



ISSN 2499-9768 print
ISSN 2499-9776 online

**МОРСКОЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**
MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

Том 1 № 4

2016

«МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ»

реферировается 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)

Все материалы, подаваемые в «Морской биологический журнал»,

проходят независимое двойное рецензирование

Редакционная коллегия

Главный редактор

Гаевская А. В., д. б. н., проф., гл. н. с. ИМБИ РАН

Заместитель главного редактора

Шульман Г. Е., чл.-корр. НАН Украины, д. б. н., проф.,
гл. н. с. ИМБИ РАН

Ответственный секретарь

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

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

Егоров В. Н., академик НАН Украины, 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. НАН Украины, д. г. н.,
директор МГИ РАН

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

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

Празуккин 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

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

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

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

Arvanitidis Chr., PhD, Head of Biodiversity Laboratory,
HCMR, Greece

Bat L., PhD, Prof., Head of Hydrobiology, Fisheries Faculty,
Sinop University, Turkey

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

Kociolek John Patrick, PhD, Prof., University of Colorado at
Boulder, Director Boulder Museum of Natural History and
Department of Ecology and Evolutionary Biology, USA

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

Moncheva Snejana, PhD, Prof., Deputy Director
of Institute of Oceanology BAS, Bulgaria

Zaharia Tania, PhD, Sci. Director, President of Scientific Council
National Institute for Marine Research and Development "Grigore
Antipa", Romania

Адреса редакции

Зоологический институт РАН

Университетская наб., 1, 190034, Санкт-Петербург, Россия

Телефон 7 (812) 328-00-11

E-mail: director@zin.ru

Институт морских биологических исследований имени

А. О. Ковалевского РАН

пр. Нахимова, 2, 299011 Севастополь, РФ

Телефон 7 (8692) 54-56-62

E-mail: mbj-imbr@mail.ru albina.gaevskaia@mail.ru

Editorial board

Editor-in-chief

Gayevskaya A. V., D. Sc. (Biol.), Prof., chief researcher, IMBR RAS

Assistant editor

Shulman G. E., associated member of NAS of Ukraine, D. Sc.
(Biol.), Prof., chief researcher, IMBR RAS

Executive secretary

Nevrova E. L., D. Sc. (Biol.), leading researcher, IMBR RAS

Adrianov A. V., academician of RAS, D.Sc. (Biol.), Prof.,

Director of Institute of Marine Biology Far-Eastern Branch 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

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

Egorov V. N., academician of NAS of Ukraine, D.Sc. (Biol.), Prof.,
chief researcher, IMBR RAS

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

Kononov S. K., associated member of NAN Ukraine, D.Sc. (Geogr.),
Prof., acting Director, Marine Hydrophysical Institute RAS

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

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

Sovga E. E., D. Sc. (Geogr.), Prof., leading researcher,

Marine Hydrophysical Institute RAS

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

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

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

Arvanitidis Chr., PhD, Head of Biodiversity Laboratory, HCMR, Greece

Bat L., PhD, Prof., Head of Hydrobiology, Fisheries Faculty,
Sinop University, Turkey

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

Kociolek John Patrick, PhD, Prof., University of Colorado at Boulder,
Director Boulder Museum of Natural History and Department of Ecology
and Evolutionary Biology, USA

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

Moncheva Snejana, PhD, Prof., Deputy Director of Institute of Oceanology
BAS, Bulgaria

Zaharia Tania, PhD, Sci. Director, President of Scientific Council National
Institute for Marine Research and Development "Grigore Antipa", Romania

Adresses of the Editorial Offices

Zoological Institute, Russian Academy of Sciences

Universitetskaya emb., 1, St.-Petersburg, 190034, Russian Federation

Tel. 7 (812) 328-00-11

E-mail: director@zin.ru

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@mail.ru albina.gaevskaia@mail.ru

Содержание

Научные сообщения

- Беляев Б. Н., Береговая Н. М. Влияние состава культуральной среды на количество агара, пигментов и рост черноморского *Gelidium spinosum* 3–11
- Гиригов В. Е., Бескаравайный М. М. Сезонная динамика гидрофильного орнитокомплекса бухты Круглая (Севастополь, Чёрное море) 12–21
- Игнатьев С. М., Губанов В. В., Дацык Н. А. Зимний желетельный макропланктон у берегов Крыма 22–29
- Мингазова Н. М., Дбар Р. С., Иванова В. М., Мингазова Д. Ю., Галиуллина А. А., Унковская Е. Н., Пивоварова О. В., Павлова Л. Р., Палагушкина О. В., Деревенская О. Ю., Назаров Н. Г., Мингалиев Р. Р., Замалетдинов Р. И. Состояние устьевых участков рек республики Абхазия и их влияние на побережье Чёрного моря 30–39
- Селифонова Ж. П., Часовников В. К. К вопросу о состоянии гипергалинных водоёмов Таманского Причерноморья 40–43
- Чекалов В. П. Абсорбция кислорода донными осадками прибрежных районов Севастополя (Чёрное море) в процессе утилизации органического вещества 44–52
- Шоренко К. И., Подунай Ю. А., Давидович О. И., Куликовский М. С. Морфологическая изменчивость двух морских видов диатомовых водорослей *Nitzschia ventricosa* и *Ardissonea crystallina* (Bacillariophyta) 53–62

Исторические хроники

- Игнатьев С. М. А. О. Ковалевский — блестящего имени славная династия кораблей науки 63–74

Заметки

- Ануфриева Е. В., Амант Ф. Д., Шадрин Н. В. Находка второго в Крыму местообитания краснокнижного вида *Artemia urmiana* (Anostraca) 75
- Бондарев И. П. Экологические связи *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) с представителями ихтиофауны в Чёрном море 76–77
- Гарбазей О. А., Попова Е. В., Губанова А. Д., Алтухов Д. А. Первое сообщение о находке *Pseudodiaptomus marinus* (Copepoda: Calanoida: Pseudodiaptomidae) в Чёрном море (Севастопольская бухта) 78–80

Хроника и информация

- Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы» 81–84
- Руднева И. И. Информация о 5-й Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование: MARESEDU-2016» 85–86
- Руднева И. И. Информация о Международном симпозиуме «Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии» 87–88
- Шадрин Н. В., Михеева Т. М., Ануфриева Е. В. Взгляд на современные проблемы экологии водоёмов с берегов озера Нарочь: V международная конференция «Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» 89–91
- Памяти выдающегося ученого-гидробиолога, члена-корреспондента НАН Украины Георгия Евгеньевича Шульмана 92–93

