



ISSN 2499-9768 print
ISSN 2499-9776 online

**МОРСКОЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**
MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

Том 2 № 1

2017

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

реферируется Международной информационной системой по водным наукам и рыболовству

Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts (ASFA, ProQuest),

Всероссийским институтом научно-технической информации (ВИНИТИ),

а также Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) на базе Научной электронной библиотеки *elibrary.ru* (НЭБ).

Материалы, подаваемые в «Морской биологический журнал», проходят независимое двойное рецензирование.

Редакционная коллегия

Главный редактор

Гулин С. Б., д. б. н., проф., директор ИМБИ РАН

Заместители главного редактора

Токарев Ю. Н., д. б. н., проф., науч. рук. ИМБИ РАН

Солдатов А. А., д. б. н., проф., зав. отделом ИМБИ РАН

Ответственный секретарь

Корнийчук Ю. М., к. б. н., зам. директора ИМБИ РАН

Выпускающий редактор

Неврова Е. Л., д. б. н., в. н. с. ИМБИ РАН

Адрианов А. В., академик РАН, д. б. н., проф.,

директор ИБМ ДВО РАН

Азовский А. И., д. б. н., проф. МГУ

Генкал С. И., д. б. н., проф., гл. н. с. ИБВВ РАН

Егоров В. Н., академик РАН, д. б. н., проф.,

гл. н. с. ИМБИ РАН

Зуев Г. В., д. б. н., проф., зав. отделом ИМБИ РАН

Коновалов С. К., чл.-корр. РАН, д. г. н., директор МГИ РАН

Мильчакова Н. А., к. б. н., зав. лабораторией ИМБИ РАН

Миронов О. Г., д. б. н., проф., гл. н. с. ИМБИ РАН

Празукин А. В., д. б. н., в. н. с. ИМБИ РАН

Руднева И. И., д. б. н., проф., в. н. с. ИМБИ РАН

Рябушко В. И., д. б. н., зав. отделом ИМБИ РАН

Самышев Э. З., д. б. н., проф., зав. отделом ИМБИ РАН

Совга Е. Е., д. г. н., проф., в. н. с. МГИ РАН

Финенко З. З., д. б. н., проф., зав. отделом ИМБИ РАН

Arvanitidis Chr., PhD (Marine Biol.), Head of Biodiversity Laboratory, HCMR, Greece

Bat L., PhD (Marine Biol.), Prof., Head of Hydrobiology Dep., Fisheries Faculty, Sinop University, Turkey

Ben Souissi J., PhD (Env. Sci.), Prof., Institut National Agronomique de Tunisie, Directrice de Département des Sciences Marines, Tunis

Kocielek J. P., PhD (Marine Sci.), Prof., University of Colorado at Boulder, Director Boulder Museum of Natural History and Department of Ecology and Evolutionary Biology, USA

Magni P., PhD (Marine Sci.), National Research Council / Institute for Coastal Marine Environment (IAMC-CNR), Italy

Moncheva S., PhD (Marine Biol.), Prof., Deputy Director of Institute of Oceanology BAS, Bulgaria

Zaharia T., PhD (Ecology, Env. Sci.), Sci. Director, President of Scientific Council National Institute for Marine Research and Development "Grigore Antipa", Romania

Editorial Board

Editor-in-chief

Gulin S. B., D. Sc. (Biol.), Prof., Director, IMBR RAS

Deputy editor-in-chief

Tokarev Yu. N., D. Sc. (Biol.), Prof., Scientific Supervisor, IMBR RAS

Soldatov A. A., D. Sc. (Biol.), Prof., Head of Dep., IMBR RAS

Executive secretary

Kornyychuk Yu. M., PhD (Biol.), Deputy Director, IMBR RAS

Executive editor

Nevrova E. L., D. Sc. (Biol.), Leading Researcher, IMBR RAS

Adrianov A. V., Academician of RAS, D. Sc. (Biol.), Prof., Director, Institute of Marine Biology Far-Eastern Branch of RAS

Azovsky A. I., D. Sc. (Biol.), Prof., Moscow State University

Genkal S. I., D. Sc. (Biol.), Prof., Chief Researcher, Institute of Biology of Inland Waters RAS

Egorov V. N., Academician of RAS, D. Sc. (Biol.), Prof., Chief Researcher, IMBR RAS

Zuyev G. V., D. Sc. (Biol.), Prof., Head of Dep., IMBR RAS

Kononov S. K., Associated Member of RAS, D. Sc. (Geogr.),

Prof., Director, Marine Hydrophysical Institute RAS

Milchakova N. A., PhD (Biol.), Head of Laboratory, IMBR RAS

Mironov O. G., D. Sc. (Biol.), Prof., Chief Researcher, IMBR RAS

Prazukin A. V., D. Sc. (Biol.), Leading Researcher, IMBR RAS

Rudneva I. I., D. Sc. (Biol.), Prof., Leading Researcher, IMBR RAS

Ryabushko V. I., D. Sc. (Biol.), Head of Dep., IMBR RAS

Samyshev E. Z., D. Sc. (Biol.), Prof., Head of Dep., IMBR RAS

Sovga E. E., D. Sc. (Geogr.), Prof., Leading Researcher,

Marine Hydrophysical Institute RAS

Finenko Z. Z., D. Sc. (Biol.), Prof., Head of Dep., IMBR RAS

Arvanitidis Chr., PhD (Marine Biol.), Head of Biodiversity Laboratory, HCMR, Greece

Bat L., PhD (Marine Biol.), Prof., Head of Hydrobiology Dep.,

Fisheries Faculty, Sinop University, Turkey

Ben Souissi J., PhD (Env. Sci.), Prof., Institut National Agronomique de Tunisie, Directrice de Département des Sciences Marines, Tunis

Kocielek J. P., PhD (Marine Sci.), Prof., University of Colorado at Boulder, Director Boulder Museum of Natural History and Department of Ecology and Evolutionary Biology, USA

Magni P., PhD (Marine Sci.), National Research Council / Institute for Coastal Marine Environment (IAMC-CNR), Italy

Moncheva S., PhD (Marine Biol.), Prof., Deputy Director of Institute of Oceanology BAS, Bulgaria

Zaharia T., PhD (Ecology, Env. Sci.), Sci. Director, President of Scientific Council National Institute for Marine Research and

Development "Grigore Antipa", Romania

Адрес редакции

Институт морских биологических исследований имени

А. О. Ковалевского РАН

пр. Нахимова, 2, Севастополь, 299011, Россия

Телефон: +7 (8692) 54-56-62

E-mail: mbj@imbr-ras.ru

Adress of the Editorial Office

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research,

Russian Academy of Sciences

Nakhimov avenue, 2, Sevastopol, 299011, Russian Federation

Tel.: +7 (8692) 54-56-62

E-mail: mbj@imbr-ras.ru

© Зоологический институт РАН, 2017

© Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, 2017

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНСТИТУТ МОРСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

2017 Том 2 № 1

Основан в феврале 2016 г.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Научные сообщения

- Вдодович И. П., Ханайченко А. Н., Губанова А. Д., Колесникова Е. А., Аганесова Л. О.*
Определение некоторых массовых пищевых объектов в кишечниках личинок и молоди рыб
в Чёрном море (In English) 3–10
- Гиригосов В. Е.* О гнездовании малой выпи *Ixobrychus minutus* (Aves: Ardeidae)
в городской зоне черноморского побережья Крыма 11–17
- Давидович Н. А., Давидович О. И., Подунай Ю. А.* Коллекция культур диатомовых водорослей
Карадагской научной станции (Крым) 18–28
- Карпова Е. П., Болтачев А. Р., Статкевич С. В., Губанов В. В.* Таксономическое богатство рыб
и десятиногих ракообразных прибрежной зоны полуострова Абрау
(Северный Кавказ, Чёрное море) 29–42
- Касьян В. В.* Пространственно-временные изменения видового состава и плотности популяций
веслоногих ракообразных (Crustacea: Copepoda) в дальневосточном морском заповеднике
ДВО РАН (Японское море) 43–55
- Серегин С. А., Попова Е. В.* Короткопериодная изменчивость метазойного микрозоопланктона
в прибрежье Чёрного моря: закономерности и определяющие факторы 56–65
- Сон Ч., Цао С., Жоу Ю., Шадрин Н. В.* Нитчатые зелёные водоросли,
внеклеточные щелочные фосфатазы и некоторые особенности цикла фосфора
в прудах (In English) 66–78

Исторические хроники

- Русанов В. К.* Что исследовал Илья Мечников в кандидатской диссертации? 79–85

Заметки

- Гаврилова Н. А.* О первых находках тинтинниды *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902
(Spirotrichea, Choreotrichia, Tintinnida, Codonellidae) в планктоне б. Севастопольская
(Чёрное море) 86–87

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ZOOLOGICAL INSTITUTE
KOVALEVSKY INSTITUTE
OF MARINE BIOLOGICAL RESEARCH

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

2017 Vol. 2 no. 1

Established in February 2016

SCIENTIFIC JOURNAL

4 issues per year

CONTENTS

Scientific communications

- Vdodovich I. V., Khanaychenko A. N., Gubanova A. D., Kolesnikova E. A., Aganesova L. O.*
Identification of some common food items in the guts of fish larvae
and juveniles in the Black Sea 3–10
- Giragosov V. E.* Nesting of the little bittern *Ixobrychus minutus* (Aves: Ardeidae)
within an urban area of the Crimean coast of the Black Sea 11–17
- Davidovich N. A., Davidovich O. I., Podunay Yu. A.* Diatom culture collection
of the Karadag scientific station (Crimea) 18–28
- Karpova E. P., Boltachev A. R., Statkevich S. V., Gubanov V. V.* Taxonomic richness of the fish
and decapods fauna of the coastal zone of Abrau Peninsula (North Caucasus, Black Sea) 29–42
- Kasyan V. V.* Spatial and temporal changes of species composition and population density
of copepods (Crustacea: Copepoda) in the Far Eastern Marine Reserve (Sea of Japan) 43–55
- Seregin S. A., Popova E. V.* Short-term variation of metazoan microzooplankton
in a coastal area of the Black Sea: the regularities and determining factors 56–65
- Song Ch., Cao X., Zhou Y., Shadrin N. V.* Filamentous green algae,
extracellular alkaline phosphatases and some features of the phosphorus cycle in ponds 66–78

Historical chronicles

- Rusanov V. K.* What did Iliya Mechnikov explored in his PhD Thesis? 79–85

Notes

- Gavrilova N. A.* About first records of tintinnid *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902
(Spirotrichea, Choreotrichia, Tintinnida, Codonellidae) in the Sevastopol Bay plankton
(Black Sea) 86–87



НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 591.13:597.2/.5(262.5)

**IDENTIFICATION OF SOME COMMON FOOD ITEMS
IN THE GUTS OF FISH LARVAE AND JUVENILES IN THE BLACK SEA**

© 2017 г. **I. V. Vdodovich**, PhD, senior researcher,
A. N. Khanaychenko, PhD, leading researcher, **A. D. Gubanov**, PhD, leading researcher,
E. A. Kolesnikova, PhD, leading researcher, **L. O. Aganesova**, PhD, researcher

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: vdodovich@mail.ru

Поступила в редакцию 23.11.2016 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Over the past decade the positive trends in the average annual number of fish larvae and in the copepod population dynamics in the coastal area of the Black Sea agree. The increased fish larvae abundance is hypothesized due to improvement of their nutrition associated with the drastic increase in number of introduced invasive cyclopoid copepod *Oithona davisae*. This assumption is difficult to be verified through fish gut content analysis in absence of methodology allowing prey species identification from their fragmentary residual remnants. Our paper offers an original approach to identification of several common copepod prey using specific distinctive features detected on their chitin fragments from guts of fish larvae and juveniles. To identify specific features of the common species from the coastal areas off Sevastopol (*Acartia tonsa*, *Oithona davisae*, *Longipedia* sp., *Cyclopina* sp.), alive copepods were isolated from the samples and reared as monospecific cultures in laboratory. Images of alive copepods of each species at successive stages of development and their moulted exoskeletons were compared with the images of chitin remnants found in the fish guts. This technique discloses relatively intact specific morphological features remaining undigested in chitin fragments of prey. These species-specific taxonomic features are suggested to be used for trophic analysis of the Black Sea fishes at early stages of development. Application of proposed method is helpful for assessment of qualitative and quantitative composition of consumed prey and selectivity of fish, especially during the changes in zooplankton community structure affecting significantly survival of fish generations.

Ключевые слова: food items, fish larvae, fish juveniles, copepods, *Oithona davisae*, Black Sea

Numerous studies have shown that small copepods at all stages of their development are the initial and the main prey of fish larvae [3, 16]. The positive trend of average annual number of fish larvae in the Black Sea coastal waters is observed last decade and corresponded to positive trend in copepod population dynamics [9]. The increase of fish larvae abundance in the Black Sea is assumed to be related to the improvement of their food web associated with the introduction of a new species of cyclopoid copepods, *Oithona*

davisae Ferrari & Orsi, 1984, which currently dominate in zooplankton community in the second half of the year. Verification of this hypothesis through studying of gut contents of fish larvae and juveniles is complicated because the food items are changed significantly during digestion. Various chitinized cuticular processes on copepod carapace and limbs such as spines, setae etc. used as identification keys for copepods, are often not found after digestion. The only known special guide for identification of prey items

by their fragments from the guts exists only for the fresh-water organisms [2] while none was found for marine fish and their prey. The lack of methodological base for identification of food items by their residual fragments complicates the taxonomic identification of consumed items, and makes it difficult to assess the contribution of different prey species to feeding of fish at early stages. The goal of our work is to propose our own approach to find specific features on chitin fragments of several common copepod species (needed for identification of their chitin fragments from fish larvae guts) by comparison of alive prey and their *post-mortem* analogues from fish guts. In particular, to assess the importance of different stages of *Oithona davisae* in the fish diet it was necessary to determine specific identification features for this copepod species different from other common copepod species found in the fish guts.

MATERIAL AND METHODS

Fish were sampled during the warm periods in 2013 and 2014. Mugil juveniles were caught in the open sea by neuston net in August, 2013, and with a dip net in a shallow coastal area of Sevastopol Bay in August — September. Other species of fish larvae were caught in August, 2014 by both neuston and Bogorov — Rass ichthyoplankton nets.

Feeding of fish larvae and juveniles was studied after method [7]. Samples were preserved in a 4 % solution of formaldehyde. Identification of fish larvae species was carried out according [6]. Identification of food items in fish guts was carried out by [10, 11] with the exception of invasive cyclopoid copepod *Oithona davisae*; for identification of copepod stages of this species was carried out by [8] and nauplii by [14].

Study of fish feeding was based on analysis of guts contents of analysis was carried out for 63 specimens of mugil juveniles and 227 specimens of fish larvae from Engraulidae, Mugilidae, Atherinidae, Carangidae, Sciaenidae, Sparidae, Mullidae, Labridae, Blenniidae, Gobiidae, Callionymidae families. Larvae were dissected under a binocular microscope, guts were separated from the larvae body and thereafter the guts were cut off with two thin needles, and the gut contents removed to a drop of fresh water with addition of glycerine on a glass slide and examined under microscope. Food items found in guts were

measured under Nikon Eclipse 200 at a magnification $\times 100$ and $\times 400$ and identified to maximum possible taxon.

After complete digestion of copepods their chitin exoskeleton, or at least some of its identifiable components are usually severely damaged. Therefore, it was necessary to highlight the most typical specific details of chitin exoskeleton left even on deformed remnants which allow identification of the prey taxon. For comparison and analysis of food items and their fragments in the guts, the most common copepods species were selected: *Oithona davisae* (copepodite and nauplii), *Acartia clausi* Giesbrecht, 1889 + *A. tonsa* Dana, 1849 (nauplii), *Cyclopina* Claus, 1886, sp. (copepodite and nauplii), *Longipedia* Claus, 1883, sp. (nauplii).

To identify specific features of the common copepods from Sevastopol coastal areas (*Acartia* sp., *Oithona davisae*, *Longipedia* sp., *Cyclopina* sp.), these copepods were isolated from alive zooplankton samples, and reared as monospecific cultures in laboratory conditions. Additionally, for comparison, alive marine Cladocera were sampled from the field.

Digital images of alive copepods from laboratory cultures at successive development stages and their moulted exoskeletons were compared with the images of chitin remnants found in the fish guts were taken with a camera Ikegami ICD-848P attached to the inverted microscope Nikon Eclipse 200, at magnification $\times 100$ and $\times 400$. The images were processed in the program ImageJ 1.45s (National Institutes of Health, USA) [4].

RESULTS AND DISCUSSION

Currently copepods of *Oithona* genus in the Black Sea are represented by two species: invasive *Oithona davisae* and aboriginal species *Oithona similis* Claus, 1866. The latter species as opposed to thermophilic *O. davisae* inhabit the upper sea layers only during cold season [5], and therefore, may be excluded from the possible fish prey during the warm season. In addition, *O. similis* is about 1.3 times larger and has no rostrum, which is characteristic of invasive species *O. davisae* [8, 15].

Specific features of females and copepod stages of *O. davisae*. Among the studied food items *O. davisae* late copepodite and adult female stages can be easily identified due to their sharply curved rostrum

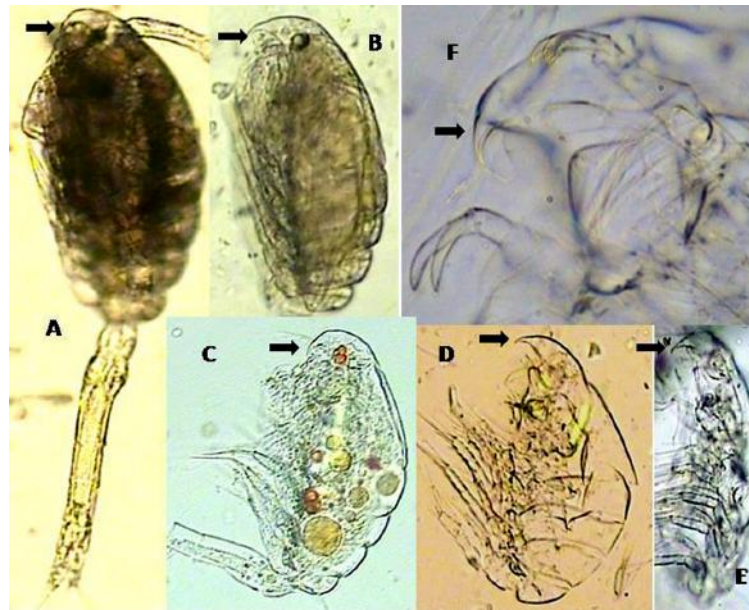


Figure 1. Females of *Oithona davisae*: A — alive specimen from the culture; B–E — specimens from fish guts: B — from the foregut, start of digestion, CT 0.3 mm; C — from the midgut CT 0.23 mm; D — completely digested copepods — chitin remnants of CT 0.3 mm and E — completely digested specimen from the hindgut, deformed and squashed CT 0.3 mm; F — completely digested copepod, head area. Arrows point to the rostrum of females; CT — cephalothorax. Photo: 1A–1E — magnification $\times 100$; 1F — magnification $\times 400$

Fig. 1. Самки *Oithona davisae*: A — живая особь из культуры; B–E — особи из кишечника личинок рыб: B — из верхнего отдела кишечника, начало переваривания, ЦФ 0.3 мм; C — из средней части кишечника, ЦФ 0.23 мм; D — полностью переваренная копепода, остатки хитинового покрова, ЦФ 0.3 мм; E — полностью переваренная копепода из нижнего отдела кишечника, сплюснутый ЦФ 0.3 мм; F — полностью переваренная копепода, остатки хитинового покрова, голова. Стрелки указывают на роострум самок *O. davisae*; ЦФ — цефалоторакс. Фото: 1A–1E — при увеличении $\times 100$; 1F — при увеличении $\times 400$

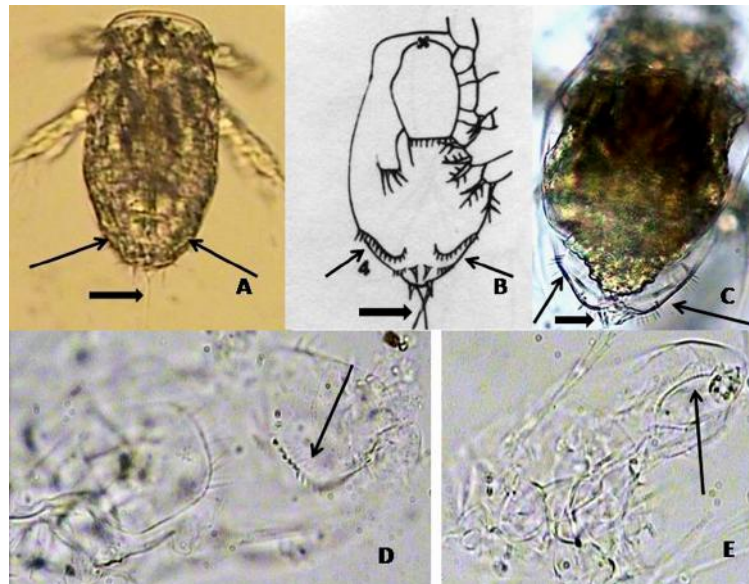


Figure 2. Nauplii of *Acartia* spp.: A — alive specimen from the culture; B — nauplius, drawing from [11]; C — alive specimen with focus on its ventral setae; D and E — remains of chitin exoskeleton of completely digested nauplius from the hindgut. Thin arrows point to the ventral setae of *Acartia* nauplius. Thick arrows point to the long caudal setae of *Acartia* nauplius. Photo: 2A–2C — magnification $\times 100$; 2D, 2E — magnification $\times 400$

Fig. 2. Науплиусы *Acartia* spp: A — живая особь из культуры; B — науплиус, рисунок из [11]; C — живая особь с фокусом на ряды вентральных щетинок; D и E — остатки хитинового покрова полностью переваренных науплиусов из нижней части кишечника. Тонкие стрелки указывают на ряды вентральных щетинок у науплиусов *Acartia*. Толстые стрелки указывают на длинные каудальные щетинки у науплиусов *Acartia*. Фото: 2A–2C — увеличение $\times 100$; 2D, 2E — увеличение $\times 400$

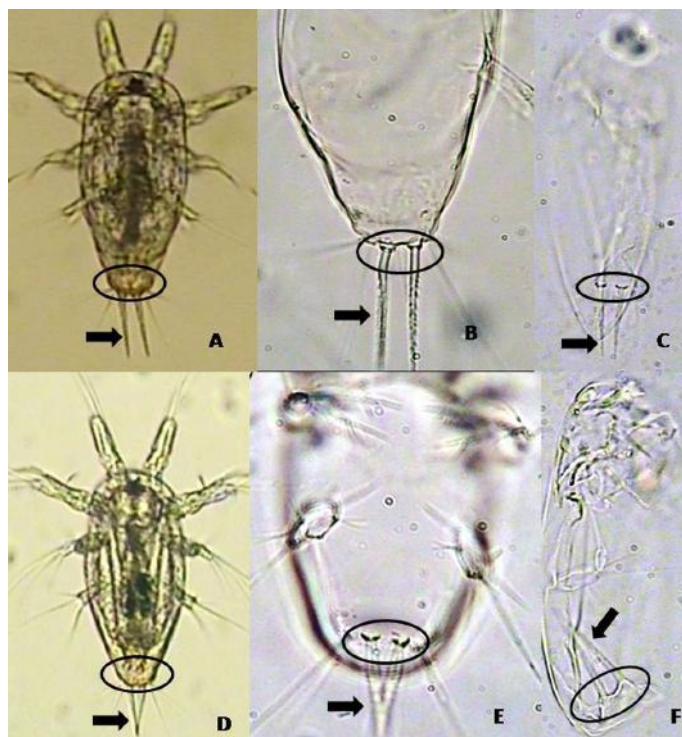


Figure 3. Nauplii of *Oithona davisae*: A–C — specimens with caudal setae arranged parallelly; D–F — specimens with crossed caudal setae; A and D — alive specimens from the culture; B and E — chitin exoskeleton remains of completely digested nauplius from the midgut; C and F — deformed chitin exoskeleton of completely digested nauplius from the hindgut. Identification characteristics: 1) arrows point to pair of caudal spines; 2) species-specific attachment shape of caudal spines is showed by ellipse. Photo: 3A and 3D — magnification $\times 100$; 3B, 3C, 3F, 3E — magnification $\times 400$

Fig. 3. Науплиусы *Oithona davisae*: A–C — особи с параллельными каудальными шипами; D–F — со скрещенными каудальными шипами; A и D — живые особи из культуры; B и E — хитиновые покровы полностью переваренных науплиусов из среднего кишечника; C и F — деформированные хитиновые покровы из нижней части кишечника. Определительные признаки: 1) стрелки указывают на пару каудальных шипов; 2) видоспецифичная форма прикрепления каудальных шипов обведена овалом. Фото: 3A и 3D — увеличение $\times 100$; 3B, 3C, 3F, 3E — увеличение $\times 400$

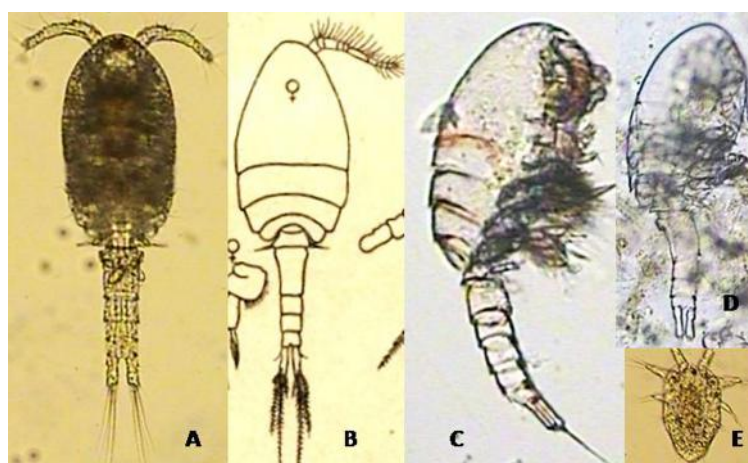


Figure 4. *Cyclopina* sp.: A — alive adult specimen from culture; B — adult specimen, drawing from [10]; C — semi-digested specimen from the midgut; digested specimen from the hindgut; D — completely digested copepod, chitin remnants (cephalothorax and abdomen); E — alive nauplius from culture. Photo: 4A–4D — magnification $\times 100$; 4E — magnification $\times 400$

Fig. 4. *Cyclopina* sp.: A — живая взрослая особь из культуры; B — взрослая особь, рисунок из [10]; C — полупереваренная особь из среднего отдела кишечника; переваренная особь из нижнего отдела кишечника; D — остатки хитинового покрова (цефалоторакса и абдомена) копепода; E — живой науплиус из культуры. Фото: 4A–4D — увеличение $\times 100$; 4E — увеличение $\times 400$

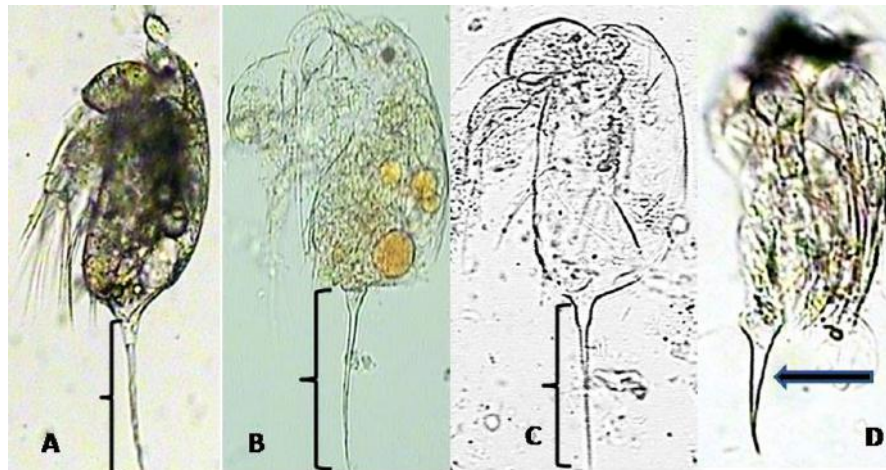


Figure 5. Nauplii of *Longipedia* sp.: A — alive specimen from culture; B — specimen from larvae fish midgut with undigested lipid drops with coloured lipid-soluble pigments; C — chitin exoskeleton of completely digested items from the hindgut; D — digested remains of Cladocera (the black spot at the top — remains of the faceted eye). Braces point at caudal process of *Longipedia* sp. nauplii. The shaded arrow point to caudal process on Cladocera carapace. Photo: 5A–5D — magnification $\times 100$

Fig. 5. Науплиусы гарпактикоидных копепод *Longipedia* sp.: A — живая особь из культуры; B — особь из среднего отдела кишечника личинки рыбы с неперевавшими жира с жирорастворимыми пигментами; C — хитиновый покров полностью переваренной особи из заднего отдела кишечника; D — переваренные остатки Cladocera (черное пятно сверху — остатки фасеточного глаза). Фигурные скобки обозначают каудальный вырост науплиусов *Longipedia* sp. Закрашенная стрелка — каудальный вырост панциря Cladocera. Фото: 5A–5D — увеличение $\times 100$

(fig. 1A). This specific feature (fig. 1F) starting with late copepodite stages of development of this species is the most important one and remains whatever degree of digestion in larvae and juvenile fish guts in all cases:

- in practically intact copepod is found in the foregut (fig. 1B–1C);
- in semi-digested copepod from the midgut (fig. 1C);
- after significant deformation of chitin exoskeleton when cephalothorax of *O. davisae* is found separately from abdomen, mainly in the gut (fig. 1D);
- when cephalothorax is fully deformed, compressed and twisted (fig. 1E).

Specific features of *Acartia* spp. and *O. davisae* nauplii. Both nauplii *Acartia* spp. (fig. 2) and nauplii of *O. davisae* (fig. 3) dominate in the plankton of the Black Sea coastal waters during the warm season [1, 13], are common food items of the fish at early stages of development, and it is important to distinguish from one another in the guts of fish.

Specific features of *Acartia* spp. nauplii (120–240 μm) (fig. 2) are symmetrical rows of small ventral setae and the caudal armature represented by 4 short

spines and 2 long crossed setae observed at the stage of metanauplius [11, 12]. However, the caudal armature details disappear in digested *Acartia* nauplii. The main distinct specific features remained in completely digested deformed *Acartia* spp. nauplii (fig. 2D–2F) are symmetrically located rows of ventral setae in the posterior part of the body (fig. 2A–2E).

Nauplii of *O. davisae* (70–160 μm) lack similar symmetrically located rows of rows of ventral setae but their distinct features from the stage of metanauplius (85–160 μm) is their caudal armature presented by 2 pairs of caudal setae and 1 pair of long and strong caudal spines [14] attached to the small rectangular protrusion (fig. 3A–3F).

Our study revealed that such identification feature as “crossed caudal processes” (fig. 2B used in identification key [11]) cannot be applied for distinction of the remnants of nauplii *Acartia* spp. from nauplii of *O. davisae* because the caudal processes of the latter can also found crossed both in alive specimens (fig. 3D) and digested ones (fig. 3F–3E). Long caudal spines and their specific attachment mode are typical for *O. davisae* nauplii remnants. Absent from other Black Sea copepods nauplii, this species-specific feature remains unchanged even in case of strong de-

formation and twisting of digested chitin exoskeleton (fig. 3C, 3F).

Specific features of *Oithona* and *Cyclopina* copepods. Additionally, it is often difficult to see the difference between the remains of *Oithona* (0.22–0.28 mm) and *Cyclopina* (0.20–0.24 mm) in the guts. In case of weakly digested specimens identification is beyond doubt: shorter antennules and thickened and shortened abdomen indicates *Cyclopina* genus (fig. 4A–4D).

The rear part of *Cyclopina* sp. cephalothorax of is greatly expanded in comparison with that of *Oithona* but compressing and twisting of copepods carapaces during digestion makes this characteristic useless for identification of food items. In this case only the complex of features: absence of typical for *O. davisae* rostrum on the head and abdomen morphology of these species together with proportion of cephalothorax and abdomen should be considered (fig. 1). *Cyclopina* nauplii (65–135 µm) (fig. 4E) possess rather weak caudal processes, and lack thick caudal spines compared to those of *O. davisae*.

Specific features of *Longipedia* sp. nauplii. Another common food item in fish guts — *Longipedia* sp. (Harpacticoida) (fig. 5A–5C). No problem exists in identification of alive (fig. 5A), or partially digested (fig. 5B) *Longipedia* sp. nauplii but in case of significant digestion and deformation the caudal processes of nauplii of this species can be mistakenly can be accepted for the caudal process on Cladocera carapace (fig. 5D). Digested chitin remnants of the latter can identified in most cases by a specific black pigment indicating remains of the complex compound eye of Cladocera (fig. 5D). However, if the black pigmentation of compound Cladocera eye is absent, attention should be paid to the proportions of the caudal process: it is much longer relatively to the carapace length of *Longipedia* sp. nauplii, and in Cladocera it is shorter and has a broader base.

Thus, our research allowed us to mark out the specific chitin features of the copepod specimens that are not subject to deformation under the action of digesting processes and, therefore, are key indicators to determine the digested food items.

Conclusions. Our approach allowed us to find out specific taxonomic features of the common food items of the fish larvae and juveniles (*O. davisae*, *Cyclopina* sp., *Acartia* spp., and *Longipedia* sp.) remaining in

chitin residues after digestion in the guts. Application of proposed method is proposed to use for feeding analysis of the early stages of the Black Sea fish as it is helpful for assessment of qualitative and quantitative composition of consumed common prey and selectivity. It allowed us to assess the contribution of each of these prey in the diet of the fish at early stages in Sevastopol Bays [17], and could be useful for complex analysis of ichthyoplankton changes especially during the changes in zooplankton community structure, and, thereafter for prediction of viability and survival of fish generations.

Acknowledgements. We are indebted to Dr. Leonid Svetlichny for his help in copepod identification and consultancy.

Funding. This study was supported by equity participation of projects RFBR (grant agreement № 14-45-01581) and IMBR RAS (№№ 1001-2014-0014, 1001-2014-0016 and 1001-2014-0017).

REFERENCES

1. Altukhov D., Gubanova A., Mukhanov V. New invasive copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984: seasonal dynamics in Sevastopol Bay and expansion along the Black Sea coasts. *Marine Ecology*, 2014, vol. 35, iss. s1, pp. 28–34.
2. Borutsky E. V. *Opredelitel' svobodnozhivushchikh presnovodnykh veslonogikh rakov SSSR i sopredel'nykh stran po fragmentam v kishechnikakh ryb* [Guide for identification of free-living freshwater copepods of the USSR and nearest countries on the basis of their fragments in the fish guts]. Moscow: Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 1960, 217 p. (in Russ.).
3. Burrow J., Horwood J., Pitchford J. The importance of variable timing and abundance of prey for fish larval recruitment. *Journal of Plankton Research*, 2011, vol. 33, iss. 8, pp. 1153–1162.
4. Collins T. J. Introduction to ImageJ for light microscopy. *Microscopy and Microanalysis*, 2007, vol. 13, iss. S02, pp. 1674–1675.
5. Datsyk N. A., Romanova Z. A., Finenko G. A., Abolmasova G. I., Anninsky B. E. Structure of zooplankton community in the coastal waters of Crimea (Sevastopol region) and trophic relationships in the food chain zooplankton – *Mnemiopsis* in 2004–2008. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2012, vol. 11, no. 2, pp. 28–38 (in Russ.).

6. Dekhnik T. V. *Ikhtioplankton Chernogo morja* / ed. V. A. Vodyanitsky [Ichthyoplankton of the Black Sea. V. A. Vodyanitsky (Ed.)]. Kiev: Naukova dumka, 1973, 234 p. (in Russ.).
7. Duka L. A., Sinyukova V. I. *Rukovodstvo po izucheniju pitanija lichinok i mal'kov morskikh ryb v estestvennykh i eksperimental'nykh usloviyakh* [Guide for study of fish larvae and juveniles feeding in natural and experimental conditions]. Kiev: Naukova dumka, 1976, 110 p.
8. Ferrari F., Orsi J. *Oithona davisae*, new species, and *Limnoithona sinensis* (Burkeckhard, 1912) (Copepoda: Oithonidae) from the Sacramento-San Joaquin Estuary, California. *Journal of Crustacean Biology*, 1984, vol. 4, no. 1, pp. 106–126. <http://dx.doi.org/10.2307/1547900>.
9. Gubanov A., Altukhov D., Popova E., Vdodovich I., Klimova T. Trends and changes in mesozooplankton of the Black Sea coastal area as the food source of fish larvae. In: *Marine Research Horizon 2020: Abstracts of International Conference* (Varna, Bulgaria, 17-20 Sept. 2013). Varna: Helix Press Ltd., 2013, pp. 144.
10. *Opredelitel' fauny Chernogo i Azovskogo morei: in 3 vol. vol. 2: Svobodnozhivushchie bespozvonochnye. Rakoobraznye* [Identification keys to the fauna of the Black and Azov seas. vol. 2. Crustaceans]. Kiev: Naukova dumka, 1969, 536 p. (in Russ.).
11. Sazhina L. I. *Naupliusy massovykh vidov pelagicheskikh copepod mirovogo okeana* [Nauplii of common pelagic copepods species of the World Ocean. The Guide]. Kiev: Naukova dumka, 1985, 238 p.
12. Shuvalov V. S. *Veslonogie rachki-tsiklopoidy se-meistva Oithonidae Mirovogo okeana* [Calanoida Copepoda family Oithonidae of the World Ocean]. Leningrad: Nauka, 1980, 198 p. (Opre-deliteli po faune SSSR / Zoologicheskyy Institut AN SSSR; vol. 125.) (in Russ.).
13. Svetlichny L., Hubareva E., Khanaychenko A., Gubanov A., Altukhov D., Besiktepe S. Adaptive strategy of thermophilic *Oithona davisae* in the cold Black Sea environment. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2016, vol. 16, iss. 1, pp. 77–90. doi: 10.4194/1303-2712-v16_1_09.
14. Takahashi T., Uchiyama I. Morphology of the naupliar stages of some *Oithona* species (Copepoda: Cyclopoida) occurring in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton and Benthos Research*, 2007, vol. 2, no. 1, pp. 12–27.
15. Temnykh A., Nishida S. New record of the planktonic copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi in the Black Sea with notes on the identity of '*Oithona brevicornis*'. *Aquatic Invasions*, 2012, vol. 7, iss. 3, pp. 425–431. doi: 10.3391/ai.2012.7.3.013.
16. Turner J. T. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological Studies*, 2004, vol. 43, no. 2, pp. 255–266.
17. Vdodovich I. V., Khanaychenko A. N., Giragosov V. E. Feeding of mugilidae 0-group in the coastal and open waters off Sevastopol in August-September 2013 and evaluation of alien copepod *Oithona davisae* as a diet component. *Journal of Siberian Federal University, Ser. Biology*, 2017. In press.

Определение некоторых массовых пищевых объектов в кишечниках личинок и молоди рыб в Чёрном море

И. В. Вдодович, А. Н. Ханайченко, А. Д. Губанова, Е. А. Колесникова, Л. О. Аганесова

Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: vdodovich@mail.ru

В последнее десятилетие в прибрежных акваториях Чёрного моря наблюдается положительный тренд среднегодовой численности личинок рыб, который совпадает с трендом численности копепоид. Есть предположение, что увеличение численности личинок рыб в Чёрном море в последние годы связано с улучшением их кормовой базы в результате интродукции нового вида копепоид *Oithona davisae*. Проверка этой гипотезы с помощью исследования содержимого кишечника личинок и молоди рыб осложняется отсутствием методологической базы для определения объектов питания

по их остаточным фрагментам. Цель работы — предложить собственный подход к идентификации некоторых массовых видов копепод из кишечников личинок и молоди рыб по их специфическим отличительным признакам, определяемым по непереваренным хитиновым фрагментам. Массовые виды копепод побережья Севастополя (*Acartia tonsa*, *Oithona davisae*, *Longipedia* sp., *Cyclopina* sp.) были выделены из природных условий в лабораторные культуры, в которых получены все последовательные стадии развития каждого вида. Для нахождения отличительных специфических признаков каждого вида проведено сравнение живых копепод на последовательных стадиях развития, их личиночных шкурок и копепод из кишечников рыб на разных стадиях их переваривания. Выявлены характерные для каждого вида фрагменты и детали хитинового скелета ракообразных, которые не подвергаются деформации даже в результате пищеварительных процессов. Эти видоспецифичные признаки предложено использовать при трофологическом анализе черноморских рыб на ранних стадиях развития, в частности при оценке сезонных и локальных изменений в качественном и количественном составе потреблённой пищи и избирательных способностей рыб по отношению к определённым пищевым объектам. Предложенный метод анализа особенно важен при исследованиях в периоды изменения структуры зоопланктонного сообщества, оказывающего значимое влияние на жизнеспособность и выживаемость генераций рыб.

Keywords: пищевые объекты, личинки рыб, молодь рыб, копеподы, *Oithona davisae*, Чёрное море

УДК 598.244.1(477.75)

О ГНЕЗДОВАНИИ МАЛОЙ ВЫПИ *IXOBRYCHUS MINUTUS* (AVES: ARDEIDAE) В ГОРОДСКОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

© 2017 г. **В. Е. Гирагосов**, канд. биол. наук, с. н. с.

Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН,
Севастополь, Россия
E-mail: vitaly.giragosov@gmail.com

Поступила в редакцию 22.12.2016 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Актуальность изучения экологических и поведенческих адаптаций гидрофильных птиц в городских зонах Крыма обусловлена необходимостью сохранения биоразнообразия в условиях антропогенного преобразования внутренних водоёмов и морских берегов полуострова. Впервые в городской зоне черноморского побережья Крыма (бухта Круглая, Севастополь) зарегистрировано гнездование малой выпи (волчка) *Ixobrychus minutus* (Linnaeus, 1766). Целью исследования было выявление условий, определяющих эффективность размножения волчков в биотопе с высокой антропогенной нагрузкой, задачами исследования — определение пищевого спектра, поведенческих реакций и сроков пребывания птиц в биотопе. Визуальное наблюдение, фото- и видеосъёмку проводили не менее пяти раз в неделю. Пару взрослых особей наблюдали с 3 июля до 2 августа, трёх молодых особей — с 24 июля до 7 сентября 2016 г. в вершине бухты. Успешному размножению волчков способствовали наличие естественных укрытий (зарослей тростника) и хорошая кормовая база. Основной добычей птиц была молодь кефалей, также отмечены случаи поимки глазчатой зеленушки, морской собачки-павлина и различных беспозвоночных. Птицы проявляли нетипичное для своего вида синантропное поведение. Результаты исследования свидетельствуют о достаточно высоком адаптивном потенциале волчка к различным факторам беспокойства в городской зоне черноморского побережья Крыма. Предполагается возможность заселения волчком фрагментов природных ландшафтов (зарослей околотовидной растительности в вершинных частях некоторых бухт), оставшихся в городской зоне Крыма.

Ключевые слова: малая выпь (волчок), *Ixobrychus minutus*, гнездование, синантропное поведение, Крым, Чёрное море

Малая выпь (волчок) *Ixobrychus minutus* (Linnaeus, 1766) — самый мелкий представитель семейства цаплевых; гнездится на берегах водоёмов природного и антропогенного происхождения со стоячей водой в зарослях околотовидной растительности; ведёт сумеречный и скрытный дневной образ жизни [8]. В Крыму это гнездящаяся, перелётная и пролётная птица. В период гнездования она широко распространена на территории полуострова за исключением горных районов (лесной зоны и яйлы), населяет водоёмы с различной солёностью (преимущественно пресные и слабосолёные), в том

числе озёра Кизил-Яр, Сасык-Сиваш, Донузлав, Джарылгач, Межгорное водохранилище, Лебяжий острова, залив Сиваш и другие водоёмы в разных районах Крыма [2, 5, 7]. Волчок прилетает в Крым обычно в апреле-мае, иногда во второй половине марта, улетает в августе-сентябре [2, 5, 6].

Ещё до обводнения Северного Крыма волчок был самым многочисленным на гнездовании видом цаплевых. По мере продвижения на восток трассы Северо-Крымского канала он занимал образующиеся заросли гидрофитов и полностью заселил зону рисосеяния [6]. В связи с прекращени-

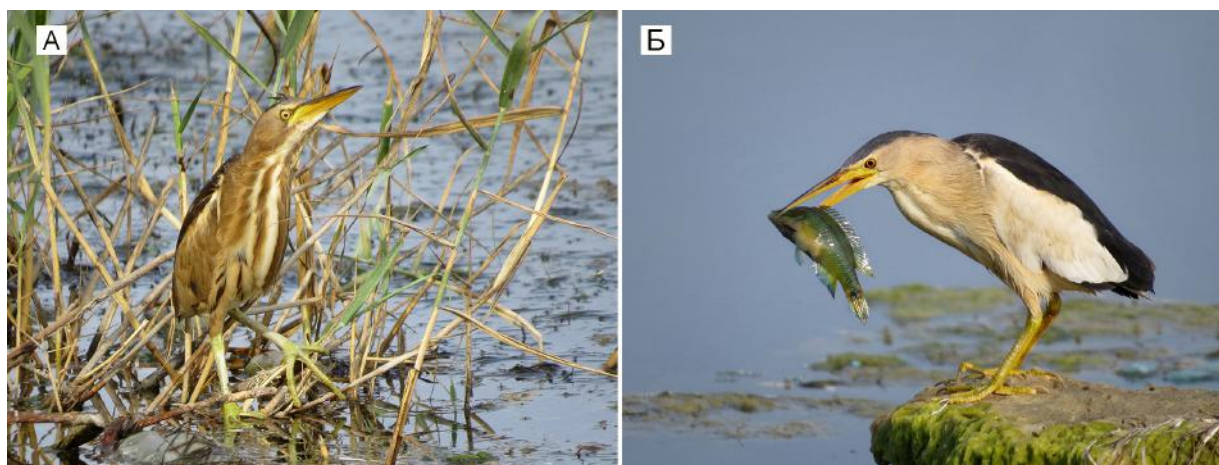


Рис. 1. Взрослые самка (А) и самец (Б) волчка *Ixobrychus minutus* в бухте Круглая

Fig. 1. Adult female (A) and male (B) of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in Kruglaya Bay

ем в 2014 г. подачи воды в канал с территории Украины, изменением основных характеристик водного режима прилегающих акваторий и территорий, сокращением площади и повышением солёности водоёмов, в том числе на Лебяжьих островах и в заливе Сиваш, и, как следствие, трансформацией экосистем, распределение и численность гнездящихся пар и эффективность размножения волчка (как и других гидрофильных птиц) могли, предположительно, измениться.

Информация о гнездовании волчка в городской зоне черноморского побережья Крыма отсутствует. Бухта Круглая является рекреационной зоной города Севастополя и подвергается значительной антропогенной нагрузке: с ней соседствуют городские кварталы, здесь находится популярный городской пляж, а в вершину бухты выведен аварийный канализационный сток. Длина вершины (до условной границы с открытой частью) — 270 м, ширина — до 215 м, глубина — до 1.5 м. Ихтиофауна б. Круглая представлена 42 видами [3], зообентос (в вершине бухты) — 97 видами [1]. На берегах бухты до 2016 г. очень редко встречались лишь единичные пролётные особи волчка в периоды весенней и осенней миграций [4].

Целью исследования было выявление условий, определяющих эффективность размножения волчков в биотопе с высокой антропогенной нагрузкой, задачами исследования — определение пищевого спектра, поведенческих реакций на антропогенные факторы беспокойства и сроков пребывания птиц в бухте. Данный случай гнездова-

ния волчка кратко упомянут в статье, посвящённой анализу сезонной динамики гидрофильного орнитокомплекса б. Круглая [4], в настоящем же сообщении представлены подробные сведения о нём.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Бухта Круглая является районом круглогодичных орнитологических исследований [4]. После обнаружения волчков в вершинной части бухты 3 июля 2016 г. наблюдения здесь проводили до середины сентября, не менее пяти раз в неделю, преимущественно в утреннее и вечернее время (всего 35 результативных наблюдений). С целью обнаружения птиц осматривали береговую полосу и заросли тростника, а также определяли места их пребывания по издаваемым звукам. Фото- и видеосъёмка птиц, их места обитания и объектов питания проведены с помощью цифровой фотокамеры Canon PowerShot SX50 HS (170 фотоснимков и 8 видеозаписей).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Взрослые самец и самка *Ixobrychus minutus* (Linnaeus, 1766) были обнаружены в вершинной части б. Круглая 3 июля 2016 г. (рис. 1). Птицы держались в районе зарослей тростника обыкновенного *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., произрастающего на двух участках, один из которых (площадью 165 м²) находится в южной части вершины бухты, другой (70 м²) — на восточном берегу примерно в 80 м от первого (рис. 2).



Рис. 2. Южный (А) и восточный (Б) участки зарослей тростника в вершине бухты Круглая

Fig. 2. Southern (A) and eastern (B) sites of the reed beds in the Kruglaya Bay head

Предположение, что это гнездовая пара, подтвердилось дальнейшими наблюдениями. Местонахождение гнезда было выявлено по косвенным признакам: взрослые кормились в пределах южного участка, но регулярно летали на восточный, где слышались издаваемые птенцами звуки. Впервые слёток волчка был замечен здесь 24 июля. Учитывая, что от постройки гнезда до становления птенцов на крыло проходит не менее 50 дней [8], очевидно, что гнездовая пара прилетела на побережье б. Круглая не позднее начала июня. По-видимому, в период насиживания яиц и в первые дни после вылупления птенцов волчки вели себя скрытно, и лишь необходимость кормить растущее потомство заставила их утратить природную осторожность.

Южная часть вершины бухты привлекала птиц значительной концентрацией кормовых объектов — кефалевых (*Mugilidae*) (в основном сингиля *Liza aurata* (Risso, 1810) и пиленгаса *Liza haematocheila* (Temminck et Schlegel, 1845)), бычковых (*Gobiidae*), собачковых (*Blenniidae*), губановых (*Labridae*), а также креветок, насекомых и молоди крабов. В июле пара взрослых волчков находилась здесь регулярно, особенно в утреннее время. Постепенно птицы привыкли к людям, иногда подпускали наблюдателя на расстояние до 6 м, но редко удалялись от зарослей тростника более чем на 5 м.

После 2 августа взрослые особи не встречались: очевидно, выкормив птенцов, они покинули бухту. Количество слётков определить было сложно по причине их способности искусно маскиро-

ваться в тростнике; одновременно отмечали не более трёх особей.

Молодые особи, выросшие в близком соседстве с людьми, проявляли меньшую осторожность, чем взрослые, подпускали наблюдателя на расстояние до 4–5 м и часто кормились на сравнительно открытом участке берега в 40 м от зарослей тростника. Лишь при чрезмерном к ним внимании волчки принимали типичную позу затаивания, особенно эффективную среди стеблей тростника (рис. 3), или же неохотно перелетали на другое место.



Рис. 3. Слётки волчка *Ixobrychus minutus* в типичной позе затаивания

Fig. 3. The Little Bittern *Ixobrychus minutus* fledgling in typical lurking pose

В августе молодые особи стали проявлять признаки территориального поведения — принимали

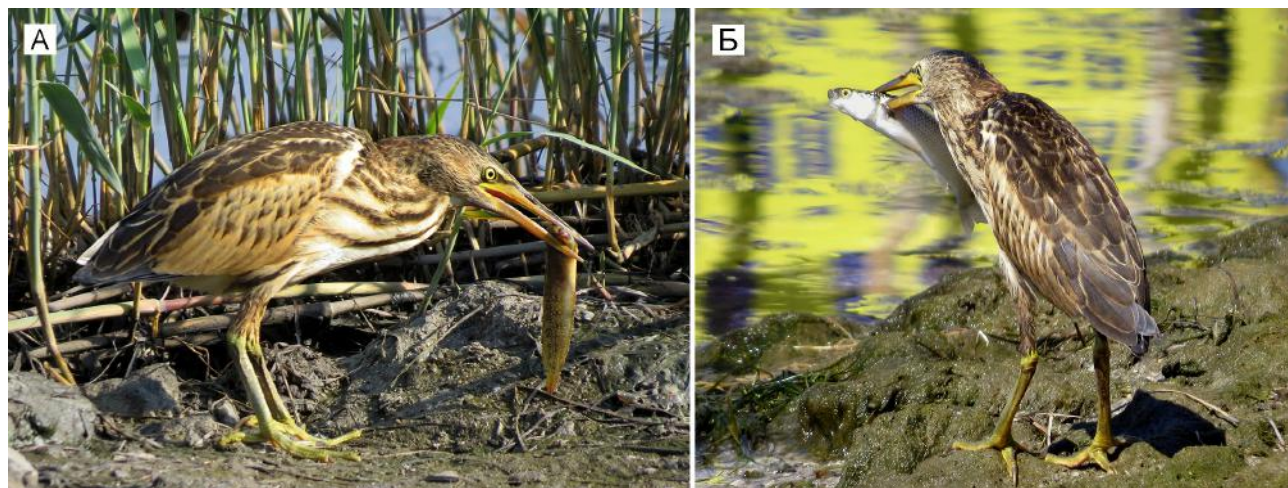


Рис. 4. Молодые особи волчка *Ixobrychus minutus* с кормовыми объектами: морской собачкой-павлином *Salaria pavo* (А) и, предположительно, пиленгасом *Liza haematocheila* (Б)

Fig. 4. Juvenile specimens of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* with food items: Peacock Blenny *Salaria pavo* (А) and probably So-iuy Mullet *Liza haematocheila* (Б)

угрожающие позы и иногда кратковременно преследовали друг друга в зарослях тростника или в полёте над бухтой. В сентябре они стали периодически вылетать за пределы бухты, причём в мало-знакомых им районах застройки предпочитали садиться на высокие деревья. После 7 сентября на побережье б. Круглая волчки не встречались.

Согласно результатам наблюдений и анализа фото- и видеоматериалов, основу рациона волчков составляла молодь кефалей (2–12 см). Дважды самец добывал глазчатых зеленушек *Symphodus ocellatus* (Linnaeus, 1758) (рис. 1 Б), а слётки — морскую собачку-павлина *Salaria pavo* (Risso, 1810) (рис. 4 А). Они также подбирали беспозвоночных на отмели, живо реагировали на стрекоз и иногда успешно их ловили.

Волчки использовали в основном типичную для них охотничью тактику — затаивались на прибрежных кочках, камнях, на мелководье среди молодой поросли тростника или же на его стеблях на высоте до 20 см. Самец применял иногда нетипичный для волчков охотничий приём — увидев рыбу на расстоянии 1.0–1.5 м, взлетал на высоту до 0.5 м и атаковал её сверху. При ловле крупных рыб волчки использовали клюв (обычно подклювье) как гарпун (рис. 4 Б).

Наличие канализационного аварийного коллектора в вершине бухты оказывало неоднозначное влияние на условия обитания волчков. С одной стороны, функционирование стока в «штат-

ном» режиме обеспечивало умеренное поступление органики и способствовало росту тростника и развитию богатой фауны беспозвоночных и рыб. Напротив, вследствие эпизодических залповых выбросов сточных вод загрязнение, по-видимому, достигало критического уровня даже для устойчивой к таким условиям молоди кефалей, что заставляло её перемещаться в более чистые районы бухты на 1–2 суток. Затрудняло охоту птицам и формирование плавучих матов водорослей, которые при нагонном ветре покрывали поверхность воды в районе зарослей тростника.

Вершина б. Круглая характеризуется несколькими факторами беспокойства, которые гипотетически должны препятствовать успешному гнездованию волчков: в 15 м от неё находится автотрасса с плотным трафиком, вдоль берега проложены пешеходные дорожки, акваторию пересекают две трассы кабельного вейкбординга с трамплинами, к восточному участку зарослей тростника примыкает открытая терраса кафе, на западном берегу расположены рестораны с громким музыкальным сопровождением и пункт проката водных велосипедов.

Но, по нашему мнению, результативное размножение волчков в б. Круглая в конечном итоге обеспечили следующие факторы: непопулярность вершины бухты как пляжной зоны, наличие естественных укрытий (зарослей тростника), богатая кормовая база и адаптивный потенциал птиц.

Заключение. Случаи синантропного поведения видов птиц, которые традиционно считаются урбофобами, интересны в плане изучения их адаптивных способностей к городской среде и оценки перспектив урбанизации некоторых видов в условиях конкретного города. Многие из таких случаев представляют собой редкие поведенческие отклонения у отдельных особей и пар, но некоторые наблюдаемые явления могут рассматриваться как предвестники изменений более высокого уровня, а именно: формирование синантропного поведения, расселение в урбанизированных ландшафтах и образование относительно устойчивых постоянных или сезонных городских популяций. Причинами заселения городов птицами часто служат антропогенное преобразование и сокращение их естественных ареалов.

У каждого вида птиц вырабатывается специфическая реакция на расширение городских территорий, в том числе в форме «возвратной урбанизации», когда урбофобный вид начинает активно заселять микрофрагменты исходных местообитаний, оставшиеся в городской зоне, а со временем (при формировании большей лабильности к городской среде) — и нетипичные для него гнездовые и кормовые станции [9].

Особенно чувствительны к антропогенной трансформации природных ландшафтов именно такие стенотопные виды птиц, как волчок, успешное размножение которого возможно лишь при наличии водоёмов с густой околотоводной растительностью и соответствующей кормовой базой. Очевидно, в городской зоне черноморского побережья Крыма волчок может адаптироваться к условиям обитания в вершинных частях некоторых бухт, в том числе и севастопольских — Казачьей, Круглой, Стрелецкой и Севастопольской. Например, в б. Стрелецкая, берега которой плотно застроены жилыми домами и гидротехническими сооружениями, а акватория активно используется водным транспортом, последние 3–4 года в зарослях тростника у вершины бухты успешно размножаются кряква *Anas platyrhynchos*, лысуха *Fulica atra* и камышница *Gallinula chloropus* (наблюдения автора). Такие фрагменты природных ландшафтов вносят свой вклад в сохранение биоразнообразия и нуждаются в охране, в том числе в предот-

вращении застройки берегов и уничтожения околотоводной растительности.

Работа выполнена в рамках госзадания ФАНО России «Мониторинг биологического разнообразия гидробионтов Черноморско-Азовского бассейна и разработка эффективных мер по его сохранению» (0828-2014-0014).

Благодарности: Автор признателен к. б. н. М. М. Бескаравайному за консультации по малой выпі, к. б. н. А. Р. Болтачеву и Е. П. Карповой — за консультации по ихтиофауне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Алёмов С. В., Витер Т. В. Сообщества макрозообентоса вершины б. Круглая (Севастополь, Чёрное море) // *Экологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление прибрежной зоной: материалы молодёжной науч.-практ. конф.* (г. Севастополь, 29 сент. – 05 окт. 2014 г.). Севастополь, 2014. С. 176–180. [Alyomov S. V., Viter T. V. Macrozoobentos communities of Kruglaya Bay head (Sevastopol, Black Sea). In: *Ecological problems of the Azov-Black sea region and integrated coastal management: materials of youth scientific-practical conference* (Sevastopol, 29 Sept. – 05 Oct. 2014). Sevastopol, 2014, pp. 176–180. (in Russ.)]
2. Бескаравайный М. М. *Птицы Крымского полуострова*. Симферополь: Бизнес-Информ, 2012. 336 с. [Beskaravayny M. M. *Ptitsy Krymskogo poluostrova*. Simferopol: Biznes-Infom, 2012, 336 p. (in Russ.)].
3. Болтачев А. Р., Карпова Е. П. Ихтиофауна прибрежной зоны Севастополя (Чёрное море) // *Морской экологический журнал*. 2012. Т. 11, № 2. С. 10–27. [Boltachev A. R., Karpova E. P. The ichthyofauna of the Sevastopol coastal zone (the Black Sea) // *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2012, vol. 11, no. 2, pp. 10–27. (in Russ.)]
4. Гирагосов В. Е., Бескаравайный М. М. Сезонная динамика гидрофильного орнитокомплекса бухты Круглая (Севастополь) // *Морской биологический журнал*. 2016. Т. 1, № 4. С. 12–21. [Giragosov V. E., Beskaravayny M. M. Seasonal dynamics of the hydrophilic bird community of Kruglaya Bay

- (Sevastopol) *Morskoy biologicheskij zhurnal*, 2016, vol. 1, no. 4, pp. 12–21. (in Russ.)]
5. Костин С. Ю., Тарина Н. А. Распределение и биология размножения веслоногих и голенастых птиц на Лебяжьих островах и сопредельных территориях // *Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции*. 2004. Вып. 7. С. 82–111. [Kostin S. Yu., Tarina N. A. Distribution and biology of Pelecaniformes and Ciconiiformes on the Lebyazhy Islands and surrounding area *Branta: Sbornik nauchnykh trudov Azovo-Chernomorskoi ornitologicheskoi stantsii*, 2004, iss. 7, pp. 82–111. (in Russ.)]
 6. Костин Ю. В. *Птицы Крыма*. Москва: Наука, 1983. 249 с. [Kostin Yu. V. *Ptitsy Kryma*. Moscow: Nauka, 1983, 249 p. (in Russ.)].
 7. Кучеренко В. Н., Баник М. В., Атемасов А. А., Вергелес Ю. И. Сообщества гнездящихся птиц пресных и слабосолёных водоёмов Западного Крыма // *Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции*. 2015. Вып. 18. С. 75–89. [Kucherenko V. N., Banik M. V., Atemasov A. A., Vergeles Yu. I. The communities of breeding birds of freshwater and slightly brackish lakes of the Western Crimea *Branta: Sbornik nauchnykh trudov Azovo-Chernomorskoi ornitologicheskoi stantsii*, 2015, iss. 18, pp. 75–89. (in Russ.)].
 8. Приклонский С. Г., Дмитренко М. Г., Зубакин В. А., Мищенко А. Л. Волчок *Ixobrychus minutus* (Linnaeus, 1766) // *Птицы России и сопредельных регионов: Пеликанообразные, Аистообразные, Фламингообразные*. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 177–189. [Priklonskii S. G., Dmitrenok M. G., Zubakin V. A., Mishchenko A. L. Volchok *Ixobrychus minutus* (Linnaeus, 1766) // *Ptitsy Rossii i sopredel'nykh regionov: Pelikanoobraznye, Aistoobraznye, Flamingoobraznye*. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2011, pp. 177–189. (in Russ.)].
 9. Фридман В. С., Ерёмкин Г. С., Захарова Н. Ю. Возвратная урбанизация — последний шанс на спасение уязвимых видов птиц Европы? [Электронный ресурс] // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2016, vol. 1, no. 4. Режим доступа: http://rjee.ru/rjee_1_4_2016_3/, doi [10.21685/2500-0578-2016-4-3](https://doi.org/10.21685/2500-0578-2016-4-3) [Дата обращения: 25.02.2017]. [Friedmann V. S., Eryomkin G. S., Zakharova N. Yu. Return urbanization – the last chance for endangered species of birds in Europe and others high-urbanised regions, or is it? [Electronic resource] // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2016, vol. 1, no. 4. Available at: http://rjee.ru/rjee_1_4_2016_3/, doi [10.21685/2500-0578-2016-4-3](https://doi.org/10.21685/2500-0578-2016-4-3), [accessed 25.02.2017] (in Russ.)].

Nesting of the little bittern *Ixobrychus minutus* (Aves: Ardeidae) within an urban area of the Crimean coast of the Black Sea

V. E. Giragosov

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: vitaly.giragosov@gmail.com

Observations of the ecological and behavioral adaptations of hydrophilic birds in urban areas are essential for preservation of the biodiversity under extreme anthropogenic transformations of the inland and coastal waters on the Crimean Peninsula. In the Crimea little bittern *Ixobrychus minutus* (Linnaeus, 1766) nest usually on the fresh and brackish water bodies. For the first time this species was found nesting in the Kruglaya Bay, the overused recreation area in Sevastopol (Black Sea). Our investigation detected factors determining the breeding efficiency, food spectrum, behavioral responses and the duration of stay of the little bittern in the biotope exposed to high anthropogenic load. Visual observations, photography and video recording were conducted five times a week within the Kruglaya Bay. Two adult *I. minutus* were observed from July 3 to August 2, and three immature birds – from July 24 to September 7, 2016 in the bay head. The presence of natural shelter (reed beds) and good feeding base contributed to successful breeding of the birds. The

main prey were the juveniles of grey mullet, other preys were peacock blenny *Salaria pavo*, ocellated wrasse *Symphodus ocellatus* and invertebrates. The little bitterns showed atypical for this species synanthropic behavior: having gradually adapted to the people neighborhood, they allowed the observer's presence at 4–6 m distance. In August the young birds began demonstrating territorial behavior and in September they fled beyond the bay area. The study has disclosed high adaptive potential of *I. minutus* to disturbing factors in atypical to this species habitats in the coastal urban area of the Black Sea. The possibility of little bitterns settling in the fragmentary natural landscape of urban areas on the Crimean coast of the Black Sea is discussed. Presumably, *I. minutus* can nest in the semi-aquatic growth bordering some Crimean bays including Kruglaya, Streletskaya, Kazach'ya and Sevastopol bays. The fragments of natural landscape allow preserving the biodiversity; for their protection any building activity ruinous to semi-aquatic vegetation in the coastal zone should be banned.

Keywords: little bittern, *Ixobrychus minutus*, nesting, synanthropic behaviour, Crimea, Black Sea

УДК 582.261.1:57.082.5(477.75)

КОЛЛЕКЦИЯ КУЛЬТУР ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ КАРАДАГСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ (КРЫМ)

© 2017 г. **Н. А. Давидович**, канд. биол. наук, зав. лаб.,
О. И. Давидович, н. с., **Ю. А. Подунай**, м. н. с.

Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН,
Феодосия, Россия
E-mail: karadag-algae@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.11.2016 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Несмотря на исключительную важность диатомовых в природных экосистемах, их генетический и биопродукционный потенциал почти не используется вследствие слабой изученности биологии и чрезвычайно низкой представленности в коллекциях культур. Отсутствует необходимый опыт выделения клонов (штаммов) диатомовых, постановки и содержания в культурах, недостаточно полны представления о жизненных циклах диатомовых. На Карадагской научной станции (Крым) занимаются изучением диатомовых водорослей более 40 лет. К настоящему времени сформирована рабочая коллекция, которая включает более 400 клонов, относящихся к 27 морским и 7 пресноводным видам. Регулярно пересеваемые культуры содержатся на жидких средах. Помимо Чёрного моря, морские виды отобраны в различных регионах всех океанов, а пресноводные — в отдельных регионах Евразии. Результаты исследования коллекции культур необходимы как для решения ряда научных проблем (выявления репродуктивных особенностей, биогеографии видов, внутривидовой изменчивости), так и для потенциального практического использования диатомовых водорослей в биотехнологиях.

Ключевые слова: диатомовые, коллекция культур, клоны, жидкие питательные среды, Карадагская научная станция, Крым

Диатомовые представляют собой один из самых разнообразных отделов микроводорослей: уже описано около 30 тыс. видов, предполагается существование порядка 100 тыс. видов. В ходе эволюции, которая сопровождалась двумя этапами симбиогенеза и значительным латеральным переносом генов от прокариот и простейших, диатомовые приобрели ряд особенностей: уникальные комплексы генов, пути биосинтеза и физиологические свойства. Несмотря на исключительную важность диатомовых в круговороте вещества и энергии, их генетический и биопродукционный потенциал используется человеком крайне ограниченно вследствие слабой изученности биологии и чрезвычайно низкой, в отличие от других групп одноклеточных водорослей, представ-

ленности в коллекциях культур. Первый шаг на пути к возможному практическому использованию генетического и метаболического разнообразия диатомовых состоит в создании коллекции культур. Отметим, что в отечественных и мировых коллекциях в живом (активном) состоянии поддерживается крайне малое число видов диатомовых, особенно по сравнению с их огромным разнообразием. Проблемы содержания диатомовых водорослей в культурах отчасти связаны с особенностями воспроизведения, жизненных циклов и систем скрещивания диатомовых [3]. Сложность ведения культур усугубляется требовательностью диатомовых к качеству среды, чувствительностью к наличию метаболитов (автоингибированием) и необходимостью частых пересевов.

Многолетний опыт культивирования позволил создать в лаборатории водорослей и микробиоты Карадагской научной станции (КНС) обширную коллекцию клоновых культур диатомовых водорослей, полученных из разных мест Мирового океана и Евразийского континента. Основная цель данной статьи состоит в том, чтобы представить и охарактеризовать коллекцию, сравнив её с известными мировыми коллекциями микроводорослей, обсудить её значение и роль в выполнении научно-исследовательских работ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор материала осуществляли стандартными гидробиологическими методами: путём соскоба обрастаний с поверхности либо с помощью планктонной сети [5]. Для получения клонов применяются различные методы [12], мы выполняли манипуляции при помощи микропипетки, что позволяло выделить и отмыть одиночную клетку. Операции осуществляли с использованием инвертированного микроскопа типа Nib-100 (произведён в Китае).

Морские виды водорослей в коллекции КНС содержатся в питательной среде ESAW [11] с небольшими модификациями [2], пресноводные — в среде DM [19]. Как показал наш многолетний опыт, среда ESAW обеспечивает хороший рост диатомовых разных родов, полученных из различных морей. Для доведения солёности среды до уровня, характерного для мест отбора проб, оригинальную среду (30 ‰) либо разбавляют дистиллированной водой, либо добавляют в неё необходимое количество хлорида натрия. Важным преимуществом искусственной морской воды является тот факт, что компоненты среды в необходимом количестве можно приготовить заранее и затем использовать в экспедиционных условиях или при работе в других, даже недостаточно оборудованных лабораториях. Среда на искусственной морской воде может быть приготовлена в различных лабораториях, находящихся вдали от моря, что позволяет унифицировать и стандартизировать условия содержания культур по большинству параметров.

Клоновые культуры в лаборатории водорослей и микробиоты КНС содержатся в стеклянных чашках Петри или конических колбах Эрленмейера,

размещённых в изолированной комнате с постоянно поддерживаемой температурой 20 ± 2 °C и естественным освещением со стороны окон, обращённых на север. Пересевы в свежую среду осуществляются с периодичностью 7–10 дней (в среднем для большинства видов). Часть клонов находится в специально оборудованном холодильнике со стеклянной передней дверцей при температуре 14 ± 2 °C и при укороченном фотопериоде (6 часов в сутки), что обеспечивает большую продолжительность интервалов между пересевами (до двух месяцев).

Ряд клонов в коллекции представляет второе и даже третье поколение, полученное в результате полового воспроизведения в смешанных посевах репродуктивно совместимых пар либо в результате гомоталлического воспроизведения отдельных клонов. Как следствие, у некоторых из них сформировалась своя генеалогическая история. Для ряда клонов установлена половая принадлежность. В отдельных случаях, когда пол не имеет внешних признаков (морфологических и поведенческих), определены скрещивающиеся типы. Для некоторых видов показана гетеро- и гомогаметность клонов, относящихся к комплементарным скрещивающимся типам.

Паспортизация клонов включает представление данных о месте и времени сбора, авторе, выделившем клон, солёности среды, при которой клон содержится. Периодически проводятся измерения длины и ширины клеток, диаметра или высоты их панцирей. Поскольку в жизненном цикле большинства диатомовых эти параметры изменяются весьма существенно (иногда на порядок величин), измерения проводятся ежеквартально. Одним из значимых элементов в процессе ведения культур в коллекции является схема, разработанная и применяемая нами для обозначения клонов. Лабораторная практика показала, что наименование клона должно отвечать следующим критериям: оно должно быть уникальным, содержать в явном виде информацию о клоне (виде микроводоросли), быть легко записываемым и считываемым, удобным в повседневном произношении, отвечать принципам автоматической систематизации (сортировки), быть криптографически анализируемым (т. е. должно позволять идентифицировать клон даже в случае, если из названия будут

стёрты один или несколько знаков). Мы разработали систему наименования клонов, которая отвечает всем указанным принципам. В этой системе название клона записывается следующим образом: Gs Y.MMDD-N, где Gs — первые буквы родового и видового названия водоросли, далее следуют пробел и дата выделения клона (Y — последняя цифра года, отделяется от последующих знаков точкой, MM — месяц, DD — день), N — собственное «имя» клона, обычно это одна буква латинского алфавита, отделяемая от предыдущих знаков дефисом. Благодаря такой системе наименований получается относительно короткая и информативная запись, включающая сведения о видовой принадлежности и дате выделения клона. При визуальном просмотре коллекции культур легко ориентироваться по видовому названию, в отличие от малоинформативного обозначения в виде порядкового номера по каталогу. Поскольку для конкретной даты обычно выделяется небольшое количество клонов определённого вида, запись неповторима. Сочетание сокращённого названия вида, даты выделения и собственного имени клона образует уникальную комбинацию, благодаря чему в коллекции исключены повторяющиеся наименования. Данная запись не криптоустойчива, поскольку потеря одной или даже двух букв в названии во многих случаях позволяет по журналу (каталогу имеющихся клонов) восстановить исходный вариант. Точка, отделяющая цифру года от цифр месяца, необходима для удобства восприятия записи, так же как и дефис, стоящий за цифрами дня. Короткое собственное имя клона, создаваемое в процессе его выделения, обычно состоит из одной буквы латинского алфавита (в течение дня сложно выделить количество клонов большее, чем число букв латинского алфавита) и является удобным в произношении, при устном общении и обсуждении материала, а также для написания на сосудах при частых пересевах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Начало содержания культур диатомовых водорослей на Карадагской научной станции связано с именем Л. А. Ланской [4]. Несколько поколений исследователей на протяжении более чем полувека изучали различные аспекты воспроизведения диатомовых, их жизненные циклы, покоящие-

ся стадии, влияние факторов среды на рост и ауко-спорообразование [10]. Интересующие исследователей виды водорослей выделяли в культуру из природных проб, чаще всего взятых в окрестностях Карадага. По окончании наблюдений и экспериментов выделенные культуры далее не поддерживали, для следующих исследований брали новые виды.

В последнее десятилетие пришло понимание того, что каждый выделенный клон важен не только для выполнения текущих экспериментов: в дальнейшем он может быть использован и для решения других задач. Изменение отношения к культурам стало формироваться в связи с возникшим интересом к исследованиям в области биогеографии и филогении диатомовых. Потребовалось собрать пробы из многих удалённых друг от друга популяций Евразийского континента и различных морей Мирового океана. Получение проб, выделение клоновых культур, ожидание наступления генеративной фазы, эксперименты по скрещиванию — все эти действия требуют значительного времени и иногда растягиваются на годы. В лабораторной коллекции накапливались культуры разных видов, представленные несколькими популяциями из различных мест. Из каждой популяции по возможности выделяли несколько клоновых культур (штаммов), что обусловлено условиями выполнения экспериментов по скрещиванию и необходимостью проведения молекулярно-генетического анализа. В итоге к настоящему времени в лаборатории водорослей и микробиоты Карадагской научной станции сформирована коллекция живых культур диатомовых водорослей, которая представлена более чем 400 клонами, относящимися к 27 морским и 7 пресноводным видам (табл. 1). Вид *Nitzschia palea* (Kützinger) W. Smith нами отнесён к пресноводным, хотя он может выдерживать повышение солёности до 40 ‰.

Диатомовые водоросли распространены очень широко, они обитают во всех морях и океанах, пресных, солоноватоводных, гиперсолёных водоёмах, горячих источниках, в пещерах и в почве. Видовое разнообразие этих одноклеточных организмов поражает: к настоящему времени идентифицировано и описано около 30 тыс. видов, предполагается существование примерно 100 тыс.

видов [20]. Принимая во внимание относительно непродолжительную эволюционную историю (первые диатомовые появились на Земле приблизительно 200–250 млн лет тому назад [23, 24]), можно сказать о том, что столь высокое разнообразие свидетельствует об очевидном успехе *Bacillariophyta*. Для результативного эволюционного развития группа организмов должна располагать соответствующей генетической основой и иметь эффективный способ её модификации и передачи из поколения в поколение.

Диатомовые возникли в результате симбиогенеза [7], как сейчас принято считать, в два этапа, когда изначально гетеротрофный организм поглотил, но полностью не переварил уже существовавшую к тому времени зелёную водоросль, а затем таким же путём эндосимбиоза в клетку была инкорпорирована одноклеточная красная водоросль [13, 16, 21]. Анализ полных сиквенсов геномов двух видов диатомовых показал, что в них, помимо генов гетеротрофного эукариота и организмов-симбионтов, присутствуют также гены прокариот (цианобактерий, протеобактерий, архей) и простейших, полученные за счёт горизонтального переноса [14]. Обладая столь разнообразным генным запасом, диатомовые демонстрируют ряд уникальных особенностей, состоящих, например, в том, что их биохимическая «машина» поддерживает полный цикл уриновых кислот, что абсолютно нехарактерно для растительных организмов; в отсутствие фотосинтеза диатомовые способны использовать для получения необходимой энергии депонированные масла, которые являются у них основными запасными веществами [14]. Наличие уникальных комбинации генов и метаболических путей позволяет высказать мысль о том, что диатомовые не являются ни растениями, ни животными, по сути реализуя самостоятельную в своём развитии эволюционную линию [14].

Своеобразие диатомовых ярко выражено в их репродуктивных особенностях. Диатомовые водоросли являются диплоидными гапобионтами [15]: в их жизненном цикле доминирует только одна фаза, в которой организм диплоиден, смена поколений отсутствует. Гаплоидная фаза присуща лишь гаметам, образующимся в процессе полового воспроизведения вследствие мейотической

редукции и существующим всего несколько минут или часов до момента слияния и формирования зиготы. Последующая кариогамия восстанавливает диплоидный набор хромосом. Таким образом, по типу жизненного цикла диатомовые схожи и с позвоночными животными, и с некоторыми бурными и зелёными водорослями. Принципиален тот факт, что у большинства видов диатомовых половое воспроизведение является непременным этапом жизненного цикла. Связано это с хорошо известными особенностями строения и формирования створок панцирей диатомей [22]. Твёрдый кремнеземный панцирь диатомовых состоит из двух половинок: эпитека накрывает гипотеку, подобно тому как крышка — коробку. В результате митотического деления формируются новые теки панциря, которые встраиваются внутри существующих. После деления образуются две клетки, одна из которых имеет первоначальный, а вторая — немного меньший размер, и таким образом в процессе вегетативного деления со временем средний размер клеток в популяции уменьшается вплоть до критических величин. Восстановление исходных, характерных для вида максимальных размеров происходит у диатомовых в ходе процесса ауксоспорообразования (ауксоспоруляции). Образование ауксоспор в подавляющем большинстве случаев сопряжено с половым воспроизведением. Ауккоспора — специфическая клетка, представляющая собой следующий этап развития после зиготы и способная за несколько часов быстро увеличиваться в размерах в несколько раз. После того как ауккоспора достигает максимального размера, внутри неё формируются теки инициальной клетки. Последняя возобновляет вегетативное деление и даёт начало клону новой генерации. Описанная схема изменения размеров диатомовых в жизненном цикле известна как правило МакДональда — Пфитцера [17]. Обязательность полового процесса создаёт условия для генетической рекомбинации, а с учётом того, что большинство видов диатомовых являются раздельнополыми (генетически двудомными) и пол у них детерминирован диплогенотипически [1, 18], в их системах скрещивания доминирует аутбридинг, повышающий генетическое разнообразие.

В целом для диатомовых характерны: а) высокое генетическое разнообразие; б) своеобразие,

выражающееся в уникальных генетических комбинациях; в) специфичность метаболических путей отдельных видов. На самом деле для подтверждения сказанного достаточно сравнить геномы двух видов диатомовых [14] (*Thalassiosira pseudonana* Hasle & Heimdal и *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin), эволюционные линии которых разошлись около 90 млн лет тому назад. Их генетические различия сравнимы с различиями между млекопитающими и рыбами, эволюционная дивергенция которых произошла более 550 млн лет тому назад.

Мы вынуждены констатировать низкую представленность Bacillariophyta в коллекциях микроводорослей, несоизмеримую с их видовым богатством. Так, в коллекции Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, которая имеет международный статус (шифр IPPAS) и является одной из крупнейших коллекций микроводорослей в России, диатомовые не содержатся вообще [25]. В каталог Всероссийской коллекции микроорганизмов [26] диатомовые водоросли не включены, хотя отмечены в списке коллекций. В коллекциях, включающих культуры диатомовых, количество поддерживаемых штаммов, как правило, не превышает одного-двух десятков. Например, в коллекции культур микроводорослей Института биологии южных морей (ныне Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН) в 2008 г. содержалось 15 видов диатомовых, преимущественно из планктона Чёрного моря [9]; в наши дни ситуация осталась прежней. В коллекции культур морских микроводорослей Института биологии моря им. А. В. Жирмунского ДВО РАН в 2011 г. имелось 13 видов (18 штаммов) диатомовых [8]. В коллекции водорослей и протистов (Culture Collection of Algae and Protozoa, CCAP; Scotland, UK) 12 родов диатомовых представлены 19 штаммами, хотя вся коллекция насчитывает более 1300 штаммов [28]. В крупнейшей в мире коллекции морских водорослей NCMA (ранее CCMR) Национального центра морских водорослей и микробиоты США (National Center for Marine Algae and Microbiota) к настоящему времени диатомовые представлены всего 162 штаммами из 22 идентифицированных родов [27]. Хранящихся в живых культурах, а не в состоянии глубокой замороз-

ки штаммов диатомовых насчитывается 18, причём определённых до вида — всего 5.

Любопытны результаты анализа количества видов водорослей, представленных в мировых коллекциях живых культур согласно базе данных WDCM CCINFO [6]. По данным авторов анализа, в 12 крупнейших коллекциях мира содержится в совокупности 61 вид диатомовых (в то время как зелёные водоросли представлены 1404 видами). Если сравнить представленность видов диатомовых в культурах с их видовым богатством в природе, можно насчитать всего 0.5 % от общего количества известных видов, несмотря на то, что эта группа отличается наибольшим видовым разнообразием и доминирует в большинстве природных местообитаний водорослей. Заметим, что авторы в своей оценке используют заниженные данные об общем количестве известных видов диатомовых (примерно 12 тыс.).

На фоне известных коллекций коллекция диатомовых на Карадагской научной станции положительно выделяется количеством содержащихся в ней видов и клонов, а также тем, что все культуры поддерживаются в живом виде, в фазе активного роста. В коллекции содержатся преимущественно бентосные диатомовые, как правило, относящиеся к пеннатым. Одним из важнейших преимуществ коллекции КНС является то, что для большинства клонов выявлена система скрещивания вида, изучен его жизненный цикл, установлена половая принадлежность (скрещивающийся тип) клонов. Помимо нашей коллекции, такие данные в отношении диатомовых не предоставляет ни одна в мире, за исключением коллекции диатомовых университета г. Гент (Ghent, Belgium) [29].

Коллекция Карадагской научной станции служит для выполнения НИР, ориентированных, прежде всего, на изучение полового воспроизведения и жизненных циклов диатомовых. Однако с учётом многоплановой значимости диатомовых водорослей наша коллекция имеет гораздо больший потенциал ввиду возможного практического применения в биотехнологиях, а именно:

- производства биотоплива из водорослей (в этом отношении диатомовые особенно ценны, т. к. способны накапливать липиды в большом количестве — до половины массы клетки);

- получения промышленных ферментов, биополимеров, кормов для животных;
- получения биологически активных и новых веществ для производства косметических и фармакологических средств;
- рекультивации при помощи водорослей сточных и промышленных вод;
- поглощения избыточного количества углекислого газа, выделяемого производствами.

