlasmaQuant MS Elite (Analytik Jena AG, Германия) на базе Научно-образовательного центра коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ. Для этого использовали суммарные образцы тканей, полученные от 3–4 особей, образцы сушили до постоянной массы в сушильном шкафу при $+105$ °С. Исследования проводили в трёх повторностях.

Биохимические методы исследования. Материалом для биохимических исследований служил гепатопанкреас (индивидуальные образцы тканей от 12 экз. из каждого района). Гепатопанкреас гомогенизировали в калийфосфатном буфере (рН 7,4). Для получения супернатантов гомогенаты центрифугировали 15 мин при 10 000 g и температуре 0–4 °С в рефрижераторной центрифуге. Все биохимические показатели определяли в супернатантах.

Содержание вторичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) — ТБК-активных продуктов (ТБК-АП) (нмоль ТБК-АП/мг белка) регистрировали по реакции с тиобарбитуровой кислотой [Стальная, Гаришвили, 1977]. Активность супероксиддисмутазы (СОД) (усл. ед./мг белка/мин) анализировали в системе нитросинийтетразолиевый — феназинметасульфат — никотинамиддинуклеотид (НСТ-ФМС-НАДН) [Nishikimi, Appaji, Yagi, 1972], активность каталазы (КАТ) (мкат/мг белка) — по реакции взаимодействия перекиси водорода с молибдатом аммония [Королюк и др., 1988], активность пероксидазы (ПЕР) — с использованием бензидинового реактива [Практикум по ... , 1981, с. 86–87]. Все биохимические показатели рассчитывали на белок. Белок определяли методом Лоури [Lowry et al., 1951]. Измерения проводили в трёх повторностях.

Статистический анализ. Результаты обрабатывали статистически, вычисляли среднее арифметическое и ошибку средней. Достоверность различий между выборками оценивали с применением U-критерия Манна — Уитни. Различия считали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Содержание ХЭ в гепатопанкреасе зелёной мидии распределялось в следующей последовательности: НД — $Zn > Cu > As > Pb > Cd > Hg$, ВН — $Zn > As > Cu > Pb > Cd > Hg$. В обоих районах концентрации ХЭ не превышали предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных в России и Вьетнаме. В то же время содержание Hg и As в гепатопанкреасе моллюсков из акватории ВН было достоверно выше (в 3 и 1,5 раза соответственно) по сравнению с НД ($p < 0,05$) (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов и мышьяка ($M \pm m$) (мг/кг сырой массы) в гепатопанкреасе зелёной мидии из двух районов залива Ван Фонг

ХЭ	ПДК ¹	ПДК ²	Нинь Дьем (n = 8)	Ван Нинь (n = 8)
Hg	0,2	0,5	$0,015 \pm 0,002$	$0,045 \pm 0,003^*$
Pb	10	1,5	$0,42 \pm 0,04$	$0,34 \pm 0,04$
Cd	2,0	2,0	$0,20 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,006$
As	5,0	н/н	$2,76 \pm 0,16$	$4,07 \pm 0,4^*$
Cu	30	н/н	$2,91 \pm 0,37$	$2,38 \pm 0,14$
Zn	200	н/н	$14,91 \pm 0,77$	$13,53 \pm 0,58$

Примечание: * — достоверность различий между значениями показателей в гепатопанкреасе мидий из двух районов (U-критерий Манна — Уитни, $p \leq 0,05$); 1 — согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 и МБТ 5061-89 (Россия); 2 — согласно Национальному техническому регламенту о пределах загрязнения тяжёлыми металлами в пищевых продуктах QCVN 8-2:2011/ВУТ (Вьетнам); н/н — не нормируется.

Содержание ТБК-АП и активность ПЕР были достоверно выше (в 1,5 и 1,7 раза соответственно) в гепатопанкреасе мидий из ВН по сравнению с соответствующими показателями особей из акватории НД ($p < 0,05$). Активность СОД и КАТ не различалась у моллюсков из двух районов (рис. 2).