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

МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

MARINE BIOLOGICAL JOURNAL

2016 Vol. 1 no. 4

Established in February 2016

SCIENTIFIC JOURNAL

4 issues per year

Contents

Scientific communications

- Belyaev B. N., Beregovaya N. M.* The influence of culture medium on the quantity of agar, pigments and growth of *Gelidium spinosum* from the Black Sea 3–11
- Giragosov V. E., Beskaravayny M. M.* Seasonal dynamics of the hydrophilic bird community of Kruglaya Bay (Sevastopol, the Black Sea) 12–21
- Ignatyev S. M., Gubanov V. V., Datzuk N. F.* Winter Jellyfish macroplankton off the coastal of Crimea 22–29
- Mingazova N. M., Dbar R. S. Ivanova V. M., Mingazova D. Yu., Galiullina A. A., Unkovskya E. N., Pivovarova O. V., Pavlova L. R., Palagushkina O. V., Derevenskaya O. Yu., Nazarov N. G., Mingaliev R. R., Zamaletdinov R. I.* Conditions of estuarine rivers of the Abkhazia Republic and their impact on the Black Sea coast 30–39
- Selifonova Zh. P., Chasovnikov V. K.* On conditions of hyperhaline basins of the Taman' coast of the Black Sea 40–43
- Chekalov V. P.* Oxygen absorption in the oxidation of organic compounds in the coastal sediments of Sevastopol (the Black Sea) 44–52
- Shorenko K. I., Podunay Yu. A., Davidovich O. I., Kulikovskiy M. S.* Morphological variation of two marine diatom species, *Nitzschia ventricosa* and *Ardissonea crystallina* (Bacillariophyta) 53–62

Historical chronicles

- Ignatyev S. M.* A. O. Kovalevsky – the brilliant name of the glorious dynasty of scientific vessels 63–74

Notes

- Anufrieva E. V., Amat F. D., Shadrin N. V.* Second records of the endangered species *Artemia urmiana* (Anostraca) in the Crimea habitat 75
- Bondarev I. P.* Ecological interrelations of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) with ichthyofauna in the Black Sea 76–77
- Garbazev O. A., Popova E. V., Gubanova A. D., Altukhov D. A.* First record of the occurrence of *Pseudodiaptomus marinus* (Copepoda: Calanoida: Pseudodiaptomidae) in the Black Sea (Sevastopol Bay) 78–80

Chronicle and information

- All-Russian scientific-practical conference with international participation “Marine biological research: achievements and perspectives”* 81–84
- Rudneva I. I.* Information about the 5th International conference “Marine research and education: MARESEDU-2016” 85–86
- Rudneva I. I.* Information about the International Symposium “Biodiagnostics and assessment of environmental quality: approaches, methods, criteria and reference standards in ecotoxicology” 87–88
- Shadrin N. V., Mikheyeva T. M., Anufrieva E. V.* A look on the current problems of aquatic ecology from shores of Lake Naroch: V International Conference “Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, and water quality” 89–91
- To the memory of outstanding hydrobiologist, corresponding member of NASU, Georgy Evgenyevich Shulman* 92–93

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 582.273:574.5(262.5)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КУЛЬТУРАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА КОЛИЧЕСТВО АГАРА, ПИГМЕНТОВ И РОСТ ЧЕРНОМОРСКОГО *GELIDIUM SPINOSUM*

© 2016 г. **Б. Н. Беляев**, канд. биол. наук, с. н. с., **Н. М. Береговая**, м. н. с.

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

E-mail: belyaevbob@yandex.ru

Поступила в редакцию 23.09.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Результаты исследований влияния добавок Fe, Mo, Mg и Cu на ростовые характеристики и содержание пигментов и агара в талломах черноморского гелидиума *Gelidium spinosum* (Grev.) Born. et Thur. (Rodophyta) при повышении солёности черноморской воды до 26 ‰, обогащении её азотом до 4.8 и фосфором до 0.8 мг/л (среда А) показали, что добавки хелатированного хлорного железа в количестве 0.5 мг на литр (питательная среда Б) не только сохраняют жизнеспособность гелидиума в течение годового цикла, но и повышают содержание агара на 30 %, а каротиноидов и хлорофилла — более чем в 2 раза, но уровень фикоэритрина снижают на 38 %, а на этапе адаптации к культуре увеличивают среднюю удельную скорость его весового роста « μ » в 3–5 раз. Добавление в среду Б молибдена до 0.018 мг/л повышает C_{Kp} и $C_{Хл}$ на 30 %, но снижает $C_{Фэ}$ на 40 %, а до 0.3 мг/л — увеличивает « μ » на 18 %. Медь в среде Б до 0.12 мг/л уменьшает C_{Kp} в 2 раза, $C_{Хл}$ — в 1.9 раза и $C_{Фэ}$ — в 1.4 раза, а магний (до 120 мг/л) увеличивает « μ » на 19 %, $C_{Фэ}$ — на 60 %, $C_{Хл}$ — на 75 %, C_{Kp} — в 2 раза. При совместном обогащении питательной среды Б магнием (50 мг/л) и медью (0.05 мг/л) Mg способствует увеличению уровня фикоэритрина на 36.8 %, хлорофилла — на 33 %, суммарных каротиноидов — на 8.5 % и « μ » — на 5.3 %. При этом Cu непосредственно увеличивает концентрацию фикоэритрина на 9.5 % (в течение двух недель), уменьшает « μ » на 12.6 %, а во взаимодействии с Mg — ещё на 10.3 % уменьшает « μ », но на 10 % повышает уровень суммарных каротиноидов.

Ключевые слова: Чёрное море, *Gelidium spinosum*, красные водоросли, режим культивирования, ростовые характеристики, микродобавки, агар, пигменты

Красная черноморская водоросль гелидиум широколиственный *Gelidium spinosum* (Grev.) Born. et Thur. (Rodophyta) образует слоевище высотой от 2 до 10 см, сдавленное или совсем плоское, неправильно или повторно перисто разветвлённое [7]. Гелидиум ценится, прежде всего, в связи с высоким содержанием (от 25 до 50 % сухого вещества) и качеством добываемого из него агара [14], [15], как сырьевой источник фикобилипротеина R-фикоэритрина — мощного антиоксиданта и естественного красителя, суммарных каротиноидов и хлорофилла. β -каротин, составляющий большую часть суммарных каротиноидов, также обладает антиоксидантными свойствами, хлорофилл способствует очищению организма от шлаков, токсинов и бактерий, а R-фикоэритрин применяется ещё в иммунной диагностике, микроскопии и цитометрии [13]. Максимальные запасы гелидиума, обнаруженные в Чёрном море, достигают лишь 3 т [8], поэтому был сделан вывод о целесообразности проведения исследований по культивированию этой водоросли.