При этом следует ещё раз подчеркнуть, что первыми шагами на пути освоения потенциала, заложенного в водорослях, являются выделение из природы отдельных штаммов и создание коллекции культур.

Исследования выполняются в рамках НИ-ОКТР «Изучение жизненных циклов и систем воспроизведения диатомовых водорослей» (АААА-А16-116022510089-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Давидович Н. А. Наследование пола при внутрикловом воспроизведении облигатно двудомного вида *Nitzschia longissima* (Bréb.) Ralfs (Bacillariophyta) // *Альгология*. 2005. Т. 15, № 4. С. 385–398. [Davidovich N. A. Sex inheritance during intracloal reproduction in the obligatory dioecious species *Nitzschia longissima* (Bréb.) Ralfs (Bacillariophyta). *Al'gologiya*, 2005, vol. 15, no. 4, pp. 385–398. (in Russ.)].
2. Давидович Н. А., Давидович О. И. Использование среды ESAW в опытах по изучению полового воспроизведения диатомовых водорослей // *Карадаг - 2009. Сборник трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины* / ред. А. В. Гаевская, А. Л. Морозова. — Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 538–544. [Davidovich N. A., Davidovich O. I. Ispol'zovanie sredy ESAW v opytah po izucheniyu polovogo vosproizvedeniya diatomovykh vodoroslej. In: *Karadag - 2009. Sbornik trudov, posvyashchennyj 95-letiyu Karadagskoj nauchnoj stantsii i 30-letiyu Karadagского prirodnogo zapovednika Natsional'noj akademii nauk Ukrainy* / A. V. Gaevskaya, A. L. Morozova (Eds.). —
3. Давидович Н. А., Давидович О. И., Подунай Ю. А., Шоренко К. И., Куликовский М. С. Репродуктивные особенности диатомовых водорослей: значение для культивирования и биотехнологии // *Физиология растений*. 2015. Т. 62, № 2. С. 167–175. [Davidovich N. A., Davidovich O. I., Podunaj Yu. A., Shorengo K. I., Kulikovskij M. S. Reproductive properties of diatoms significant for their cultivation and biotechnology. *Fiziologiya rastenij*, 2015, vol. 62, no. 2, pp. 167–175. (in Russ.)].
4. Давидович Н. А., Шоренко К. И., Давидович О. И., Подунай Ю. А. Исторический очерк и перспектива изучения диатомовых водорослей (Bacillariophyta) на Карадаге // *100 лет Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского: сборник научных трудов* / ред. А. В. Гаевская, А. Л. Морозова. Симферополь : Н. Орианда, 2015. С. 441–450. [Davidovich N. A., Shorengo K. I., Davidovich O. I., Podunaj Yu. A. Istoricheskij ocherk i perspektiva izucheniya diatomovykh vodoroslej (Bacillariophyta) na Karadage. In: *100 let Karadagской nauchnoj stantsii im. T. I. Vyazemskogo: sbornik nauchnykh trudov* / A. V. Gaevskaya, A. L. Morozova (Eds.). Simferopol: N. Orianda, 2015, pp. 441–450. (in Russ.)].
5. Жузе А. П., Прошкина-Лавренко А. И., Шешукова В. С. Диатомовый анализ. Кн. 1 / ред. А. И. Прошкина-Лавренко. Москва; Ленинград: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1949. 239 с. [Zpuze A. P., Proshkina-Lavrenko A. I., Speshukova V. S. Diatomovyj analiz. Kn. 1 / A. I. Proshkina-Lavrenko (Ed.). Moscow; Leningrad: Gos. izd-vo geol. lit-ry, 1949, 239 p. (in Russ.)].
6. Комаристая В. П., Горбулин О. С., Догадина Т. В. Водоросли в базе данных мировых коллекций живых культур WDCM CCINFO // *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Біологія*. 2015. Вып. 25. С. 57–63. [Komaristaya V. P., Gorbulin O. S., Dogadina T. V. Vodorosli v baze dannyh mirovykh kollektzij zhivykh

- kul'tur WDCM CCINFO. *Visnik Harkivs'kogo natsional'nogo universitetu imeni V. N. Karazina. Seriya: Biologiya*, 2015, iss. 25, pp. 57–63. (in Russ.).]
7. Мережковский К. С. *Теория двух плазм, как основа симбиогенеза, нового учения о происхождении организмов*. Казань: Типо-литография Имп. Ун-та, 1909. 97 с. [Merezhkovskij K. S. *Teoriya dvuh plazm, kak osnova simbiogeneza, novogo ucheniya o proishozhdenii organizmov*. Kazan: Tipo-litografiya Imp. Univ., 1909, 97 p. (in Russ.).]
 8. Орлова Т. Ю., Айздайчер Н. А., Стоник И. В. *Лабораторное культивирование морских микроводорослей, включая продуцентов фитотоксинов: научно-методическое пособие*. Владивосток: Дальнаука, 2011. 89 с. [Orlova T. Yu., Ajzdajcher N. A., Stonik I. V. *Laboratornoe kul'tivirovanie morskikh mikrovodoroslej, vklyuchaya producentov fitotoksinov: nauchno-metodicheskoe posobie*. Vladivostok: Dal'nauka, 2011, 89 p. (in Russ.).]
 9. Стельмах Л. В. Создание и сохранение // *Микроводоросли Чёрного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования* / ред. Ю. Н. Токарев, З. З. Финенко, Н. В. Шадрин; НАН Украины, Институт биологии южных морей. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. С. 201–202. [Stel'mah L. V. Sozdanie i sohranenie. In: *Mikrovodorosli Chernogo morya: problemy sohraneniya bioraznoobraziya i biotekhnologicheskogo ispol'zovaniya* / Yu. N. Tokarev, Z. Z. Finenko, N. V. Shadrin (Eds.); NAN Ukrainy, Institut biologii yuzhnyh morej. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2008, pp. 201–202. (in Russ.).]
 10. Чепурнов В. А., Манн Д. Д. Изучение жизненных циклов и репродуктивного поведения диатомовых водорослей в Карадагском природном заповеднике: история вопроса, результаты и перспективы // *Карадаг. История, биология, археология: сборник научных трудов, посвященный 85-летию Карадагской биологической станции им. Т. И. Вяземского*. Симферополь: Сонат, 2001. С. 159–175. [Chepurnov V. A., Mann D. D. Izuchenie zhiznennykh tsiklov i reproduktivnogo povedeniya diatomovykh vodoroslej v Karadagskom prirodnom zapovednike: istoriya voprosa, rezul'taty i perspektivy. In: *Karadag. Istoriya, biologiya, arheologiya: Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchennyj 85-letiyu Karadagskoj biologicheskoy stantsii im. T. I. Vyazemskogo*. Simferopol: Sonat, 2001, pp. 159–175. (in Russ.).]
 11. Andersen R. A., Berges J. A., Harrison P. J., Watanabe M. M. Recipes for freshwater and seawater media. In: *Algal culturing techniques* / R. A. Andersen (Ed.). Elsevier Academic Press, 2005, pp. 429–538.
 12. Andersen, R. A., Kawachi, M. Traditional microalgae isolation techniques. In: *Algal culturing techniques* / R. A. Andersen (Ed.). Elsevier Academic Press, 2005, pp. 83–100.
 13. Archibald J. M. The puzzle of plastid evolution. *Current Biology*, 2009, vol. 19, pp. R81–R88.
 14. Armbrust E. V. The life of diatoms in the world's oceans. *Nature*, 2009, vol. 459, pp. 185–192.
 15. Bold H. C., Wynne M. J. *Introduction to the Algae. Structure and Reproduction*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc., 1985, 662 p.
 16. Bowler C., Allen A. E., Badger J. H., Grimwood J., Jabbari K., Kuo A., Maheswari U., Martens C., Maumus F., Otilar R. P., Rayko E., Salamov A., Vandepoele K., Beszteri B., Gruber A., Heijde M., Katinka M., Mock T., Valentin K., Verret F., Berges J. A., Brownlee C., Cadoret J.-P., Chiovitti A., Choi C. J., Coesel S., de Martino A., Detter J. C., Durkin C., Falciatore A., Fournet J., Haruta M., Huysman M. J. J., Jenkins B. D., Jiroutova K., Jorgensen R. E., Joubert Y., Kaplan A., Kröger N., Kroth P. G., la Roche J., Lindquist E., Lommer M., Martin-Jézéquel V., Lopez P. J., Lucas S., Mangogna M., McGinnis K., Medlin L. K., Montsant A., Oudot-Le Secq M.-P., Napoli C., Obornik M., Schnitzler-Parker M., Petit J.-L., Porcel B. M., Poulsen N., Robison M., Rychlewski L., Rynearson T. A., Schmutz J., Shapiro H., Siat M., Stanley M., Sussman M. R., Taylor A. R., Vardi A., von Dassow P., Vyverman W., Willis A., Wyrwicz L. S., Rokhsar D. S., Weissenbach J., Armbrust E. V., Green B. R., van de Peer Y.,

- Grigoriev I. V. The Phaeodactylum genome reveals the evolutionary history of diatom genomes. *Nature*, 2008, vol. 456, pp. 239–244.
17. Chepurnov V. A., Mann D. G., Sabbe K., Vyverman W. Experimental studies on sexual reproduction in diatoms. *International Review of Cytology*, 2004, vol. 237, pp. 91–154.
18. Gastineau R., Davidovich N. A., Hallegraeff G. M., Prober I., Mouget J.-L. Reproduction in Microalgae. In: *Reproductive Biology of Plants* / Ramawat, K. G., Mérillon, J. M., Shivanna, K. R. (Eds.). CRC Press, 2014, pp. 1–28.
19. Mann D. G., Chepurnov V. A. What have the Romans ever done for us? The past and future contribution of culture studies to diatom systematics. *Nova Hedwigia*, 2004, vol. 79, pp. 237–291.
20. Mann D. G., Vanormelingen P. An inordinate fondness? The number, distributions and origins of diatom species. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 2013, vol. 60, pp. 414–420.
21. Moustafa A., Beszteri B., Maier U. G., Bowler C., Valentin K., Bhattacharya D. Genomic footprints of a cryptic plastid endosymbiosis in diatoms. *Science*, 2009, vol. 324, pp. 1724–1726.
22. Round F. E., Crawford R. M., Mann D. G. *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990, 747 p.
23. Sims P. A., Mann D. G., Medlin L. K. Evolution of the diatoms: insights from fossil, biological and molecular data. *Phycologia*, 2006, vol. 45, iss. 4, pp. 361–402.
24. Sorhannus U. A nuclear-encoded small-subunit ribosomal RNA timescale for diatom evolution. *Marine Micropaleontology*, 2007, vol. 65, pp. 1–12.
25. [Коллекция микроводорослей IPPAS] [Электронный ресурс]. Режим доступа: collection.cellreg.org/index.php (Дата обращения 20.10.2016) [Kollektsiya mikrovodoroslei IPPAS [Electronic resource]. Available at: collection.cellreg.org/index.php (accessed 20.10.2016) (in Russ.)].
26. Генетические и биологические (зоологические и ботанические) коллекции РФ. Коллекции микроорганизмов [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.sevin.ru/collections/microorganisms.html (Дата обращения 20.10.2016). [Geneticheskie i biologicheskie (zoologicheskie i botanicheskie) kollektsii RF. Kollektii mikroorganizmov [Electronic resource]. Available at: www.sevin.ru/collections/microorganisms.html (accessed 20.10.2016) (in Russ.)].
27. Bigelow: National Center for Marine Algae and Microbiota [Electronic resource]. Available at: ncma.bigelow.org/products/algae/algae-class-bacillariophyceae (accessed 20.10.2016).
28. Culture Collection of Algae and Protozoa [Electronic resource]. Available at: www.ccap.ac.uk/advanced-search.php?mode=taxo (accessed 28.11.2016).
29. Vanormelingen P., Detongre O., Chepurnova O., Vyverman W. BCCM/DCG, a new and dedicated diatom culture collection integrated in the belgian coordinated collections of microorganisms // *Twentysecond International Diatom Symposium*. Aula Academica, Ghent, 26-31 Aug. 2012: Abstracts / Sabbe Koen, Van de Vijver Bart, Vyverman Wim (Eds). VLIZ Special Publication, 2012, vol. 58, p. 239.

Таблица 1. Виды диатомовых в коллекции лаборатории водорослей и микробиоты Карадагской научной станции (октябрь 2016 года)**Table 1.** Diatom species in the collection of the algae and microbiota laboratory of Karadag Scientific Station (October 2016)

п/п	Вид	Регион отбора проб	К-во клонов
М о р с к и е			
1	<i>Ardissonea crystallina</i> (C. Agardh) Grunow	Атлантический океан, Чёрное море, г. Севастополь	38
		Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	13
2	<i>Climaconeis scalaris</i> (Brébisson) E. J. Cox	Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	36
3	<i>Climaconeis</i> sp.	Тихий океан, г. Окланд	8
4	<i>Coscinodiscus</i> sp. 1	Атлантический океан, Адриатическое море, Черногория	1
5	<i>Coscinodiscus</i> sp. 2	Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	2
6	<i>Coscinodiscus</i> sp. 3	Тихий океан, Охотское море	1
7	<i>Dimeregramma</i> sp.	Атлантический океан, Южная Африка	6
8	<i>Halamphora</i> sp.	Тихий океан, Южно-Китайское море	2
9	<i>Haslea karadagensis</i> Davidovich, Gastineau & Mouget	Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	15
10	<i>Haslea ostrearia</i> (Gaillon) Simonsen	Атлантический океан, Бискайский залив	1
11	<i>Haslea provincialis</i> Gastineau, Hansen & Mouget	Атлантический океан, Адриатическое море	2
12	<i>Haslea silbo</i> ad int.	Атлантический океан, Тирренское море, Неаполитанский залив	6
13	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Grunow	Атлантический океан, Бискайский залив	1
		Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	1
14	<i>Nitzschia rectilonga</i> Takano	Атлантический океан, Мексиканский залив	16
		Атлантический океан, Бискайский залив	2
		Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	1
		Индийский океан, Красное море	3
		Индийский океан, Персидский залив	10
15	<i>Nitzschia ventricosa</i> Kitton	Атлантический океан, Мексиканский залив	2
		Атлантический океан, Карибское море, о. Мартиника	5
		Атлантический океан, Канарские о-ва, о. Ля Гомера	7
		Атлантический океан, Канарские о-ва, о. Ля Пальма	1
16	<i>Nitzschia</i> sp. 1	Тихий океан, Восточно-Китайское море	13
17	<i>Nitzschia</i> sp. 2	Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	9
18	<i>Nitzschia</i> sp. 3	Индийский океан, Бенгальский залив, Мьянма	3
		Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	3
19	<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	Атлантический океан, Чёрное море, б. Ласпи	5
20	<i>Paralia</i> sp.	Тихий океан, Южно-Китайское море	1
		Атлантический океан, Чёрное море, Карадаг	4

Продолжение на следующей странице. Continued on the next page.

п/п	Вид	Регион отбора проб	К-во клонов
21	<i>Pleurosigma</i> sp.	Атлантический океан, Южная Каролина, США	7
22	<i>Schizostauron</i> sp. 1	Индийский океан, о. Мадагаскар	1
23	<i>Schizostauron</i> sp. 2	Индийский океан, Юго-Восточная Африка	5
24	<i>Schizostauron</i> sp. 3	Индийский океан, Красное море	9
25	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams & Round	Чёрное море, Карадаг	2
26	<i>Tabularia</i> cf. <i>fasciculata</i>	Тихий океан, Дальний Восток	4
27	<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijjs	Чёрное море, г. Керчь	1
Всего:			247
П р е с н о в о д н ы е			
1	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	Россия, оз. Телецкое	4
2	<i>Eunotia</i> sp.	Южная Каролина, США	6
3	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	Россия, преимущественно Центральный феде- ральный округ	14
4	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	Россия, г. Уфа	3
5	<i>Tabellaria</i> sp.	Россия, оз. Фролиха/Байкал	28
		Монголия, оз. Хубсугул	4
6	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M. Aboal	Россия, оз. Рица	6
		Россия, оз. Телецкое	4
		Россия, оз. Байкал	8
		Монголия, оз. Хубсугул	4
		Индонезия, оз. Матано	4
7	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	Бельгия, г. Гент	4
		Великобритания, Уэльс, г. Кардифф	4
		Франция, г. Ле-Ман	4
		Украина, р. Днепр, г. Киев	2
		Россия, Крым	32
		Россия, оз. Рица	4
		Россия, р. Москва, г. Звенигород	4
		Россия, р. Адуй	7
		Россия, р. Бия	6
		Россия, р. Обь	4
		Россия, оз. Телецкое	5
		Россия, оз. Фролиха/Байкал	2
		Россия, г. Владивосток	8
		Монголия, оз. Хубсугул	8
		Индонезия	12
Всего:			191

The diatom culture collection at Karadag Scientific Station (Crimea)

N. A. Davidovich, O. I. Davidovich, Yu. A. Podunay

T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve RAS, Feodosia, Russian Federation

E-mail: karadag-algae@yandex.ru

Diatoms, the essential member of the global biosphere, are represented by 30 000 known species and presumably can include about 100 000 species. These microalgae have evolved unique set of genes, pathways of biosynthesis, and physiological properties. This rich genetic and production potential is inadequately used because the biology and life cycles of these microalgae are vaguely known, their presence as living organisms in culture collections of any country is very limited and the experience in diatom clone/strain isolation and culture maintenance — in deficiency. Formation of a collection of diatom cultures is the first step to practical uses of the rich genetic and metabolic material. The sensitivity of diatoms to environmental/medium quality and to metabolites (autoinhibition) makes the task uneasy. At Karadag Scientific Station, Crimea for more than four decades the studies have been performed and the experience in clonal culture isolation and maintenance accumulated. The resulting working collection includes over 400 clones of 27 marine and 7 freshwater species. Samples of marine diatoms were gathered in the Black Sea and over the World Ocean, and the freshwater microalgae — over Eurasian regions. The cultures are kept in liquid media and regularly reinoculated. Work with the collection is required when studying reproduction characteristics, species biogeography and intraspecific variations in diatoms, and can be of interest for biotechnologies exploring practical application of diatoms. The diatom collection at Karadag Scientific Station, its value and applications are discussed and compared with some world-known microalgal collections.

Keywords: diatoms, culture collection, clones, liquid culture media, Karadag Scientific Station, Crimea

УДК [597.2/.5+595.384] (262.5)

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ БОГАТСТВО РЫБ И ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ПОЛУОСТРОВА АБРАУ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

© 2017 г. **Е. П. Карпова**, н. с., **А. Р. Болтачев**, канд. биол. наук, зав. отд.,
С. В. Статкевич, м. н. с., **В. В. Губанов**, вед. инж.

Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН,
Севастополь, Россия

E-mail: karpova_je@mail.ru

Поступила в редакцию 09.02.2017 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Недостаточная изученность морской фауны в уникальных природных условиях охраняемых заповедных акваторий делает чрезвычайно актуальным комплексное исследование видового состава гидробионтов прибрежной зоны полуострова Абрау (Кавказский район Чёрного моря). Целью работы являлись проведение инвентаризации видового богатства рыб и десятиногих ракообразных морской прибрежной акватории Абрауского полуострова и оценка современного состояния его таксономической структуры. В ходе экспедиционных исследований в мае и в сентябре 2016 г. изучены таксоцены рыб и десятиногих ракообразных в акватории государственного природного заповедника «Утриш». Исследования проведены классическими методами, включая ихтиопланктонные и ручные сборы, и дополнены методами фото- и видеорегистрации. В результате ревизии видового богатства по литературным и собственным данным установлено, что таксоцен рыб насчитывает 64 вида, относящихся к 46 родам из 36 семейств, принадлежащих 14 отрядам; таксоцен десятиногих ракообразных состоит из 14 видов, принадлежащих 13 родам из 12 семейств и 1 отряда (Decapoda).

Ключевые слова: видовой состав, ихтиофауна, десятиногие ракообразные, Чёрное море, полуостров Абрау, таксономическая структура, вселенцы

Кавказский район Чёрного моря начинается полуостровом Абрау, расположенным в крайней северной части субтропического пояса. Он представляет собой молодой низкогорный массив овальной формы, который выступает в акваторию Чёрного моря на территории Краснодарского края России. Его естественными морскими границами являются Анапская бухта на севере, открытое побережье Чёрного моря — на западе и Цемесская бухта — на юге. На востоке со стороны континента условные границы полуострова проводят по долинам рек Цемес и Маскага. Вдоль побережья п-ова Абрау проходит Утришский разлом, образовавшийся 5–7 тыс. лет назад вследствие сильного землетрясения [25].

Морская прибрежная зона полуострова сформировалась под действием абразивных процессов при колебаниях уровня моря и является типичной морской акваторией Кавказского района, с узким шельфом и крутым, сильно изрезанным материковым склоном. Для этого участка черноморского побережья характерны смещения горных пород, отличающиеся от остальных оползней черноморского побережья Кавказа специфическими чертами надводного и подводного рельефа [8]. Выступающие в море (в среднем на 50–100 м) участки береговых уступов являются оползневыми языками, сложенными обломками флишевых пород. Между этими выступами расположены небольшие псевдолагуны (озерца), обычно заполненные

солонатовой водой и отделённые от моря неширокими косами из галечника.

На побережье между мысами Большой Утриш и Малый Утриш расположена территория государственного природного заповедника (ГПЗ) «Утриш», в состав которого включены два участка прибрежной зоны территориальных вод Чёрного моря. Северный участок примыкает к п-ову Абрау на траверзе береговых объектов от водотока Водопадная Щель до г. Кобыла, южный находится между водотоками Базовая Щель и Широкая Щель. Участки выдаются в море в среднем на 2 км от уреза воды, имеют площадь около 287 и 496 га соответственно, их общая площадь составляет 783 га. До воссоединения республики Крым с Россией это был единственный в стране заповедник на Чёрном море с морскими природоохранными акваториями. ГПЗ «Утриш» был организован сравнительно недавно — в 2010 г.

Исследования ихтиофауны Чёрного моря, включая его северо-восточную часть, начаты в конце XVIII столетия и связаны с именами таких выдающихся учёных, как С. Г. Гмелин и К. И. Габлиц (работали с 1768 по 1785 гг.), а затем продолжены трудами П. С. Палласа, описавшего 94 вида рыб в Чёрном и Азовском морях. В начале XX века завершён первый фаунистический и зоогеографический этап в изучении моря, что нашло отражение в работе известного ихтиолога В. К. Совинского.

Наибольший подъём комплексных гидробиологических (включая ихтиологические) исследований возле северо-восточных берегов Чёрного моря приходится на середину XX века, что связано с активной деятельностью учёных Новороссийской биологической станции, открытой весной 1921 г. Идея создания станции принадлежит А. Л. Бенингу, а непосредственная инициатива её учреждения — В. М. Арнольди, который и стал её первым руководителем. Именно у берегов Северного Кавказа В. А. Водяницким, который вместе с Н. В. Морозовой-Водяницкой входил в начальный коллектив научных сотрудников станции, выполнены первые на Чёрном море ихтиопланктонные исследования и описаны икринки и личинки 19 видов рыб непосредственно в Новороссийской бухте [7]. Ихтиопланктонные исследования продолжены Косякиной [11], обнаружившей 22 вида,

в том числе пеламиду и бопса, и Пчелиной [21, 22], зарегистрировавшей нерест 39 видов рыб. Во второй половине XX века там же регистрировался нерест уже как минимум 34 видов [4, 10]. Ихтиофауна взрослых рыб исследована Е. И. Драпкиным [9], состав рыбного населения, включающий 67 видов, и биотопическая приуроченность рыб в Новороссийской бухте рассмотрены С. М. Малятским [12]. Подобные исследования для Кавказского побережья и в целом для Чёрного и Азовского морей проведены Е. П. Сластененко [24].

Первые сведения об ихтиофауне береговых солонатоводных озёр пляжной зоны п-ова Абрау относятся к 1930-м годам. В ходе исследований в одном из озёр, расположенном между устьями Агирское и Лобаново, описан новый вид бычка *Relictogobius kryzanowskii* [23], впоследствии признанный младшим синонимом средиземноморского вида бычка хромогобиуса четырехполосого *Chromogobius quadrivittatus*. Исследования 1971 г. подтвердили обитание этого вида [17], однако в дальнейшем, очевидно, произошло его исчезновение в водоёмах береговой полосы [15]. В последнее десятилетие в составе рыбного населения безымянных береговых озёр отмечены только два морских вида семейства бычковых — чёрный бычок *Gobius niger* и бычок-рысь *G. bucchichi* [25], популяции которых, вероятно, возникли в результате заноса штормами.

В послевоенные годы ихтиологические исследования в этом регионе выполнялись преимущественно на шельфе, в основном для рыбохозяйственных целей, а в прибрежной зоне проводились эпизодически.

В списке видов, составленном на основании ихтиологических исследований в прилегающей к Северному Кавказу акватории в 1990–2000 гг., приводится 91 вид и подвид рыб [16]. В результате сравнения с ранее полученными данными, автором к числу исчезнувших отнесены шип, атлантический осётр, европейский морской чёрт; к ряду исчезающих — русский осётр, севрюга, белуга, черноморская кумжа, остронос, светлый горбыль, атлантическая пеламида, жёлтая тригла, арноглосс Кесслера, черноморский калкан, атлантическая скумбрия. В ихтиофауне северо-восточной части Чёрного моря, по анализам уловов промысловых орудий лова в период с 1993 по 2002 гг.,



Рис. 1. Карта станций исследований гидробионтов Абрауского полуострова

Fig. 1. Sampling map of research of hydrobionts near Abrau Peninsula

зарегистрировано 102 вида и подвида рыб [14], из общего числа которых массовые виды составляли 11 %, обычные — 39, редкие — 38, уязвимые — 8, исчезающие (шип и атлантический осётр) и случайные (серебряный карась и гамбузия) — по 2 %.

Таким образом, в целом у черноморских берегов Северного Кавказа, по разным оценкам, встречается от 91 [18, 19] до 102 [14] видов рыб. Непосредственно у берегов п-ова Абрау целенаправленные и комплексные ихтиологические исследования не проводились, в связи с чем список видов рыб акватории ГПЗ «Утриш» [25], включающий 72 вида, был составлен на основании анализа литературных данных, имеющихся для всего Северо-Кавказского региона. Однако обобщённые сводки видового состава, созданные на основе длительных наблюдений в регионе и указывающие все отмеченные виды, не отражают достаточно полно современного состояния ихтиофауны.

Состояние изученности других групп гидробионтов п-ова Абрау также является недостаточным. В настоящее время в литературе практически отсутствуют сведения о видовом разнообразии, распространении и встречаемости представителей фауны десятиногих ракообразных данного региона. В Эколого-экономическом обосновании образования ГПЗ «Утриш» [25] приведены упоминания о трёх видах Decapoda, обитающих в прибрежной морской акватории, — раке-

отшельнике (*Diogenes pugilator*), каменном крабе (*Eriphia verrucosa*) и крабе-пауке (*Macropodia rostrata*). Для береговых солёных озёр отмечено наличие черноморской травяной креветки (*Palaemon adspersus*). Достоверно известно также о находке голубого краба (*Callinectes sapidus*) в районе м. Большой Утриш [13].

Слабая изученность видового состава гидробионтов морской прибрежной зоны Абрауского п-ова, обитающих в уникальных природных условиях в охраняемых заповедных акваториях, делает чрезвычайно актуальным комплексное изучение морской фауны, которое и является целью настоящей работы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Видовой состав рыб, включая икру, личинок и взрослых особей, а также десятиногих ракообразных прибрежной зоны п-ова Абрау, изучен в ходе экспедиционных работ, проведённых авторами в период с 23 мая по 5 июня и с 11 по 20 сентября 2016 г. Исследованиями охвачены бухты Анапская и Змеиная, акватория ГПЗ «Утриш», а также солончатоводные береговые озёра (рис. 1). Специфика исследования гидробионтов в заповедных акваториях состоит в том, что допустимо применение только таких методов сбора и обработки материалов, использование которых не приводит к гибели животных, не наносит им поврежде-

ний в результате отлова и делает возможным их последующий выпуск в природную среду. В связи с этим методы исследований состояния популяций рыб непосредственно в природоохранной морской акватории ГПЗ «Утриш» включали только визуальные подводные наблюдения, фото- и видеорегистрацию с помощью подводной аппаратуры. Для изучения биологического состояния и видового богатства рыб использованы данные уловов промыслового ставного невода, установленного возле северной границы акватории заповедника.

Определение видового состава и показателей обилия десятиногих ракообразных осуществлено путём визуальных подводных наблюдений, с помощью облова прибрежных биотопов нетравмирующими орудиями лова (мальковой волокушей с ячейей 8 мм в кутовой части и ловушками), а также методами ручного сбора.

После получения ихтиологического материала выполнены следующие виды работ: определение видового состава улова и относительной численности рыб; массовые промеры рыб; неполный биологический анализ, включавший установление возраста рыб. Исследования ракообразных проведены по аналогичной схеме, за исключением определения возраста.

Во время проведения работ в Утришском заповеднике по периметру его границ за пределами природоохранной акватории выполнен лов ихтиопланктона на 10 станциях (рис. 1). Орудием лова служила сеть ихтиопланктонная коническая (ИКС-80) с диаметром входного обруча 80 см, диаметр ячеей фильтрующего газа — 400 мкм, длина сетного конуса — 300 см. Ловы произведены с борта маломерного плавсредства, принадлежащего ГПЗ «Утриш». Латинские названия рыб и десятиногих ракообразных приведены в таблицах 1 и 3 соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рыбы. При обобщении списков видов, указанных для данного региона в Эколого-экономическом обосновании создания ГПЗ «Утриш» [25], и полученных нами данных установлено, что ихтиофауна морской прибрежной зоны кавказского побережья Чёрного моря в районе ГПЗ «Утриш» в целом насчитывает не менее 79 видов, относящихся к 36 семействам. Однако фактическое число видов обычно существенно ниже интегральной оценки. По нашим данным, в 2016 г. в прибрежной зоне п-ова Абрау отмечено 64 вида рыб, что составляет более 80 % всего списка рыб, указанных для этой акватории.

Таблица 1. Видовой состав рыб в районе п-ова Абрау
Table 1. The list of fish species in the area of Abrau Peninsula

№	Вид	Район между мыса-ми Большой и Малый Утриш				Б. Анапская
		1	2	3	4	
Сем. Squalidae — Катрановые						
1	Акула катран <i>Squalus acanthias</i> Linnaeus, 1758					+
Сем. Rajidae — Скатовые						
2	Скат шиповатый <i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758		+			
Сем. Dasyatidae — Хвостоколовые						
3	Скат хвостокол обыкновенный <i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)					+
Сем. Acipenseridae — Осетровые						
4	Осетр русский <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt et Ratzeburg, 1833					+
5	Севрюга <i>Acipenser stellatus</i> Pallas, 1771					+
Сем. Engraulidae — Анчоусовые						
6	Анчоус европейский <i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+		
Сем. Clupeidae — Сельдевые						

Продолжение на следующей странице. Continued on the next page.

№	Вид	Район между мысами Большой и Малый Утриш				Б. Анапская
		1	2	3	4	
7	Пузанок черноморский <i>Alosa caspia</i> (Eichwald, 1838)				+	
8	Сельдь черноморско-азовская проходная <i>Alosa immaculata</i> Bennett, 1835				+	
9	Шпрот европейский <i>Sprattus sprattus</i> (Linnaeus, 1758)				+	
Сем. Salmonidae — Лососевые						
10	Кумжа черноморская <i>Salmo trutta labrax</i> Pallas, 1814				+	
Сем. Phycidae — Нитеперые налимы						
11	Налим трехусый средиземноморский <i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	+				
Сем. Gadidae — Тресковые						
12	Мерланг черноморский <i>Merlangius merlangus euxinus</i> Nordmann, 1840	+				
Сем. Ophidiidae — Ошибневые						
13	Ошибень обыкновенный <i>Ophidion rochei</i> Muller, 1845			+		
Сем. Mugilidae — Кефалевые						
14	Кефаль сингиль <i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)	+	+			+
15	Кефаль остронос <i>Liza saliens</i> (Risso, 1810)		+			
16	Кефаль лобан <i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	+				
17	Пиленгас <i>Liza haematocheila</i> (Temminch et Schlegel, 1845)	+				+
Сем. Atherinidae — Атериновые						
18	Атерина черноморская <i>Atherina pontica</i> (Eichwald, 1831)	+	+			
19	Атерина средиземноморская <i>Atherina hepsetus</i> Linnaeus, 1758	+	+			
Сем. Belonidae — Саргановые						
20	Сарган черноморский <i>Belone belone euxini</i> Gunther, 1866		+		+	
Сем. Syngnathidae — Иглобые						
21	Морская игла пухлощекая <i>Syngnathus abaster</i> Risso, 1827					+
22	Морская игла толсторылая <i>Syngnathus variegatus</i> Pallas, 1814	+	+			
Scorpaenidae — Скорпеновые						
23	Скорпена <i>Scorpaen aporcus</i> Linnaeus, 1758	+	+			+
Сем. Triglidae — Тригловые						
24	Морской петух жёлтый <i>Chelidonichthys lucerna</i> Linnaeus, 1758				+	
Сем. Serranidae — Каменные окуни						
25	Окунь каменный зебра <i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	+	+			
Сем. Pomatomidae — Луфаревые						
26	Луфарь <i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1758)		+			
Сем. Carangidae — Ставридовые						
27	Ставрида черноморская <i>Trachurus mediterraneus ponticus</i> Aleev, 1956	+	+	+	+	+
Сем. Sparidae — Морские караси						
28	Бопс <i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)			+		
29	Ласкирь <i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+			
30	Зубарик <i>Diplodus puntazzo</i> (Cetti, 1784)	+	+			
Сем. Centracanthidae — Смаридовые						

Продолжение на следующей странице. Continued on the next page.

№	Вид	Район между мысами Большой и Малый Утриш				Б. Анапская
		1	2	3	4	
31	Спикара <i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810 Сем. Sciaenidae — Горбылевые	+	+			
32	Горбыль тёмный <i>Sciaena umbra</i> Linnaeus, 1758	+	+			
33	Горбыль светлый <i>Umbrina cirrosa</i> (Linnaeus, 1758) Сем. Mullidae — Султанковые				+	
34	Султанка <i>Mullus barbatus ponticus</i> Essipov, 1927 Сем. Pomacentridae — Помацентровые	+	+	+		+
35	Ласточка <i>Chromis chromis</i> Linnaeus, 1758 Сем. Labridae — Губановые	+	+			
36	Зеленушка рябчик <i>Symphodus cinereus</i> (Bonnaterre, 1788)					+
37	Зеленушка глазчатая <i>Symphodus ocellatus</i> Forsskal, 1775	+	+			
38	Зеленушка перепелка <i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810)	+	+			
39	Зеленушка рулена <i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+		
40	Зеленушка носатая <i>Symphodus rostratus</i> (Bloch, 1791) Сем. Trachinidae — Морские дракончики		+			
41	Морской дракончик <i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758 Сем. Uranoscopidae — Звездочетовые			+	+	
42	Звездочет обыкновенный <i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758 Сем. Blenniidae — Собачковые				+	+
43	Морская собачка сфинкс <i>Aidablennius sphynx</i> (Valenciennes, 1836)	+	+			
44	Морская собачка павлин <i>Salaria pavo</i> (Risso, 1810)	+	+			
45	Зеленая морская собачка <i>Parablennius incognitus</i> (Bath, 1968)	+	+			
46	Обыкновенная морская собачка <i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	+	+			
47	Морская собачка длиннопупальцевая <i>Parablennius tentacularis</i> (Brünnich, 1768) Сем. Gobiesocidae — Присосковые		+			
48	Присоска толсторылая <i>Lepadogaster candollii</i> Risso, 1810 Сем. Callionymidae — Морские мыши	+	+			
49	Пескарка бурая <i>Callionymus pusillus</i> Delaroche, 1809 Сем. Gobiidae — Бычковые					+
50	Бычок хромогобиус четырехполосый <i>Chromogobius quadrivittatus</i> (Steindachner, 1863)		+			
51	Бычок кругляш <i>Gobius cobitis</i> Pallas, 1814	+	+			
52	Красноротый бычок <i>Gobius cruentatus</i> Gmelin, 1789				+	
53	Бычок чёрный <i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	+	+	+		
54	Бычок паганель <i>Gobius paganellus</i> Linnaeus, 1758	+	+			
55	Бычок мартовик <i>Mesogobius batrachocephalus</i> (Pallas, 1814)				+	
56	Бычок кругляк <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814)	+				
57	Бычок губан <i>Neogobius platyrostris</i> (Pallas, 1814)	+	+			
58	Лысун леопардовый <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)					+
59	Лысун Бата <i>Pomatoschistus bathi</i> Miller, 1982		+			

Продолжение на следующей странице. Continued on the next page.

№	Вид	Район между мыса-ми Большой и Малый Утриш				Б. Анапская
		1	2	3	4	
Сем. Scombridae — Скумбрии						
60	Пелагида атлантическая <i>Sarda sarda</i> (Bloch, 1793)					+
Сем. Scophthalmidae — Ромбовые						
61	Калкан черноморский <i>Scophthalmus maeoticus</i> (Pallas, 1814)					+
Сем. Pleuronectidae — Камбаловые						
62	Камбала глосса <i>Platichthys flesus luscus</i> (Pallas, 1814)					+
Сем. Bothidae — Ботусовые						
63	Арноглосс Кесслера <i>Arnoglossus kessleri</i> Schmidt, 1915					+
Сем. Soleidae — Морские языки						
64	Морской язык <i>Pegusa lascaris</i> (Risso, 1810)	+				+
ВСЕГО		33	33	8	19	12
		59				

Примечание: 1 и 2 — прибрежная акватория в мае и сентябре соответственно, 3 — ихтиопланктонные пробы, 4 — данные из уловов ставного невода м. Большой Утриш

В акватории ГПЗ «Утриш» в мае и сентябре 2016 г. зарегистрировано 40 видов рыб, по 33 вида за каждый период исследований (табл. 1). Общими между двумя сезонами являлись 26 видов; 7 видов встречено только в мае (скат морская лисица, налим трехусый средиземноморский, мерланг черноморский, лобан, пиленгас, бычок кругляк, морской язык) и 7 — только в сентябре (кефаль остронос, сарган, луфарь, губан носатый, длиннощупальцевая морская собачка, бычок хромогобиус четырехполосый, лисун Бата). Таким образом, отмечен довольно высокий показатель коэффициента сходства — 0.79 (по Серенсену — Чекановскому). Различия в видовом составе обусловлены как особенностями биологии отдельных видов, в частности сезонными подходами к берегам либо чрезвычайно скрытым образом жизни (криптобентические виды), так и избирательностью применённых методов исследования.

По итогам обработки проб ихтиопланктона выявлены икра и личинки 8 видов рыб, относящихся к 8 семействам (табл. 1). Впервые в прибрежной зоне п-ова Абрау зарегистрирована в планктоне икра пелагического мигранта — бопса, известного для Северо-Кавказского региона, но являющегося весьма редким видом [14, 21, 22]. Два вида — ошибень и бопс — отмечены нами только на ранних онтогенетических стадиях, взрослых особей

обнаружено не было; для остальных видов рыб зарегистрированы разновозрастные особи.

Наиболее результативным для изучения качественного состава рыбного населения прибрежной акватории являлось исследование уловов промысловых орудий лова, находящихся в районе м. Большой Утриш, которое показало наличие как минимум 19 видов (табл. 1). Из этого количества 3 вида отмечены и в наших наблюдениях (сарган представлен взрослыми особями, морской дракончик — икрой на разных стадиях развития), 16 видов нами встречены не были, но тем не менее включены в общий список.

Из 12 видов рыб, зарегистрированных в б. Анапская, 5 видов приурочены к её мелководным песчаным биотопам и не отмечены в других локалитетах. Это пухлощечая морская игла, зеленушка рябчик, бурая пескарка, леопардовый лисун и арноглосс Кесслера.

Согласно полученным нами данным, 6 видов рыб являются новыми для перечня видов данного района [25], хотя все они приведены для Северо-Кавказского региона ранее [6, 14, 20]. Подтверждено обитание и отмечена относительно высокая численность вида-вселенца лисуна Бата, впервые обнаруженного в российском секторе Чёрного моря в 2003 г., в районе м. Большой Утриш [5, 6].

Красноротый бычок, недавно впервые достоверно указанный для данного региона [20], также регистрируется регулярно, особенно в глубоководной части прибрежной акватории. Ещё один вселенец — зелёная собачка [3] — относится к обычным, но довольно малочисленным видам.

В наших наблюдениях отсутствуют указанные для данного региона [25] крайне малочисленные в Чёрном море мигрирующие виды, заходы которых в акваторию заповедника происходят эпизодически (белуга, пелагическая морская игла, а также понтический эндемичный солоноватоводный вид — тюлька), и оседлые рыбы, не имеющие в данном районе развитых популяций ввиду отсутствия подходящих для них условий обитания и, вероятно, встречающиеся случайно. Так, обнаружение ранее некоторых видов, нетипичных для черноморских акваторий открытых берегов и являющихся обитателями зарослей морских трав (бычки песочник и травяник, четыре вида игловых), может объясняться их случайным проникновением из солоноватых лиманов Керченско-Таманского района либо из б. Цемесская. Одним из основных показателей видового разнообразия гидробионтов является видовая (а также родовая и т. п.) насыщенность. Современная таксономическая структура ихтиофауны акватории п-ова Абрау включает 64 достоверно зарегистрированных вида рыб, относящихся к 46 родам из 36 семейств, принадлежащих 14 отрядам (табл. 2).

Максимальным видовым богатством (10 видов) отличается семейство бычковых, что в целом характерно для ихтиофауны Чёрного моря. Семейства губановых и собачковых представлены пятью видами каждое, четыре вида отмечено для семейства кефалевых, по три вида насчитывают сельдевые и морские караси, еще три семейства представлены двумя видами, каждое из остальных — одним видом. Таким образом, из общего количества 36 семейств представители 10 семейств составляют около 60 % видового богатства (рис. 2).