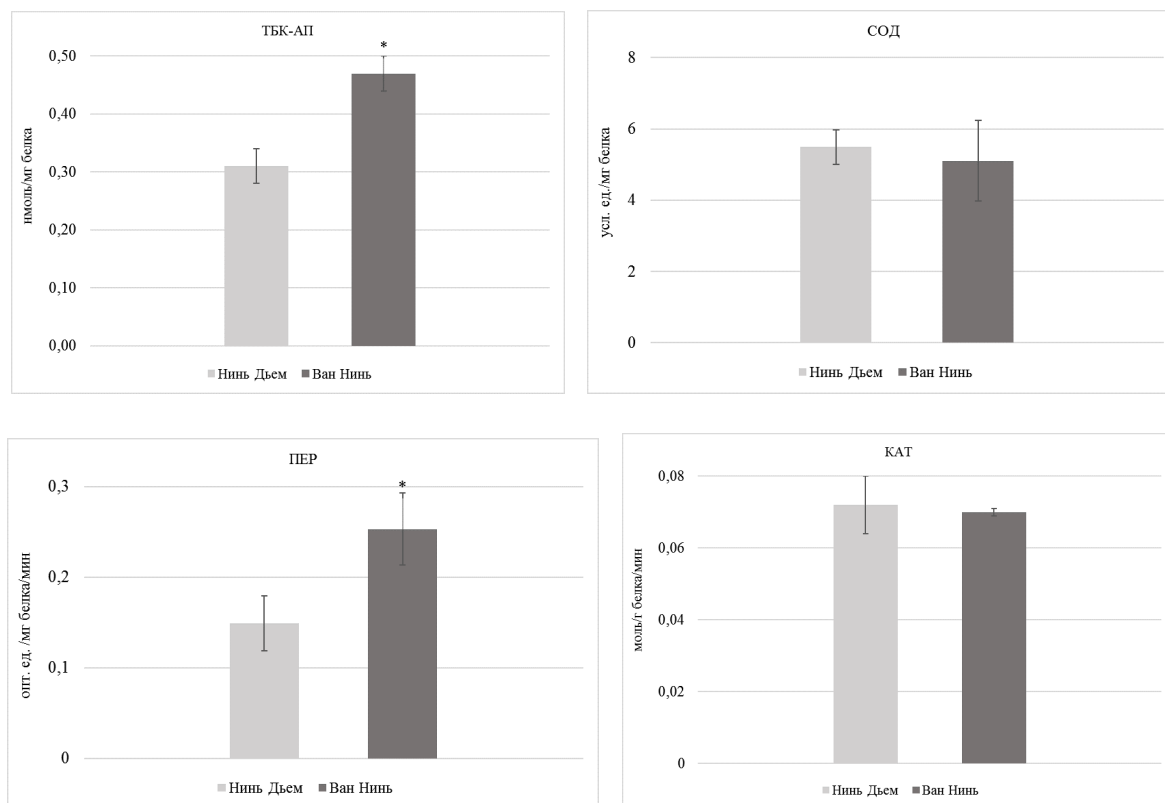


Рис. 2. Показатели прооксидантно-антиоксидантной системы гепатопанкреаса зелёной мидии из двух районов залива Ван Фонг. Примечание: ТБК-АП — ТБК-активные продукты, СОД — супероксиддисмутаза, КАТ — каталаза, ПЕР — пероксидаза, * — достоверность различий между значениями показателей из двух районов (U-критерий Манна — Уитни, $p \leq 0,05$), Нинь Дьем: $n = 12$, Ван Нинь: $n = 12$.

Содержание ХЭ в тканях гидробионтов обусловлено комплексом различных факторов, включающих физико-химические свойства элементов, биологические особенности отдельных видов, химико-экологические условия среды, в том числе содержание ХЭ в воде и грунтах [Ковековдова, Симоконов, Кику, 2006; Зарыхта и др., 2020; Le et al., 2025].