Содержание биогенов и микроэлементов в прибреж-

ных черноморских акваториях, как правило, на порядок выше, чем в открытой части моря [12], и обеспечивает соответствующее формирование сообществ макрофитов при наличии прочих условий. Однако культивирование в береговых системах инженерного типа предполагает некоторую интенсификацию процесса по сравнению с ростом в естественных условиях. В исследованиях с гелидиумом использованы данные, полученные в экспериментах с черноморской грацилярией, где были апробированы микродобавки железа (в диапазоне 0.05–0.35 мг на 1 л среды в виде $FeCl_3 \cdot 6H_2O$), марганца (0.005–0.055 мг/л — $MnCl_2 \cdot 4H_2O$), кобальта (0.01–0.06 мг/л — $CoCl_2 \cdot 6H_2O$), молибдена (0.01–0.03 мг/л — $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) и цинка (0.015–0.215 мг/л — $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$). Из этих элементов только железо при $C_{Fe} = 0.35$ мг/л вызвало значимое (на 10–12 %) увеличение темпов роста по сравнению с $C_{Fe} = 0.05$ мг/л, а молибден лишь обозначил в первую неделю культивирования прибавку на уровне значимости ~ 5 % [3]. В связи с этим железо и молибден были первыми в ряду исследований с черномор-

ским гелидиумом. Кроме того, в качестве ориентира были учтены диапазоны концентраций элементов, используемые в средах при культивировании микроводорослей: железа — $0.056 \div 6.3$, молибдена — $0.0153 \div 0.995$, марганца — $0.055 \div 2.2$, кобальта — $0.011 \div 0.072$, меди — $0.020 \div 0.072$, цинка — $0.050 \div 0.074$ и магния — $19.5 \div 120$ мг/л.

Основная проблема культивирования макрофитов — это обрастания. Целью представленных исследований является поиск оптимального сочетания факторов среды, дающего максимальный выход биомассы с заданными биохимическими показателями, что невозможно без подавления эпифитов. Поэтому из перечисленного выше ряда выделили медь и магний; медь — в качестве ингибитора обрастаний. Для той же цели повышали солёность до 26 ‰ с помощью поваренной соли. Магний добавляли, чтобы выравнивать соотношение ионов, присущее морской воде, т. к. при производстве соли магний удаляют.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В экспериментах использовали *Gelidium spinosum* (Grev.) Born. et Thur. (Rhodophyta), собранный в период с октября 2006 по апрель 2013 гг. на глубине до 1 м с тетраподов у радиобиологического корпуса (РБК) на правом берегу бухты Карантинная либо на побережье Херсонеса между бухтами Карантинная и Песочная (Чёрное море, Севастополь). Его содержали в 250-литровом разделённом на отсеки и барботируемом сжатым воздухом аквариуме, где освещённость в дневное время не превышала 0.3 кЛк. Профильтрованную морскую воду солёностью 17–18 ‰ меняли в аквариуме раз в месяц. Эксперименты выполняли на лабораторной установке с восемью 1.5-литровыми рабочими объёмами квадратного сечения (0.1×0.1 м²) со скошенным дном [2], на поверхности воды в которых поддерживали освещённость на уровне 12–20 кЛк. Температуру не регулировали, и в объёмах установки в ноябре — марте она колебалась в пределах 17–19 °С, в апреле — октябре составляла от 20 до 27 °С, а в аквариуме всегда была на 1–2 °С ниже. Стартовой питательной средой А служила фильтрованная прибрежная черноморская вода солёностью 17–18 ‰, доведённая с помощью поваренной соли до 26 ‰, с добавлением азота из расчёта 4.8 мг/л в виде NaNO_3 (либо KNO_3) и фосфора — 0.8 мг/л в виде KH_2PO_4 . Её меняли ежедневно или 3 раза в неделю. В качестве исследуемого материала в экспериментах 1 и 2 использовали гелидиум, собранный 05.10.2006 г. на глубине до 1 м с тетраподов берегоукрепительных сооружений правого берега бухты Карантинная (Чёрное море, Севастополь), который содержали в аквариуме в течение 112 суток. В качестве стимуляторов роста в питательную среду добавляли 2 формы хелатированного железа: хлорного ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) в концентрации 0.35 — 0.70 — 1.04 мг железа на литр среды или сернокислого ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) — 0.46 — 0.93 — 1.39 мг/л с добавлением 8 г $\text{Na}_2\text{ЭДТА}$ на 1 г соли каждой формы, в результате которых определили оптимальную форму железа и её концентрацию. В последующих экспериментах к среде А

на 1 л добавляли 0.5 г хелатированного хлорного железа — среда Б, на фоне которой испытывали влияние молибдена (от 0.006 до 0.900 мг/л в виде $\text{NH}_4\text{Mo}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), меди (от 0.04 до 0.12 мг/л в виде $\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и магния (от 40 до 120 мг/л в виде $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

В качестве выходных параметров использовали прирост биомассы, содержание агара, R-фикоэритрина, хлорофилла-а, общих каротиноидов и среднюю удельную скорость весового роста, которую вычисляли по формуле:

$$\mu = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t}, \quad (1)$$

где W_0 — начальная масса (г), W_t — конечная масса (г), t — время между взвешиваниями в сутках, которое могло меняться от 4 до 12 суток.

Сырую биомассу водорослей определяли с точностью до 10 мг после стряхивания воды и последующего неоднократного промокания таллонов между листами фильтровальной бумаги до момента, когда максимальные пятна от воды становились диаметром не более 2 мм, а их суммарная площадь не превышала 2 % от площади, занимаемой таллонами. Суммарные каротиноиды и хлорофилл-а экстрагировали из одной навески хлороформэтаноловой смесью (2:1) и определяли по методике ИнБЮМ [10], выделение агара осуществляли путём щелочной [9], а R-фикоэритрина — водной экстракции [11].

Планирование и обработку результатов экспериментов осуществляли в соответствии с теорией планирования эксперимента при поиске оптимальных условий [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эксперименты 1 (объёмы 1–4, табл. 1) и 2 (объёмы 5–8) были проведены с 25.01.2007 по 27.02.2007 г. при начальном весе $W_0 = 5$ г. Полученные данные свидетельствуют о том, что гелидиум в объёмах без добавок железа (1 и 5) практически не прибавлял в весе в первую неделю культивирования. Максимальные величины « μ », зафиксированные за промежуток с 1 по 13 февраля 2007 г. (1.0–1.1), в три с лишним раза меньше величин « μ », характеризующих рост в объёмах с добавлением железа. На последних циклах эксперимента это различие увеличилось до 5–6 раз. В итоге прирост биомассы в объёмах 1 и 5 составил всего 1.22 и 1.44 г, а в объёмах 6 и 2 — 7.8 и 8.42 г. Таким образом, оптимальный диапазон концентрации железа был определён нами в пределах 0.35–0.50 мг/л.