Десятиногие ракообразные. В прибрежной акватории п-ова Абрау нами встречено 14 видов десятиногих ракообразных (табл. 3), что составляет менее половины (43.8 %) всех видов этого отряда, зарегистрированных в северо-восточной части Чёрного моря [1, 2].

Таксономическая структура фауны десятиногих ракообразных характеризуется значительной выровненностью (рис. 3). Большинство семейств представлено одним видом, и только два семейства (креветок и раков-отшельников) насчитывают по два вида.

При оценке пространственного распределения десятиногих ракообразных не зарегистрирована строгая приуроченность к определённым типам биотопов, однако установлены предпочтения к открытым пространствам мягких грунтов (ил, песок, ракуша и их смесь), твёрдых субстратов (скалы, камни, валуны) либо зарослей макрофитов, в связи с чем при ранжировании по обилию представителей семейств десятиногих в различных биотопах отмечены существенные отличия (рис. 4).

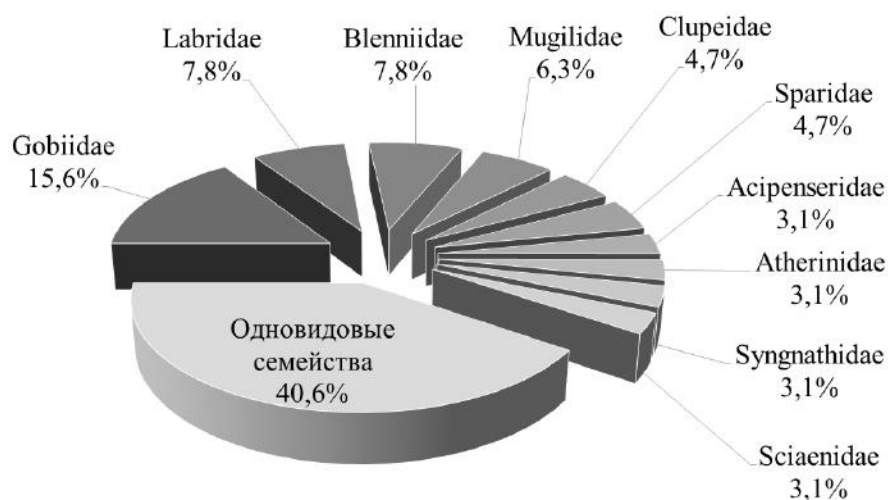
На открытых пространствах мягких грунтов зарегистрированы такие виды десятиногих раков, которые имеют характерную маскировочную окраску и способны быстро закапываться при опасности (рак-отшельник диоген, травяной краб, краб-плавунец, голубой краб) либо обитают в норках под надёжным покрытием или постоянно зарываются в грунт (краб брахинотус). На мелководных участках среди зарослей макрофитов массовым видом является травяная креветка, часто встречается также травяной краб. На открытых участках твёрдых субстратов можно встретить камненную креветку, крабов каменного, берегового, мраморного и фарфорового, рака-отшельника клибанария.

В данном районе практически отсутствуют сложные местообитания, образованные сильно подверженными абразии породами и включающие разнообразные гроты, каверны и трещины, в связи с чем сообщества криптобентических видов, таких как креветка атанас блестящий, крабы волосатый и фарфоровый, развиты слабо, а их представители немногочисленны.

Из 14 видов десятиногих ракообразных, отмеченных в прибрежной акватории п-ова Абрау, 5 видов (*P. adspersus*, *P. elegans*, *D. pugillator*, *B. sexdentatus*, *C. sapidus*) являются эвригаллиными; 9 видов (*A. nitescens*, *C. erythropus*, *P. longimana*, *E. verrucosa*, *P. hirtellus*, *L. vernalis*,

Таблица 2. Таксономическая структура ихтиофауны п-ова Абрау**Table 2.** The taxonomic structure of the fish fauna in the Abrau Peninsula area

№ п/п	Отряд	Число видов		Число родов	Число семейств
		Количество	% видового богатства		
1	Squaliformes	1	1.6	1	1
2	Rajiformes	2	3.1	2	2
3	Acipenseriformes	2	3.1	1	1
4	Clupeiformes	4	6.3	3	2
5	Salmoniformes	1	1.6	1	1
6	Gadiformes	2	3.1	2	2
7	Ophidiiformes	1	1.6	1	1
8	Mugiliformes	4	6.3	2	1
9	Atheriniformes	2	3.1	1	1
10	Beloniformes	1	1.6	1	1
11	Gasterosteiformes	2	3.1	1	1
12	Scorpaeniformes	2	3.1	2	2
13	Perciformes	36	56.3	24	16
14	Pleuronectiformes	4	6.3	4	4
	ВСЕГО	64	100	46	36

**Рис. 2.** Относительный вклад семейств в видовое богатство рыбного населения прибрежной акватории п-ова Абрау**Fig. 2.** The relative input of the families into the species richness of Abrau Peninsula fish fauna

C. aestuarii, *X. poressa*, *P. marmoratus*) встречаются только в условиях морских вод, 13 видов относятся к средиземноморским мигрантам и один (*C. sapidus*) является современным видом-вселенцем.

Данная работа стала первым шагом в органи-

зации мониторинговых исследований разнообразия и состояния сообществ десятиногих ракообразных в прибрежной морской акватории рассматриваемого региона государственного природного заповедника «Утриш». Последующие исследования позволят уточнить и дополнить сведения о

Таблица 3. Видовой состав отряда десятиногих ракообразных в прибрежной зоне Абрауского полуострова**Table 3.** The list of species of Decapoda in the Abrau Peninsula area

№ п/п	Семейство, вид	Район	
		район между м. Большой Утриш и Малый Утриш	б. Анапская
	Сем. Alpheidae — Алфейные		
1	Атанас блестящий <i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1814)	+	
	Сем. Palaemonidae — Палемонидные		
2	Травяная черноморская креветка <i>Palaemon adspersus</i> Rathke, 1837	+	+
3	Каменная креветка <i>Palaemon elegans</i> Rathke, 1837	+	
	Сем. Porcellanidae — Порцеланиды		
4	Фарфоровый краб <i>Pisidia longimana</i> (Risso, 1816)	+	
	Сем. Diogenidae — Диогеновые		
5	Рак отшельник <i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	+	+
6	Рак отшельник <i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	+	
	Сем. Eriphiidae — Эрифиды		
7	Каменный краб <i>Eriphia verrucosa</i> Forskal, 1775	+	+
	Сем. Carcinidae — Карциниды		
8	Травяной краб <i>Carcinus aestuarii</i> Nardo, 1847	+	+
	Сем. Polybiidae — Крабы-плавунцы		
9	Краб-плавунец <i>Liocarcinus vernalis</i> (Risso, 1827)	+	+
	Сем. Portunidae — Портуниды		
10	Голубой краб <i>Callinectes sapidus</i> Rathbun, 1896	+	
	Сем. Grapsidae — Грапсидные		
11	Мраморный краб <i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius, 1793)	+	
	Сем. Varunidae — Варуниды		
12	Брахинотус шестизубый <i>Brachynotus sexdentatus</i> (Risso, 1827)		+
	Сем. Xanthidae — Ксантовые		
13	Береговой краб <i>Xantho poressa</i> (Oliv, 1792)	+	
	Сем. Pilumnidae — Пилумниды		
14	Волосатый краб <i>Pilumnus hirtellus</i> (Linnaeus, 1761)	+	
	ВСЕГО	13	6

фауне Decapoda п-ова Абрау. Собранный материал может стать основой для дальнейшего проведения гидробиологического мониторинга и базой для сравнительного анализа при многолетних наблюдениях.

Заключение: Таксономическое богатство рыб прибрежных вод п-ова Абрау насчитывает не менее 64 видов, принадлежащих 46 родам, 36

семействам, 14 отрядам. Представители 10 ведущих семейств составляют 59.4 % общего количества видов. По видовой насыщенности лидируют семейства бычковых (Gobiidae) (10), губановых (Labridae) и собачковых (Blenniidae) (по 5 видов), что в целом характерно для морских открытых прибрежных черноморских акваторий, исключая северо-западную часть. Подтверждена натурали-

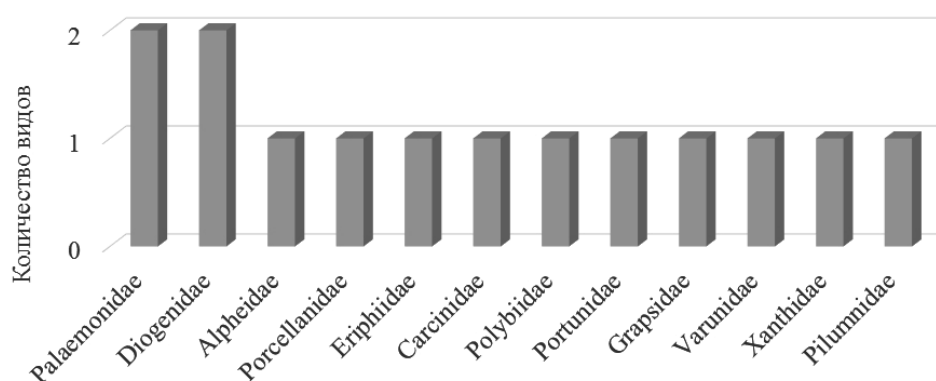


Рис. 3. Таксономическая структура фауны десятиногих ракообразных прибрежной зоны п-ова Абрау

Fig. 3. Taxonomic structure of Decapod fauna of the Abrau Peninsula coastal zone

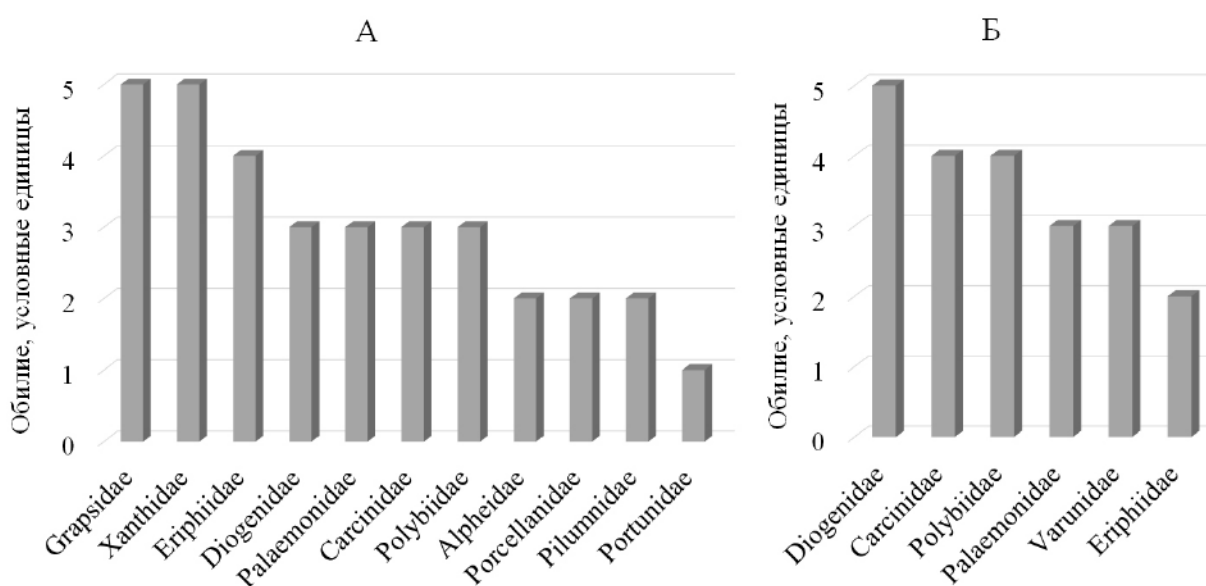


Рис. 4. Диаграммы ранжирования семейств десятиногих по обилию представителей (очень редкие, редкие, немногочисленные, многочисленные, массовые) для каменистых (А) и песчаных (Б) биотопов

Fig. 4. Diagrams of ranking decapod families by the abundance of representatives of (very rare, rare, low abundance, numerous, mass) for stony (A) and sand (B) habitats

зация в прибрежной зоне 3 чужеродных средиземноморских видов.

Из отряда десятиногих ракообразных в прибрежной акватории отмечено 14 видов, принадлежащих 13 родам, 12 семействам. Из них 5 видов относятся к эвригалинным; 9 видов встречаются только в морских водах, 13 видов являются средиземноморскими мигрантами и один — современным видом-вселенцем.

Исследования выполнены в рамках Госзадания по теме «Мониторинг биологического разнообразия гидробионтов Черноморско-Азовского бассейна и разработка эффективных мер по его сохранению» (№ 1001-2014-0014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Аносов С. Е. Характеристика фауны Decapoda Азово-Черноморского бассейна. Качественные и количественные изменения за последнее столетие: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10. Москва, 2016. 23 с. [Anosov S. E. *Kharakteristika fauny Decapoda Azovo-Chernomorskogo basseina. Kachestvennye i kolichestvennye izmeneniya za poslednee stoletie*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.10. Moscow, 2016, 23 p. (in Russ.).]
2. Аносов С. Е., Марин И. Н. Видовое разнообразие представителей отряда Decapoda

- северо-восточной части побережья Чёрного моря (Таманский залив, Геленджик) // *Экологічні проблеми Чорного моря* : сборник матеріалів конференції. Одеса, 2010. С. 141–144. [Anosov S. E., Marin I. N. Vidovoe raznoobrazie predstavitelei otryada Decapoda severo-vostochnoi chasti poberezh'ya Chernogo morya (Tamanskii zaliv, Gelendzhik). In: *Ekologichni problemi Chornogo morya*: sbornik materialov konferentsii. Odessa, 2010, pp. 141–144. (in Russ.)].
3. Богородский С. В. Обнаружение *Parablennius incognitus* (Blenniidae) у восточного побережья Чёрного моря, северная Абхазия // *Вопросы ихтиологии*. 2006. Т. 46, № 1. С. 22–28. [Bogorodskii S. V. Discovery of *Parablennius incognitus* (Blenniidae) off the Eastern Coast of the Black Sea, Northern Abkhazia. *Voprosy ikhtiologii*, 2006, vol. 46, no. 1, pp. 22–28. (in Russ.)].
 4. Болгова Л. В. *Ихтиопланктон Новороссийской бухты в условиях антропогенного воздействия*: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18. Москва, 1994. 23 с. [Bolgova L. V. *Ikhtioplankton Novorossiiskoi bukhty v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya*: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.18. Moscow, 1994, 23 p. (in Russ.)].
 5. Васильева Е. Д. *Рыбы Чёрного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригалинных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С. В. Богородским*. Москва : Изд-во ВНИРО, 2007. 238 с. [Vasil'eva E. D. *Ryby Chernogo morya. Opredelitel' morskikh, solonovatovodnykh, evrigalinnykh i prokhodnykh vidov s tsvetnymi illyustratsiyami, sobrannymi S. V. Bogorodskim*. Moscow: Izd-vo VNIRO, 2007, 238 p. (in Russ.)].
 6. Васильева Е. Д., Богородский С. В. Два новых вида бычков (Gobiidae) в ихтиофауне Чёрного моря // *Вопросы ихтиологии*. 2004. Т. 44, № 5. С. 599–606. [Vasilyeva E. D., Bogorodskii S. V. Two new species of Gobies (Gobiidae) in the Ichthyofauna of the Black Sea. *Voprosy ikhtiologii*, 2004, vol. 44, no. 5, pp. 599–606. (in Russ.)].
 7. Водяницкий В. А. Пелагические яйца и личинки рыб в районе Новороссийской бухты // *Труды Новороссийской биологической станции*. 1930. Вып. 4. С. 93–130. [Vodyanickij V. A. Pelagicheskie yaitsa i lichinki ryb v raione Novorossiiskoi bukhty. *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii*, 1930, iss. 4, pp. 93–130. (in Russ.)].
 8. Горные страны Европейской части СССР и Кавказ / отв. ред. Думитрашко Н. В. // *Геоморфология СССР*. Москва : Наука, 1974. 360 с. [Gornye strany Evropeiskoi chasti SSSR i Kavkaz / Dumitrashko N. V. (Ed.) In: *Geomorfologiya USSR*. Moscow: Nauka, 1974, 360 p. (in Russ.)].
 9. Драпкин Е. И. Об изменениях в фауне рыб Новороссийской бухты // *Научные доклады высшей школы. Биологические науки*. 1959. № 3. С. 54–58. [Drapkin E. I. Ob izmeneniyakh v faune ryb Novorossiiskoi bukhty. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Biologicheskie nauki*, 1959, no. 3, pp. 54–58. (in Russ.)].
 10. Костюченко Л. П. Икринки и личинки рыб в районе Новороссийской бухты // *Гидробиологические исследования северо-восточной части Чёрного моря*. Ростов : Изд-во Ростовского ун-та, 1973. С. 125–134. [Kostyuchenko L. P. Ikrinki i lichinki ryb v raione Novorossiiskoi bukhty. In: *Gidrobiologicheskie issledovaniya severo-vostochnoi chasti Chernogo morya*. Rostov: Izd-vo Rostovskogo un-ta, 1973, pp. 125–134. (in Russ.)].
 11. Косякина Е. Г. Пелагическая икра рыб в районе Новороссийска // *Труды Новороссийской биологической станции*. 1938. Т. 2, вып. 2. С. 7–29. [Kosyakina E. G. Pelagicheskaya ikra ryb v raione Novorossiiska. *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii*, 1938, vol. 2, iss. 2, pp. 7–29. (in Russ.)].
 12. Малятский С. М. Заметка об ихтиофауне Новороссийской бухты // *Труды Новороссийской биологической станции*. 1938. Т. 2, вып. 2. С. 31–41. [Malyatskii S. M. Zаметка ob ikhtiofaune Novorossiiskoi bukhty // *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii*, 1938, vol. 2, iss. 2, pp. 31–41. (in Russ.)].
 13. Монин В. Л. Новая находка голубого краба *Callinectes sapidus* (Decapoda, Brachyura) в

- Чёрном море // *Зоологический журнал*. 1984. Т. 63, вып. 7. С. 1100–1101. [Monin V.L. Novaya nakhodka golubogo kraba *Callinectes sapidus* (Decapoda, Brachyura) v Chernom more. *Zoologicheskij zhurnal*, 1984, vol. 63, iss. 7, pp. 1100–1101. (in Russ.)].
14. Надолинский В.П. *Структура и оценка запасов водных биоресурсов в северо-восточной части Чёрного моря* : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.32. Краснодар, 2004. 171 с. [Nadolinskii V.P. *Struktura i otsenka zapasov vodnykh bioresursov v severo-vostochnoi chasti Chernogo morya*. [dissertation]. Krasnodar, 2004, 171 p. (in Russ.)].
 15. Пашков А.Н., Решетников С.И., Махров А.А. К вопросу о встречаемости в водах Краснодарского края четырехполосого хромогобиуса *Chromogobius quadrivittatus* (Steindachner, 1863) (Pisces, Gobiidae) // *Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона*: материалы VII международной конференции. Керчь, 2013. С. 83–87. [Pashkov A.N., Reshetnikov S.I., Mahrov A.A. K voprosu o vstrechaemosti v vodakh Krasnodarskogo kraia chetyrekhpolosogo khromogobiusa *Chromogobius quadrivittatus* (Steindachner, 1863) (Pisces, Gobiidae). In: *Sovremennye rybokhozyaistvennye i ekologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona*: materialy VII mezhdunarodnoi konferentsii. Kerch', 2013, pp. 83–87. (in Russ.)].
 16. Пашков А.Н. *Ихтиофауна прибрежного шельфа Чёрного моря в полигалинных акваториях* : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.10. Москва : ВНИРО, 2001. 239 с. [Pashkov A.N. *Ikhtiofauna pribrezhnogo shel'fa Chernogo morya v poligalinnykh akvatoriakh*. [dissertation]. Moscow: VNIRO, 2001, 239 p. (in Russ.)].
 17. Пинчук В.И. Таксономические заметки о бычковых (Perciformes, Gobiidae) фауны Украины // *Вестник зоологии*. 1987. № 5. С. 30–35. [Pinchuk V.I. Taksonomicheskie zametki o bychkovykh (Perciformes, Gobiidae) fauny Ukrainy. *Vestnik zoologii*, 1987, no. 5, pp. 30–35. (in Russ.)].
 18. Плотников Г.К., Пашков А.Н. Ихтиофауна Чёрного моря у побережья Северо-Западного Кавказа // *Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий* : материалы XIV межреспубликанской научно-практической конференции. Краснодар, 2001. С. 124–128. [Plotnikov G.K., Pashkov A.N. Ikhtiofauna Chernogo morya u poberezh'ya Severo-Zapadnogo Kavkaza. *Aktual'nye voprosy ekologii i okhrany prirody ekosistem yuzhnykh regionov Rossii i sopredel'nykh territorii*: materialy XIV mezhrespublikanskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Krasnodar, 2001, pp. 124–128. (in Russ.)].
 19. Плотников Г.К. *Ихтиофауна различных водных экосистем Северо-Западного Кавказа*. Краснодар : КубГУ, 2001. 166 с. [Plotnikov G.K. *Ikhtiofauna razlichnykh vodnykh ekosistem Severo-Zapadnogo Kavkaza*. Krasnodar: KubGU, 2001, 166 p. (in Russ.)].
 20. Прокофьев А.М. *Gobius cruentatus* (Gobiidae) в Российских водах Черноморского побережья Кавказа // *Вопросы ихтиологии*. 2016. Т. 56, № 1. С. 117–120. [Prokofiev A.M. *Gobius cruentatus* (Gobiidae) in Russian waters of the Black Sea coast of the Caucasus. *Voprosy ikhtologii*, 2016, vol. 56, no. 1, pp. 117–120. (in Russ.)].
 21. Пчелина З.М. Личинки и мальки рыб в районе Новороссийской бухты // *Труды Новороссийской биологической станции*. 1940. Т. 2, вып. 3. С. 63–73. [Pchelina Z. M. Lichinki i mal'ki ryb v raione Novorossiiskoi bukhty. *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii*, 1940, vol. 2, iss. 3, pp. 63–73. (in Russ.)].
 22. Пчелина З.М. Некоторые данные о личинках и мальках рыб Новороссийской бухты // *Труды Новороссийской биологической станции*. 1936. Т. 2, вып. 1. С. 27–32. [Pchelina Z. M. Nekotorye dannye o lichinkakh i mal'kakh ryb Novorossiiskoi bukhty. *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii*, 1936, vol. 2, iss. 1, pp. 27–32. (in Russ.)].
 23. Пчелина З.М. Новый вид и род бычка из солёного озера Абрауского полуострова (бассейн Чёрного моря) *Relictogobius kryzanowskii* n. g., n. sp. // *Доклады АН СССР*. 1939. Т. 23, № 6. С. 586–589. [Pchelina Z. M.

- Novyi vid i rod bychka iz solenogo ozera Abrauskogo poluostrova (bassein Chernogo morya) *Relictogobius kryzanowskii* n. g., n. sp. *Doklady AN USSR*, 1939, vol. 23, no. 6, pp. 586–589. (in Russ.).
24. Сластененко Е. П. Каталог рыб Чёрного и Азовского морей // *Труды Новороссийской биологической станции*. 1938. Т. 2, вып. 2. С. 109–149. [Slastenenko E. P. Katalog ryb Chernogo i Azovskogo morei. *Trudy Novorossiiskoi biologicheskoi stantsii*, 1938, vol. 2, iss. 2, pp. 109–149. (in Russ.)].
25. Эколого-экономическое обоснование образования Государственного природного заповедника «Утриш» [Электронный ресурс]. Режим доступа: wwf.ru/data/caucasus/utrish/aao_gpz_utris.pdf [Дата обращения: 01.02.2017]. [Ekologo-ekonomicheskoe obosnovanie obrazovaniya Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Utrish" [Electronic resource]. Available at: wwf.ru/data/caucasus/utrish/aao_gpz_utris.pdf [accessed: 01.02.2017] (in Russ.)].

Taxonomic richness of the fish and decapods in the coastal zone of the Abrau Peninsula (North Caucasus, Black Sea)

E. P. Karpova, A. R. Boltachev, S. V. Statkevich, V. V. Gubanov

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: karpova_je@mail.ru

The Abrau Peninsula is the northernmost part of the Caucasian subtropical zone by the Black Sea. Its coastal zone with unique landscapes and habitats are Nature Reserves under protection of the State. Little is known about marine fauna inhabiting the sea off the peninsula, particularly in the reserved areas. To learn more, the inventory of species richness of the fish and decapods was made and the modern taxonomic structure in the area was explored. The expeditions launched in May and in September 2016 studied the taxocenes of fish and decapods in the coastal seawater of Utrish State Nature Reserve. Traditional methods (ichthyoplankton samples, hand sampling), photography and video recording were used. In the revision of species richness scientific literature and the recent original evidence were used. The taxocene of fishes included 64 species, 46 genera, 36 families, 14 orders; the taxocene of decapods – 14 species, 13 genera, 12 families, 1 order (Decapoda). Naturalization of 3 alien mediterranean species was confirmed.

Keywords: species composition, ichthyofauna, decapods, the Black Sea, Abrau Peninsula, taxonomic structure, alien species

УДК 595.34:502.72(265.54)

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ВИДОВОГО СОСТАВА И ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ
ВЕСЛОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA: COPEPODA)
В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ МОРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ ДВО РАН
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

© 2017 г. **В. В. Касьян**, канд. биол. наук, н. с.

Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

E-mail: valentina-k@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.01.2017 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Дальневосточный государственный морской заповедник ДВО РАН (ДВГМЗ) является самым богатым по разнообразию населения районом морей России, но сведений о пространственно-временной изменчивости зоопланктона в его акватории чрезвычайно мало, а последние наблюдения проводились более 20 лет назад. В данной работе приведены результаты современного исследования видового состава, плотности популяций и распределения веслоногих ракообразных — основных представителей зоопланктона в ДВГМЗ. Работа основана на сборах планктона, которые выполнялись ежемесячно на 10 станциях в акватории ДВГМЗ в пределах 50-метровой изобаты в июне — сентябре 2012 г. В этот сезон в заповеднике отмечается наибольшая изменчивость температуры воды. Обнаружен 21 вид копепод из двух отрядов (Calanoida — 17 видов и Cyclopoida — 4 вида). Наибольшее видовое богатство отмечено для родов *Acartia* и *Oithona* (по 4 вида). Преобладали морские виды — 80 % общего числа видов в пробах, а по отношению к биотопу — неритические (58 %). Широкобореальные виды составляли 55 % общего числа, тропические и субтропические — 45. Наибольшее количество видов копепод (16) отмечено в июне, наименьшее (5) — в сентябре. В июне — июле доминировали *Oithona similis* и *Pseudocalanus newmani*, в августе — *Paracalanus parvus*, *Oithona brevicornis* и *Oithona similis*, в сентябре — *Paracalanus parvus* и *Oithona brevicornis*. С июня по сентябрь происходило постепенное снижение обилия и разнообразия копепод во всех районах заповедника. Средняя плотность популяций копепод была максимальной в июне, в период развития холодноводных видов *Oithona similis*, *Pseudocalanus newmani*, *Acartia hudsonica* и *Eurytemora pacifica*, а минимальной — в сентябре. Наибольшие концентрации копепод отмечены в июне в западном районе заповедника в зал. Посъета (Посъетский рейд) над горизонтом глубины не более 10 м. По результатам кластерного анализа станций на акватории ДВГМЗ на основе коэффициента видового сходства Брэя — Кёртиса на уровне сходства 60 % выделены три комплекса планктонных копепод, видовой состав которых формируется под влиянием различных водных масс. Наибольшее видовое богатство и плотность копепод отмечены в комплексах западного и восточного районов заповедника. В мелководном комплексе западного района высокая плотность видов солоноватоводных родов *Acartia*, *Eurytemora*, *Centropages*, *Tortanus* и *Pseudodiaptomus* свидетельствует о присутствии там эстуарных и прибрежных вод. Наличие тропических и субтропических видов копепод (*O. nana*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Pseudodiaptomus inopinus*) подтверждает возможность проникновения в западный район тёплых вод из области Восточно-Корейского течения. В глубоководном комплексе восточного района совместное присутствие летом холодноводных и тепловодных видов копепод указывает на выраженную стратификацию водной толщи, где на глубине влияние оказывала холодная глубинная водная масса из Японского моря, а в верхнем слое — её более тёплая поверхностная модификация. В комплексе южного района заповедника, где доминировали панталассные и неритические виды, отмечены минимальные показатели видового богатства и плотности копепод. Обилие летом в этом комплексе холодноводных *O. similis* и *P. newmani* свидетельствует

о поступлении холодных вод в придонный слой, а показатели численности копепод могут характеризовать степень влияния холодных вод на южную часть акватории заповедника. Особенности распределения копепод, их стабильно низкие показатели обилия и разнообразия в исследованной акватории к югу от ДВГМЗ могут быть вызваны опресняющим воздействием речных вод и возможным негативным влиянием загрязняющих веществ. Видовой состав и количественные характеристики копепод возможно использовать для оценки экологического состояния акватории морского заповедника.

Ключевые слова: копеподы, видовой состав, плотность популяций, распределение, Дальневосточный морской заповедник ДВО РАН, Японское море

Дальневосточный государственный морской заповедник ДВО РАН (ДВГМЗ) находится в юго-западной части зал. Петра Великого в Японском море. Этот небольшой участок Южного Приморья является самой богатой по разнообразию населения акваторией из всех морских территорий России. Множество видов рыб, водорослей, беспозвоночных, птиц и млекопитающих сконцентрировано на небольшой территории заповедных островов и побережья с уникальными особенностями геологической структуры и гидрологического режима, что обуславливает высокую актуальность изучения этого района. В летний сезон (июль — сентябрь) восточная глубоководная часть акватории заповедника подвержена значительному влиянию холодного Приморского течения. Западный мелководный участок заповедника отличается длительным летним распреснением, охватывающим все горизонты, и отсутствием резких перепадов температур между поверхностными и придонными слоями воды, а южный — вторжением струй Восточно-Корейского течения с тёплыми тропическими водами. Наибольшая изменчивость гидрологических параметров в морском заповеднике характерна для летнего сезона: наблюдаются резкая температурная стратификация водной толщи вследствие прогрева (особенно велики градиенты в июне — августе), летний минимум солёности при выпадении большого количества осадков (в августе) и интенсивное охлаждение воды с конца августа [6].

Исследования прошлых лет выявили сложность структуры и динамики шельфовых вод зал. Петра Великого [8], разнообразие путей поступления вод из тёплого сектора Японского моря в холодный [15], а также многоплановость гидродинамических процессов в районе морского заповедника [5].

Сведений о количественном распределении и характеристиках сезонного обилия зоопланктона

для районов ДВГМЗ в литературе имеется чрезвычайно мало [2–4, 6, 11, 12]. В основном это работы, посвящённые изучению зоопланктона зал. Посыета (западный район заповедника) — акватории со своеобразным гидрологическим режимом, где условия обитания гидробионтов изменяются от субтропических (летом) до арктических (зимой) [13]. Район исследований в то время был ограничен главным образом мелководной неритической зоной в тёплое время года, а их цели отвечали задачам прикладной рыбохозяйственной науки.

В середине 90-х годов прошлого столетия особое внимание уделялось изучению летнего зоопланктона южного участка заповедника в пределах 20-метровой изобаты, где сказывается влияние р. Туманная. В то время на р. Туманная правительство КНР планировало начать строительство большого транспортного порта, что, безусловно, повлияло бы на экологическую ситуацию в районах ДВГМЗ, прилегающих к устью этой реки [5].

Таким образом, результаты исследований зоопланктона ДВГМЗ базируются на малом фактическом материале, недостаточном для выявления каких-либо закономерностей, собранном с большим отрывом во времени, а также в сроки, несопоставимые для анализа и малопригодные для обобщений. Накопленные количественные данные следует рассматривать как первичную информацию, отражающую естественные события в планктонных сообществах в прошлом веке.

Цель настоящей работы — исследование современного видового состава, плотности популяций и распределения веслоногих ракообразных как основных представителей зоопланктона в Дальневосточном морском заповеднике в пределах 50-метровой изобаты.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использованы сборы планктона, которые выполнялись ежемесячно на 10 станциях

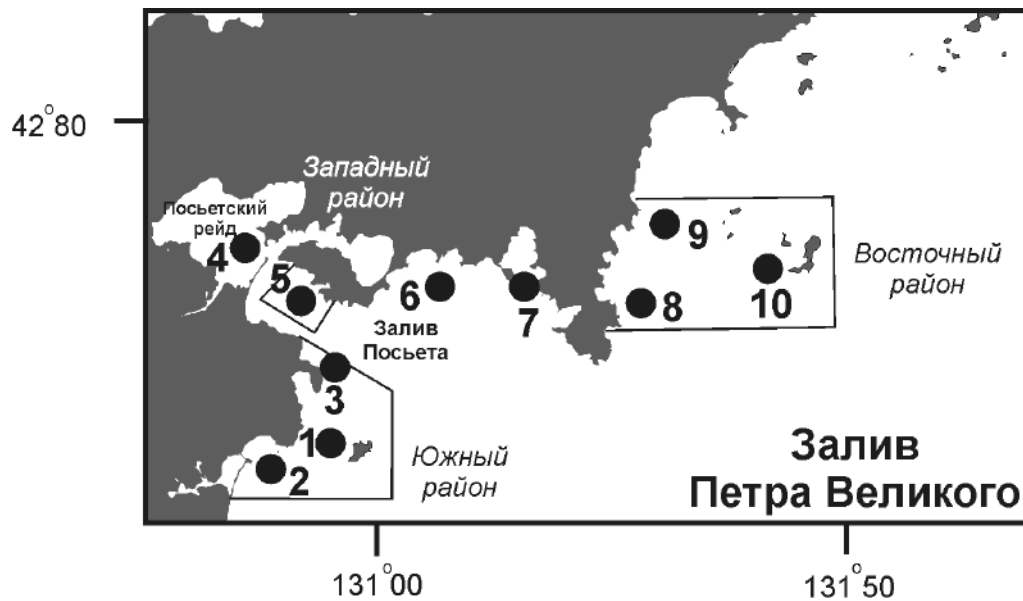


Рис. 1. Карта-схема выполненных планктонных станций в Дальневосточном государственном морском заповеднике

Fig. 1. Plankton sampling stations (numbered circles) in the Far Eastern Marine Reserve

в акватории ДВГМЗ в июне — сентябре 2012 г. (рис. 1). В южном районе облавливали слой 0–20, максимально до горизонта глубины 30 м, в западном — 0–10, 0–20, максимально до 25 м, в восточном — 0–27, максимально до 43 м. Орудием лова служила большая сеть Джеди (диаметр входного отверстия — 38 см, фильтрующее сито с ячейей 168 мкм). Одновременно с отбором проб на каждой станции измеряли температуру воды у поверхности (в слое 0–0.5 м). Всего собрано и обработано 40 планктонных проб. Пробы фиксировали 4 %-ным формалином. Количественный подсчёт проводили в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками в камере Богорова с использованием бинокля МБС-10 [9]. Анализ сходства — различия таксономического состава копепоид по станциям проводили с помощью кластерного анализа на основе коэффициента сходства Брэя — Кёртиса в программе Past [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав и плотность популяций веслоногих ракообразных. В планктоне Дальневосточного государственного морского заповедника обнаружен 21 вид веслоногих ракообразных, относящихся к 12 родам, 9 семействам и двум отрядам (Calanoida — 17 видов и Cyclopoida — 4 ви-

да) (табл. 1). Наибольшее таксономическое разнообразие отмечено для представителей родов *Acartia* и *Oithona* (по 4 вида), остальные роды насчитывали не более 2 видов. Среди обнаруженных копепоид преобладали морские виды (80 %), а по отношению к биотопу — неритические (58 %). Видовая структура копепоид изменялась в течение июня — сентября, но главная роль неизменно принадлежала широкобореальным видам, на долю которых приходилось 55 % общего числа видов. Тепловодные виды — тропические и субтропические — составляли 45 % общего числа. В целом подобные соотношения таксоценоза копепоид изученного района ДВГМЗ соответствуют биогеографической структуре фауны зоопланктона юго-западной части зал. Петра Великого в летне-осенний период и подтверждают представление о принадлежности этой акватории к району смешения тропической и аркто-бореальной географических зон [2].

В ДВГМЗ наибольшее количество видов копепоид (16) отмечено в июне, а наименьшее (5) — в сентябре. Копепоиды *Oithona similis* обнаружены во всех участках акватории заповедника. Очень часто встречались *O. brevicornis* и науплиусы копепоид (более чем в 90 % проб). В 40 % и более проб найдены еще 2 вида — *Pseudocalanus newmani* и *Neocalanus plumchrus*. Доминировали

Таблица 1. Видовой состав и встречаемость веслоногих ракообразных в Дальневосточном государственном морском заповеднике в июне — сентябре**Table 1.** Species composition and occurrence of copepods in the Far Eastern Marine Reserve (June — September)

Вид	Присутствие вида в районах		
	южный	западный	восточный
<i>Acartia hudsonica</i> Pinhey, 1926	+	+	+
<i>A. tumida</i> Willey, 1920	—	—	+
<i>A. omorii</i> Bradford, 1976	—	+	+
<i>A. pacifica</i> Steuer, 1915	—	+	+
<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson et Scott, 1903	+	+	+
<i>Eurytemora pacifica</i> Sato, 1913	—	+	—
<i>Mesocalanus tenuicornis</i> (Dana, 1849)	—	—	+
<i>Metridia pacifica</i> Brodsky, 1950	—	+	—
<i>Microcalanus pygmaeus</i> (Sars, 1900)	—	—	+
<i>Neocalanus plumchrus</i> Marukawa, 1921	+	+	+
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	+	+	+
<i>O. atlantica</i> Farran, 1908	—	+	+
<i>O. nana</i> Giesbrecht, 1892	—	+	—
<i>O. brevicornis</i> Giesbrecht, 1891	+	+	+
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	+	+	+
<i>Pseudocalanus minutus</i> (Kroyer, 1845)	—	+	+
<i>P. newmani</i> Frost, 1989	+	+	+
<i>Pseudodiaptomus inopinus</i> Burckhardt, 1913	—	+	—
<i>P. marinus</i> Sato, 1913	—	+	—
<i>Tortanus derjugini</i> Smirnov, 1935	+	—	—
<i>T. discaudatus</i> (Thompson et Scott, 1897)	—	+	+

копеподы *O. similis* (в 34 % проб) и *P. newmani* (в 20 %), а субдоминантами были *Paracalanus parvus* (в 12 %), *O. brevicornis* (9 %) и *Acartia hudsonica* (в 9 %). Доля науплиусов копепод и солоноватоводного вида *Eurytemora pacifica* в пробах не превышала в сумме 7 %. В период нашего исследования в морском заповеднике отмечен только один пик плотности популяций копепод — в июне (20959 ± 3007 экз.·м⁻³). Основная причина такой высокой плотности — развитие холодноводных видов *O. similis* (32 % общей численности), *P. newmani* (22 %), *A. hudsonica* (19 %) и *E. pacifica* (11 %), а также высокая численность науплиальных стадий вследствие массового размножения указанных видов ракообразных в данный период. В июне также встречены другие холодноводные виды — неритические *E. pacifica*, *Acartia tumida*, *A. hudsonica*, *O. similis*, *Microcalanus pygmaeus*, *Tortanus discaudatus*, панталассные и

океанические *N. plumchrus*, *Pseudocalanus minutus*, *Ps. newmani*, *Metridia pacifica*. Тепловодные виды копепод — *P. parvus*, *Acartia omorii*, *A. pacifica*, *O. brevicornis* — обнаружены единично только в полужакрытых районах (Посыетский рейд (ст. 4), б. Рейд Паллады (ст. 5) и у м. Дегера (ст. 6)). В июле отмечено сокращение количества холодноводных видов копепод, в то же время количество тепловодных находилось ещё на довольно низком уровне (менее 5 %). По-прежнему доминировали два холодноводных вида — *O. similis* (54 %) и *P. newmani* (29 %). В августе в планктоне заповедника зарегистрирован рост численности субтропических и тропических видов — *P. parvus*, *A. omorii*, *A. pacifica*, *O. brevicornis*, *Centropages tenuiremis*, *Pseudodiaptomus marinus*, *Pseudodiaptomus inopinus* и *Tortanus derjugini*. Доминирующими видами стали тепловодные *P. parvus* (38 %) и *O. brevicornis* (33 %), а также холодноводная *O. similis* (21 %).

На более глубоких участках акватории морского заповедника (ст. 6 и 10) встречены океанические виды — холодноводный *N. plumchrus* и тепловодный *Mesocalanus tenuicornis*. В сентябре отмечен минимум видового богатства и численности копепоид на всей акватории морского заповедника. В это время доминировали два тепловодных вида — *P. parvus* (57 %) и *O. brevicornis* (35 %).

С июня по сентябрь отмечено снижение в 2–4 раза средней плотности популяций копепоид в морском заповеднике. Это может быть связано как с естественной смертностью организмов и снижением интенсивности размножения, судя по уменьшению количества науплиальных стадий копепоид, так и с выеданием. Известно, что потребителями нехищного зоопланктона являются не только рыбы и их личинки, но и хищный зоопланктон, численность которого в августе — сентябре в водах зал. Петра Великого увеличивается в несколько раз [7, 10]. Кроме того, снижение плотности копепоид в летний период связано с развитием и распространением других групп зоопланктона. Для этого периода у берегов Приморья характерно массовое развитие большинства видов донных беспозвоночных, пелагические личинки которых играют существенную роль в планктоне, а для конца лета типично высокое обилие личинок двустворчатых и брюхоногих моллюсков, иглокожих, полихет и циррипедий. Весьма многочисленны в летний сезон кладоцеры, аппендикулярии и щетинко-челюстные [7].