Количественный анализ ХЭ в гепатопанкреасе мидий из районов исследования показал, что их концентрации не превышали ПДК, в то же время содержание Hg и As было достоверно выше у моллюсков из акватории ВН. Известно, что мидии обладают способностью накапливать ТМ и мышьяк в концентрациях, во много раз превышающих их уровень в окружающей среде. Кроме того, содержание ТМ и мышьяка в их тканях сильно коррелирует с содержанием в окружающей среде [Le et al., 2025]. Поэтому повышенные концентрации Hg и As у моллюсков из района ВН, вероятно, обусловлены более высоким их содержанием в акватории ВН по сравнению с НД. Ранее другими исследователями было выявлено значительное накопление ТМ *P. viridis* в различных районах Вьетнама. Например, было отмечено, что концентрации тяжёлых металлов (Pb и Cr) в мидиях из устья реки Хан превышали ПДК [Nguyen, Tran, Le, 2014]. Обнаружены высокие концентрации Zn (до 105 мг/кг сухого веса) и Cu (до 17,8 мг/кг сухого веса) в тканях мидий из прибрежной акватории Хайфонга [Le et al., 2025].

Сопоставление данных токсикологического анализа и показателей окислительного стресса гепатопанкреаса мидий из двух локаций позволили установить определённые особенности. Содержание ТБК-АП и активность ПЕР были достоверно выше у экземпляров из акватории ВН, концентрации Hg и As в гепатопанкреасе которых превышали соответствующие значения моллюсков из района НД. Известно, что многие токсичные элементы, включая Hg и As, обладают проокислительными свойствами, стимулируя процессы ПОЛ и развитие окислительного стресса [Livingstone, 2003; Климова и др., 2017]. В нашем исследовании повышение концентрации Hg и As, вероятно, привело к усилению процессов ПОЛ и, как следствие, увеличению уровня ТБК-АП в гепатопанкреасе мидий из акватории ВН. Рост содержания продуктов ПОЛ в тканях моллюсков с высоким содержанием ТМ отмечался ранее другими исследователями [Бельчева и др., 2013; Климова и др., 2017; Verlecar, Jena, Chainy, 2007; Faria et al., 2009].

Усиление процессов ПОЛ в гепатопанкреасе мидий из акватории ВН сопровождалось повышением активности ПЕР — фермента антиоксидантной защиты. Своевременная индукция антиоксидантных ферментов является важнейшей защитной реакцией при развитии окислительного стресса, вызванного воздействием неблагоприятных факторов [Климова и др., 2017; Solé, 2000]. Активность АО-ферментов, включая ПЕР, так же как и содержание продуктов ПОЛ, являются маркерами оксидативных поражений, причинами которых могут быть ТМ [Binelli et al., 2015; Климова и др., 2017]. ПЕР нейтрализует как неорганические, так и органические перекиси, включая перекиси липидов, и обрывает тем самым цепное ПОЛ. Таким образом, повышение активности ПЕР в гепатопанкреасе *P. viridis* из акватории ВН отражает адаптивную компенсаторную реакцию организма в условиях интенсификации ПОЛ. Одновременное повышение уровня ПОЛ и активности КАТ было отмечено у двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha* как в районах с высоким содержанием ТМ (Pb, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Mn, Cd) [Климова и др., 2017], так и в экспериментальных условиях при воздействии Cd (34 мг/л) [Faria et al., 2010], Hg (45 мкг/л) [Verlecar, Jena, Chainy, 2007]. Увеличение активности КАТ и глутатионпероксидазы в ответ на повышение уровня ПОЛ в пищеварительной железе и жабрах мидии *Crenomytilus grayanus* из бухты Горностай сопровождалось более высоким содержанием ТМ (Fe, Cu, Pb) по сравнению с б. Алексеевка (залив Петра Великого, Японское море) [Бельчева и др., 2013].

Следует отметить, что активность ключевых антиоксидантных ферментов — СОД и КАТ не различалась у моллюсков из двух районов. Данный факт может свидетельствовать о том, что окислительные процессы не настолько интенсивны, а концентрации токсичных элементов (включая Hg и As) в гепатопанкреасе *P. viridis* из района ВН не настолько высоки (по сравнению с НД), чтобы вызвать активацию/ингибирование СОД и КАТ.