В табл. 2 представлены результаты измерений содержания агара, R-фикоэритрина, каротиноидов и хлорофилла в пробах гелидиума, отобранных в конце экспериментов 1 и 2.

Данные табл. 1 и 2 свидетельствуют, что для обоих видов железа зависимости удельной скорости весового роста гелидиума и содержания хлорофилла и каротиноидов от концентрации железа в питательной среде имеют общую тенденцию. Оба первых уровня концентраций железа дают резкое увеличение всех трёх величин, а дальнейшее их

Таблица 1. Первый этап экспериментов 1 и 2 (начало 25.01.2007 г., $W_0 = 5$ г)**Table 1.** The first stage of experiments 1 and 2 (the beginning at 25.01.2007, $W_0 = 5$ g)

№	C_{Fe} , мг/л		01.02.2007		13.02.2007		20.02.2007		27.02.2007		$\mu_{33} \times 10^2$	+ W_{33} , (г)
	SO_4	Cl_3	W_t , (г)	$\mu_7 \times 10^2$	W_t , (г)	$\mu_7 \times 10^2$	W_t , (г)	$\mu_7 \times 10^3$	W_t , (г)	$\mu_7 \times 10^2$		
1	0	0	5.02	0.06	5.65	1.0	5.95	0.7	6.22	0.6	0.7	1.22
2	0	0.35	5.49	1.30	8.14	3.3	10.75	4.0	13.42	3.2	3.0	8.42
3	0	0.70	5.30	0.80	7.49	2.9	9.75	3.8	12.10	3.1	2.7	7.10
4	0	1.04	5.22	0.60	7.74	3.3	10.40	4.2	12.57	2.7	2.8	7.57
5	0	0	5.05	0.14	5.77	1.1	6.20	1.0	6.44	0.5	0.8	1.44
6	0.46	0	5.27	0.76	7.75	3.2	10.06	3.7	12.80	3.4	2.8	7.80
7	0.93	0	5.30	0.80	7.57	3.0	9.77	3.6	11.84	2.7	2.6	6.84
8	1.39	0	5.15	0.40	7.35	3.2	9.25	3.3	11.13	2.6	2.4	6.13

увеличение приводит либо к снижению, либо к выходу их на плато. В противофазе этим данным находятся изменения концентраций Р-фикоэритрина, что вполне соответствует данным, полученным нами в экспериментах с грацилярией [5].

Зависимость содержания агара от концентрации железа аналогична для обеих форм железа, но она не поддается объяснению с позиций тех представлений, что функция накопления агара должна отставать от функции ускорения роста [6]. Можно лишь говорить о тенденции увеличения накопления агара на 20–60 % с ростом концентрации железа в питательной среде.

Эксперименты 1 и 2, продолженные до 22.10.2007 г., показали, что микродобавки хелатированного железа не только стимулируют темпы роста, но и способствуют продолжительному сохранению жизнеспособности гелидиума в условиях интенсивного культивирования [3], поэтому в дальнейших исследованиях использовали среду Б — среду А, обогащенную хелатированным хлорным железом из расчёта 0.5 мг/л.

Целью эксперимента 3 было выявление на фоне среды Б влияния микродобавок молибдена (0.006 — 0.012 —

0.018 мг/л) на ростовые функции гелидиума (табл. 3) и содержание агара и пигментов (табл. 4). Исследовали также влияние продолжительности контакта с такой средой на выходные параметры.

Культивирование гелидиума проводили в течение 7 недель. По окончании трёх недель из объёмов 4 и 8 биомассы гелидиума были изъяты для измерений содержания агара и пигментов и заменены на 6 г водорослей, находящихся в аквариуме без добавления биогенов при пониженной освещённости (0.3–0.5 кЛк в дневное время). При этом в остальных объёмах вес гелидиума также приводили к исходному $W_0 = 6$ г. Аналогичным образом поступали в последующие недели. По окончании четвёртой недели заменили гелидиум в объёмах 3 и 7, пятой — в объёмах 2 и 6, шестой — в объёмах 1 и 5. Так были получены пробы с разным временем нахождения в питательной среде, содержащей микроэлементы железа и молибдена.

Анализ результатов весового роста показал, что в пяти объёмах, где отсутствовали микродобавки молибдена, по окончании трёх недель культивирования (28.07.2011 г.) вес гелидиума колебался от 6.95 до 8.15 г ($W_{cp} = 7.63$ г). Поэтому максимальное значение веса, равное 7.35 г, в

Таблица 2. Содержание агара и пигментов в гелидиуме из экспериментов 1 и 2 (25.01.2007–27.02.2007 г.)**Table 2.** The content of the agar and pigments in gelidium in experiments 1 and 2 (25.01.2007–27.02.2007)

№ объёма	% абсолютно сухого в-ва (АСВ)			мкг/г
	Агар	Р-фэ	Хл-а	
1	12	0.91±0.10	0.04±0.006	173±20
2	20	0.43±0.08	0.12±0.005	545±06
3	13	0.40±0.07	0.10±0.005	489±40
4	31	0.56±0.09	0.10±0.010	419±46
5	19	0.72±0.03	0.045±0.005	170±03
6	21	0.57±0.04	0.09±0.008	438±32
7	16	0.68±0.01	0.10±0.000	471±10
8	33	0.77±0.09	0.09±0.005	431±30

Таблица 3. Рост гелидиума в эксперименте 3 (начало 07.07.2011 г., $W_0 = 6$ г)**Table 3.** The growth of gelidium in experiment 3 (the beginning at 07.07.2011, $W_0 = 6$ g)

№	Мо, мкг/л	W_t (г)							$\mu \times 1000$						
		14.07	21.07	28.07	04.08	11.08	18.08	26.08	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_7
1	0	6.22	6.70	7.55	6.88	6.95	7.05	6.80	5	10	17	20	21	23	16
5	18	6.24	6.87	7.35	6.48	6.77	6.74	6.48	6	14	10	11	17	17	10
2	0	6.18	6.97	8.05	6.90	6.84	6.97	7.20	4	17	21	20	19	21	23
6	12	6.20	6.60	7.15	6.80	6.89	6.79	7.40	5	9	11	18	20	18	26
3	0	6.30	6.97	8.15	6.88	6.10	6.92	7.20	7	14	22	20	2	20	23
7	6	6.19	6.81	7.34	6.24	6.19	6.72	6.43	4	14	11	6	4	16	9
4	0	6.35	6.82	7.45	6.35	6.50	6.84	6.90	8	10	13	8	11	19	17
8	0	6.22	6.58	6.95	6.37	6.51	6.60	6.85	5	8	8	9	12	14	17