Результаты кластерного анализа станций на основе коэффициента видового сходства Брэя — Кёртиса показали, что всё подмножество станций на уровне сходства 60 % разбивается на 3 подмножества, которые мы определили как планктонные комплексы (А–В) (рис. 2). Таким образом, выделенные комплексы представляют собой группы видов, количественные отношения между которыми сохраняются на определённой территории.

В комплексе (А) южного района заповедника (ст. 1–3) в июне средняя плотность популяций копепоид составляла 15237 ± 4507 экз.·м⁻³ (табл. 2). В это время преобладали *O. similis* и *P. newmani*. Меньшее значение имели *A. hudsonica* и науплиусы копепоид. В небольшом количестве (менее 1 %) отмечены *N. plumchrus* (ст. 1, 2) и

O. brevicornis (ст. 2, 3) (рис. 3). В июле с прогревом вод доминирующим видом была *O. similis*. Доля тепловодных *O. brevicornis* и *P. parvus* несколько увеличилась. Единично встречались холодноводные *N. plumchrus* и *P. newmani*. Средняя плотность копепоид уменьшилась, а количество видов не превышало 5. В августе при максимальном прогреве вод (21 °С) фауна веслоногих ракообразных приобретает более тепловодный характер, чем в июле. Доминируют копепоиды *P. parvus*, *O. similis* и *O. brevicornis* (рис. 3). Значения средней плотности копепоид были минимальными (табл. 2). В сентябре при снижении температуры воды наибольшая численность отмечена для *P. parvus*, меньшие значения зарегистрированы для *O. brevicornis* и *O. similis* (рис. 3). В сентябре 1995 г. копепоиды *O. similis* и *P. parvus* были доминирующими (33 и 21 % соответственно) видами фауны копепоид южной части акватории заповедника [6], тогда как в сентябре 2012 г. основу численности составляли только особи *P. parvus* (58 %). Обилие летом в планктоне копепоид *O. similis* и *P. newmani* свидетельствовало о поступлении холодных вод в придонный слой, а показатели их плотности отражали степень влияния этих вод на южную часть акватории заповедника.

В комплексе (Б) восточного района ДВГМЗ (ст. 6, 8–10) в июне средняя плотность популяций копепоид была относительно высокой (табл. 2). Наибольшие концентрации копепоид (свыше 24 тыс. экз.·м⁻³) отмечены в прибрежной зоне (ст. 8 и 9) при температуре воды 9 °С над горизонтом глубины не более 27 м. Преобладали холодноводные *P. newmani*, *O. similis* и *N. plumchrus* (рис. 3). Плотность холодноводных видов родов *Neocalanus* (до 1700 экз.·м⁻³) и *Pseudocalanus* (до 13000 экз.·м⁻³) на восточном участке была большей, чем в других районах заповедника. В небольшом количестве (менее 3 %) отмечены другие холодноводные виды — *P. minutus*, *A. tumida*, *Oithona atlantica*, *M. pygmaeus*, отсутствующие в южном и западном районах заповедника. Тепловодные виды не зарегистрированы. В июле при повышении температуры воды средняя плотность копепоид уменьшилась в два раза (табл. 2). По-прежнему доминирующими были холодноводные *O. similis* и *P. newmani* (рис. 3). В планктоне появились и были единично отмечены тепловодные виды —

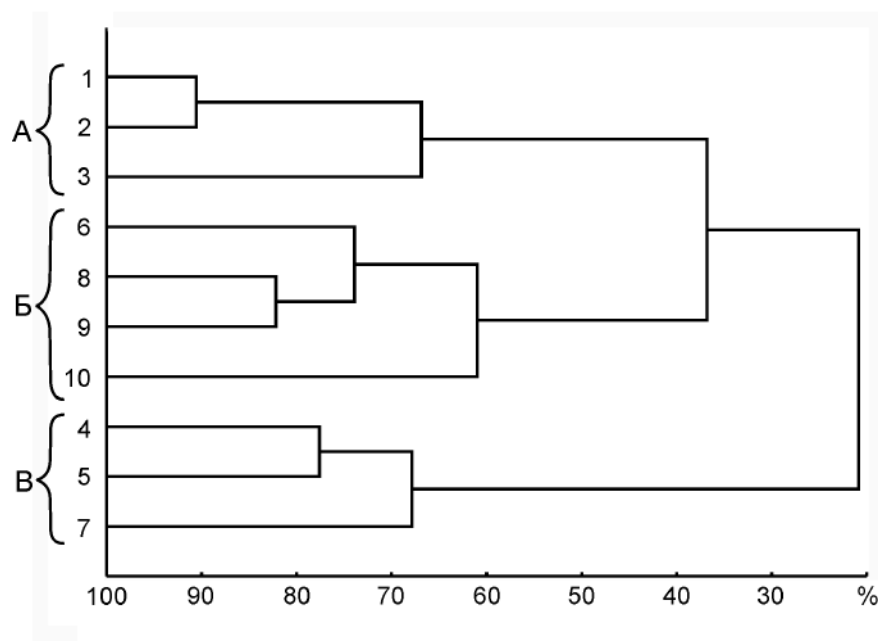


Рис. 2. Дендрограмма сходства между станциями в Дальневосточном государственном морском заповеднике (по коэффициенту сходства Брея — Кёртиса, метод групповой средней связи)

Fig. 2. Dendrogram of similarity between stations in the Far Eastern Marine Reserve (group-average linking of Bray — Curtis similarity)

Таблица 2. Характеристика районов и количественные показатели веслоногих ракообразных Дальневосточного государственного морского заповедника

Table 2. Characteristics of the area and quantity of copepods in the Far Eastern Marine Reserve

Район, глубина облова, м	Месяц	Температура поверхности воды, Т, °С	Средняя плотность, экз.·м ⁻³	Кол-во видов копепод
Южный, 18–30 м	июнь	10	15237±4507	5
	июль	16	11905±1701	5
	август	21	3075±1398	5
	сентябрь	19	3237±1402	3
Западный, 10–25 м	июнь	12	24504±5684	14
	июль	18	11547±3501	8
	август	22	7566±3139	8
	сентябрь	20	4068±2588	4
Восточный, 27–43 м	июнь	9	21956±5112	10
	июль	15	13626±3761	9
	август	20	4503±1986	6
	сентябрь	19	4273±1801	3

P. parvus, *A. omorii*, *T. discaudatus* и *O. brevicornis*. В августе в период максимального прогрева вод самыми многочисленными были тепловодный вид *P. parvus* и холодноводный *O. similis* (по 44 %), тогда как доля *O. brevicornis* и других тепловодных видов не превышала 5 %. Совместное присутствие

в планктоне как холодноводных, так и тепловодных видов копепод в августе указывало на выраженную стратификацию водной толщи восточной части ДВГМЗ, где на глубине влияла холодная глубинная япономорская водная масса, а в верхнем слое — её более тёплая поверхность.

ная модификация. В сентябре при полном отсутствии холодноводных видов основу численности копепод составляли тепловодные *P. parvus* (75 %) и *O. brevicornis* (23 %) (рис. 3).

В комплексе (В) западного района ДВГМЗ (ст. 4, 5 и 7) в июне средняя плотность популяций копепод была максимальной (табл. 2). Наибольшие концентрации (до 36 тыс. экз.·м⁻³) отмечены в полузакрытой акватории (ст. 4 — Посьетский рейд) при температуре воды 13 °С над горизонтом глубины не более 10 м. Преобладали солоноватоводные неритические *A. hudsonica* и *E. pacifica* (рис. 3). Меньшее значение имели *O. similis* и науплиусы копепод. В небольшом количестве (менее 1 %) отмечены холодноводные (*N. plumchrus*, *P. minutus*, *P. newmani*) и тепловодные (*P. parvus*, *A. pacifica*, *A. omorii* и *O. brevicornis*) виды. Холодноводные виды встречались в открытых районах (ст. 6 и 7), тогда как тепловодные — в полузакрытых акваториях (ст. 4 и 5). В июле при повышении температуры воды средняя плотность копепод уменьшилась в два раза (табл. 2), а доминирующими видами стали *O. similis* и *P. newmani*. Концентрация тепловодных видов — *P. parvus*, *A. pacifica*, *A. omorii* и *O. brevicornis* — несколько увеличилась. В августе в период максимального прогрева вод самыми многочисленными были тепловодные *O. brevicornis* и *P. parvus* (рис. 3). В это время в планктоне западной части заповедника обнаружены только тропические и субтропические виды копепод. Присутствие некоторых из них (например, *O. nana*, *M. tenuicornis*, *P. inopinus*) говорит о возможности проникновения сюда тёплых вод с юга Японского моря [13]. В сентябре происходило постепенное снижение обилия и разнообразия копепод. Доминировали тепловодные виды *O. brevicornis* и *P. parvus* (см. рис. 3). Нахождение и доминирование в июне копепод солоноватоводных неритических родов *Acartia* и *Eurytemora*, достигающих массового развития в приустьевых частях Амурского залива [3, 10], указывало на влияние в западном районе заповедника эстуарных вод р. Туманная.

В начале 30-х годов прошлого столетия видовой состав копепод зал. Посьета (западный район ДВГМЗ) насчитывал 17 видов, с преобладанием представителей субтропической и тропи-

ческой фаун (*Labidocera pavo* Giesbrecht, 1889, *L. japonica* Mori, 1935, *L. bipinnata* Tanaka, 1936, *Epilabidocera amphitrites* Davis, 1949 и *Acartia plumosa* T. Scott, 1894) [3]. В конце 60-х годов прошлого века отмечено 20 видов копепод, с руководящей ролью в весенней группировке видов *P. newmani* и *O. similis*, в летней — *Acartia clausi* Giesbrecht, 1889 (суммарно *A. hudsonica* и *A. omorii*), в осенней — *O. brevicornis* и *P. marinus*, в зимней — *Calanus glacialis* Jaschnov, 1955. Число видов субтропической и тропической природы уменьшилось, их встречаемость стала единичной [12]. Показатели плотности копепод увеличивались с апреля, достигая максимума в июне, а затем снижались до сентября, причём в полузакрытых бухтах они были значительно выше, чем в открытой части зал. Посьета [4]. Результаты нашего исследования показали, что в 2012 г. в планктоне зал. Посьета летом преобладали холодноводные виды копепод *A. hudsonica*, *E. pacifica*, *O. similis* и *P. newmani*, а осенью — тепловодные *O. brevicornis* и *P. parvus*. Отмечено, что в данном районе находится группировка копепод, близкая к «Посьетской по Бродскому, 1957», но лишённая характерных для последней тропических видов (пришельцев). Возможно, произошло сокращение ареалов теплолюбивых видов, вызванное наступившим в последние десятилетия похолоданием в зал. Петра Великого [14].

Структура фауны веслоногих ракообразных морского заповедника в летне-осенний период отражала влияние гидрологических особенностей местообитания (глубины водной толщи, наличия пресных стоков, закрытости акватории, степени водообмена с открытыми водами). Если в планктоне южного района заповедника доминирующими видами были панталассные и неритические копеподы, то в западном мелководном районе преобладали только неритические. «Сугубо неритический характер» отмечен для зал. Посьета (Посьетский рейд). В западном районе ДВГМЗ наблюдались редукция некоторых тропических элементов фауны копепод и увеличение числа видов бореального происхождения. Восточный глубоководный район заповедника отличался от других преобладанием в планктоне океанических видов копепод.

Пространственное распределение вес-

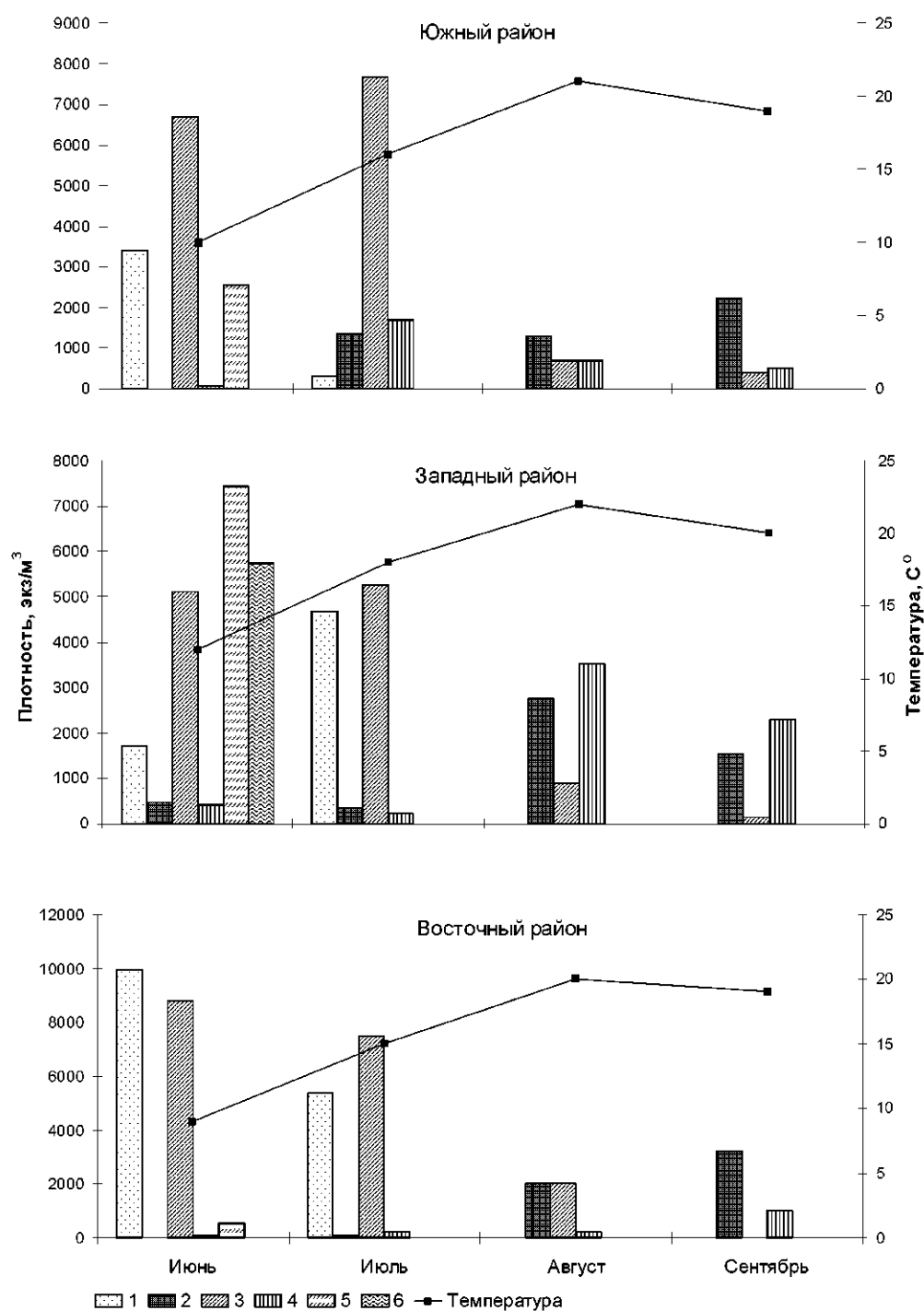


Рис. 3. Изменение средней плотности популяций массовых видов копепод и температуры воды в летне-осенний период в Дальневосточном государственном морском заповеднике. 1 — *Pseudocalanus newmani*, 2 — *Paracalanus parvus*, 3 — *Oithona similis*, 4 — *Oithona brevicornis*, 5 — *Acartia hudsonica*, 6 — *Eurytemora pacifica*

Fig. 3. Dynamics of copepod mass species population density and sea surface temperature in summer-autumn in the Far Eastern Marine Reserve. 1 — *Pseudocalanus newmani*, 2 — *Paracalanus parvus*, 3 — *Oithona similis*, 4 — *Oithona brevicornis*, 5 — *Acartia hudsonica*, 6 — *Eurytemora pacifica*

лоногих ракообразных. Из отр. Calanoida в районе ДВГМЗ самыми многочисленными были широко распространённые панталассные верхне-

интерзональные виды — бореально-арктический *Pseudocalanus newmani* и циркумтропический низкобореальный *Paracalanus parvus*. Вид *P. newmani*

распространялся по всей акватории морского заповедника, плотность его популяции варьировала от 0.5 до 18 тыс. экз.·м⁻³. Наибольшие скопления этого вида обнаружены в июне — июле в морском районе над горизонтом глубины не более 27 м при температуре воды 14–17 °С (рис. 4). По литературным данным [16], *P. newmani* частично или полностью отсутствует в мелководной части бухт, тяготея к глубоководным районам заливов. У юго-восточной оконечности о. Хоккайдо наибольшая плотность вида зарегистрирована в мае (1995 г.) и июне (1982 г.) [20]. Известно [17], что в Амурском заливе *P. newmani* при увеличении прогрева вод отходит от мелководных участков, концентрируясь летом в глубоководных частях (свыше 30 м), где наблюдается поступление холодных вод [1]. По результатам наших исследований, в морском заповеднике при температуре воды более 17 °С (июль) *P. newmani* в планктоне не обнаружен. При сравнении с имеющимися данными обнаруживается сходство в динамике и поведении популяции *P. newmani* на акватории заповедника с популяциями, обитающими у берегов Японии [19] и Камчатки [16]: отмечено снижение значений плотности популяции с последующим исчезновением этого вида в планктоне с середины июля.

В отличие от *Paracalanus newmani*, вид *P. parvus* относится к тепловодным и обитает в самых верхних слоях водных масс (0–25 м) [21]. В ДВГМЗ *P. parvus* обнаружен в июне в западном районе над горизонтом глубины не более 10 м (плотность популяции свыше 500 экз.·м⁻³), тогда как в других районах заповедника данный вид отсутствовал. В июле при прогреве вод свыше 16 °С отмечено довольно равномерное распределение *P. parvus* по всей акватории заповедника. В августе — сентябре отмечена максимальная плотность вида в западном (над горизонтом глубины до 10 м) и в восточном (над горизонтом глубины до 40 м) районах заповедника (рис. 4). Существует мнение, что тепловодный *P. parvus* заносится с тёплыми водами Восточно-Корейского течения с юга Японского моря в прибрежную часть зал. Петра Великого. В Амурском заливе данный вид образует популяцию в летний период и обитает преимущественно в глубоководных районах залива над горизонтом глубины свыше 20 м до на-

ступления выхолаживания вод ниже 10 °С [10]. Обычно в зал. Петра Великого *P. parvus* появляется в планктоне в конце лета при максимальном прогреве вод, обилен на протяжении всей осени до декабря при поверхностной температуре воды 2–4 °С и держится в основном в глубоководной части [7]. Есть предположение, что в зал. Посьета существует популяция *P. parvus*, отличная от таковой в зал. Петра Великого. На наличие реликтов субтропической фауны в зал. Посьета, адаптировавшихся к контрастам местного климата в течение длительного исторического времени, указывал Г. М. Бирюлин с соавторами [1], и мы придерживаемся высказанной им точки зрения. Отметим, что влияние на климатические изменения в районе ДВГМЗ может эпизодически оказывать тёплое течение из Корейского пролива, которое иногда достигает зал. Посьета, но интенсивность этого течения имеет, вероятно, многолетний период колебаний. К. А. Бродский [3] высказывал предположение, что сообщество копепод в зал. Посьета является северной границей тепловодной группировки, распространяющейся с тёплым течением вдоль восточного побережья Кореи.

Значительную долю в общей численности веслоногих ракообразных в районе ДВГМЗ составляли циклопоиды, среди которых в весенне-летний период преобладали *Oithona similis*, а в летне-осенний — *O. brevicornis*. Отмечены высокая численность *O. similis* в морском заповеднике в течение всего периода исследований и их равномерное распределение по всей акватории. Максимальная плотность вида была зарегистрирована в июне — июле. С июня по сентябрь плотность *O. similis* по всей акватории заповедника постепенно уменьшилась в 10–20 раз. Субтропический вид *O. brevicornis* встречался в планктоне заповедника уже в июне и достигал массового развития в августе. Максимальные скопления этого вида отмечены в зал. Посьета (Посьетский рейд) в августе — сентябре над горизонтом глубины до 10 м (рис. 4).

Заключение. Фауна веслоногих ракообразных Дальневосточного государственного морского заповедника в южной части зал. Петра Великого в летне-осенний период имела выраженный бореальный характер, со включением немногих видов арктического и тропическо-субтропического

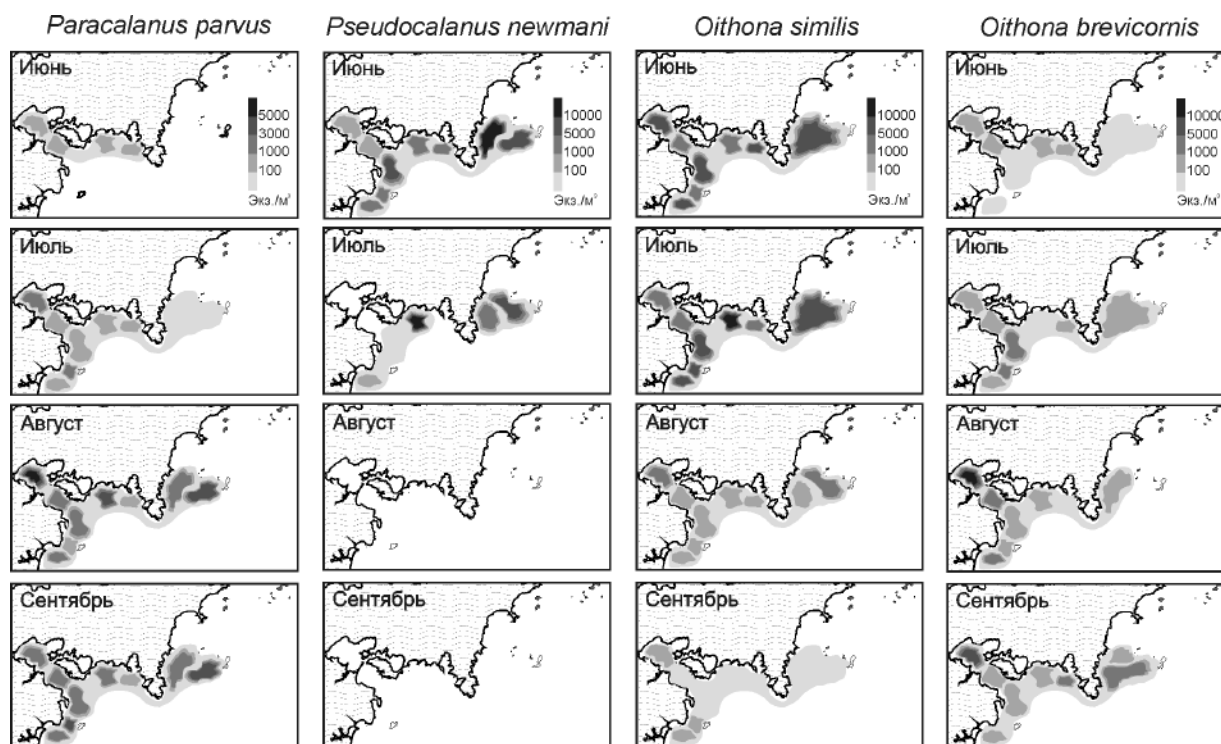


Рис. 4. Пространственно-временное распределение плотности популяций (экз.·м⁻³) доминирующих видов копепоид в ДВГМЗ

Fig. 4. Spatio-temporal distribution of copepod mass species population density (ind.·m⁻³) in the Far Eastern Marine Reserve

генезиса. Обнаружен 21 вид копепоид из двух отрядов (Calanoida — 17 видов и Cyclopoida — 4 вида). В июне — июле доминировали *Oithona similis* и *Pseudocalanus newmani*, в августе — *Paracalanus parvus*, *Oithona brevicornis* и *Oithona similis*, в сентябре — *Paracalanus parvus* и *Oithona brevicornis*. С июня по сентябрь происходило постепенное снижение обилия и разнообразия копепоид во всех районах заповедника. Средняя плотность популяций копепоид была наибольшей в июне, в период развития холодноводных видов *Oithona similis*, *Pseudocalanus newmani*, *Acartia hudsonica* и *Eurytemora pacifica*, а минимальной — в сентябре. Наибольшая плотность копепоид отмечена в июне в западном районе заповедника в зал. Посъета (Посъетский рейд) над горизонтом глубины не более 10 м.

На акватории ДВГМЗ выявлены три группы планктонных комплексов, видовой состав которых формируется под влиянием различных водных масс. Наибольшее видовое богатство и плотность копепоид отмечены в комплексах западного и восточного районов заповедника. В

комплексе мелководного западного района высокая плотность солоноватоводных видов из родов *Acartia*, *Eurytemora*, *Centropages*, *Tortanus* и *Pseudodiaptomus* свидетельствовала о присутствии там эстуарных и прибрежных вод. Наличие тропических и субтропических видов копепоид (*O. nana*, *M. tenuicornis*, *P. inopinus*) подтверждает возможность проникновения в западный район тёплых вод из области Восточно-Корейского течения. Совместное присутствие в глубоководном комплексе планктона восточного района ДВГМЗ как холодноводных, так и тепловодных видов копепоид в летний период указывает на выраженную стратификацию водной толщи, где на глубине влияла холодная глубинная водная масса из Японского моря, а в верхнем слое — её более тёплая поверхностная модификация.

В комплексе южного района заповедника отмечены минимальные показатели видового богатства и плотности копепоид. Доминирующими видами здесь были панталассные и неритические копепоиды. Обилие в этом комплексе холодноводных *O. similis* и *P. newmani* в летний период свидетель-

ствуется о поступлении холодных вод в придонном слое, а показатели численности копепод могут характеризовать степень влияния холодных вод на южную часть акватории заповедника.

Особенности распределения копепод в исследованном районе, их постоянно низкие показатели обилия и разнообразия к югу от ДВГМЗ могут быть вызваны опресняющим воздействием речных вод и возможным негативным влиянием загрязняющих веществ.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта ДВО РАН «Динамика высокопродуктивных морских экосистем дальневосточных морей России в условиях глобальных климатических изменений и всевозрастающей антропогенной нагрузки» (№ 0268-2015-0020) и в рамках госзадания ФГБУН ННЦМБ ДВО РАН по теме «Динамика морских экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия», направление 51 «Экология организмов и сообществ» (гос. рег. № 115081110035).

Благодарности: Автор выражает благодарность А. Ю. Звягинцеву, И. А. Кашину, А. А. Бегуну, А. Н. Городкову за отбор проб планктона в Дальневосточном морском заповеднике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бирюлин Г. М., Бирюлина М. Г., Микulich Л. В., Якунин Л. П. Летние модификации вод залива Петра Великого // *Океанография и морская метеорология*. Ленинград: Гидрометеиздат. 1970. С. 286–299. [Birylin G. M., Biryulina M. G., Mikulich L. V., Yakunin L. P. Summer modification waters of the Peter the Great Bay. *Okeanografiya i morskaya meteorologiya*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970, pp. 286–299. (in Russ.)].
2. Бродский К. А. *Фауна веслоногих рачков (Calanoida) и зоогеографическое районирование северной части Тихого океана и сопредельных вод*. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1957. 222 с. [Brodsky K. A. *Fauna veslonogih rachkov (Calanoida) i zoogeograficheskoe raionirovanie severnoy chasti Tihogo okeana i sopredelnyh vod*. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1957, 222 p. (in Russ.)].
3. Бродский К. А. Изменение видового состава копепод и кладоцер заливов Посъета и Амурского (Японское море) в связи с многолетними колебаниями температуры // *Биология моря*. 1981. № 5. С. 21–27. [Brodsky K. A. Species composition of copepods and cladocerans in the Pos'et and Amursky Bays (Sea of Japan) in connection with the long-term temperature fluctuations. *Biologiya morya*, 1981, no. 5, pp. 21–27. (in Russ.)].
4. Вышкварцев Д. И., Крючкова Г. А., Карапетян Т. Ш. Исследования зоопланктона в мелководных бухтах залива Посъета в 1969–1971 гг. // *Исследования пелагических и донных организмов дальневосточных морей*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 17–29. [Vyshkvartsev D. I., Krychkova G. A., Karapetyan T. Sh. Studies of zooplankton in shallow waters of the Posiet Bay in 1969–1971 gg. *Issledovaniya pelagicheskikh i donnykh organizmov dalnevostochnih morey*. Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 1979, pp. 17–29. (in Russ.)].
5. Вышкварцев Д. И., Лебедев Е. Б. Проект экономического развития реки Туманган (TREDA) – угроза экосистеме мелководных бухт залива Посъета Японского моря // *Биология моря*. 1997. Т. 23, № 1. С. 51–55. [Vyshkvartsev D. I., Labedev E. B. Draft economic development of the Tumangan River (TREDA) – a threat to the ecosystem of the shallow water of the Pos'et Bay, Sea of Japan. *Biologiya morya*, 1997, vol. 23, no. 1, pp. 51–55. (in Russ.)].
6. *Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота* / отв. ред. А. Н. Тюрин, А. Л. Дроздов. Владивосток: Дальнаука. 2004. Т. 2. 848 с. [Far-Eastern Marine Biosphere Reserve. *Biota*. A. N. Tyurin, A. L. Drozdov (Eds.). Vladivostok: Dalnauka, 2004, vol. 2, 848 p. (in Russ.)].
7. Долганова Н. Т., Надточий В. В. Состав, сезонная и межгодовая динамика зоопланктона залива Петра Великого (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 2015. Т. 181. С. 169–190. [Dolganova N. T., Nadtochy V. V. Composition, seasonal and interannual dynamics of zooplankton in Peter the Great Bay (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 181,

- pp. 169–190. (in Russ.).
8. Зуенко Ю. И. Типы термической стратификации вод на шельфе Приморья // *Комплексные исследования морских гидробионтов и условий их обитания*. Владивосток: ТИНРО, 1994. С. 21–39. [Zuenko Y. I. Types of thermal stratification of the water on the shelf Primorye. *Kompleksnye issledovaniya morskikh gidrobiontov i uslovij ih obitanija*. Vladivostok: TINRO, 1994, pp. 21–39. (in Russ.).]
 9. Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. Владивосток: ТИНРО. 1982. 29 с. [*Instruktsiya po kolichestvennoi obrabotke morskogo setnogo planktona* (Manual on Quantitative Processing of Marine Net Plankton). Vladivostok: TINRO, 1982, 29 p. (in Russ.).]
 10. Касьян В. В., Чавтур В. Г. Распределение и сезонная динамика зоопланктона в Амурском заливе Японского моря. 1. Веслоногие ракообразные // *Известия ТИНРО*. 2006. Т. 144. С. 312–330. [Kasyan V. V., Chavtur V. G. Distribution and seasonal dynamics of zooplankton in the Amursky Bay of the Sea of Japan. I. Copepoda. *Izvestiya TINRO*, 2006, vol. 144, pp. 312–330. (in Russ.).]
 11. Кос М. С. Зоопланктон залива Посъета // *Прибрежные сообщества Дальневосточных морей*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 64–93. [Kos M. S. Zooplankton in the Posiet Bay. *Pribrezhnie soobshchestva Dalnevostochnih morej*. Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 1976, pp. 64–93. (in Russ.).]
 12. Кос М. С. Сезонные изменения в составе, структуре и распределении зоопланктона зал. Посъет (Японское море) // *Исследования фауны морей*. 1977. Т. 19 (27). С. 29–56. [Kos M. S. Seasonal dynamics of, zooplankton composition, structure and distribution in the Posiet Bay (Sea of Japan). *Issledovaniya fauny morej*. 1977, vol. 19 (27), pp. 29–56. (in Russ.).]
 13. Ластовецкий Е. И., Якунин Л. П. Гидрометеорологическая характеристика Дальневосточного государственного морского заповедника // *Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1981. С. 18–33. [Lastovetsky E. I., Yakunin L. P. Hydrometeorological characteristics of the Far Eastern Marine Reserve. *Flowering plants of the Far Eastern Islands Marine Reserve*. Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 1981, pp. 18–33. (in Russ.).]
 14. Лучин В. А., Тихомирова Е. А. Типовые распределения океанографических параметров в заливе Петра Великого (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 2012. Т. 169. С. 134–146. [Luchin V. A., Tihomirova E. A. Typical distribution of oceanographic parameters in Peter the Great Bay (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2012, vol. 169, pp. 134–146. (in Russ.).]
 15. Никитин А. А., Данченков М. А. Пути переноса теплых субтропических вод в район Дальневосточного морского заповедника // *III Дальневосточная конф. по заповедному делу*: тез. докл., 9–12 сент. 1997 г., Владивосток. Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 80–81. [Nikitin A. A., Danchenkov M. A. Transport of warm subtropical waters in the area of the Far Eastern Marine Reserve. *III Far Eastern Conference on Reserve: tez. dokl.*, 9–12 Sept. 1997, Vladivostok. Vladivostok: Dalnauka, 1997, pp. 80–81. (in Russ.).]
 16. Саматов А. Д. Виды рода *Pseudocalanus* (Copepoda: Calanoida) в Авачинской губе (юго-восточная Камчатка) // *Биология моря*. 2001. Т. 27, № 4. С. 259–267. [Samatov A. D. Species of the genus *Pseudocalanus* (Copepoda: Calanoida) in Avachinsky Bay (south-eastern Kamchatka). *Biologiya morya*, 2001, vol. 27, no. 4, pp. 259–267. (in Russ.).]
 17. Чавтур В. Г., Касьян В. В. Распределение и динамика *Pseudocalanus newmani* Frost (Copepoda: Calanoida) в Амурском заливе Японского моря // *Известия ТИНРО*. 2002. Т. 130. С. 483–502. [Chavtur V. G., Kasyan V. V. Distribution and dynamics of *Pseudocalanus newmani* Frost (Copepoda: Calanoida) in the Amursky Bay of the Sea of Japan. *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 130, pp. 483–502. (in Russ.).]
 18. Hammer O., Harper D. A., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, no. 1, pp. 1–9.
 19. Yamaguchi A., Ikeda T., Shiga N. Population

- structure and life cycle of *Pseudocalanus minutus* and *Pseudocalanus newmani* (Copepoda: Calanoida) in Toyama Bay, Southern Japan Sea. *Plankton Biology and Ecology*, 1998, vol. 45, iss. 2, pp. 183–193.
20. Yamaguchi A., Shiga N. Vertical distribution and life cycle of *Pseudocalanus minutus* and *Pseudocalanus newmani* (Copepoda: Calanoida) off Cape Esan, southwestern Hokkaido. *Bulletin of Plankton Society of Japan*, 1997, vol. 44, no. 1-2, pp. 11–20.
21. Zhang F., Sun S., Yang B., Ji P. Seasonal changes in abundance of small Copepod *Paracalanus parvus* in the Yellow Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2006, vol. 37, pp. 322–329.

Spatial and temporal changes of species composition and population density of copepods (Crustacea: Copepoda) in the Far Eastern Marine Reserve, Sea of Japan

V. V. Kasyan

National Scientific Center of Marine Biology, Far East Branch,
Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation
E-mail: valentina-k@yandex.ru

In Russia the Far East Marine Reserve (FEMR) is the Federal Nature Reserve with the richest but insufficiently studied biodiversity. Spatiotemporal variations in the zooplankton dwelling in the area were sporadically observed over 20 years ago. The recent investigation focused on the species composition, population density and distribution of copepods — the basic member of zooplankton in FEMR. Samples of plankton were taken from 10 stations above the 50-m isobath monthly during June – September 2012, the months when temperature in the seawater area varies widest. The Calanoida and Cyclopoida copepods were represented by 17 and by 4 species, respectively; 21 species altogether. Genera *Acartia* and *Oithona* had larger diversity — by 4 species each. Marine species dominated in the samples (80 % of the total species number), neritic — in the biotope (58 %). The copepods were boreal (55 %) and tropical + subtropical (45 %). Species number increased to 16 in June and dropped to 5 in September. *Oithona similis* and *Pseudocalanus newmani* dominated during June – July, *Paracalanus parvus*, *Oithona brevicornis* and *O. similis* — in August, and *P. parvus* and *O. brevicornis* — in September. The abundance and diversity decreased in all areas of the reserve from June to September. In June, when the cold-water *O. similis*, *P. newmani*, *Acartia hudsonica* и *Eurytemora pacifica* prevailed, the average population density ($20959 \pm 3007 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-3}$) maximally increased and in September it was minimal. Concentrations of copepods were largest (to 36 thousand $\text{ind.} \cdot \text{m}^{-3}$) above the 10-m depth in the Gulf of Posyet (western FEMR) in June. Cluster analysis applied to the total seawater area of the reserve evaluated Bray — Curtis coefficient as 60 %; three plankton copepod complexes were determined, species composition in each formed under the influence of the water mass. The complexes from the west and the east of FEMR had larger species richness and population density. In the shallow-water western complex high densities of brackish-water copepods (genera *Acartia*, *Eurytemora*, *Centropages*, *Tortanus* and *Pseudodiaptomus*) suggested presence of estuarine and coastal waters whereas tropical and subtropical *O. nana*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Pseudodiaptomus inopinus* — warm-water intrusion from the East Korea current. The concurrent presence of cold- and warm-water copepods in the deep-water eastern complex in summer evidenced the water stratification effect when cold water from the Sea of Japan dominated in the depth and its warmer modification — in the upper seawater layer. The diversity and density were poorest in the southern complex, largely of *Panthalassa* and neritic copepods. In summer, large presence of cold-water copepods *O. similis* and *P. newmani* indicated the cold-water mass penetration to near-bottom layer; numbers estimates of these copepods can represent the degree of the cold-water effect in the south of the reserve. The copepod distribution, stable abundance and diversity in the seawater area south of FEMR suggested desalination by the river influx and, possibly, harmful impact of pollutants. Species composition and quantitative characteristics of copepods can be used for environmental quality determination in different areas of FEMR.

Keywords: copepoda, species composition, population density, distribution, Far Eastern Marine Reserve FEB RAS, Sea of Japan

УДК 574.583:579:504.064.3(262.5)

КОРОТКОПЕРИОДНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТАЗОЙНОГО МИКРОЗООПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ

© 2017 г. С. А. Серегин, канд. биол. наук, с. н. с., Е. В. Попова, вед. инж.,

Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: serg-seryogin@yandex.ru

Поступила в редакцию 29.11.2016 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Метазойный микрозоопланктон (ММЗП) играет важную роль в выживании и питании личинок и мальков многих видов рыб, в том числе промысловых. Изучение изменчивости численности и структуры сообщества ММЗП в прибрежье Чёрного моря на масштабах времени дни — недели в ответ на вариации гидроклиматических факторов (температуры воды, силы и направления ветра и др.) весьма актуально, поскольку ранее подобных исследований микрозоопланктона не проводилось. Данные получены при ежедневном отборе проб в устье бухты Севастопольская с 13 мая по 21 июня 2013 г. в начальный период весенне-летнего возрастания численности ММЗП. Зоопланктон собирали 10-литровым пластиковым пробоотборником из поверхностного слоя моря. Пробы микрозоопланктона концентрировали методом обратной фильтрации и обрабатывали тотально в камере Богорова под микроскопом МБС-9. Наблюдавшееся в ходе исследований увеличение численности зоопланктона происходило на фоне повышения температуры воды и определялось ростом обилия рачковой фракции ММЗП и копепод как основной её части. Основной тренд изменений численности, определяемый температурой, модулировался кратковременными изменениями силы и направления ветра, приводившими к перераспределению численности и видового состава ММЗП в поверхностном слое. Одним из возможных механизмов такого перераспределения может являться различие поведенческих реакций планктеров на турбулентность водной среды, вызываемой ветром. Основой видового разнообразия ММЗП являлись науплиальные и ранние копеподитные стадии копепод родов *Acartia*, *Oithona*, *Paracalanus*, *Centropages*, науплиусы и копеподиты *Harpacticoida*, велигеры двустворчатых и брюхоногих моллюсков, личинки оболочника *Oikopleura dioica*, науплиусы усонюгих раков, личинки полихет. Изменения структуры сообщества включают две стадии, характеризующиеся умеренно высокими или низкими индексами видового разнообразия и соответствующие периодам до и во время массового развития копеподы-вселенца *Oithona davisae*.