Выводы

На основании полученных результатов можно заключить следующее:

- концентрации ТМ (Zn, Cu, Pb, Cd, Hg) и мышьяка в гепатопанкреасе *P. viridis* не превышали установленных в России и Вьетнаме ПДК. У моллюсков из района ВН содержание Hg и As было достоверно выше соответствующих показателей из района НД, что может свидетельствовать о более высоком уровне содержания данных элементов в акватории ВН по сравнению с НД. Повышенное содержание Hg и As в гепатопанкреасе мидий из ВН сопровождалось увеличением уровня ПОЛ и активности ПЕР;

- рост активности ПЕР можно рассматривать как адаптивную компенсаторную реакцию организма в условиях интенсификации ПОЛ, направленную на нейтрализацию органических перекисей. Активность ключевых антиоксидантных ферментов — СОД и КАТ не различалась у моллюсков из двух районов, это может свидетельствовать о том, что окислительные процессы

не настолько интенсивны, а концентрации ТЭ (включая Hg и As) в гепатопанкреасе *P. viridis* из района ВН не настолько высоки (по сравнению с НД), чтобы вызвать активацию/ингибирование СОД и КАТ.

Полученные результаты демонстрируют высокую информативность совместного применения комплекса токсикологических и биохимических показателей гепатопанкреаса зелёной мидии для оценки экотоксикологической ситуации морских прибрежных акваторий, включая марикультурные хозяйства Вьетнама.

Список литературы

1. Бельчева Н. Н., Истомина А. А., Слободскова В. В., Челомин В. П. Использование молекулярных биомаркеров окислительного стресса для оценки загрязнения морской среды // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 3. – С. 87–92. – <https://elibrary.ru/plrqdq>
2. Зарыхта В. В., Zhang Z. H., Кузнецова Т. В., Озерский П. В., Feng Y. J. Дифференциальное накопление тяжелых металлов в мягких тканях трех видов двустворчатых моллюсков из реки Сунгари вблизи г. Харбина (Китай) // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2020. – Т. 56, № 2. – С. 119–126. – <https://doi.org/10.31857/S0044452920020114>
3. Климова Я. С., Чуйко Г. М., Ганеева М. В., Песня Д. С. Использование показателей окислительного стресса двустворчатых пресноводных моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) как биомаркеров для оценки воздействия хронического антропогенного загрязнения различных участков Рыбинского водохранилища // Сибирский экологический журнал. – 2017. – № 2. – С. 210–217. – <https://doi.org/10.15372/SEJ20170210>
4. Ковековдова Л. Т., Симоконь М. В., Кику Д. П. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря // Вопросы рыболовства. – 2006. – Т. 7, № 1. – С. 185–190. – <https://elibrary.ru/lkqunj>
5. Ковековдова Л. Т., Симоконь М. В., Наревич И. С., Корольков К. А. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах дальневосточных морей // Прибрежно-морская зона Дальнего Востока России: от освоения к устойчивому развитию : Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. ... «Мор. экология» ДВФУ, Владивосток, 8–10 нояб. 2018 г. / Дальневост. федер. ун-т [и др.] ; науч. ред.: Н. К. Христофорова, В. Ю. Цыганков. – Владивосток : ДВФУ, 2018. – С. 57–59.
6. Королюк М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г., Токарев В. Е. Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19. – <https://elibrary.ru/sicxej>
7. Практикум по физико-химическим методам в биологии / под ред. Ф. Ф. Литвина. – Москва : Изд-во МГУ, 1981. – 240 с.
8. Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии / под ред. В. Н. Ореховича. – Москва : Медицина, 1977. – С. 66–68.
9. Binelli A., Della Torre C., Magni S., Parolini M. Does zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) represent the freshwater counterpart of *Mytilus* in ecotoxicological studies? A critical review // Environmental Pollution. – 2015. – Vol. 196. – P. 386–403. – <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.10.023>
10. Faria M., Carrasco L., Diez S., Riva M. C., Bayona J. M., Barata C. Multi-biomarker responses in the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* exposed to polychlorobiphenyls and metals // Comparative Biochemistry and Physiology. Pt. C: Toxicology & Pharmacology. – 2009. – Vol. 149, iss. 3. – P. 281–288. – <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.07.012>