Таблица 4. Содержание агара и пигментов в гелидиуме из эксперимента 3 (07.07.2011–26.08.2011 г.)**Table 4.** The content of agar and pigments in gelidium from experiment 3 (07.07.2011–26.08.2011)

№ проб	№ объёма	Мо, мг/л	T, Нед.	Агар, % АСВ	R-фэ, % АСВ	Кр, мкг/г	Хл-а, % АСВ
1	М*	0	0	31.8	1.90±0.20	559±46	0.14±0.01
3	М**	0	0	24.0	—	—	—
5	8	0	3	28.3	—	—	—
6	3	0	3	26.1	—	—	—
8	7	0	4	26.1	2.70±0.20	517±20	0.12±0.01
9	6	06	4	19.9	1.04±0.16	1303±82	0.25±0.07
14	2	12	5	27.5	1.10±0.16	850±86	0.24±0.03
15	5	0	5	27.0	2.40±0.05	620±17	0.14±0.01
20	5	18	6	25.2	1.10±0.10	1163±71	0.29±0.02
21	1	0	6	22.4	2.80±0.30	554±48	0.12±0.01
22	1	0	1	23.4	0.77±0.07	867±14	0.27±0.05
23	5	18	1	24.8	0.55±0.07	846±80	0.23±0.03
24	2	0	2	24.3	0.82±0.09	551±18	0.12±0.02
25	6	12	2	28.9	0.84±0.06	763±14	0.19±0.02
26	3	0	3	24.2	0.90±0.04	806±40	0.20±0.03
27	7	6	3	24.9	0.96±0.10	694±83	0.17±0.03
28	4	0	4	25.2	1.10±0.05	973±16	0.24±0.04
29	8	0	4	26.5	1.10±0.10	1001±14	0.19±0.02

Примечание: М* — гелидиум из моря 02.07.2011 г. М** — гелидиум из моря 23.07.2011 г.

объёме 5 с максимальным количеством молибдена позволяет сделать вывод об отсутствии какого-либо влияния микродобавок молибдена в выбранном диапазоне варьирования на весовой рост культивируемого гелидиума.

Объединив 10 проб — с № 5 по № 29, где молибден отсутствовал (табл. 4), — получим $C_A = 25.35 \pm 2.95$ %, а т. к. среднее по шести пробам с молибденом (25.2 %) вписывается в пределы ошибок измерений, можно также констатировать и отсутствие его влияния на содержание агара. Аналогичное сравнение в отношении R-фикоэритрина показывает, что наличие молибдена в питательной среде снижает его содержание на 40 %. Для каротиноидов и хлоро-

филла — наоборот: их содержание увеличивается на 30 %.

По полученному массиву данных не удалось выявить закономерности влияния продолжительности культивирования в среде Б, содержащей молибден, на уровень содержания агара, но она существенно повлияла на увеличение концентрации фикоэритрина — с 0.66 % после 1-й недели культивирования до 1.95 % после 6-й — и обозначила положительные тренды содержания каротиноидов и хлорофилла.

В эксперименте 4 (табл. 5) на фоне среды Б исследовали влияние на удельную скорость весового роста повышенных концентраций молибдена в питательной среде

Таблица 5. Рост гелидиума в эксперименте 4 (начало 31.08.2011 г., $W_0 = 4$ г)**Table 5.** The growth of gelidium in experiment 4 (the beginning at 31.08.2011, $W_0 = 4$ g)

№ объёма	Гелидиум			Мо, мг/л	Измерение массы W_t (г)				$\mu \times 1000$			
	Э	Т	Х		08.09	16.09	23.09	30.09	μ_8	μ_8	μ_7	μ_7
1	+	-	-	0	4.60	6.16	7.82	9.52	17	37	34	28
5	+	-	-	0.9	4.50	6.24	7.22	8.62	14	40	21	25
2	-	+	-	0	4.38	5.55	7.12	9.50	11	30	36	41
6	-	+	-	0.6	4.35	5.16	5.75	7.30	10	21	15	34
3	-	-	+	0	4.42	5.57	6.77	7.60	12.5	29	28	16
7	-	-	+	0.3	4.43	5.94	7.57	9.18	13	37	35	28
4	-	-	+	0	4.42	5.73	6.97	8.43	12.5	32	28	27
8	-	-	+	0	4.17	5.20	6.32	7.67	5	27	28	28

Таблица 6. Рост гелидиума в экспериментах 5 и 6 (начало 15.10.2012 г., $W_0 = 3$ г)**Table 6.** The growth of gelidium in experiments 5 and 6 (the beginning at 15.10.2012, $W_0 = 3$ g)

№ объёма	С, мг/л		Измерение массы W_t (г)					Удельная скорость роста $\mu \times 1000$				
	Cu	Mg	24.10	31.10	07.11	(5 г) 14.11	22.11	μ_9	μ_7	μ_7	μ_{7-8}	μ_{7-8}
1	0.12	0	4.02	6.08	•8.25	*10.50	•6.37	32	59	43	26	35
2	0.08	0	4.25	6.24	•9.50	*11.80	•6.15	39	55	53	27	30
3	0.04	0	4.31	6.75	•10.14	*11.54	•5.72	40	64	51	16	19
4	0	0	4.05	5.85	•8.85	•10.70	•6.76	33	53	52	27	38
5	0	120	4.18	6.72	•10.05	•12.72	7.48	37	68	50	34	58
6	0	80	4.20	6.74	9.85	12.41	6.80	37	67	54	33	38
7	0	40	4.20	6.42	9.60	12.34	7.24	37	61	57	36	46
8	0	0	4.28	6.23	8.60	9.5	6.77	39	54	46	14	38

Примечание: •8.25 — взвешивание спустя сутки; *10.50 — спустя двое суток; (5 г) 14.11 — уменьшение веса гелидиума до 5 г и отбор проб на пигменты

Таблица 7. Содержание пигментов в гелидиуме из экспериментов 5 и 6**Table 7.** The content of pigments in gelidium from experiments 5 and 6

№ объёма	R-фэ, мг/г	Каротиноиды, мкг/г	Хл-а, мг/г
1	6.8±1.5	283±70	0.72±0.06
2	9.2±1.8	235±21	0.57±0.06
3	14.0±0.9	223±15	0.62±0.01
4	9.1±0.7	323±65	0.75±0.11
5	18.3±1.2	978±127	1.70±0.30
6	17.0±1.2	1044±53	1.90±0.09
7	12.0±0.9	871±83	1.50±0.10
8	13.0±0.5	608±39	1.10±0.09

(0.3, 0.6 и 0.9 мг/л). Испытывали гелидиум с тремя предисториями: в объёмах 1 и 5 — после проведения эксперимента 3 (Э), в объёмах 2 и 6 — собранный с тетраподов (Т), в объёмах 3, 4, 7 и 8 — собранный в Херсонесе (Х). Как это уже подтверждалось не раз, водоросли, адаптированные к культивированию в предыдущих экспериментах, проявляли более высокие темпы роста по сравнению с вновь собранными.