Ключевые слова: метазойный микрозоопланктон, короткопериодная изменчивость, численность, видовое разнообразие, прибрежье, Чёрное море

С конца 2009 г. по настоящее время нами проводится мониторинг численности и видового состава метазойного микрозоопланктона (ММЗП, микрометазоопланктона) в устье бухты Севастопольская и в ближайшем открытом прибрежье [12]. Выбор этой группы планктонных организмов определяется их важной ролью в функционировании не только планктонного сообщества, но

и всей пелагической экосистемы Чёрного моря. Значительна роль ММЗП в передаче вещества и энергии от низших трофических уровней (фито- и бактериопланктона) к более высоким (в частности, ихтиопланктону). Играя существенную роль в питании молоди рыб, ММЗП обеспечивает одно из важнейших условий воспроизводства рыбных запасов моря. Знание состава и структуры

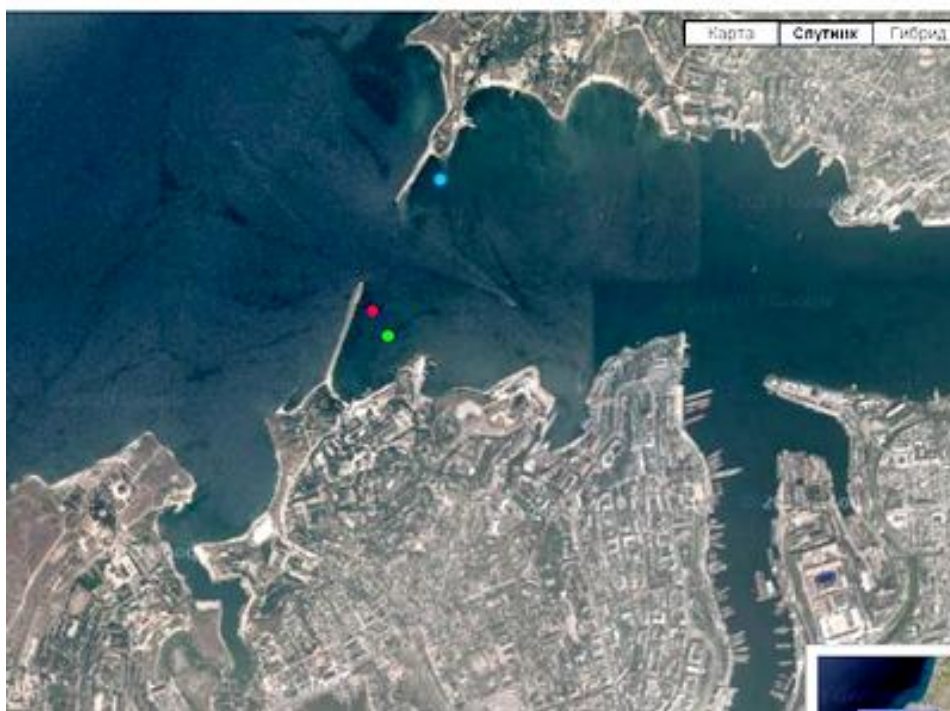


Рис. 1. Местоположение станций отбора проб в устье бухты Севастопольская: красная — «Дюкер», синяя — «Равелин», зелёная — «Мартынова бухта»

Fig. 1. Location of sampling stations in the mouth of the Sevastopol Bay: red — “Dyuker”, blue — “Ravelin”, green — “Martynova Bay”

ММЗП позволяет использовать его для мониторинга при диагностике качества водной среды, при оценке состояния экосистем на различных стадиях их естественного развития, а также при выявлении изменений этого процесса под влиянием антропогенных факторов [6, 13]. Для исследуемой фракции микрозоопланктона в целом, а также для отдельных групп и видов, его составляющих, характерна выраженная сезонная и межгодовая вариабельность обилия [12]. Данные по короткопериодной (в частности, посуточной) изменчивости ММЗП отсутствуют. В то же время её оценка позволила бы лучше понять механизмы как внутреннего взаимодействия в сообществе микрозоопланктона, так и его внешних связей с другими трофическими уровнями всей пелагической экосистемы, а также выявить ведущие абиотические факторы среды, определяющие вариабельность обилия ММЗП на масштабах времени дни — недели. Кроме того, результаты исследований по короткопериодной изменчивости ММЗП необходимы как дополнительная информация для анализа биогеохимических, биологических и экологических процессов в море. Целями настоящей рабо-

ты являлись оценка короткопериодной изменчивости численности и видового состава метазойного микрозоопланктона в прибрежье Чёрного моря и выявление факторов, определяющих эту изменчивость.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили ежедневные (с 13.05.2013 по 21.06.2013 г.) сборы проб воды для определения численности и видового состава метазойного микрозоопланктона в устьевой части бухты Севастопольская на ст. «Дюкер» (N44.620°, E33.509°), расположенной в непосредственной близости от мониторинговых станций «Равелин» и «Мартынова бухта» (рис. 1). По данным многолетнего экологического мониторинга и биогеохимического районирования морской поверхности б. Севастопольская, указанный район рассматривается как зона слабого загрязнения акватории [3]. Для исследования выбран весенне-летний период сезонного цикла с явно выраженным временным градиентом численности ММЗП. Пробы воды объёмом 2–3 л отбирали в поверхностном слое с помощью пластикового пробоотборника и

сгущали в лаборатории с использованием воронок обратной фильтрации [18] и ядерных фильтров с размером пор 1–4 мкм. Полученный концентрат объемом 30–70 мл фиксировали 40 % раствором формальдегида до конечной концентрации в пробе ~ 1 % и до обработки хранили в холодильнике. Подобная концентрация успешно использовалась ранее и вполне приемлема для кратковременного хранения проб (обработка проводилась в течение 2–4 дней). При обработке проб осуществлялся визуальный контроль над сохранностью организмов и отсутствием признаков разложения в пробе. Анализ проб проводился тотально в камере Богорова под микроскопом МБС-9 при увеличении 4×8. К фракции метазойного микрозоопланктона отнесены зоопланктонные организмы размером от 20 до 500 мкм [2, 5, 9, 11]. Копепод определяли преимущественно до вида на всех стадиях развития [8, 10]; других зоопланктеров — как до видового, так и до более высокого таксономического уровня. Всего собрано и обработано 28 проб. В процессе пробоотбора измеряли температуру поверхностного слоя воды при помощи гидрологического термометра и визуально регистрировали направление и силу ветра. Для контроля данные по ветру сопоставляли с аналогичными данными, приведёнными на сайте <http://www.sevmeteo.info/>. Оттуда же взяты сведения по атмосферному давлению.

Видовое разнообразие ММЗП оценивали с помощью двух индексов. Индекс Шеннона — Уивера рассчитывали по формуле:

$$H = - \sum p_i \cdot \ln p_i,$$

где: H — численное значение индекса Шеннона; $i = 1, 2, \dots, S$; S — количество видов; p_i — доля в пробе особей i -го вида; $p_i = n_i/N$. Индекс Симпсона использовали в форме $1-D$, чтобы оценки видового разнообразия были пропорциональны величинам индекса. Таким образом, величина индекса Симпсона рассчитывалась как $1 - \sum (p_i^2)$.

Для построения графиков использовали программы Microsoft Excel 2003 и SigmaPlot 11.0. Аппарат статистических расчётов данных программ применяли для вычисления необходимых параметров, характеризующих условия среды и сообщество ММЗП (средние значения $\pm$ стандартное

отклонение, коэффициенты вариации, коэффициенты корреляций, критерии различий, уровни достоверности и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За время наблюдений отмечены существенные колебания климатических и гидрологических факторов (температуры воды, атмосферного давления, скорости и направления ветра). Диапазон изменений температуры воды составил 5.2 °C — от 18.2 до 23.4 °C. При общей закономерности роста температуры наблюдались её заметные флуктуации (рис. 2А). Вероятно, это связано с пульсациями силы и направления ветра (рис. 2А, Б), т. е. с известной закономерностью повышения температуры воды при ослаблении ветровой активности и наоборот [4]. В нашем случае эта связь была слабой ($r^2 = -0.30$ и 0.34 , при $P > 0.1$ соответственно). Наиболее частыми во время наблюдения были ветры с направлением 180–315°, т. е. южные — юго-западные и западные — северо-западные. Как и в случае с силой ветра, показатели атмосферного давления демонстрировали выраженные пульсации разной длительности и направленности, однако их согласованности с изменениями ветровых характеристик или температуры не отмечено, поэтому в дальнейшем анализе данные по давлению не использовались.

Общая численность ММЗП за время наблюдений изменялась почти в 30 раз: от 4600 до 149 400 экз.·м⁻³, составив за период наблюдений в среднем 47.3 ± 42.300 экз.·м⁻³. Графически характер этих изменений можно представить восходящей пилообразной кривой (рис. 2В). Отмечена статистически значимая связь изменений численности с температурой воды ($r^2 = 0.71$; $P = 0.00002$). Достоверная связь отмечена также между общей численностью и направлением ветра ($r^2 = 0.37$; $P = 0.05$).

Рачковый планктон, представленный в основном копеподами (науплиальными и ранними копеподитными стадиями), составлял основу численности ММЗП. В период май — июнь 2013 г. его доля в общей численности ММЗП возрастала: к концу мая она в среднем составляла около 60 %, а в июне — почти 90 %. Соответственно, доля нерачкового ММЗП уменьшилась с 41 до 9 % от общей

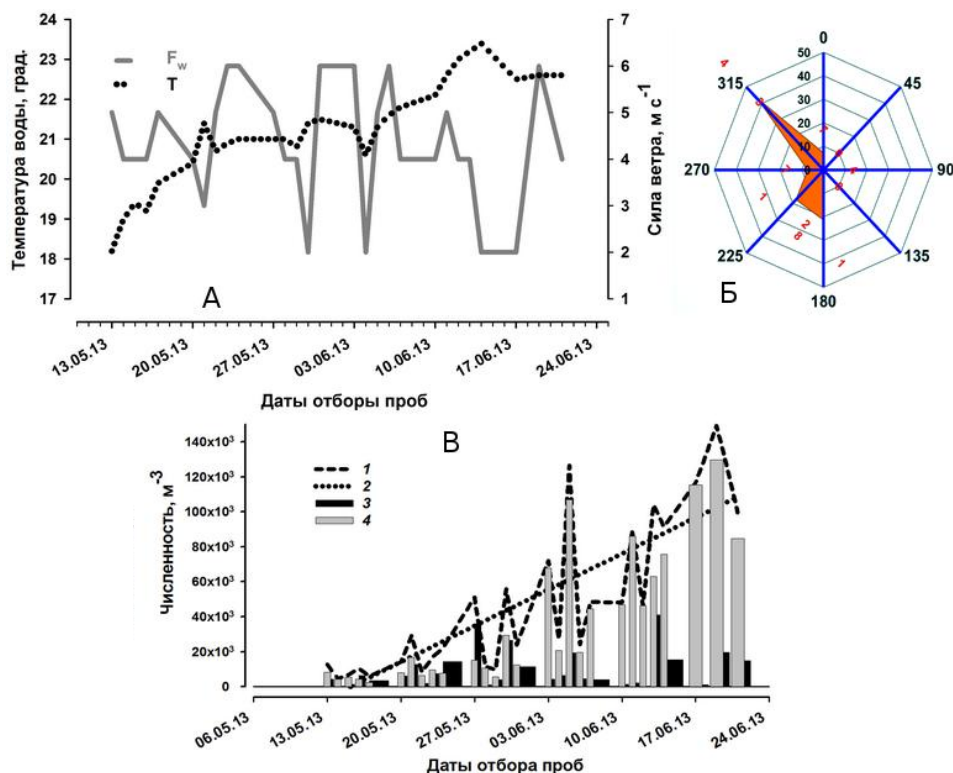


Рис. 2. Короткопериодная изменчивость: А — температуры воды поверхностного слоя (Т) и силы ветра (Fw); Б — направления ветра (Роза ветров); В — численности микрометазоопланктона (экз.·м⁻³) (общей — 1, её тренда — 2, не рачкового — 3, рачкового — 4) в устье Севастопольской бухты в весенне-летний период 2013 г.

Fig. 2. Short-term variability of: А — the surface water temperature (Т) and wind strength (Fw); Б — its direction (Wind Rose); В — the abundance of metazoan microzooplankton (ind.·m⁻³) (total — 1, its trend — 2, noncrustacean — 3 and crustacean — 4) at the mouth of the Sevastopol Bay in the spring — summer 2013

численности при почти неизменных абсолютных количествах (около 9000 и 7100 экз.·м⁻³).

Динамику численности копепод в исследованный период времени можно разделить на два периода. Первый — с середины мая до первых чисел июня, когда численность ММЗП определялась видами *Acartia* spp. (39.3 % численности копепод), *Paracalanus parvus* (Claus, 1863) (23.6 %) и *Centropages ponticus* Karavaev, 1894 (22.8 %). В сумме с гарпактицидами их вклад в общую численность копепод равнялся 90 %. Средняя численность копеподы-вселенца *Oithona davisae* Ferari and Orsi, 1984 в этот период составляла около 5 % от общей и не превышала 5000 экз.·м⁻³. Вторым периодом — с первых чисел июня до конца ежедневных наблюдений (21.06.2013 г.), когда наблюдался резкий подъём численности вида-вселенца (рис. 3А). В этот период его обилие непрерывно возрастало, достигнув к третьей декаде июня

100 000 экз.·м⁻³. По сравнению с первым периодом численность *O. davisae* возросла более чем в 40 раз. Максимально её относительное обилие составляло до 90 % всей численности копепод, а в среднем за второй период — почти 75 %. Средняя численность *P. parvus* уменьшилась с 3000 до 2100 тыс. экз.·м⁻³, а численность *C. ponticus* осталась без изменений (2900 тыс. экз.·м⁻³). При этом в процентном выражении их доля в составе копепод уменьшилась в 6–7 раз — до 3–4 %. Несмотря на рост абсолютной численности *Acartia* spp. ~ в 2.4 раза, её доля в общей численности копепод также заметно снизилась (в среднем — до 16.3 %).

Численность не рачковой фракции ММЗП характеризовалась значительно более медленными темпами роста по сравнению с таковой у рачкового ММЗП. Основным компонентом не рачкового микрометазоопланктона являлись велигеры брюхоногих моллюсков. На протяжении всего перио-

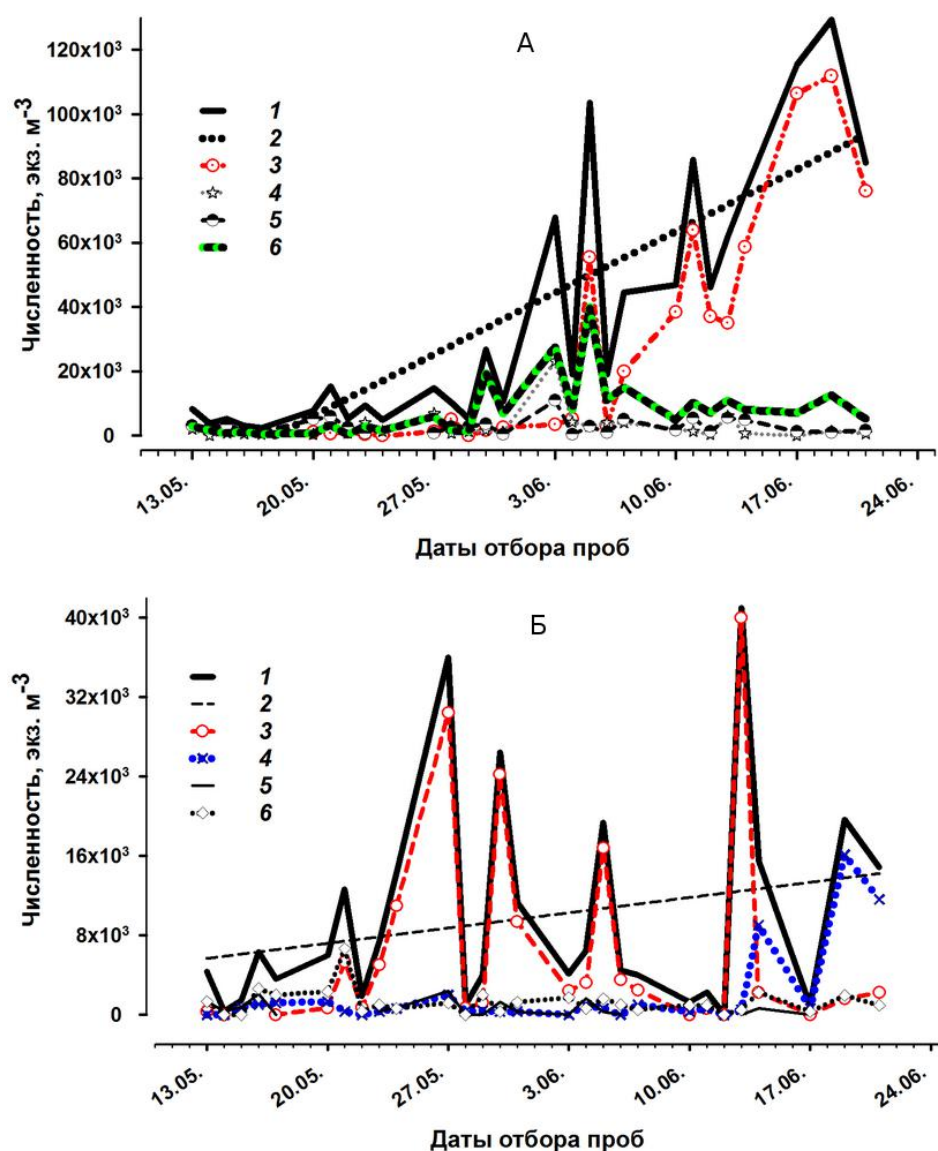


Рис. 3. Короткопериодная изменчивость: А — численности копепод (экз.·м⁻³) (1 — общей, 2 — тренд общей, 3 — *Oithona davisae*, 4 — *Paracalanus parvus*, 5 — *Centropages ponticus*, 6 — *Acartia* spp.); Б — нерачкового микрометазоопланктона (1 — общей, 2 — тренд общей, 3 — Gastropoda, 4 — Bivalvia, 5 — *Oikopleura dioica*, 6 — остальные) в устье севастопольской бухты в весенне-летний период 2013 г.

Fig. 3. Short-term variability: А — the copepod abundance (ind.·m⁻³) (1 — total, 2 — it's trend, 3 — *Oithona davisae*, 4 — *Paracalanus parvus*, 5 — *Centropages ponticus*, 6 — *Acartia* spp.); Б — the noncrustacean microzooplankton (1 — total, 2 — it's trend, 3 — Gastropoda, 4 — Bivalvia, 5 — *Oikopleura dioica*, 6 — the other) at the mouth of the Sevastopol Bay in the spring — summer 2013

да наблюдений они составляли в среднем 37–40 % его численности (при вариациях от 0 до 90 %). В последнюю неделю наблюдений заметно возросла численность велигеров двустворчатых моллюсков — до 9000–16000 экз.·м⁻³. Личинки аппендикулярий и коловратки были малочисленны, особенно в июне. В начальный период наблюдений (до 21 мая) определённый вклад в рост численности нерачкового ММЗП вносили личинки поли-

хет, в максимуме достигавшие численности более 6000 экз.·м⁻³. Диапазон флуктуаций численности нерачковой фракции ММЗП был заметно выше, чем таковой у рачковой (рис. 3Б). Об этом свидетельствуют и величины коэффициентов вариации (CV): для рачкового ММЗП они составляли 70 % в мае и 49 в июне; CV их относительного количества в общей численности были ещё меньше — 32 и 13 %. В то же время величины CV для нерачко-

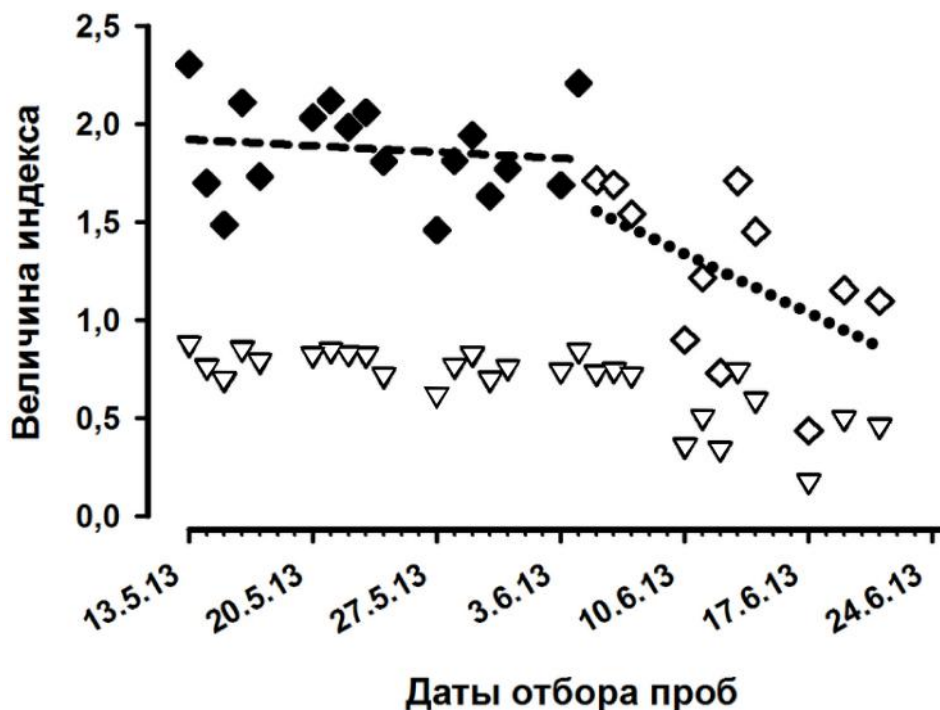


Рис. 4. Короткопериодная изменчивость биоразнообразия сообщества микрометазоопланктона в устье Севастопольской бухты в весенне-летний период 2013 г.: индекс Шеннона (◆ — 1 период: 13.05.2013–04.06.2013 г.; ◇ — 2 период: 05.06.2013–21.06.2013 г.); ▽ — индекс Симпсона

Fig. 4. Short-term variability of metazoan microzooplankton biodiversity at the mouth of the Sevastopol Bay in the spring — summer 2013: Shannon index (◆ — period 1: 13.05.2013–04.06.2013; ◇ — period 2: 05.06.2013–21.06.2013); ▽ — Simpson index

вого ММЗП составляли по этим же позициям 111 и 104 % и 46 и 86 % соответственно.

В состав ММЗП в рассматриваемый период времени входили науплиальные и ранние копепоидитные стадии родов *Acartia*, *Oithona*, *Paracalanus*, *Centropages*, науплиусы и копеподиты Harpacticoida, кладоцеры *Pleopis polyphemoides* (Leuckart, 1859), науплиусы усонюгих раков (Cirripedia), велигеры двустворчатых и брюхоногих моллюсков, личинки полихет и оболочника *Oikopleura dioica* Fol, 1872. Изредка и в малых количествах встречались коловратки, Hydromedusae, а также Isopoda и личинки Phoronida.

Значения индексов Шеннона и Симпсона при исследовании короткопериодной изменчивости имели общий тренд к снижению. При этом хорошо выделяются два периода, в которые скорости изменения значений индексов значительно различались (рис. 4), что совпадало с упомянутым выше изменением пропорций в видовой структуре рачкового ММЗП. Средние значения индекса Шен-

нона для первого и второго периодов составляли 1.87 и 1.24 соответственно; их различия статистически значимы по критерию Манна — Уитни ($T = 11$ и 17 при уровне значимости $P = < 0.001$). В продолжение большей части наблюдений значения индекса Симпсона свидетельствовали о высоком разнообразии сообщества микрометазоопланктона (0.7–0.9), и лишь с 10 июня показатели индекса снизились до 0.18–0.6, что указывает на уменьшение видового разнообразия (рис. 4). Отметим, что значения коэффициента Симпсона «отреагировали» на изменение видовой структуры сообщества ММЗП на несколько дней позднее, чем показатели индекса Шеннона.

Эстуарные водоёмы характеризуются динамичной средой в силу быстрой изменчивости физических и гидрологических факторов: приливно-отливных явлений, речного стока, ветровых пульсаций и сезонного изменения температуры. Именно к такому типу акваторий относится б. Севастопольская. Основным фактором, определяющим циркуляцию вод в бухте, является ветер. Его ва-

риации по силе и направленности могут приводить к изменению пространственного распределения температуры и солёности в течение нескольких часов. Преобладающие восточные ветры способствуют выносу вод из бухты, а южные, юго-восточные и юго-западные — поступлению морских вод в акваторию. Динамика водного режима бухты определяется, прежде всего, сгонно-нагонными явлениями [3]. Их влияние на перераспределение планктонных организмов у побережья Крыма отмечалось и ранее [4, 7]. Воздействие «ветровых событий» (wind events) на короткопериодные изменения обилия и видового разнообразия планктона отмечено и для других организмов, например для фитопланктона в прибрежных водах северо-западной части Средиземного моря [21], а также для микропланктона в глубоководной части этого района в позднелетний период (исследования по программе DYNAPROC [15]).

Проведённые нами исследования в весенне-летний период показали значимое влияние температурного и ветрового факторов на короткопериодную изменчивость обилия микрометазоопланктона в прибрежных водах Крыма. При этом температура воды выступала как фактор, определяющий направление основного тренда изменений обилия ММЗП, а ветровое воздействие сказывалось прежде всего на кратковременном его варьировании в поверхностном слое. Вероятно, сильная зависимость между ростом численности ММЗП и температурой воды проявилась именно в связи с экспансией в прибрежные биотопы Чёрного моря теплолюбивого вида-вселенца *O. davisae*. Ранее нами показано, что степень его обилия в сезонном и межгодовом масштабе времени сильно зависит от сроков прогревания вод до 18–20 °С и от общего количества тепла, аккумулированного водой в тёплый период года [17]. О ведущей роли гидроклиматических факторов среды и, прежде всего, температуры воды в межгодовых вариациях структуры зоопланктонного сообщества свидетельствуют и результаты, полученные другими исследователями. В частности, для внутреннего эстуария Бильбао ведущая роль температуры в вариациях биотических показателей зоопланктона проявилась как на уровне больших таксономических групп, так и на уровне отдельных видов копепоид, в том числе видов-вселенцев [20]. Мож-

но также полагать, что одной из причин кратковременных флуктуаций численности микрометазоопланктона при воздействии ветровых возмущений могло являться не только пассивное перемещение организмов токами воды, но также и поведенческие отклики зоопланктеров, например различные реакции разных видов копепоид на изменение турбулентности водной среды, вызываемой ветром. Так, *Acartia* или *Centropages* могут изменять режимы питания при варьировании условий среды и менее подвержены воздействию подвижности воды, тогда как *Oithona* оказалась более чувствительной к воздействию турбулентности. Она снижала активность питания и опускалась в более глубокие слои воды при неблагоприятных условиях, что отмечено как в эксперименте, так и при натурных наблюдениях за вертикальным распределением *O. davisae* в условиях штиля или ветрового волнения [14, 16, 21]. Таким образом, при усилении ветрового воздействия происходило перераспределение не только численности, но и видового состава ММЗП в поверхностном слое, что могло быть отражено изменениями значений индексов разнообразия.

Как уже отмечалось, амплитуда флуктуаций численности у нерачкового ММЗП оказалась выше, чем у копепоид. Большая его часть представлена меропланктонными организмами, в частности планктонными стадиями брюхоногих и двусторчатых моллюсков. В определённый момент их жизненного цикла наступает фаза оседания личинок на дно, т. е. исчезновения из планктона. В благоприятных условиях планктонная фаза жизни моллюсков может составлять несколько дней, т. е. длительность её сопоставима с продолжительностью наблюдений за короткопериодной изменчивостью численности ММЗП. Процесс перехода меропланктонных организмов к бентосной фазе, естественно, оказывал влияние на изменение общей численности и усиливал короткопериодные флуктуации обилия его нерачковой фракции.

Использованные показатели видового разнообразия — индексы Шеннона и Симпсона — характеризуют не только общее количество видов в сообществе. Они объединяют видовое богатство и выравненность в единую величину и количественно дифференцируют системы с одинаковым видовым богатством, но с разной степенью доми-

нирования тех или других видов. Считается, что индекс видового разнообразия Симпсона придаёт большее значение постоянно встречающимся, обычным видам, а индекс Шеннона увеличивает значимость редких видов. Возможно, в связи с этими особенностями значения индекса Шеннона «отреагировали» на изменение видовой структуры сообщества ММЗП на несколько дней раньше, чем показатели индекса Симпсона при резком увеличении численности *O. davisae* в начале июня, притом что в мае этот вид или не встречался, или присутствовал в незначительных количествах.

Заключение. Видовой состав метазойного микрозоопланктона прибрежных вод в период исследований представлен преимущественно представителями рачкового планктона — копеподами родов *Acartia*, *Oithona*, *Paracalanus*, *Centropages*. В нерачковой фракции ММЗП преобладали велигеры брюхоногих и двустворчатых моллюсков, личинки полихет и оболочника *Oikopleura dioica*. Увеличение численности ММЗП происходило прежде всего за счёт его рачковой фракции. При возрастающем доминировании в планктоне копеподы *O. davisae* общее видовое разнообразие сообщества ММЗП снижалось, что свидетельствовало о сезонной перестройке биоценоза прибрежных вод Чёрного моря под влиянием вида-вселенца.

Анализ ежесуточных изменений численности микрозоопланктона поверхностного слоя выявил 2 основных фактора, обуславливающих закономерности этих изменений. Общий тренд возрастания численности ММЗП в исследуемый период года определялся повышением температуры моря. Короткопериодные отклонения от общего тренда связаны с флуктуациями воздействия ветровых возмущений (силы и направления ветра), вызывавшими изменение турбулентности водной среды. Одним из механизмов короткопериодных изменений численности и видового состава ММЗП могло являться различие поведенческих реакций зоопланктеров на уровень этой турбулентности.

Исследования выполнены в рамках Госзадания по теме «Изучение механизмов адаптации, трансформации и эволюции морских и океанических систем в условиях климатических изменений и антропогенного влияния» (№ 1001-2014-0013).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Галковская Г. А., Калиновская К., Молотков Д. В., Трифонов О. В. Влияние стратификации на вертикальное распределение микрозоопланктона в олиготрофном озере // *Доклады национальной академии наук Беларуси*. 2010. Т. 54, № 3. С. 88–91. [Galkovskaya G. A., Kalinovska K., Molotkov D. V., Trifonov O. V. Vliyanie stratifikatsii na vertikalnoe raspredelenie mikrozooplanktona v oligotrofnom ozere. *Doklady Natsional'noi Akademii Nauk Belarusi*. 2010, vol. 54, no. 3, pp. 88–91. (in Russ.)].
2. Заика В. Е., Морякова В. К., Островская Н. А., Цалкина А. В. *Распределение морского микрозоопланктона*. Киев: Наукова думка, 1976. 92 с. [Zaika V. E., Moriakova V. K., Ostrovskaya N. A., Tsalkina A. V. *Raspredelenie morskogo mikrozooplanktona*. Kiev: Naukova dumka, 92 p. (in Russ.)].
3. Иванов В. А., Овсяный Е. И., Репетин Л. Н., Игнатьева О. Г. *Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 91 с. [Ivanov V. A., Ovsyanyi E. I., Repetin L. N., Ignatjeva O. G. *Gidrologo-gidrokhimicheskii rejim Sevastopolskoi bukhty i ego izmeneniya pod vozdeystviem klimaticheskikh i antropogennykh faktorov*. Sevastopol: EKOSI-Gidrophizika, 2006, 91 p. (in Russ.)].
4. Казанкова И. И. Особенности динамики оседания личинок мидии и митилястера в связи со сгонно-нагонными явлениями у юго-западных берегов Крыма (Чёрное море) // *Экология моря*. 2000. Вып. 51. С. 35–39. [Kazankova I. I. Osobennosti dinamiki osedaniya lichinok midii i mitilyastera v svyazi so sgonno-nagonnymi yavleniyami u iugo-zapadnykh beregov Kryma. *Ekologiya morya*, 2000, iss. 51, pp. 35–39. (in Russ.)].
5. Ковалев А. В. Орудия и метод суммарного учёта морского микро- и мезозоопланктона // *Экология моря*. 1980. Вып. 3. С. 61–64. [Kovalev A. V. Instruments and method for total registration of sea micro- and mesozooplankton.

- Ekologiya morya*, 1980, iss. 3, pp. 61–64. (in Russ.).]
6. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем в схемах КИОВР [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://ppt4web.ru/ehkologija/metod-ocenki-kachestva-vod-i-sostojaniya-vodnykh-ekosistem-v-skhemakh-kiovr.html> [Дата обращения: 19.11.2016]. [*Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnykh ekosistem v skhemakh KIOVR* [Electronic resource]. Available at: <http://ppt4web.ru/ehkologija/metod-ocenki-kachestva-vod-i-sostojaniya-vodnykh-ekosistem-v-skhemakh-kiovr.html> [accessed: 19.11.2016].
 7. Никитин В., Скворцов Е. Непериодические изменения гидрологических элементов и состава планктона у южных берегов Крыма (из зоологического кабинета Национального заповедника в Крыму) // *Записки Крымского общества естествоиспытателей и любителей природы*. 1926 / ред. Е. В. Вульф. Симферополь, 1927. Т. 9. С. 67–79. [Nikitin V., Skvortsov E. Neperiodicheskie izmeneniya gidrologicheskikh elementov i sostava planktona u yuzhnykh beregov Kryma (iz zoologicheskogo kabineta Natsionalnogo zapovednika v Krymu). *Zapiski Kievskogo obshchestva estestvoispytateley i lyubiteley prirody*. 1926. E. V. Vul'f (Ed.). Simferopol, 1927, vol. 9, pp. 67–79. (in Russ.).]
 8. *Определитель фауны Чёрного и Азовского морей: в 3 т. Т. 2: Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные* / Академия наук УССР, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. Киев: Наукова думка, 1969. 536 с. [*Opredelitel' fauny Chernogo i Azovsko morei: in 3 vol. Vol. 2: Svobodnozhivuschie bespozvonochnye. Rakoobraznye* / Akademiya nauk USSR, Institut Biologii Yuzhnykh Morej im. A. O. Kovalevskogo. Kiev: Naukova dumka, 1969, 536 p. (in Russ.).]
 9. Островская Н. А., Скрябин В. А., Загородняя Ю. А. Микрозоопланктон // *Планктон Чёрного моря* / ред. А. В. Ковалев., З. З. Финенко. Киев: Наукова думка, 1993. С. 165–183. [Ostrovskaya N. A., Skryabin V. A., Zagorodnyaya Yu. A. Mikrozooplakton. In: *Plankton Chernogo morya*. Kovalev A. V., Finenko Z. Z. (Eds.). Kiev: Naukova dumka, 1993, pp. 165–183. (in Russ.).]
 10. Сажина Л. И. *Науплиусы массовых видов пелагических копепоид мирового океана*. Киев: Наукова думка, 1985. 238 с. [Sazhina L. I. *Naupliusy massovykh vidov pelagicheskikh copepod mirovogo okeana*. Kiev: Naukova dumka, 1985, 238 p. (in Russ.).]
 11. Сажина Л. И. Плодовитость черноморских копепоид в 1992 г. // *Океанология*. 1995. Т. 35, № 4. С. 562–568. [Sazhina L. I. Plodovitost' chernomorskikh copepod v 1992 g. *Okeanologiya*, 1995, vol. 35, no. 4, pp. 562–568. (in Russ.).]
 12. Серегин С. А., Попова Е. В. Численность и видовой состав метазойного микрозоопланктона в прибрежье Севастополя: 2009–2012 гг. // *Рыбное хозяйство Украины*. 2012. № 6 (83). С. 3–9. [Seregin S. A., Popova E. V. Abundance and species composition of metazoan microzooplankton in the coastal waters of Sevastopol: 2009–2012. *Rybnoe khozyaistvo Ukrainy*, 2012, no. 6 (83), pp. 3–9. (in Russ.).]
 13. Gavrilova N., Dolan J. R. A Note on Species Lists and Ecosystem Shifts: Black Sea Tintinnids, Ciliates of the Microzooplankton. *Acta Protozoologica*, 2007, vol. 46, pp. 279–288.
 14. Incze L. S., Hebert D., Wolff N., Oakey N., Dye D. Changes in copepod distributions associated with increased turbulence from wind stress. *Marine Ecology Progress Series*, 2001, vol. 213, pp. 229–240.
 15. Lasternas S., Tunin-Ley A., Ibañez F., Andersen V., Pizay M. -D., and Lemée R. Short-term dynamics of microplankton abundance and diversity in NW Mediterranean Sea during late summer conditions (DYNAPROC 2 cruise; 2004). *Biogeosciences*, 2011, vol. 8, pp. 743–761.
 16. Saiz E., Calbet A., Broglio E. Effects of small-scale turbulence on copepods: the case of *Oithona davisae*. *Limnology and Oceanography*, 2003, vol. 48, no. 3, pp. 1304–1311.
 17. Seregin S. A., Popova E. V. Long-term dynamics of abundance of the copepod-invader, *Oithona*

- davisae*, in the coastal waters of the Black Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2016, vol. 7, iss. 4, pp. 374–382.
18. Sorokin Yu. I., Kopylov A. I., Mamaeva N. V. Abundance and dynamics of microplankton in the central tropical Indian Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 1985, vol. 24, pp. 27–41.
 19. Thyssen M., Mathieu D., Garcia N., Denis M. Short-term variation of phytoplankton assemblages in Mediterranean coastal waters recorded with an automated submerged flow cytometer. *Journal of Plankton Research*, 2008, vol. 30, iss. 9, pp. 1027–1040.
 20. Uriarte I., Villate F., Iriarte A. Zooplankton recolonization of the inner estuary of Bilbao: influence of pollution abatement, climate and non-indigenous species. *Journal of Plankton Research*, 2016, vol. 38, no. 3, pp. 718–731.
 21. Visser A. W., Saito H., Saiz E., Kiorboe T. Observations of copepod feeding and vertical distribution under natural turbulent conditions in the North Sea. *Marine Biology*, 2001, vol. 138, pp. 1011–1019.

Short-term variation of metazoan microzooplankton in a coastal area of the Black Sea: the regularities and determining factors

S. A. Seregin, E. V. Popova

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: serg-seryogin@yandex.ru

To many fishes, including commercially valuable species, metazoan microzooplankton (MMZP) are the essential prey ensuring survival of their larvae and juveniles. For the Black Sea dependence of the variability of MMZP abundance and structure on hydroclimatic factors (seawater temperature, wind force and direction, etc.) in the coastal area was not earlier studied over as short periods of time as days to weeks; hence this investigation is of high relevance. Samples of MMZP were collected daily in the mouth of Sevastopol Bay and the adjoining open-sea area from 13 May to 21 June 2013, the period when the quantity of MMZP began growing (spring-summer increase). The samples were taken from the sea surface by a 10 l plastic sampler, condensed in the laboratory by reverse filtration and processed in a Bogorov chamber under the microscope MBS-9. Increased crustacean fraction in which copepods dominated suggested growing abundance of the zooplankton with warming of the sea. This main, temperature-dependent, trend was modulated by short-term changes in the force and direction of wind launching quantitative and qualitative re-distribution of MMZP in the surface layer. Different behavioral responses the plankters showed to the wind-induced water turbulence can be a part of the re-distribution machinery. Contributors to the species diversity were largely the naupliar and early copepodid stages of genera *Acartia*, *Oithona*, *Paracalanus*, *Centropages*, the nauplii and copepodites of Harpacticoida, bivalve and gastropod veligers, larvae of the tunicate *Oikopleura dioica*, the nauplii of barnacles, and the larvae of polychaetes. The zooplankton assemblage structure changed in two phases: one, with moderately high values of species diversity index, was prior to, and the other, with low estimates, during the outbreak of the invasive copepod *Oithona davisae*.

Keywords: metazoan microzooplankton, short-term variability, abundance, species diversity, coastal, Black Sea

УДК 582.263:577.15(28)

FILAMENTOUS GREEN ALGAE, EXTRACELLULAR ALKALINE PHOSPHATASES AND SOME FEATURES OF THE PHOSPHORUS CYCLE IN PONDS

© 2017 г. **Chunlei Song**¹, PhD, senior researcher, **Xiuyun Cao**¹, PhD, senior researcher
Yiyong Zhou¹, PhD, head of laboratory **Nickolai Shadrin**², PhD, leading researcher

¹Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, China

²Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: snickolai@yandex.ru

Поступила в редакцию 05.02.2017 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Filamentous green algae (FGA) may reach high biomass and play a very important functional role in productivity and nutrient cycling in the different water bodies. Their extracellular alkaline phosphatase activity may be an important player in the phosphorus cycle. Currently, there is intensive development of green algae in various freshwater and marine water bodies, which creates problems for people's activities and necessitates its investigation. Filamentous green algae in four Chinese and Crimean (Russia) shallow freshwater ponds were in focus of this study. The dissolved phosphorus fraction in pond water, algal pigment level, activity and kinetic properties of alkaline phosphatase were evaluated in water column and cell membrane of filamentous green algae. Microalgal taxa were identified in the plankton samples. Species composition and density of FGA in the studied ponds were different. Two ponds had more than 50 % coverage of a water surface by FGA and its wet biomass more than 100 g·m⁻². Two others were with wet biomass less than 2 g·m⁻². In ponds with low FGA biomass, the soluble reactive phosphorus concentration exhibited considerably low level with less than 10 µg·L⁻¹, and the dissolved organic phosphorus comprised the largest phosphorus fraction, averaging 23.1 µg·L⁻¹ and ranged from 20.8 to 25.4 µg·L⁻¹. However, in ponds with high FGA biomass, particulate phosphorus was the major component, which contributes 45.8 % and 56.7 % of total phosphorus, respectively. Size fractionation of extracellular alkaline phosphatase activity in water column expressed spatial heterogeneity, which corresponded with biomass of FGA. The response of extracellular alkaline phosphatase activity to different phosphate concentration in water column was completely distinct from that in the cell membrane of FGA, the last of which represented the significantly inhibition effect to high phosphate concentration. The significant inhibition of alkaline phosphatase activity in cell membrane of FGA by phosphate in water may validate that FGA growth was limited by phosphorus. The contradiction between a low concentration of soluble reactive phosphorus and high FGA biomass may indicate that there was high speed nutrient cycling, probably, due to the alkaline phosphatase activity. Excreting exo-alkaline phosphatases, FGA, microalgae and bacteria accelerate phosphorus cycling through different mechanisms, and this may increase their development. In ponds with high FGA biomass, many of bacteria are responsible for regeneration of nutrients, which then consuming by FGA. Those bacteria also may concurrently restrict a microalgae development, such as unicellular Chlorophyta species. As an example, *Cladophora* provides habitat for different species of epibionts (bacteria and microalgae, primarily diatoms), and sustains of strong mutualistic alga-bacterium interactions. Therefore, the problem of excessive FGA growth should not be considered in isolation, but in a whole-ecosystem context.

Ключевые слова: phosphorus cycle, exo-alkaline phosphatases, Chlorophyta, ponds, China, Crimea

Phosphorus is an essential constituent element in every known form of life; it is built-in energy storage, cell structure, and the genetic material that encodes all life on the planet. It is well known that plants absorb phosphorus from water, animals consume plants, and phosphorus is released back to water in the form of phosphate from the dead plant and animal material. Recent studies have shown that phosphorus cycle in the water bodies is more complicated thing, and the case of filamentous green algae (FGA) may demonstrate this [11, 32, 37].