11. Faria M., Huertas D., Soto D. X., Grimalt J. O., Catalan J., Riva M. C., Barata C. Contaminant accumulation and multi-biomarker responses in field collected zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and crayfish (*Procambarus clarkii*), to evaluate toxicological effects of industrial hazardous dumps in the Ebro river (NE Spain) // *Chemosphere*. – 2010. – Vol. 78, iss. 3. – P. 232–240. – <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.11.003>
12. Giang L. Khanh Hoa province // ASEM Connect. – 2022. – URL: <https://asemconnect.vietnam.gov.vn/default.aspx?ID1=2&ID8=11193&ZID1=12&utm>. – Publ. date: 20.07.2022.
13. Haque S., Mondal S., Kundu D., Ghosh A. R. Effect of multiple polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) on liver of three teleostean fishes *Labeo bata*, *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala* in Burdwan Loco Tank, Burdwan, West Bengal, India // *Austin Environmental Sciences*. – 2017. – Vol. 2, iss. 1. – Art. 1017. – <https://doi.org/10.26420/austinenvironsci.2017.1017>
14. Khanh Hoa investment promotion handbook in 2023 / Dep. of Planning and Investment of Khanh Hoa Province ; ed. Ho Oanh. – Khanh Hoa : [s. n.], 2023. – 101 p. – URL: https://ipa.khanhhoa.gov.vn/admin/Uploads/FileVanBan/2023/10/KHANH%20HOA%20INVESTMENT%20PROMOTION%20HANDBOOK%20IN%202023_05235042901.pdf (access date: 01.08.2025).
15. Kim S. Strict handling of aquaculture not following planning // *Nong Nghiep & Moi Truong*. – 2023. – URL: <https://van.nongnghiepmoitruong.vn/strict-handling-of-aquaculture-not-following-planning-d369512.html>. – Publ. date: 25.11.2023.
16. Le S. X., Nguyen B. V., Bui H. T. M., Le N. V., Dinh H. V., Le K. D., Cao S. T., Nguyen K. Bioaccumulation of selected heavy metals in bivalve molluscs from Northeastern Vietnam: implications for safe seafood utilization // *Research in Ecology*. – 2025. – Vol. 7, iss. 3. – P. 115–134. – <https://doi.org/10.30564/re.v7i3.9805>
17. Livingstone D. R. Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture // *Revue de Médecine Vétérinaire*. – 2003. – Vol. 154, iss. 6. – P. 427–430.
18. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., Randall R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // *Journal of Biological Chemistry*. – 1951. – Vol. 193, iss. 1. – P. 265–275.
19. Nguyen V. K., Tran D. V., Le H. Y. N. Contents of heavy metals Hg, Cd, Pb, Cr in bivalves from estuaries in Central Vietnam // *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*. – 2014. – Vol. 14, no. 4. – P. 385–391. – <https://doi.org/10.15625/1859-3097/14/4/5825>
20. Nishikimi M., Appaji N., Yagi K. The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 1972. – Vol. 46, iss. 2. – P. 849–854. – [https://doi.org/10.1016/s0006-291x\(72\)80218-3](https://doi.org/10.1016/s0006-291x(72)80218-3)
21. Pham H. T. Quality of bottom sediment environment in Van Phong Bay, Khanh Hoa province // *Tap chi Moi truong*. – 2017. – URL: <https://tapchimoitruong.vn/nghien-cuu-23/Ch%E1%BA%A5t-l%C6%B0%E1%BB%A3ng-m%C3%B4i-tr%C6%B0%E1%BB%9Dng-tr%E1%BA%A7m-t%C3%ADch-%C4%91%C3%A1y-t%E1%BA%A1i-v%E1%BB%8Bnh-V%C3%A2n-Phong%2C-t%E1%BB%89nh-Kh%C3%A1nh-H%C3%B2a-14439>. – Publ. date: 10.07.2017.
22. Regoli F., Giuliani M. Oxidative pathways of chemical toxicity and oxidative stress biomarkers in marine organisms // *Marine Environmental Research*. – 2014. – Vol. 93. – P. 106–117. – <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.07.006>