Гелидиум в объёме 7 с концентрацией молибдена 0.3 мг/л на протяжении всего эксперимента рос лучше, чем в объёмах 3, 4 и 8 без молибдена, в среднем на 16 %, а в объёмах 5 (0.9 мг/л) и 6 (0.6 мг/л) результат оказался хуже, чем в объёмах 1 и 2 с аналогичным гелидиумом, где отсутствовал молибден.

Таким образом, с одной стороны, микродобавки молибдена порядка 0.02 мг/л могут снижать в 1.4–2.0 раза содержание фикоэритрина и во столько же увеличивать содержание каротиноидов и хлорофилла, с другой стороны, в пределах до 0.3 мг/л они могут улучшать ростовые характеристики культивируемого гелидиума. Поэтому в зависимости от целей культивирования можно подбирать концентрацию молибдена в диапазоне 0.03–0.30 мг/л либо вовсе не включать его в состав питательной смеси.

Эксперимент с 15.10.2012 по 29.11.2012 г. состоял из двух однофакторных экспериментов — 5 и 6, при этом в пятом на фоне среды Б испытывали влияние трёх уровней микродобавок меди в виде $\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0.04 — 0.08 — 0.12 мг/л), а в шестом — магния в виде $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (40 — 80 — 120 мг/л). Объёмы 4 и 8 — контроль. Измерения массы гелидиума и вычисления « μ » представлены в табл. 6, а содержание пигментов — в табл. 7.

Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что в первую неделю на этапе адаптации объекта к культуре различия в скоростях роста гелидиума неощутимы. Максимальные удельные скорости весового роста, явно превысившие фоновые, проявились на второй неделе культивирования, а значительные различия по массе — на третьей и четвёртой. Поскольку третью (07.11.2012 г.) и последующие съёмки не удалось провести синхронно, сравнение вели по величине « μ ». По результатам второй съёмки измерения биомассы (31.10.2012 г.), за 16 суток культивирования только первый уровень добавок меди оказал значимое влияние на величину « μ »: +16.0; +4.8 и +0.9 %. После четвёртой съёмки (14.11.2012–16.11.2012 г.) этот эффект выглядел так: +6, +7.8 и -1.5 %. Соответственно, влияние магния выглядело следующим образом: +9.1, +15.9, +15.3 %; +18.6, +19.1, +17.4 %. Положительный эффект магния на величину « μ » сохранился и после приведения массы к $W = 5$ г (+22.5, +1.5 и +52.1 %) а влияние добавок меди было отрицательным (-49.2, -21.7 и -8.4 %).

Данные табл. 7 в целом свидетельствуют о положительном влиянии магния и отрицательном влиянии меди на накопление пигментов. Зависимости содержания каротиноидов и хлорофилла от концентрации магния идентичны: добавка 40 мг/л в 1.4 раза увеличивает содержание хлоро-

филла и в 1.9 раза — содержание каротиноидов, 80 мг/л — в 1.76 и 2.2 раза, 120 мг/л — в 1.57 и 2.1 раза соответственно. По отношению к содержанию фикоэритрина этот эффект выглядит так: 1.09 (что лежит в пределах отклонения от среднего без магния), 1.54 и 1.66 раза.

Все три уровня добавок меди отрицательно повлияли на содержание пигментов за исключением одной точки, отражающей изменение содержания фикоэритрина в объёме 3 с концентрацией 0.04 мг/л: +26.7; -16.7 и -38 %. Интересно, что в этом объёме в течение первых 23 суток культивирования наблюдались также заметные приросты биомассы и, соответственно, величины « μ ». Уменьшение содержания каротиноидов произошло на 52.1, 49.5 и 39.5 %, а хлорофилла — на 42.6, 47.2 и 33.3 %.

Учтя полученные результаты, исследования влияния добавок меди и магния продолжили в окрестностях их первых уровней. С 17.05.2013 по 21.06.2013 г. провели полный факторный эксперимент 7 (ПФЭ типа 2^2), который учитывал не только влияние каждого из двух факторов, но и их взаимодействие. Факторы варьировали на двух уровнях: медь — 0 (-) и 0.05 (+) мг/л, магний — 0 и 50 мг/л. Фон по азоту, фосфору и железу был прежним. Испытуемый материал был собран 17.04.2013 г. Исходная биомасса в каждом объёме $W_0 = 4$ г (кроме объёма 4) (табл. 8). После двух недель культивирования массу гелидиума во всех объёмах привели к исходной ($W_0 = 4$ г) и произвели отбор проб на исследование содержания пигментов (табл. 9).

Линейные модели, построенные по данным табл. 8 за 24.05.2013 и 31.05.2013 г., показали, что средняя величина « μ » (b_0) возросла с 0.023 до 0.036, влияния элементов меняли знаки, но их взаимодействие было положительным в обоих случаях, что говорит о процессе адаптации исходного материала к условиям культивирования и неравномерности роста талломов гелидиума. В суммарном итоге за 14 суток оба элемента оказали отрицательное воздействие на ростовые функции:

$$\mu_{14} = 0.0292 - 0.0006Mg - 0.0030Cu + 0.0020Mg \cdot Cu \quad (2)$$

Коэффициент b_1 при Mg составляет всего 2 % от среднего, и при 5 % уровне значимости этим слагаемым можно пренебречь, но добавки меди (b_2) значимо снизили среднее значение « μ » (-10 %), а коэффициент b_3 , отражающий их взаимодействие, даёт прибавку около 7 %. Это говорит о сложности характера взаимодействия элементов с учётом того, что в предыдущих двух однофакторных экспериментах оба фактора первые 4 недели оказывали положительно влияние на величину « μ ». Более логичными выглядят результаты после 3-й недели культивирования, которое было проведено после отбраковки исходного материала:

$$\mu_7^3 = 0.0573 + 0.0055Mg + 0.0020Cu + 0.0008Mg \cdot Cu, \quad (3)$$

где значимым является только положительное влияние магния (+9.6 %).