High biomass of filamentous green algae (FGA) is regarded as a signal of eutrophication in aquatic ecosystems; it is the globally distributed phenomenon now [3, 9, 15, 19, 36, 39]. FGA has become more abundant during the last decades in many aquatic ecosystems, such as estuaries [13, 34], streams [24], seas [8, 14], reservoirs [10], and lakes [26, 28], creating some problems for human population. Species from the genera *Spirogyra*, *Oedogonium*, *Ulva* and *Cladophora* are most frequent encountered among them. Like other aquatic and terrestrial plants, FGA require inorganic nutrients (P, N) to support a growth in a specific range of temperature and light conditions. There is consensus that phosphorus is the growth-limiting nutrient for FGA in the lakes [27, 32]. For example, removal or abatement of phosphorus from a wastewater substantially reduced *Cladophora* biomass in Lake Huron [4], Lake Ontario [25], Lake Erie [22], and Lake Windermere [26]. The *Cladophora* growth model predicts that its growth is highly sensitive to spatial and temporal variations in soluble phosphorous concentration [31]. However, there are only few reports on nitrogen-limited FGA growth in freshwater systems but we will not discuss them here. The occurrence of heterotrophic nitrogen-fixing bacteria among *Cladophora* epibionts may be one of the reasons of this [38, 40].

FGA, as well as other algae, have mechanisms to absorb and store phosphorus for immediate needs [1]. Phosphorus uptake depends on external nutrient supply and hydrolysis of polyphosphates due to activity of alkaline phosphatase enzymes (AP). AP was found in intracellular, extracellular and cell-bound fractions [20, 38]. Activity of phosphatases, isolated from *Cladophora*, was observed to be significantly inhibited by phosphate concentration

[11]. The AP capacity of *Cladophora* was higher than other macroalgae species in Lagoon Harrington Sound (Bermuda), and AP activity (APA) was enhanced by nitrogen enrichment and suppressed by phosphorus enrichment [18]. The importance of AP for FGA growth through phosphorus regeneration is clear, but field data on the relationship between the extracellular AP and ambient phosphorus concentration are lacking. Also, the information on the relationship between AP of FGA, bacterial AP and phytoplankton AP is very scarce. A better understanding of phosphorus cycling in the aquatic ecosystems is important, as it affects aquatic food webs and, therefore, the ability of every water body to absorb atmospheric carbon dioxide.

Thus, the objectives of this study are: 1) to give further evidence of the occurrence and activity of extracellular AP produced by different FGA species; 2) to detect the kinetic property of the extracellular AP (total AP, dissolved AP in water column and AP in cell membrane of FGA); 3) to analyze the mutual relationship between FGA, microalgae and bacteria, and 4) to get deeper understanding of the FGA AP role in phosphorus cycling through the comparative study in Chinese and Crimean (Russia) freshwater ponds. Freshwater ponds may be used as a good model for better understanding of phosphorus cycle complexity in every other type of aquatic ecosystems.

MATERIAL AND METHODS

Description of sampling ponds. We studied four shallow ponds, which located nearby the Lake Yuehu, Wuhan City, China (Pond 2-C and 4-C), and in Sevastopol city, Crimea, Russia (Pond 1-U and 3-U). The dominant species were *Rhizoclonium tortuosum* and *Cladophora* sp. in Pond 3-U and 4-C, respectively, with more than 50 % coverage of a water surface and its wet biomass more than 100 g·m⁻². However, few *Spyrogyra* sp. floating mats in Pond 1-U and *Cladophora* sp. benthic mats in Pond 2-C were observed with wet biomass less than 2 g·m⁻². All these ponds have a surface area of 500–700 m² and average depth of about 1 m.

Chemical analysis. The surface water samples (0–0.5 m) and fresh FGA samples were collected in Chinese and Crimean ponds from September to October, 2008. FGA samples were put into the bottles filled with surface water. Samples were

Таблица 1. Численность и биомасса планктонных микроводорослей разных таксонов в прудах 1-U и 3-U
Table 1. Abundance and biomass of different taxa of planktonic microalgae in Pond 1-U and Pond 3-U

Taxon	Pond 1-U		Pond 3-U	
	Density, cells·L ⁻¹	Biomass, mg·m ⁻³	Density, cells·L ⁻¹	Biomass, mg·m ⁻³
Chlorophyta	22 032 200	749.7	—	—
Dinophyta	39 000	195.4	2312	43.2
Cryptophyta	—	—	—	—
Bacillariophyta	104 400	530.5	146 863	916.6
Chrysophyta	—	—	—	—
Cyanophyta	397 800	15.1	2856	0.3
Total	22 893 420	1490.7	152 031	960.1

Примечание: «—» — очень мала. Note: “—” — undetectable.

transported to the laboratory within 2 hours after collection.

The water samples were filtered through pre-washed 0.45- μm filters. All samples were analyzed in triplicate. Soluble reactive phosphorus (SRP) was measured with the molybdate blue method [23]. The concentration of dissolved total phosphorus (DTP) and total phosphorus (TP) was determined by the method [12]. Dissolved organic phosphorus (DOP) was calculated as $\text{DOP} = \text{DTP} - \text{SRP}$, and particulate phosphorus (PP) was calculated as $\text{PP} = \text{TP} - \text{DTP}$.

The surface water and FGA samples were analyzed for different pigment concentration using 90 % acetone extraction and spectrophotometric measurements at 663 nm for chlorophyll *a*, at 646 nm for chlorophyll *b*, and at 470 nm for total carotenoids with correction for turbidity at 750 nm. The amount of these pigments was calculated according to the formulas [37].

Alkaline phosphatase activity (APA) in water column and in FGA samples was determined spectrophotometrically. We followed the rate of release of p-nitrophenol from model substrate p-nitro-phenylphosphate (pNPP) over 1–4 h depending on different samples. Enzyme activity was measured as the increase in absorbance at 410 nm in 1-cm cuvettes [2]. For APA of FGA, measurements had been made in pH 8.5 Tris-HCl buffer solution with freshly collected FGA.

APA was determined at 8 different concentrations of substrate (pNPP from 0.01 to 1.8 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) for the calculation of enzymatic kinetics parameters (Michaelis constant K_m and maximum

velocity $V_{\max}$) though the Lineweaver — Burke transformation ($1/V$ vs. $1/S$) of the Michaelis — Menten equation.

The water sample was filtered through 0.45 and 3.0 μm membrane filter. The contributions of APA to the algal and bacterial fractions were calculated as follows (formula 1, 2):

$$A = U - F(3.0) \quad (1)$$

and

$$B = F(3.0) - F(0.45) \quad (2)$$

where A — activity in algal fraction, i. e. in fraction larger than 3.0 μm ; B — activity in bacterial fraction, i. e. in fraction 0.45–3.0 μm ; U — activity of unfiltered water sample, i. e. total APA; F (3.0) — activity in water sample prefiltered through 3.0 μm ; F (0.45) — activity in water sample filtered through 0.45 μm . The final pNPP concentration (0.3 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) was used for the size-fractionation of APA [7].

The different amount of phosphate (KH_2PO_4) was added to the unfiltered and filtered 0.45 μm water samples as well as fresh FGA immersed with Tris-HCl buffer solution to test the responses of APA to phosphate. The final phosphate concentration was from 0.02 to 0.6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Biological analysis. Microalgae were sampled (1 L) in surface water and preserved by Lugol solution [35]. Samples were pre-sedimented and concentrated to no more than 20 ml for at least two weeks. After mixing, microalgal taxa were identified and their abundance was counted under light microscop

at $\times 640$ magnification. Results are expressed as density (cells·L⁻¹) and biomass (mg·m⁻³). FGA samples were freshly collected in the bottles filled with surface water. Samples were thoroughly rinsed to remove all macrofauna and preserved with formalin for taxonomic identification.

Statistical analysis. Fisher's least significant difference test and independent-samples *T*-test were used to make comparisons among the parameters in different pond, using the SPSS statistical package.

RESULTS AND DISCUSSION

In Pond 1-U and Pond 2-C with low FGA biomass, the SRP concentration exhibited considerably low level with less than 10 µg·L⁻¹, and the DOP comprised the largest phosphorus fraction, averaging 23.1 µg·L⁻¹ and ranged from 20.8 to 25.4 µg·L⁻¹. However, in Pond 3-U and Pond 4-C, PP was the major component, which contributes 45.8 % and 56.7 % of TP, respectively (fig. 1).

The chlorophyll *a* and *b* of microalgae in Pond 3-U and Pond 4-C had shown markedly higher value over almost ten times than the other two ones ($P < 0.01$) (fig. 2), also, the intracellular pigments of FGA including chlorophyll *a*, *b* and total carotenoid with relatively higher level in Pond 3-U and Pond 4-C were observed (fig. 3, $P < 0.05$). Species composition of microalgae and its density were different in different ponds (table 1). In Pond 1-U, Chlorophyta was a dominant taxon, which contributing 96 % and 50 % for total microalgal density and biomass. In Pond 3-U, Chlorophyta were not found, but Bacillariophyta were responsible for the total density and biomass (97 % and 96 %, respectively).

Size fractionation of APA in water column expressed spatial heterogeneity, which corresponded with biomass of FGA. In Pond 1-U and Pond 2-C, the bacterial APA represented a larger portion with 35 % and 45 % of total APA, respectively. However, in Pond 3-U and Pond 4-C, the algal fraction had the major contribution of 58 % and 56 % to total APA, even though a great abundance of bacteria below the FGA in Pond 4-C were found (our unpublished data). Moreover, the highest value for total APA in Pond 2-C and the lowest value for dissolved APA in Pond 4-C had been recorded (fig. 4). In the cell membrane of FGA, the order for the magnitude of the total APA in all studied ponds was the same as in the

dissolved fraction. In addition, it is worthy to note that, wherever in China or Crimea, the low level of dissolved APA was always accompanied with high FGA biomass, especially in Pond 4-C with more than 90 % *Cladophora* coverage (fig. 5).

There seems to be more complicated to compare the kinetic characteristics for APA in water column and cell membrane of FGA. However, we may find out some trends (fig. 6): the highest $V_{\max}$ value in Pond 2-C and lower K_m value in Pond 4-C for total APA, and the higher K_m value in Pond 4-C for dissolved APA. For the APA of FGA cell membrane, lower $V_{\max}$ and K_m in Pond 2-C as well as higher $V_{\max}$ and K_m value in Pond 4-C were found that implies distinct mechanism for enzymatic hydrolysis (fig. 7). K_m value of APA, a specific parameter to characterize enzyme affinity to a substrate, in water column of Pond 2-C and Pond 4-C was significantly lower than that in cell membrane of FGA (figs. 6, 7).

The response of APA to different phosphate concentration in water column was completely distinct from that in the cell membrane of FGA, the last of which represented the significantly inhibition effect to high phosphate concentration (figs. 8, 9).

The high FGA abundance in two of all ponds is somewhat paradoxical in light of the fact that concentrations of SRP were relatively low. Along with observations of intensive FGA coverage in water areas that are relatively remote from external nutrient sources, this fact suggests that there are the special and crucial mechanisms of nutrients transfer between FGA and ambient water. Here, a hypothesis was presented that nutrient recycling with high efficiency mediated by extracellular enzymes should be responsible for FGA excessive growth. In detailed, the slightly higher SRP concentration in Pond 3-U and Pond 4-C, accompanied with relatively lower APA in water column and cell membrane of FGA, as well as higher DOP concentration in Pond 1-U and Pond 2-C in parallel with higher APA indicated that the production of AP was regulated by enzymatic depression-induction mechanisms. The "induction — repression" mechanism was previously shown in the lakes with lower SRP concentration [6].

Furthermore, the significant inhibition response of APA in cell membrane of FGA (*Cladophora*) to phosphate supplement validated that the growth of FGA was more sensitive to phosphate concentration

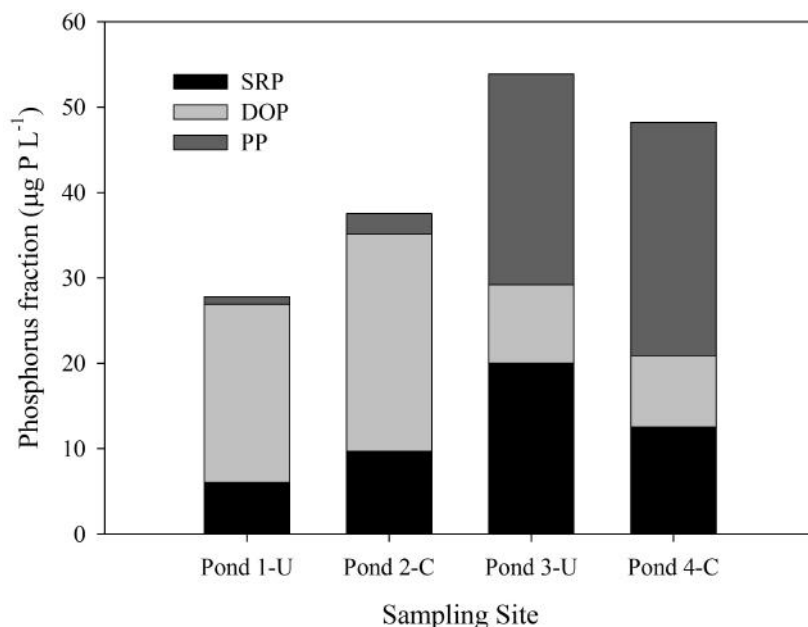


Рис. 1. The phosphorus fractions in water of different ponds

Fig. 1. Фракции фосфора в воде разных прудов

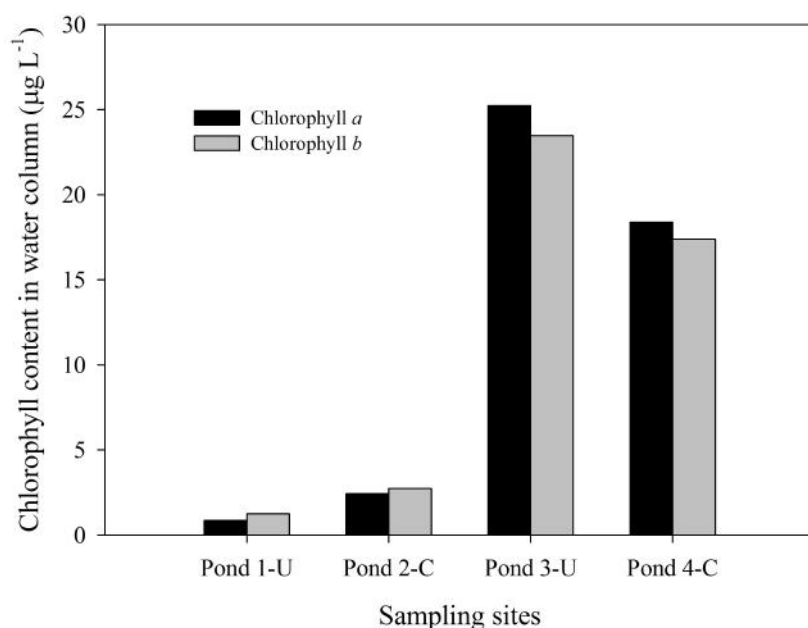


Рис. 2. The chlorophyll *a* and *b* content in water of different ponds

Fig. 2. Содержание хлорофиллов *a* и *b* в воде разных прудов

than that in microalgae plankton. For instance, in Lake Ontario, *Cladophora* tissue phosphorus concentration has declined in parallel with decreasing P concentration in water, resulting in reduced *Cladophora* biomass at all depths in the euphotic zone [21]. Also, in Harrington Sound, the APA capacity was enhanced by nitrogen enrichment and suppressed by phosphorus enrichment [18]. Thus, we

may conclude that FGA (*Cladophora*) were limited by phosphorus; this also strongly stimulates the AP secretion on cell membrane.

Additionally, comparing to the kinetic characteristics (K_m value) of APA in cell membrane of FGA (*Cladophora*) and water, we found lower K_m value in water column. This fact may indicate that the AP secreted by microalgae had a higher

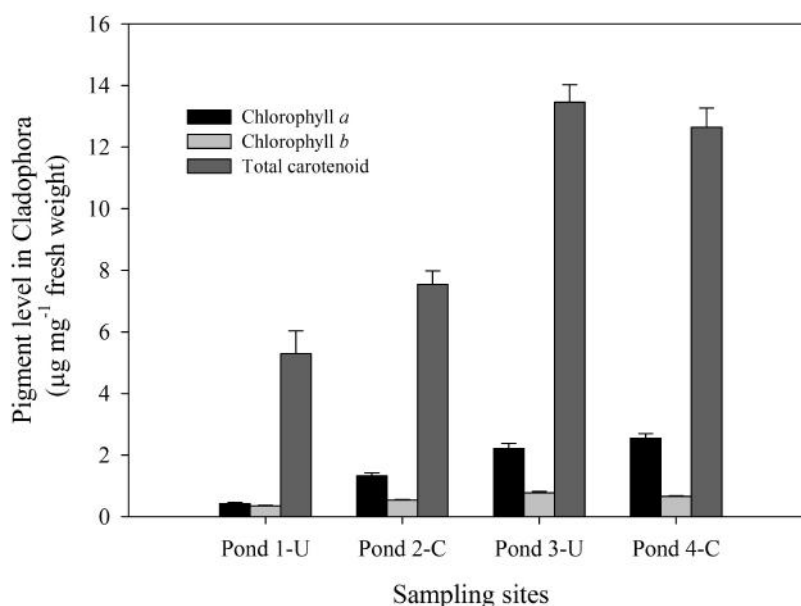


Рис. 3. The chlorophyll *a*, *b* and total carotenoid content inside filamentous green algae cells in different ponds

Fig. 3. Концентрации хлорофиллов *a*, *b* и общих каротиноидов в клетках зелёных нитчатых водорослей из разных прудов

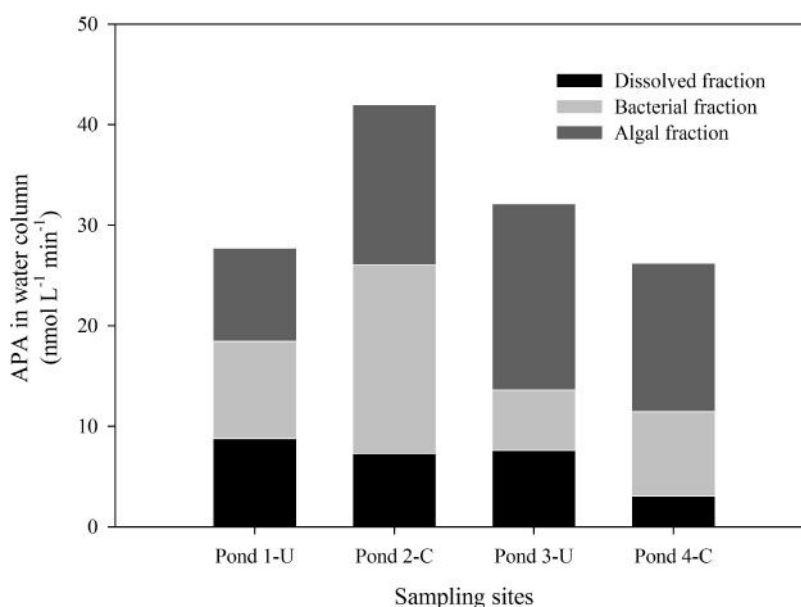


Рис. 4. Size fractionation of alkaline phosphatase activity in water of different ponds

Fig. 4. Активность щелочной экзосфатазы в разных размерных фракциях клеток в воде разных прудов

affinity to organic phosphorus. On the other hand, there were higher $V_{\max}$ and K_m values for the APA in cell membrane of FGA in Pond 4-C than in Pond 2-C. It may be suggested that FGA in high biomass pond had the advantage in the hydrolysis velocity of organic substrate. However, in low biomass pond, FGA overcome the difficulty of phosphate limitation

through higher affinity to substrates, which is conflicted with plankton nutrient uptake mechanism [5, 38]. These facts suggested that if the enzymatic hydrolysis mechanism of FGA (*Cladophora*) and microalgae would be the same, their growth would be jointly restricted, whereas, excessive growth of FGA was observed.

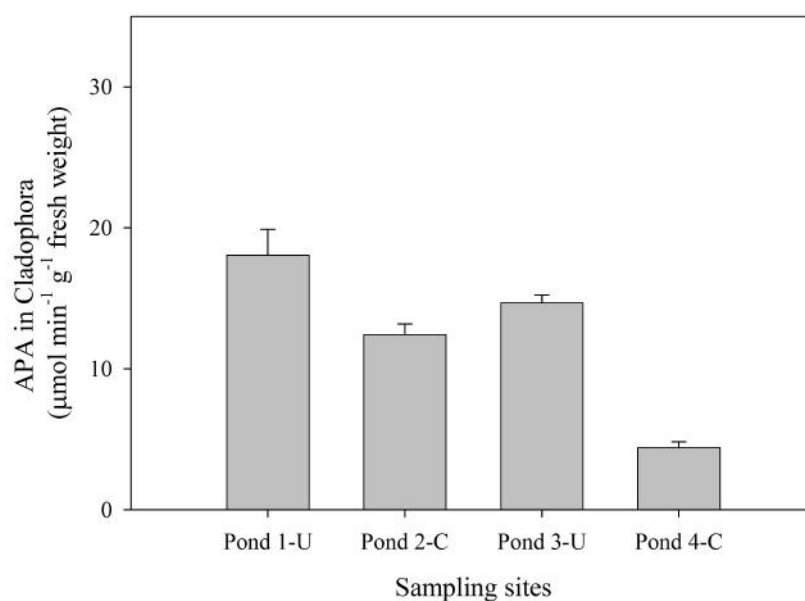


Рис. 5. The alkaline phosphatase activity in cell membrane of filamentous green algae of different ponds

Fig. 5. Активность щелочной фосфатазы в клеточных мембранах нитчатых зелёных водорослей из разных прудов

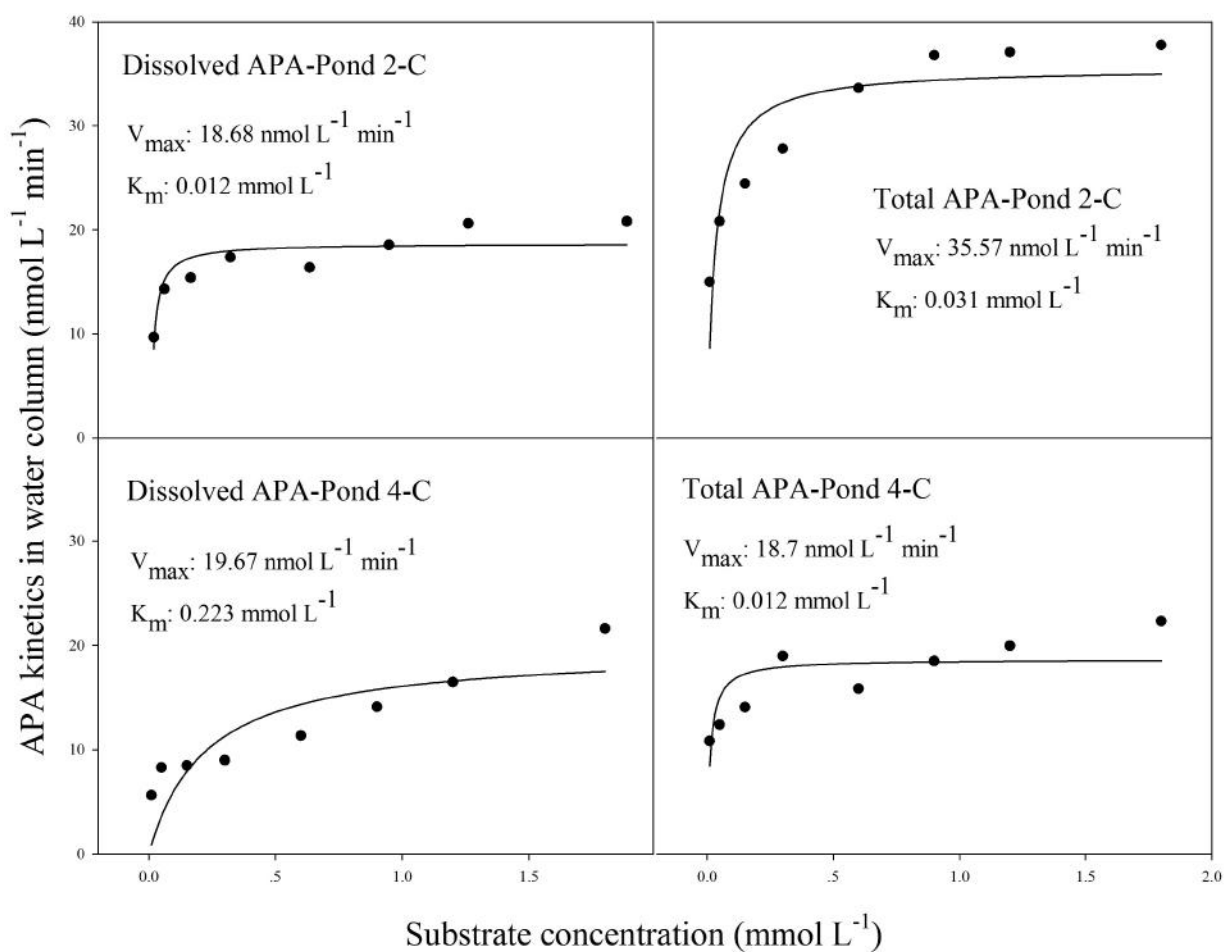


Рис. 6. Kinetic curves of dissolved and total alkaline phosphatase in water of different ponds

Fig. 6. Кинетические кривые растворённой и общей щелочной фосфатазы в воде разных прудов

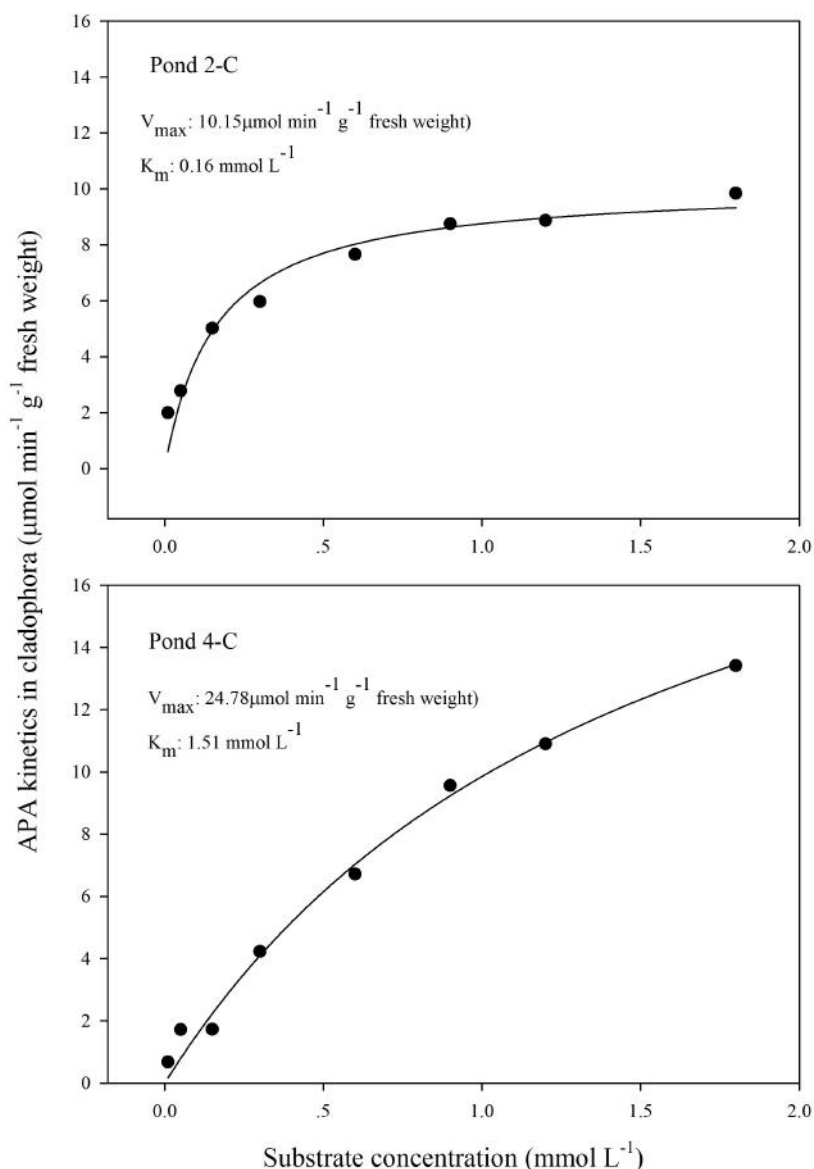


Рис. 7. The chlorophyll *a*, *b* and total carotenoid content inside filamentous green algae cells in different ponds

Fig. 7. Концентрации хлорофиллов *a*, *b* и общих каротиноидов в клетках зелёных нитчатых водорослей из разных прудов

At the same time, in Pond 4-C, high enzymatic activity of bacteria underneath FGA (*Cladophora*) mats should be responsible for the organic matter decomposition and nutrient regeneration. The higher algal APA (due to bacterial attachment) and these regenerated nutrient support the FGA growth. On the other hand, organic carbon produced by FGA, and extracted as exopolysaccharids [29], provides necessary carbon and energy source for bacteria. The similar results were observed in cyanobacterial mat community by [33]. The positive nutrient mutualism between bacteria and FGA as well as the enzymes

with high efficiency secreted by FGA, are two main reasons for excessive FGA growth [17, 30, 38].

Besides, the close coexistence between FGA and bacteria, to some extent, restricted the other microalgae development, especially Chlorophyta species. On the contrary, due to relatively low nutrient requirement or special strategy for nutrient acquisition, Bacillariophyta species can survive in ponds with high FGA biomass. Differences in APA mechanisms may play an important role in competition between species [16]. On the other hand, the mutual coupling between the dominant

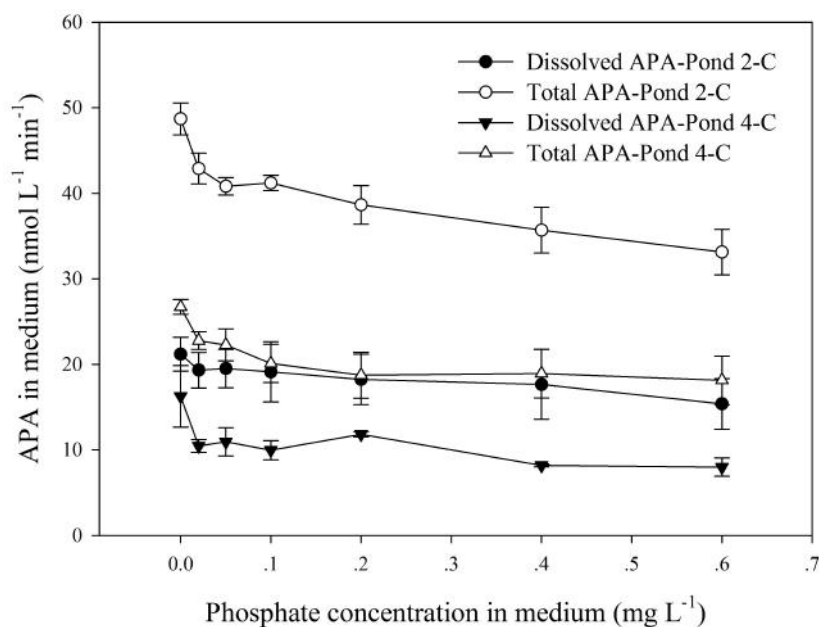


Рис. 8. The chlorophyll *a*, *b* and total carotenoid content inside filamentous green algae cells in different ponds

Fig. 8. Концентрации хлорофиллов *a*, *b* и общих каротиноидов в клетках зелёных нитчатых водорослей из разных прудов

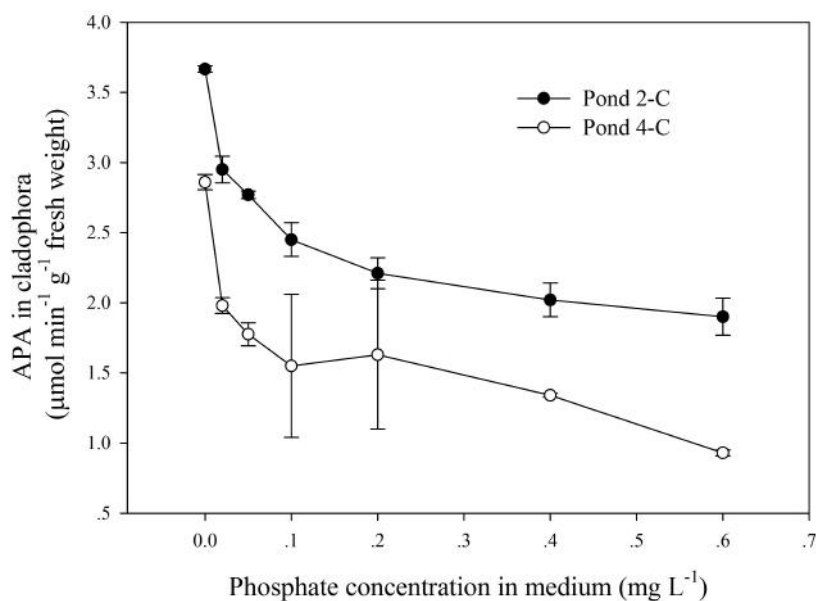


Рис. 9. Size fractionation of alkaline phosphatase activity in water of different ponds

Fig. 9. Активность щелочной экзопосфатазы в разных размерных фракциях клеток в воде разных прудов

Chlorophyta species with higher $V_{\max}$ and the dominant Bacillariophyta species with low K_m suggested different organic phosphorus hydrolysis mechanisms for these two groups [5, 6].

Finally, there are some contradictions in our results, and we need to give a reasonable explanation

of them. For example, in Pond 1-U and 3-U, microalgae density and biomass had not changed in parallel with chlorophyll *a* and *b* content in water column, which may be explained by the overestimation for chlorophyll in plankton of Pond 3-U due to the destruction of FGA. In addition, in

Pond 2-C and 4-C, the discrepancy between APA reaction velocity at single substrate concentration and $V_{\max}$ value should be considered as a normal phenomenon because of the enzymatic specificity of different Michaelis — Menten curves. As for the dissolved AP in our results, it is still very difficult to evaluate its origins and functions in different kind of environment with FGA, even if it is consistent with the high concentration with APA in cell membrane of FGA.

FGA, microalgae and bacteria accelerate phosphorus cycling through different mechanisms, and this may increase their development. In ponds with high FGA biomass, many of bacteria are responsible for regeneration of nutrients, which then consuming by FGA [40]. Those bacteria also may concurrently restrict a microalgae development, such as unicellular Chlorophyta species. As an example, *Cladophora* provides habitat for different species of epibionts (bacteria and microalgae, primarily diatoms), and strong mutualistic alga-bacterium interactions exist [40]. Therefore, the problem of excessive FGA growth should not be considered in isolation, but in a whole-ecosystem context. This article demonstrates the complexity of the phosphorus cycle in water bodies, but it raises new questions rather than provides comprehensive answers to them.

Acknowledgements. This work was supported by the grants from the National Natural Science Foundation of China (41230748, 41173081), the Major Science and Technology Program for Water Pollution Control and Treatment (2012ZX07103003), the State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology (2014FBZ01). We also obliged to the Sino-Ukraine scientific and technological cooperation grant supported by the Chinese Academy of Sciences and National Academy of Sciences of Ukraine (2007–2008). We are thankful to G. Minyuk, I. Chubchikova, I. Drobitskaya, O. Gerasimova, V. Senicheva, E. Galagovets and all who helped us in former Institute of Biology of the Southern Seas in Sevastopol.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Auer M. T., Canale R. Ecological studies and mathematical modeling of *Cladophora* in Lake Huron: 2 phosphorus uptake kinetics. *Journal of Great Lakes Research*, 1982, vol. 8, pp. 84–92.
2. Berman T. Alkaline phosphatase and phosphorus availability in Lake Kinneret. *Limnology and Oceanography*, 1970, vol. 15, pp. 663–674.
3. Brooks, C., Grimm, A., Shuchman, R., Sayers, M., Jessee, N. A satellite-based multi-temporal assessment of the extent of nuisance *Cladophora* and related submerged aquatic vegetation for the Laurentian Great Lakes. *Remote Sensing of Environment*, 2015, vol. 157, pp. 58–71.
4. Canale R. P., Auer M. T. Ecological studies and mathematical modeling of *Cladophora* in Lake Huron: 7. Model verification and system response. *Journal of Great Lakes Research*, 1982, vol. 8, pp. 134–143.
5. Cao X., Song C., Zhou Y., Štrojsová A., Znachor P., Zapomělová E., Vrba J. Extracellular phosphatases produced by phytoplankton and other sources in shallow eutrophic lakes (Wuhan, China): taxon-specific versus bulk activity. *Limnology*, 2009, vol. 10, iss. 2, pp. 95–104.
6. Cao, X., Song, C., Zhou, Y. Limitations of using extracellular alkaline phosphatase activities as a general indicator for describing P deficiency of phytoplankton in Chinese shallow lakes. *Journal of Applied Phycology*, 2010, vol. 22, iss. 1, pp. 33–41.
7. Chrost R. J., Siuda W., Halemejko G. Z. Longterm studies on alkaline phosphatase activity (APA) in a lake with fish-aquaculture in relation to lake eutrophication and phosphorus cycle. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 1984, vol. 70, pp. 1–32.
8. Curiel D., Rismondo A., Bellemo G., Marzocchi M. Macroalgal biomass and species variations in the Lagoon of Venice (Northern Adriatic Sea, Italy): 1981–1998. *Scientia Marina*, 2004, vol. 68, pp. 57–67.
9. Dodds W. K., Gudder D. A. The ecology of *Cladophora*. *Journal of Phycology*, 1992, vol. 28, pp. 415–427.
10. Dondajewska R., Frankowski T., Wojak P. Changes in the vegetation of filamentous green algae in the Antoninek preliminary reservoir. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 2007, vol. 36, pp. 121–128.
11. El-Shahed A. M., Ibrahim H., Abd-Elnaeim M.

- Isolation and characterization of phosphatase enzyme from the freshwater macroalga *Cladophora glomerata* Kützinger (Chlorophyta). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2006, vol. 9, pp. 2456–2461.
12. Golterman H. L., Clymo R. S., Ohmstad M. A. M. *Methods for physical and chemical analysis of Fresh waters*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978, 214 p.
 13. Gordon D. M., McComb A. J. Growth and production of the green alga *Cladophora montagneana* in a eutrophic Australian estuary and its interpretation using a computer program. *Water Research*, 1989, vol. 2–3, iss. 5, pp. 633–645.
 14. Gubelit, Y. I., Berezina, N. A. The causes and consequences of algal blooms: the *Cladophora glomerata* bloom and the Neva estuary (eastern Baltic Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 2010, vol. 61, iss. 4–6, pp. 183–188.
 15. Higgins S. N., Pennuto C. M., Howell E. T., Lewis T. W., Makarewicz J. C. Urban influences on *Cladophora* blooms in Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, 2012, vol. 38, pp. 116–123.
 16. Kwon H. K., Oh S. J., Yang H. S. Ecological significance of alkaline phosphatase activity and phosphatase-hydrolyzed phosphorus in the northern part of Gamak Bay, Korea. *Marine pollution bulletin*, 2011, vol. 62, iss. 11, pp. 2476–2482.
 17. Labry C., Delmas D., Herbland A. Phytoplankton and bacterial alkaline phosphatase activities in relation to phosphate and DOP availability within the Gironde plume waters (Bay of Biscay). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2005, vol. 318, iss. 2, pp. 213–225.
 18. Lapointe B. E., O'Connell J. Nutrient-enhanced growth of *Cladophora prolifera* in Harrington Sound, Bermuda: Eutrophication of a confined, phosphorus-limited marine ecosystem. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 1989, vol. 28, pp. 347–360.
 19. Lembi C. A. Control of nuisance algae. In: *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. New York: Academic Press, 2003, pp. 805–834.
 20. Lin C. K. Accumulation of water soluble phosphorus and hydrolysis of polyphosphates by *Cladophora glomerata* (Chlorophyceae). *Journal of Phycology*, 1977, vol. 13, pp. 46–51.
 21. Malkin S. Y., Guildford S. J., Hecky R. E. Modeling the growth response of *Cladophora* in a Laurentian Great Lake to the exotic invader *Dreissena* and to lake warming. *Limnology and Oceanography*, 2008, vol. 53, pp. 1111–1124.
 22. Mantai K. E. The response of *Cladophora glomerata* to changes in soluble orthophosphate concentrations in Lake Erie. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 1978, vol. 20, pp. 347–351.
 23. Murphy J., Riley P. A modified single solution method of the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 1962, vol. 27, pp. 1–36.
 24. Okada H., Watanabe Y. Effect of physical factors on the distribution of filamentous green algae in the Tama River. *Limnology*, 2002, vol. 3, pp. 121–126.
 25. Painter D. S., Kamaitis G. Reduction of *Cladophora* biomass and tissue phosphorus in Lake Ontario, 1972–83. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1987, vol. 44, pp. 2212–2215.
 26. Parker J. E., Maberly S. C. Biological response to lake remediation by phosphate stripping: Control of *Cladophora*. *Freshwater Biology*, 2000, vol. 44, pp. 303–309.
 27. Planas D., Maberly S. C., Parker J. E. Phosphorus and nitrogen relationships of *Cladophora glomerata* in two lake basins of different trophic status. *Freshwater Biology*, 1996, vol. 35, pp. 609–622.
 28. Power M. E. Hydrologic and trophic controls of seasonal algal blooms in northern California rivers. *Archiv fur Hydrobiologie*, 1992, vol. 125, pp. 385–410.
 29. Prazukin A. V., Bobkova A. N., Evsigneeva I. K., Tankovskaya I. N., Shadrin N. V. Structure and seasonal dynamics of the phytocomponent of bioenert system marine hypersaline lake on of cape of Chersonessus (Crimea). *Morskoj Ekologicheskij Zhurnal*, 2008, vol. 7, pp. 61–79. (in Russ.)
 30. Ren L., Wang P., Wang C., Peng Z., Hu B.,

- Wang R. Contribution of alkaline phosphatase to phosphorus cycling in natural riparian zones in the Wangyu River running into Lake Taihu. *Desalination and Water Treatment*, 2016, vol. 57, iss. 44, pp. 20970–20984.
31. Scott N.H., Robert E.H., Stephanie J.G. Environmental controls of *Cladophora* growth dynamics in eastern Lake Erie: Application of the *Cladophora* growth model (CGM). *Journal of Great Lakes Research*, 2006, vol. 32, pp. 629–644.
 32. Scott N.H., Sairah Y.M., Todd H., Stephanie J.G., Linda C., Veronique H., Robert E.H. An ecological review of *Cladophora Glomerata* (Chlorophyte) in the Laurentian great lakes. *Journal of Phycology*, 2008, vol. 44, pp. 839–854.
 33. Sharma K., Inglett P.W., Reddy K.R., Ogram A.V. Microscopic examination of photoautotrophic and phosphatase-producing organisms in phosphorus-limited Everglades periphyton mats. *Limnology and Oceanography*, 2005, vol. 50, pp. 2057–2062.
 34. Valiela I., McClelland J., Hauxwell J., Behr P. J., Hersh D., Foreman K. Macroalgal blooms in shallow estuaries: Controls and ecophysiological and ecosystem consequences. *Limnology and Oceanography*, 1997, vol. 42, pp. 1105–1118.
 35. Vollenweider R.A. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. 2nd ed., Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1974, 225 p. (IBP Handbook; no. 12).
 36. Watson S.B., Miller C., Arhonditsis G., Boyer G.L., Carmichael W., Charlton M.N., Matisoff G. The re-eutrophication of Lake Erie: Harmful algal blooms and hypoxia. *Harmful Algae*, 2016, vol. 56, pp. 44–66.
 37. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 1994, vol. 144, pp. 307–313.
 38. Young, E.B., Tucker, R.C., Pansch, L.A. Alkaline phosphatase in freshwater *Cladophora* – epiphyte assemblages: regulation in response to phosphorus supply and localization. *Journal of Phycology*, 2010, vol. 46, iss. 1, pp. 93–101.
 39. Zulkifly, S.B., Graham, J.M., Young, E.B., Mayer, R.J., Piotrowski, M.J., Smith, I., Graham, L.E. The genus *Cladophora* Kützinger (Ulvophyceae) as a globally distributed ecological engineer. *Journal of Phycology*, 2013, vol. 49, iss. 1, pp. 1–17.
 40. Zulkifly, S., Hanshew, A., Young, E.B., Lee, P., Graham, M.E., Piotrowski M., Graham L.E. The epiphytic microbiota of the globally widespread macroalga *Cladophora glomerata* (Chlorophyta, Cladophorales). *American Journal of Botany*, 2012, vol. 99, no. 9, pp. 1541–1552.