23. Solé M. Assessment of the results of chemical analyses combined with the biological effects of organic pollution on mussels // TrAC. Trends in Analytical Chemistry. – 2000. – Vol. 19, iss. 1. – P. 1–9. – [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(99\)00174-0](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(99)00174-0)
24. Verlecar X. N., Jena K. B., Chainy G. B. N. Biochemical markers of oxidative stress in *Perna viridis* exposed to mercury and temperature // Chemico-Biological Interactions. – 2007. – Vol. 167, iss. 3. – P. 219–226. – <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2007.01.018>

COMPARATIVE ANALYSIS OF TOXICOLOGICAL INDICATORS AND OXIDATIVE STRESS PARAMETERS IN *PERNA VIRIDIS* GREEN MUSSELS FROM VAN PHONG BAY (VIETNAM)

Skuratovskaya E. N.¹, Serbin A. D.¹, Phan Trung Hoang², Nguyen Thi Lan², Kapranova L. L.¹

¹A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,

²Coastal Branch of the Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center, Nha Trang City, Khanh Hoa Province, Viet Nam,
e-mail: skuratovskaya@ibss-ras.ru

Abstract: A comparative analysis of toxicological (content of Zn, Cu, Pb, Cd, Hg, As) and oxidative stress parameters (level of lipid peroxidation (LPO), activity of antioxidant enzymes — superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (PER)) in the hepatopancreas of green mussel *Perna viridis* from two mariculture areas in Van Phong Bay — Van Ninh (VN) and Ninh Diem (ND) (Vietnam) was carried out. The content of chemical elements in the hepatopancreas of *P. viridis* did not exceed the maximum permissible concentrations (MPC). The concentrations of Hg and As in the hepatopancreas of mussels from the VN water area were significantly higher (3 and 1.5 times, respectively) compared to the ND water area. The level of LPO and PER activity in the hepatopancreas of mollusks from the VN area were significantly higher (1.5 and 1.7 times, respectively) than the corresponding parameters of individuals from the ND water area. The activity of the key antioxidant enzymes SOD and CAT did not differ in the hepatopancreas from the two areas. The results obtained demonstrate the high informativeness of the combined application of a complex of toxicological and oxidative stress parameters of green mussel hepatopancreas for assessing the ecotoxicological situation in marine coastal areas, including mariculture farms in Vietnam.

Keywords: toxicological parameters, oxidative stress parameters, hepatopancreas, green mussel, Van Phong Bay

Сведения об авторах

Скуратовская Екатерина Николаевна	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: skuratovskaya@ibss-ras.ru
Сербин Артём Дмитриевич	ведущий инженер, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: serbin_ad@ibss.ru

Фан Чонг Хуан	кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Приморское отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, 30 Нгуен Тхиен Тхуат, Нячанг, Вьетнам, e-mail: tronghuan1369@yahoo.com
Нгуен Тхи Лан	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Приморское отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, 30 Нгуен Тхиен Тхуат, Нячанг, Вьетнам, e-mail: nguyenlanst1805@gmail.com
Капранова Лариса Леонидовна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», просп. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: lkapr@ibss-ras.ru

Поступила в редакцию 12.09.2025
Принята к публикации 15.10.2025

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

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 № 10 от 16.10.2025).

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: Самец морского паука *Hemichela* sp. (вид снизу)

Подписано к печати: 21.11.2025

Дата выхода: 04.12.2025

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 3



>