По итогам 4-й недели коэффициент b_2 при Cu меняет знак (-1.4 %) и на 5-й неделе вырастает до -12.6 %.

Таблица 8. Рост гелидиума в эксперименте 7 (начало 17.05.2013 г., $W_0 = 4$ г)**Table 8.** The growth of gelidium in experiment 7 (the beginning at 17.05.13, $W_0 = 4$ g)

№ объёма	Уровни		Измерение массы W_t					Удельная скорость роста $\mu_7 \times 1000$				
	Mg	Cu	24.05	31.05	07.06	14.06	21.06	24.05	31.05	07.06	14.06	21.06
1	+	+	4.67	6.22	6.42	8.65	10.00	19	41	68	43	21
2	+	–	4.57	6.30	6.53	8.67	10.74	16	46	70	40	31
3	+	+	4.66	6.12	6.20	7.80	9.08	22	39	63	33	22
4	+	–	4.02	4.80	5.68	7.04	9.04	16	25	50	31	36
5	–	+	4.80	5.65	5.68	7.46	8.90	26	23	50	39	25
6	–	–	4.90	6.48	5.62	7.56	8.82	29	40	49	42	22
7	–	+	4.86	6.18	5.92	7.24	8.50	28	34	56	29	23
8	–	–	4.56	5.98	5.78	7.37	9.00	19	38	52	35	28.5

Примечание: 31.05* — отбор проб на пигменты и приведение массы к $W_0 = 4$; 4 — $W_0 = 3.6$ г

Вырастает и отрицательное значение взаимодействия (до -10.3 %):

$$\mu_7^5 = 0.0261 + 0.0014Mg - 0.0033Cu - 0.0027Mg \cdot Cu. \quad (4)$$

Таким образом, если речь идёт об оптимизации ростовых функций гелидиума при длительном культивировании, из этих двух элементов можно использовать только магний.

Чтобы определить, как влияли эти добавки на содержание пигментов, отбор проб осуществили дважды — 31.05.2013 г. (индекс 1) и в конце эксперимента (индекс 2):

$$R_1\text{-фэ} = 11.71 + 4.31g + 1.11Cu + 0.31Mg \cdot Cu, \quad (5)$$

$$R_2\text{-фэ} = 10.2 + 3.2Mg - 0.04Cu + 0.39Mg \cdot Cu, \quad (6)$$

$$Kp_1 = 663 + 12Mg + 9Cu + 51Mg \cdot Cu, \quad (7)$$

$$Kp_2 = 706 + 60Mg + 8Cu + 70Mg \cdot Cu, \quad (8)$$

$$Хл\text{-}\alpha_1 = 1.09 + 0.33Mg - 0.01Cu + 0.02Mg \cdot Cu, \quad (9)$$

$$Хл\text{-}\alpha_2 = 1.29 + 0.43Mg + 0.03Cu + 0.03Mg \cdot Cu. \quad (10)$$

Из уравнений 5–10 видно, что магний положительно влияет на содержание Р-фикоэритрина (+37 и 31 %), хлорофилла-а (+30 и 33 %) и в меньшей степени — на содержание каротиноидов (+8.5 %, уравнение 8). Собственное влияние меди на содержание пигментов оказалось

незначимым в 5 из 6 случаев, а из уравнения 5 видно, что в первые две недели её добавление способствовало увеличению концентрации Р-фикоэритрина на 9.5 %. Согласно уравнениям 7 и 8, где непосредственное влияние меди на концентрацию каротиноидов в 5 раз меньше уровня значимости, взаимодействие с магнием даёт прибавки 7.7 и 10 %, и это необходимо учитывать, если целью культивирования будут каротиноиды.

Выводы.

1. Добавка к среде А (черноморская вода, доведённая до солёности 26 ‰, обогащённая азотом до 4.8 мг/л и фосфором — до 0.8 мг/л) хелатированного хлорного железа в количестве 50 мг/л (среда Б) не только поддерживает жизнеспособность культивируемого гелидиума в течение годового цикла, но и повышает содержание агара (C_A) на 30 %, каротиноидов (C_{Kp}) и хлорофилла-а ($C_{Хл}$) — более чем в 2 раза, однако снижает уровень фикоэритрина ($C_{Фэ}$) на 38 %, а на этапе его адаптации к культуре увеличивает среднюю удельную скорость весового роста « μ » в 3–5 раз.

Таблица 9. Содержание пигментов в гелидиуме из эксперимента 7**Table 9.** The content of pigments in gelidium from experiment 7

№ объёма	Р-фэ (мг/г)		Кр (мкг/г)		Хл-а (мг/г)	
	31.05	21.06	31.05	21.06	31.05	21.06
1	18.9±1.4	12.6±0.6	805±50	831±35	1.63±0.04	1.96±0.06
2	14.0±0.6	10.1±0.7	702±43	660±60	1.64±0.50	1.54±0.04
3	16±0.5	14.8±0.7	665±105	881±38	1.22±0.20	1.61±0.15
4	15.2±2.0	15.9±0.1	528±31	737±35	1.20±0.10	1.78±0.01
5	8.8±0.7	6.2±0.7	560±70	546±60	0.68±0.03	0.76±0.04
6	6.7±1.0	6.7±0.1	550±40	540±87	0.64±0.04	0.70±0.05
7	7.6±0.5	6.9±0.5	660±88	645±195	0.79±0.03	0.97±0.02
8	6.5±0.5	8.1±0.6	837±75	900±121	0.95±0.05	1.01±0.24

2. Добавки 0.006–0.018 мг молибдена на литр среды Б не влияют на величину « μ » и накопление в гелидии-ме агара, но повышают $C_{\text{КР}}$ и $C_{\text{ХЛ}}$ на 30 % и снижают на 40 % $C_{\text{ФЭ}}$. Однако в процессе 6-недельного культивирования $C_{\text{ФЭ}}$ повышается с 0.66 до 1.95 %, а добавки молибдена порядка 300 мкг/л увеличивают « μ » на 16 %.
3. Добавки 0.08–0.12 мг меди на литр среды Б приводят к уменьшению $C_{\text{КР}}$ в 1.6–2.0 раза, $C_{\text{ХЛ}}$ — в 1.5–1.9 раза, $C_{\text{ФЭ}}$ — в 1.2–1.4 раза, но при концентрации 0.04 мг/л в первые 30 суток культивирования увеличивают $C_{\text{ФЭ}}$ на 26 %, а величину « μ » — на 6–16 %.
4. Добавки 40–120 мг магния на литр среды Б способствуют увеличению « μ » на 9–19 %, содержания фикоэритрина — на 10–60 %, хлорофилла — на 40–75 % и каротиноидов — до 2 раз.
5. Продолжительное культивирование (5 недель) при одновременном обогащении среды «Б» магнием (50 мг/л) и медью (0.05 мг/л) выявляет положительное влияние магния на величину « μ » (+5.3 %), $C_{\text{ФЭ}}$ (+36.8 %), $C_{\text{ХЛ}}$ (+33 %) и $C_{\text{КР}}$ (+8.5 %), а также отрицательное влияние меди (–12.6 %) и их взаимодействия (–10.3 %) на величину « μ ». Их взаимодействие повышает $C_{\text{КР}}$ (+10 %), а при кратковременном культивировании (до двух недель) собственно медь на 9.5 % повышает $C_{\text{ФЭ}}$.