Нитчатые зелёные водоросли, внеклеточные щелочные фосфатазы и некоторые особенности цикла фосфора в прудах

Чанлей Сон¹, Сююнь Цао¹, Юон Чжоу¹, Николай Шадрин²

¹Институт гидробиологии КАН, Ухань, Китай

²Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, РФ
E-mail: snickolai@yandex.ru

Зелёные нитчатые водоросли (ЗНВ) могут достигать высокой биомассы и играть важную функциональную роль в образовании продукции и круговороте биогенов в различных водоёмах. Активность внеклеточной щелочной фосфатазы ЗНВ может существенно влиять на процессы в цикле фосфора. В настоящее время наблюдается интенсивное развитие зелёных водорослей в различных пресноводных и морских водоёмах, что создаёт проблемы для деятельности людей и обуславливает необходимость исследования ЗНВ. Целью нашей работы было изучение ЗНВ в четырёх прудах Крыма и Китая. Определены показатели концентрации растворённого фосфора, уровня пигментов, степени активности и кинетических характеристик щелочных фосфатаз в воде и мембранах ЗНВ, а также выявлен состав и численность микроводорослей в планктоне. Видовой состав микроводорослей и биомасса ЗНВ в изученных прудах различались в широких пределах. Два

пруда имели более чем 50%-ное покрытие поверхности воды ЗНВ с сырой биомассой выше $100 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Биомасса ЗНВ в двух других водоёмах составляла менее $2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. В прудах с низкой биомассой ЗНВ концентрация растворимого реактивного фосфора находилась на низком уровне (менее $10 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$), а содержание растворённого органического фосфора составляло максимальную долю общего фосфора (в среднем $23.1 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$) и находилось в диапазоне от 20.8 до $25.4 \text{ мкг} \cdot \text{л}^{-1}$. Однако в прудах с высокой биомассой ЗНВ основная доля общего содержания фосфора принадлежала взвешенному фосфору и составляла 45.8 и 56.7 % соответственно. Распределение активности внеклеточной щелочной фосфатазы по размерным фракциям частиц в водном столбе и распределение биомассы ЗНВ было аналогично и характеризовалось пространственной гетерогенностью. Реакция активности внеклеточной щелочной фосфатазы на различную концентрацию фосфата в водном столбе существенно отличалась от реакции в клеточной мембране ЗНВ, последняя из которых ингибировалась высокими концентрациями фосфата. Достоверно установленное ингибирование фосфором активности щелочных фосфатаз в клеточных мембранах ЗНВ свидетельствует о том, что рост водорослей лимитируется фосфором. Несоответствие между низкой концентрацией растворённого в воде фосфора и высокой биомассой ЗНВ может быть обусловлено увеличением скорости круговорота биогенов за счёт активности щелочных фосфатаз. Выделение в среду щелочных экзофосфатаз ЗНВ, микроводорослями и бактериями может ускорять круговорот фосфора различными путями. В прудах с высокой биомассой ЗНВ массово развивающиеся бактерии могут вносить дополнительный вклад в ускорение регенерации неорганического фосфора, который впоследствии поглощается зелёными водорослями. Эти бактерии также могут одновременно ограничивать развитие микроводорослей, таких как одноклеточные виды Chlorophyta. Например, *Cladophora* обеспечивают среду обитания для различных видов эпибионтов (бактерий и микроводорослей, в первую очередь диатомовых) и поддерживают мутуалистические взаимоотношения между водорослями и бактериями. Полученные результаты обуславливают необходимость изучения процесса интенсивного развития ЗНВ в различных водоёмах в контексте общего функционирования экосистемы.

Keywords: цикл фосфора, щелочные экзофосфатазы, Chlorophyta, пруды, Китай, Крым

ИСТОРИЧЕСКИЕ ХРОНИКИ

УДК 378.2:595.142.2

ЧТО ИССЛЕДОВАЛ ИЛЬЯ МЕЧНИКОВ В КАНДИДАТСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ?

© 2017 г. **К. В. Русанов**, независимый исследователь

г. Харьков, Украина

E-mail: construsanov@yandex.ru

Поступила в редакцию 05.03.2017 г. Принята к публикации 31.03.2017 г.

Научная деятельность лауреата Нобелевской премии, биолога Ильи Ильича Мечникова (1845–1916 гг.) описана во множестве публикаций, тем не менее в его биографии немало неясных моментов. В их числе — содержание диссертации И. И. Мечникова на соискание степени кандидата Харьковского университета по разряду естественных наук под названием «Исследование фабриции Северного моря». В настоящей работе показано, что эта диссертация была апробирована и утверждена Советом университета в конце 1864 г. при активном участии проф. А. Ф. Масловского, после чего Мечникову был выдан диплом кандидата естественных наук. Однако текст диссертации считается утраченным, и в русскоязычной литературе нет данных о том, какой именно таксон морских организмов исследовал её автор. На основе анализа источников сделаны предположения: 1) И. И. Мечников, изучив летом 1864 г. на о. Гельголанд кольчатого червя *Fabricia sabella*, включил результаты исследования в кандидатскую диссертацию, посланную в Харьков не позже сентября; 2) диссертация была рукописной и имела в малом числе экземпляров; 3) по поводу её защиты (в отсутствие диссертанта) между И. И. Мечниковым и А. Ф. Масловским велась переписка; 4) в начале 1865 г. диссертация вместе с другими документами Мечникова была отправлена в Департамент народного просвещения. Показаны пути поиска новых данных о ней.

Ключевые слова: И. И. Мечников, кандидатская диссертация, Харьковский университет, А. Ф. Масловский, остров Гельголанд, аннелиды *Fabricia*

О жизни биолога Ильи Ильича Мечникова (1845–1916 гг.), работавшего в Российской империи и Французской республике, написано много. Тем не менее в биографии лауреата Нобелевской премии (1908 г.) всё ещё немало неясных моментов. В их числе — содержание диссертационного исследования Мечникова на степень кандидата Харьковского университета по разряду естественных наук (1864 г.).

В отличие от его магистерской [3] и докторской [2] диссертаций, опубликованных во второй половине 1860-х гг., кандидатская диссертация знаменитого учёного и в 1951 г. считалась «к сожалению, до сих пор не разысканной» ([8], с. 6). Не

нашли её и позже, судя по отсутствию сообщений об этом и по разнообразию мнений о содержании диссертации у тех немногих авторов, кто пишет о её защите в Харькове и приводит название работы. Не исключено, что диссертацию Ильи Мечникова и не искали вовсе; при этом удивляет равнодушие к досадному пробелу в биографии великого биолога.

Заметим, что кандидатская диссертация И. И. Мечникова и её защита не привлекали внимания биографов с самого начала, причём тон в замалчивании задал он сам. Мечников явно не считал эту работу серьёзной и достойной памяти, как, впрочем, и почти всё, связывавшее его с

Харьковским университетом. Она не упомянута, например, в лично составленных учёным списке своих трудов и автобиографической справке [1]. Нет кандидатской диссертации и описания её защиты в Харькове и в наиболее авторитетной русскоязычной биографии биолога [4]. Нет её и в архиве Мечникова, перевезённом в СССР из Парижа. Илья Ильич словно хотел, чтобы этот эпизод его жизни забылся.

Едва ли не единственный известный документ, где он упомянул свою кандидатскую диссертацию, — письмо Н. И. Пирогову от 06.12.1864 г. [5]:

«В этом году ... я приступил к держанию окончательных экзаменов (для чего ... перешёл из студентов в вольные слушатели) и, выдержав их с кандидатскими отметками, поехал (в начале июня), чтобы познакомиться с фауной моря, на о. Гельголанд, где пробыл до половины сентября и где, кроме штудий, сделал следующие работы: “Zur Naturgeschichte der Rhabdocoelen” (эта статья войдёт в состав ближайшей книжки “Archiv für Naturgeschichte”), “Beitrage zur Kenntniss der Chaetopoden” и “Über die Nematoden der Nordsee”; последние две работы уже приготовлены к печати. Кроме того, я сообщил в редакцию «Отчёта о собрании натуралистов и врачей в Гиссене» изложение произнесённой мною на этом собрании речи «Об органах чувств аннелид», извлечение из которой помещено в “Tageblatt der Versammlung deutscher Naturforscher und Aertze”, № 4. На Гельголанде я приготовил также свое кандидатское рассуждение «Исследование фабрики Северного моря» (курсив автора — К. Р.), которое уже одобрено факультетом».

В примечаниях к письму Н. И. Пирогову ([5]) отмечено, что труды “Über die Nematoden der Nordsee” и «Исследования фабрики Северного моря» остались, по-видимому, в рукописном варианте. Характерно, что, пролежав полвека в архиве Министерства народного просвещения, письмо было опубликовано С. Я. Штрайхом лишь в 1916 г., после смерти И. И. Мечникова. Но биографов оно привлекло не упоминанием кандидатского исследования Мечникова, а фактом общения двух великих русских учёных.

Значительно раньше сообщения о защите кандидатской диссертации будущего Нобелевского

лауреата были напечатаны в протоколах заседаний Совета Харьковского университета [6], однако и они оказались вне поля зрения биографов. В этой связи представляется целесообразным привести следующую информацию.

В протоколе от 30.05.1864 г. указано (ст. 10–12), что посторонний слушатель по физико-математическому факультету Илья Мечников, выдержав положенные испытания, удостоен степени кандидата по разряду естественных наук под условием представления удовлетворительной диссертации.

Для утверждения Советом университета в этой степени Мечников обязан был выполнить это условие в течение 6 месяцев после испытаний (к концу ноября 1864 г.). Представленная диссертация рассматривалась «по принадлежности её предмета» профессором, и в случае, если по письменному отзыву рецензента она была признана удовлетворительной, ищущий степени кандидата приглашался для коллоквиума — словесного объяснения по содержанию диссертации.

В июне 1864 г. И. И. Мечников отправился для подготовки диссертации через Петербург на о. Гельголанд в Северном море (до 1890 г. — владение Великобритании). Проработав здесь три месяца, он уехал в Германию, в г. Гиссен, где 06–13 сентября 1864 г. участвовал в XXXIX Съезде германских естествоиспытателей и врачей. Затем Илья устроился в лабораторию Рудольфа Лейкарта (1822–1898 гг.), профессора Гиссенского университета и крупного специалиста по беспозвоночным. Р. Лейкарт через Н. И. Пирогова, куратора загранкомандировок российских учёных, помог Мечникову получить финансирование от Министерства народного просвещения России.

Обычно «ищущие степени кандидата» Харьковского университета находили материал для своих диссертаций в пределах Харьковской же губернии, а средства на загранкомандировки им не выделялись. Такие стипендии получали лишь лица, уже имевшие кандидатскую степень и избранные начальством для подготовки к профессорскому званию. Из числа зоологов Харьковского университета за границей с этой целью находился П. Т. Степанов (1839–1908 гг.), получивший двухгодичную стипендию на 1862–1864 гг. Кстати, бу-

душий профессор зоологии Степанов поработал до Мечникова и на о. Гельголанд, и в г. Гиссене у Р. Лейкарта.

Илья же поехал по проложенной земляком дорожке летом 1864 г., не имея ни степени, ни стипендии, а по личной инициативе и на свои (точнее, родительские) деньги, твёрдо надеясь закрепить на желанном Западе надолго. И добился своей цели.

Уже в октябре пришедшая по почте в Харьков диссертация И. И. Мечникова была рассмотрена Советами физико-математического факультета и Харьковского университета ([6], Протокол заседания 20.10.1864 г., ст. 8). Проф. А. Ф. Масловский (1831–1889 гг.), преподававший зоологию беспозвоночных, подготовил «письменный разбор рассуждения “Исследования фабрики Северного моря”, написанного г. Мечниковым для получения степени кандидата по разряду естественных наук», на основе которого факультет составил представление от 16 октября.

Отзыв Масловского был хвалебный, но содержание кандидатского рассуждения не отразилось в протоколе заседания 20.10.1864 г. Зато в нём было уделено много места просьбам освободить диссертанта от обычной процедуры защиты:

«Г. Мечников во время посещения им университетских лекций отличался способностями, особенно любовью к науке и прилежанием, и напечатал в заграничных учёных журналах несколько самостоятельных статей. ... Г. Мечников, по окончании им экзамена, уехал с учёною целью за границу, где и ныне находится, поэтому и не может явиться в Харьков для ... словесного объяснения по предмету представленной им диссертации (colloquium). Члены факультета, будучи убеждены, что диссертация написана самим Мечниковым, и не желая прерывать его учёные занятия за границей ради излишней в этом случае формальности, положили просить Совет и г. попечителя ходатайствовать об утверждении г. Мечникова в степени кандидата без исполнения им предписанного правилами об испытаниях на учёные степени условия относительно коллоквиума».

Ходатайство, незамедлительно отправленное в столицу, было и удовлетворено так же необычно быстро: уже 16 декабря попечитель Харьковско-го учебного округа (К. К. Фойгт, 1808–1873 гг.)

уведомил Совет университета о том, что, приняв во внимание отличные способности и прилежание Ильи Мечникова, министр народного просвещения А. В. Головнин (1821–1886 гг.) разрешил утвердить одного в степени кандидата, не подвергая выполнению условия относительно коллоквиума. И Совет постановил ([6], Протокол заседания 19.12.1864 г., ст. 7): «Выдать г. Мечникову диплом на степень кандидата».

С учётом времени, ушедшего на пересылку работы, её прочтение рецензентом, написание отзыва и представления факультета, можно утверждать, что диссертация была отправлена из Гиссена в Харьков не позже конца сентября, а скорее — в середине месяца, вскоре после приезда Ильи с Гельгоlanda и окончания съезда. Осенью 1864 г. серьезные финансовые затруднения не позволяли Мечникову напечатать свою работу в Германии, и присланное им в Харьков «кандидатское рассуждение» было, бесспорно, рукописным.

В протоколах Совета Харьковского университета мы не нашли решения издать диссертацию И. И. Мечникова в типографии (в отношении других кандидатских работ такое случалось изредка). Так первая диссертация молодого зоолога и осталась рукописной. В её названии встречаются разные варианты («исследование» и «исследования», «фабриции» и «фабриций»), что вызвано, скорее всего, небрежностью писавшего.

Экземпляр диссертации И. И. Мечникова должен был остаться в его университетском личном деле (сожжённом, по словам некоторых авторов, немецкими оккупантами во время Великой Отечественной войны). Но можно смело говорить, что не остался. Иначе кандидатская диссертация была бы подробно описана при глорификации Мечникова, начавшейся после 1908 г. и особенно усилившейся в Харькове с 1920–1930-х гг. Фактически же труд, поднявший знаменитого земляка на первую ступень научной иерархии, почти не вспоминали.

Дело в том, что уже в феврале 1865 г. управляющий Харьковским учебным округом, уведомив Совет Харьковского университета о командировании министерством за границу с учёною целью кандидата физико-математического факультета Ильи Мечникова, предложил доставить документы последнего в Департамент народного про-

свещения ([6], Протокол заседания 16.02.1865 г., ст. 2). Совет определил: документы Мечникова препроводить в столицу. А в их числе, вероятно, был и экземпляр кандидатской диссертации.

Ещё один её экземпляр, возможно, остался у А. Ф. Масловского, писавшего вышеупомянутый отзыв. Но Алексей Францевич — по-видимому, второй и последний человек, видевший полный текст диссертации, — никогда ничего не вспоминал на этот счёт.

В любом случае первая диссертация молодого учёного точно относилась (как и две последующих) к области морской биологии. Но что конкретно её автор называл фабрицией (видом) или фабрициями (родом) и что именно исследовал?

Фабриций существует множество. Это имя в память зоолога Отто Фабриция (1744–1822 гг.), работавшего в Гренландии и в Дании, получили разные виды рыб (например, акула *Centroscyllium fabricii*, «морской слизень» *Liparis fabricii*, *Lumpenus fabricii*), моллюсков (кальмар *Gonatus fabricii*, морская улитка *Scabrotrophon fabricii*), ракообразных (креветка *Eualus fabricii*, *Cystisoma fabricii*, *Neoalbionella fabricii* и др.), паразитических червей (*Polychaeta fabricii*, *Chitinopoma fabricii*, *Crangonobdella fabricii*, *Platybdella fabricii*) и др.

Известен также род *Fabricia* Blainville, 1828 из класса многощетинковых (Polychaeta), отдел кольчатых червей Annelida. Например, обитающий в Северном море вид *Fabricia stellaris* (O. F. Müller, 1774), принадлежащий к порядку Sabellida, а также многочисленные виды из этого рода, позже либо синонимизированные в монотип (Syn.: *Fabricia sabella* (Ehrenberg, 1836, *Fabricia affinis* Leuckart, 1849, *Fabricia amphicora* Quatrefages, 1866, *Fabricia atlantica* (Treadwell, 1932), *Fabricia dubia* Wesenberg-Lund, 1941 и др.), либо выделенные в новые роды. Эти организмы и сегодня являются предметом исследований российских учёных. Но какой из них попался Илье Мечникову в 1864 г.?

Точное указание типа, к которому принадлежал объект исследования харьковского зоолога на Гельголанде, имеется в первом, парижском издании его наиболее известной биографии. Глава XI начинается с такого текста:

“XI. Séjour a l'étranger. Études et recherches embryologiques.

Elie avait encore sa thèse de license à préparer. Pour le faire, il résolut d'aller passer deux mois à l'île d'Héligoland, dont la flore et la faune attiraient les naturalists. <...> Dès son arrivée à Héligoland, il fut absorbé par le travail. Il poursuivait son idée d'éclairer la généalogie des organismes par l'étude des forms isolées, restées en dehors des groupes déteréminés¹”.

А в подстрочном примечании сказано: “1. Il fit des recherches sur un ver annelé, très particulier, le *Fabritia*”.

Ver annelé — кольчатый червь. Идентичное примечание имеется и в английском переводе книги О. Мечниковой (1921): «He made researches on a very singular annulate worm, the *Fabricia*».

Однако в советском переводе биографии [4] примечание о фабриции, представительнице аннелид, по каким-то соображениям уже отсутствовало (хотя названия других беспозвоночных, которыми Илья Ильич занимался на острове, — гастротрихи, нематоды — воспроизведены неукоснительно). Данный факт, конечно, способствовал сгущению тумана вокруг первой диссертации, которую Мечников так не любил вспоминать.

Из вышеприведённого письма [5] следует, что единственной его гельголандской работой о кольчатых червях была «речь» на съезде в Гиссене. Из списков трудов И. И. Мечникова очевидно, что эта очень короткая публикация об органах чувств аннелид (“Über die Sinnesorgane einiger Anneliden”) вышла на немецком языке в 1865 г. В XX в. эта заметка, объёмом две с половиной страницы крупного текста с четырьмя рисунками, была переведена и опубликована в СССР. Сначала речь идёт о видах кольчатых червей *Polybostrichus mülleri* и *Sacconereis helgolandica*, к фабрициям в любом случае не относящихся. Но в конце заметки Мечникова имеются несколько строк, представляющих интерес для обсуждаемой темы [9]:

«Наряду с рассмотренным здесь расположением органов чувств, разбросанных по различным сегментам, я решаюсь упомянуть ещё об одном случае подобного расположения органов зрения.

Я имею в виду расположение глаз у одного нового вида *Sabella*, найденного на Гельголанде,

который, кроме уже известного сосредоточения глаз на жабрах, повторяет положение глаз, характерное для некоторых *Limivoren* (*Polyophtalma* и *Muxicola*). На каждом сегменте упомянутой *Sabella* находится пара карминно-красных глаз, положение и организация которых обнаруживает ещё и следующие особенности. В первых 8 сегментах на брюшной поверхности находятся лишённые хрусталика глаза, в то время как на остальных сегментах на спинной поверхности расположены глаза с преломляющей свет роговицей. Это расположение глаз совпадает с меняющимся расположением крючковидных щетинок, с единственной разницей, что крючковидные щетинки отсутствуют на первом сегменте, имеющем глаза (рис. 2, 3, 4)».

На этих рисунках изображены: параподия первого сегмента *Sabella* с брюшной стороны; параподия последнего сегмента *Sabella* со спинной стороны; отдельный спинной глаз этого же животного.

В заметке вызывает удивление использование автором одночленного имени *Sabella*, хотя для других аннелид Мечников называет двучленные имена. Максимально запутывает ситуацию тот факт, что род *Sabella* также входит в число кольчатых многощетинковых червей. Но то, что среди многочисленных сабелл отсутствует *Sabella fabricia*, заставляет отдать предпочтение сочетанию *Fabricia sabella*, которое, предположительно, и было в сообщении Ильи Мечникова. Сейчас сказать невозможно, ввиду труднодоступности оригинала первого источника, когда «потерялось» первое имя — в немецком издании или при русском переводе. Больше оснований полагать, что это случилось (как в биографии) при советском переводе.

Изложил ли И. И. Мечников в кандидатской диссертации, исследовав на Гельголанде морфологию аннелиды *Fabricia sabella*, также и её эмбриологию (всё же полтора десятка строк и три рисунка — маловато для кандидатского исследования)? На этот вопрос без текста работы нельзя ответить даже приблизительно.

Можно ли сегодня считать первую диссертацию И. И. Мечникова окончательно и безвозвратно утраченной? На наш взгляд, вовсе не искать её — подход неправильный. С одной стороны, есть

вероятность того, что текст «Фабриции Северного моря», присланный из Харькова в столицу в феврале 1865 г., так и лежит вместе с другими документами кандидата Мечникова в архиве Департамента народного просвещения — отдела одноимённого министерства, ведавшего университетами Российской империи. Сейчас это фонд 733 Российского государственного исторического архива в Санкт-Петербурге; в описи 141 упомянуто дело 46 «О командировке за границу с учёною целью кандидата Харьковского университета Мечникова» (1864–1870 гг.). В деле 103 листа, и по крайней мере один из них может оказаться частью диссертации молодого зоолога.

С другой стороны, не безнадёжно и молчание проф. А. Ф. Масловского. В [7] сообщалось, что четыре письма И. И. Мечникову на 8 листах, из Харькова, от профессора зоологии Харьковского университета Алексея Францевича Масловского, датированные 8 ноября 1864 г., 5 января, 5 марта и 6 апреля 1865 г., публикуются в XVI томе Собрания сочинений Мечникова. Мы тщательно просмотрели этот том, вышедший в 1964 г. [9], но не нашли там таких писем, как, впрочем, и других. Отдельно же изданный сборник [5] включает только письма самого Мечникова, но не содержит адресованных ему посланий. Так что написанное Масловским своему ученику остаётся неизвестным общественности. Сами письма и сегодня хранятся в Архиве РАН (фонд 584, опись 4, дело 37). Из приведённой на интернет-портале информации видно, что после 1960 г. с ними кто-то «поработал» — разорвал письмо от 8 ноября 1864 г. и изъял нижнюю половину второго листа. Между тем именно в этом письме речь могла идти ещё и о диссертации И. И. Мечникова и её защите, а не о министерском финансировании продолжения работы в Германии.

Поэтому «взыскующим града» не стоит медлить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Илья Ильич Мечников // *Материалы для истории научной и прикладной деятельности в России по зоологии и соприкасающимся с нею отраслям знания преимущественно за последнее тридцатипятилетие (1850–1888)*,

- собранные Анатолием Богдановым, председателем Зоологического отделения общества. Т. 2 / Известия Императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии, состоящего при Императорском Московском университете. 1888. Т. 57 / Труды Зоологического отделения общества. Т. 4. [Il'ja Il'ich Mechnikov. *Materialy dlja istorii nauchnoj i prikladnoj dejatel'nosti v Rossii po zoologii i soprikasajushchimsja s neju otrasljam znanija preimushchestvenno za poslednee tridsatipjatiletie (1850-1888), sobrannye Anatolijem Bogdanovym, predsedelem Zoologicheskogo otdelenija obshchestva*. Vol. 2 / *Izvestija Imperatorskogo obshchestva ljubitelej estestvoznanija, antropologii i jetnografii, sostojashchego pri Imperatorskom Moskovskom universitete*. 1888. Vol. 57 / *Trudy Zoologicheskogo otdelenija obshchestva*. Vol. 4 (in Russ.)].
2. Мечников И. И. История развития *Nebalia* // *Записки Академии наук*. 1868. Т. 13, кн. 1, прил. 1. С. 1–48. [Mechnikov I. I. *Istoriya razvitiya Nebalia*. *Zapiski Akademii nauk*, 1868, vol. 13, book 1, suppl. 1, pp. 1–48. (in Russ.)].
 3. Мечников И. И. История эмбрионального развития *Sepiola*. Санкт-Петербург: Типография Куколь-Яснопольского, 1867. 72 с. [Mechnikov I. I. *Istoriya embrional'nogo razvitiya Sepiola*. Sankt-Petersburg: Tipografiya Kukol'-Jasnopol'skogo, 1867, 72 p. (in Russ.)].
 4. Мечникова О. Н. Жизнь Ильи Ильича Мечникова. Москва: Госиздат, 1926. 232 с. [Mechnikova O. N. *Zhizn' Il'i Il'icha Mechnikova*. Moscow: Gosizdat, 1926, 232 p. (in Russ.)].
 5. Письмо Н. И. Пирогову (Гиссен, 6 декабря 1864 года) // И. И. Мечников. *Письма (1863–1916 гг.)* / под ред. А. Е. Гайсиновича, Б. В. Левшина. Москва: Наука, 1974. С. 40–42. [Pis'mo N. I. Pirogovu (Gissen, 6 Dec. 1864 goda). In: I. I. Mechnikov. *Pis'ma (1863–1916 gg.)* / A. E. Gajsinovich, B. V. Levshin (Eds). Moscow: Nauka, 1974, pp. 40–42. (in Russ.)].
 6. Протоколы заседаний Совета Императорского Харьковского университета за 1864–1865 гг. // *Журнал Министерства народного просвещения*. 1865. Ч. 125, март, отдел II. [Protokoly zasedanij Soveta Imperatorskogo Khar'kovskogo universiteta za 1864–1865 gg. *Zhurnal Ministerstva narodnogo prosveshchenija*. 1865, pt. 125, March, dep. II. (in Russ.)].
 7. Рукописные и документальные материалы И. И. Мечникова / под ред. П. П. Музыченко. Москва: Бюро научной информации, 1960. 262 с. [Rukopisnye i dokumental'nye materialy I. I. Mechnikova / P. P. Muzychenko (Ed.). Moscow: Bjuro nauchnoj informatsii, 1960, 262 p. (in Russ.)].
 8. Хижняков В. В., Вайндрах Г. М., Хижнякова Н. В. *Творчество Мечникова и литература о нем; библиографический указатель*. Москва: Медгиз, 1951. 192 с. [Hizhnjakov V. V., Vajndrah G. M., Hizhnjakova N. V. *Tvorchestvo Mechnikova i literatura o nem: bibliograficheskij ukazatel'*. Moscow: Medgiz, 1951, 192 p. (in Russ.)].
 9. Metchnikoff E. Ueber die Sinnesorgane einiger Anneliden. *Amtlicher Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher und Aertze in Gissen. Sektion für Zoologie und Anatomie*. Gissen, 1864–1865, pp. 160–161.
 10. Metchnikoff Olga. *Vie d'Élie Metchnikoff (1845–1916)*. Paris: Librairie Hachette, 1920, 272 p.

What did Iliya Mechnikov explored in his PhD Thesis?

K. V. Rusanov

Khar'kov, Ukraine

E-mail: construsanov@yandex.ru

Scientific activity of Iliya I. Mechnikov (1845–1916), Nobel Prize winner, was discussed in a large number of publications whereas some of his scientific life remains obscure. In particular, what did the researcher write

in his doctoral dissertation “The study of *Fabricia* of the Northern Sea” submitted to the Imperial Kharkov University? This work evidences that in 1864 the University Council, under the active participation of Prof. A. F. Maslovsky, approved and validated I. I. Mechnikov’s PhD Thesis and awarded him PhD Degree in natural sciences. The manuscript is considered lost, its content hence unknown; the pertinent publications in Russian do not hold a guess about the taxon of marine organisms the prominent researcher explored. Having surveyed all available literature, the following hypothesis are proposed: 1) after studying annelid *Fabricia sabella* at Helgoland island in summer 1864, I. I. Mechnikov included results of the investigation in the dissertation which he sent to Kharkov not later than in September; 2) the manuscript was hand-written, the number of its copies – very limited; 3) when the applicant was temporary absent, he and Prof. A. F. Maslovsky were in correspondence about the forthcoming defense and the related procedure; and 4) in the beginning of 1865, the PhD Thesis of I. I. Mechnikov together with other related documentation were sent to the Department of Public Education. In conclusion, the pertinent information retrieval was explained.

Keywords: I. I. Mechnikov, PhD Thesis, Kharkov University, A. F. Maslovsky, Helgoland, annelids *Fabricia*

ЗАМЕТКИ

О ПЕРВЫХ НАХОДКАХ ТИНТИННИДЫ *TINTINNOPSIS MORTENSENII* SCHMIDT, 1902 (SPIROTRICHEA, CHOREOTRICHIA, TINTINNIDA, CODONELLIDAE) В ПЛАНКТОНЕ БУХТЫ СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

© 2017 г. Н. А. Гаврилова, м. н. с.

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: krinelly@gmail.com

Поступила в редакцию 05.03.2017 г.

Принята к публикации 31.03.2017 г.

Впервые тинтиннида, определённая нами как *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902, обнаружена в единичном экземпляре в эстуарии р. Чёрная (44°22'14"N, 33°20'40"E) в июле 2009 г. Следующая находка уже нескольких экземпляров *T. mortensenii* в пробах, отобранных на выходе из б. Севастопольская (44°22'29"N, 33°18'28"E), приходится на август 2016 г. Данный вид характерен для тропических районов Мирового океана. Ранее он был обнаружен в Сиамском, Мексиканском и Кувейтском заливах, у берегов Австралии и Индии, в Средиземном море у берегов Ливана (Schmidt, 1901; Al-Yamani and Skryabin, 2006; Abboud-Abi Saab, 2008; Coats and Clamp, 2009). В Чёрном море этот вид ранее отмечен не был. *T. mortensenii* характеризуется как неритический вид, приуроченный исключительно к прибрежным районам. Относится к редким видам. Раковинка в форме колокола, с выгнутой наружу большой, почти горизонтальной пероральной воронкой и слегка раздутым округлым аборальным концом. Внешне *T. mortensenii* схожа с *T. campanula* Ehrenberg, 1840, которая является аборигеном Чёрного моря. Отличия между двумя видами заключаются в том, что нижняя часть раковинки у *T. mortensenii* не имеет хвостового отростка, как у подавляющего большинства экземпляров *T. campanula*, и общие размеры *T. mortensenii* значительно меньше: длина раковинки 60–80 мкм, то-

гда как у *T. campanula* длина раковинки варьирует от 110 до 200 мкм.

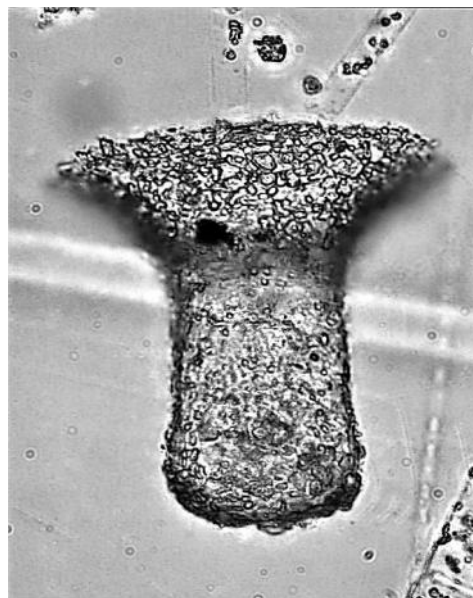


Рис. 1. *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902, обнаруженный в августе 2016 в б. Севастопольская (Чёрное море)

Fig. 1. *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902, found in August 2016 in Sevastopol Bay (Black Sea)

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ «Мониторинг биологического разнообразия гидробионтов Черноморско-Азовского бассейна и разработка эффективных мер по его сохранению» (гос. рег. № 0828-2014-0014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Abboud-Abi Saab M. *Tintinnids of the Lebanese Coastal Waters (Eastern Mediterranean)*. CRNS-Lebanon/UNEP/MAP/RAC/SPA, 2008, 192 p.
2. Al-Yamani F. Y., Skryabin V. A. *Coastal planktonic ciliates: I. Tintinnids. Identification Guide for Protozoans from Kuwait's Water*. Kuwait Institute for Scientific Research, 2006. 109 p.
3. Coats D. W., Clamp J. C. Ciliated Protists (Ciliophora) of the Gulf of Mexico. *Gulf of Mexico. Origin, Waters, and Biota. Vol. 1: Biodiversity*. Texas A&M University Press, 2009, pp. 57–79.
4. Schmidt J. Some Tintinnodea from the Gulf of Siam. *Videnskabelige Meddelelser Naturhistoriske Forening i Kjøbenhavn for Aaret 1901, 1902*, vol. 63, pp. 183–190.

About first records of tintinnid *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902 (Spirotrichea, Choreotrichia, Tintinnida, Codonellidae) in the Sevastopol Bay plankton (Black Sea). *N. A. Gavrilova. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation.* The tintinnid ciliate *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1902 was detected in estuary of the Chernaya River in 2009 for the first time. Next time it was recorded in August 2016 at the mouth of Sevastopol Bay. This neritic species is rare and demonstrate tropical occurrence. Morphological differences from the close Black Sea species *T. campanula* are shown. **Keywords:** tintinnida, invasive species, Black Sea, Sevastopol Bay, biogeography, biodiversity, *Tintinnopsis mortensenii*.

**Поздравляем Елену Ануфриеву
с присуждением медали Российской академии наук!**



По итогам конкурса 2016 г. на присуждение медалей Российской академии наук для молодых ученых России и для студентов высших учебных заведений России Президиум Российской академии наук постановил присудить медаль Российской академии наук в области общей биологии кандидату биологических наук **Ануфриевой Елене Валерьевне** за цикл научных работ «Жизнь в экстремальных условиях: Crustacea в гиперсоленых озерах Евразии».

ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ — 2017

Глубокоуважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе X научно-практической конференции молодых учёных по проблемам водных экосистем «ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ — 2017» в рамках проведения Года Экологии в Российской Федерации.

Конференция состоится с 11 по 16 сентября 2017 года в г. Севастополь на базе ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского — одно из старейших гидробиологических учреждений России и одно из авторитетнейших гидробиологических учреждений мира. В его состав, помимо 12 научных отделов, на правах отдельных подразделений входят научно-исследовательское судно «Профессор Водяницкий», Биологическая станция ФГБУН ИМБИ в Батилимане (Южный берег Крыма), а также научно-образовательный центр коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография», научно-образовательный центр коллективного пользования «Коллекция гидробионтов Мирового океана».

К участию в Конференции приглашаются молодые учёные (в возрасте до 35 лет включительно), проблематика исследований которых связана с водными экосистемами.

Научная тематика Конференции:

1. Биология и экология гидробионтов.
2. Экологическая биоэнергетика, биохимия и генетика гидробионтов.
3. Водные биологические ресурсы, биотехнология и аквакультура.
4. Функционирование и продуктивность водных экосистем
5. Проблемы качества водной среды, рациональное природопользование и устойчивое развитие прибрежной зоны морей Мирового Океана.

С уважением, Оргкомитет Конференции.

Российская академия наук
Зоологический институт
Институт морских биологических исследований
им. А. О. Ковалевского

Морской биологический журнал

Основан в феврале 2016 г.

Научное издание

Издатели журнала:

ФГБУН Зоологический институт РАН,
ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН»

Печатается по рекомендации Учёного совета
ФГБУН «Институт морских биологических исследований
имени А. О. Ковалевского РАН»
(протокол № 3 от 31.03.2017)

Свидетельство о государственной регистрации
Сер. ПИ № ФС 77-64821 от 02.02.2016 г.
Сер. ЭЛ № ФС 77-64800 от 02.02.2016 г.
ISSN 2499-9768 print
ISSN 2499-9779 online

Электронная версия журнала
<http://mbj.imbr-ras.ru>

Выпускающий редактор
Е. Л. Неврова

Корректор
О. Ю. Копытова

Технический редактор
Р. Г. Геворгиз

Компьютерная вёрстка
Л. В. Веселовская

Оригинал-макет подготовлен в пакете Xe_{La}TeX (TeX Live 2015 / Debian Linux)
с использованием свободных шрифтов FreeSerif и FreeSans

Подп. к печати 31.03.2017	Формат 60×84/8	Бум. офсетная № 1	Печать офсетная
Усл.-изд. лист. — 12,1	Усл.-печ. лист. — 12	Тираж 150 экз.	Зак. № 26

Отпечатано в ООО «Колорит», ОГРН 1169204061454 от 18.11.2016
299011, г. Севастополь, ул. Ефремова, 26, кв. 38, тел. (8692) 54-31-46, e-mail: colorit.ooo2016@yandex.ru



Вниманию читателей!

*Зоологический институт РАН,
Институт морских биологических
исследований им. А. О. Ковалевского РАН
издают научный журнал*

*Zoological Institute, RAS,
Kovalevsky Institute of Marine
Biological Research, RAS
publish scientific journal*

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

На страницах журнала публикуются обзорные и оригинальные статьи, краткие сообщения и заметки, содержащие новые данные теоретических и экспериментальных исследований в области морской экологии, материалы о закономерностях распределения животных и растительных организмов в Мировом океане, результаты комплексного изучения морских и океанических экосистем, работы в области гидрологии, гидрохимии, молисмологии Мирового океана и др. Публикуются также методические разработки, материалы научных дискуссий, рецензии, исторические хроники, информация о конференциях и т. п.

- Рассчитан на экологов, океанологов, гидробиологов, радиобиологов, географов, научных работников других смежных специальностей, а также аспирантов, студентов соответствующего научного и отраслевого профиля.
- Статьи публикуются на русском и английском языках.
- Периодичность – четыре раза в год.
- Подписаться на журнал можно в любом отделении связи «Почта России».

Reviews and original articles, short messages and notes, that contain new data of theoretical and experimental researches in the area of marine biology, materials about the variety of marine organisms, their populations and communities, about the patterns of distribution of animals and plants in the World Ocean, results of the comprehensive study of marine and ocean ecosystems, results of the anthropogenic impact on marine organisms and ecosystems in general are assumed to publish in the Marine Biological Journal.

- The journal is designated for biologists, hydrobiologists, ecologists, radiobiologists, biophysicists, oceanographers, geographers, for scientists of other related specialties, for students of relevant scientific profiles.
- The articles are published in Russian and English.
- The journal is published four times a year.
- You can subscribe the journal in any office of Russian Post.

Заказать «Морской биологический журнал»

можно в отделе научно-технической информации ИМБИ им. А. О. Ковалевского.

Адрес: ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН», пр. Нахимова, 2, 299011 Севастополь, Российская Федерация

Тел. +7 (8692) 54-56-62

E-mail: mbj@imbr-ras.ru

You may order Marine Biological Journal

in the Department of Scientific and Technical Information of IMBR.

Address: Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Nakhimov avenue, 2, 299011 Sevastopol, Russian Federation

Tel. +7 (8692) 54-56-62

E-mail: mbj@imbr-ras.ru