Благодарности. Авторы благодарят д-ра биол. наук Силкина В. А. (ИО РАН) за предоставленные материалы по фитопланктону.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий*. Москва : Наука, 1976. 280 с. [Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskii Yu. V. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii*. Moscow: Nauka, 1976, 280 p. (in Russ.).]
2. Беляев Б. Н. Техническое обеспечение культивирования макрофитов // *Рыбное хозяйство Украины*. 2001. № 5. С. 21–24. [Belyaev B. N. Tekhnicheskoe obespechenie kul'tivirovaniya makrofitov. *Rybnoe khozyaistvo Ukrainy*, 2001, no. 5, pp. 21–24. (in Russ.).]
3. Беляев Б. Н. Перспективы интенсивного культивирования черноморской красной водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur (Rhodophyta) // *Рибне господарство України*. 2009. № 4. С. 13–18. [Belyaev B. N. Perspektivy intensivnogo kul'tivirovaniya chernomorskoï krasnoï vodorosli *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur (Rhodophyta). *Ribne gospodarstvo Ukraini*, 2009, no. 4, pp. 13–18. (in Russ.).]
4. Беляев Б. Н., Калугина-Гутник А. А., Миронова Н. В., Пархоменко А. В. Рост *Gracilaria verrucosa* в лабораторных условиях при комбинированном влиянии факторов среды // *III Всесоюз. конф. по морской биологии* : тез. докл. (Севастополь, окт. 1988). Киев, 1988. Ч. 2. С. 197–198. [Belyaev B. N., Kalugina-Gutnik A. A., Mironova N. V., Parkhomenko A. V. Rost *Gracilaria verrucosa* v laboratornykh usloviyakh pri kombinirovannom vliyaniï faktorov sredy. In: *III Vsesoyuz. konf. po morskoi biologii*: tez. dokl. (Sevastopol, Oct. 1988). Kiev, 1988, pt. 2, pp. 197–198. (in Russ.).]
5. Беляев Б. Н., Нехорошев М. В. Перспективы получения фикоэритрина при культивировании *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. (Rhodophyta) // *Альгология*. 2002. Т. 12, № 4. С. 481–490. [Belyaev B. N., Nekhoroshev M. V. Perspectives of phycoeritine isolation from cultures of *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. (Rhodophyta). *Algologiya*, 2002, vol. 12, no. 4, pp. 481–490. (in Russ.).]
6. Дзизюров В. Д., Жильцова Л. В. Возможности сопряжения функций роста и накопления в них гелеобразующих полисахаридов у двух видов агарофитов – *Ahnfeltia tobuchinsis* и *Gracilaria lichenides* // *III Всесоюз. конф. по морск. биологии* : тез. докл. (Севастополь, октябрь 1988). Киев, 1988. Ч. 2. С. 202–203. [Dzizyurov V. D., Zhil'tsova L. V. Vozmozhnosti sopryazheniya funktsii rosta i nakopleniya v nikh geleobrazuyushchikh polisakharidov u dvukh vidov agarofitov – *Ahnfeltia tobuchinsis* i *Gracilaria lichenides*. In: *III Vsesoyuz. konf. po morsk. biologii*: tez. dokl. (Sevastopol, Oct. 1988). Kiev, 1988, pt. 2, pp. 202–203. (in Russ.).]
7. Зинова А. Д. *Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР*. Москва ; Ленинград : Наука, 1967. 400 с. [Zinova A. D. *Opredelitel' zelenykh, burykh i krasnykh vodoroslei yuzhnykh morei SSSR*. Moscow; Leningrad: Nauka, 1967, 400 p. (in Russ.).]
8. Калугина А. А., Грюнер В. С., Соколова Н. Н. Агар из черноморской водоросли гелидий // *Рыбное хозяйство*. 1964. № 4. С. 68–70. [Kalugina A. A., Gryuner V. S., Sokolova N. N. Agar iz chernomorskoï vodorosli gelidium. *Rybnoe khozyaistvo*, 1964, no. 4, pp. 68–70. (in Russ.).]
9. Кизиветтер И. В. и др. Производство агара при варке анфельции без добавления (беломорский агар). // *Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений*. Москва : Пищепром, 1967. С. 100–103. [Kizivetter I. V. et al. Proizvodstvo agara pri varke anfel'tsii bez dobavleniya (belomorskii agar). In: *Pererabotka morskikh vodoroslei i drugikh promyslovykh vodnykh rastenii*. Moscow: Pishcheprom, 1967, pp. 100–103. (in Russ.).]
10. Копытов Ю. П., Дивавин И. А., Цымбал И. М. Схема комплексного биохимического анализа гидробионтов // *Материалы конференции «Рациональное использование ресурсов моря – важный вклад в реализацию продовольственной программы»*. Москва, 1985. С. 227–231. Деп. в ВИНТИ №

- 566-850. [Kopytov Yu. P., Divavin I. A., Tsymbal I. M. Skhema kompleksnogo biokhimicheskogo analiza gidrobiontov. In: *Materialy konferentsii "Ratsional'noe ispol'zovanie resursov morya – vazhnyj vklad v realizatsiyu prodovol'svennoj programmy"*. Moscow, 1985, pp. 227–231. Dep. VINITI no. 566-850. (in Russ.)].
11. Красновский А. А., Евстигнеев В. Б., Брин Г. П., Гаврилова В. А. Выделение фикоэритрина из красных водорослей, его спектральные и фотохимические свойства // *Доклады Академии наук СССР*. 1952. Т. 82, № 6. С. 947–950. [Krasnovskii A. A., Evstigneev V. B., Brin G. P., Gavrilova V. A. Vydelenie fikoeritrina iz krasnykh vodoroslei, ego spektral'nye i fotokhimicheskie svoistva. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1952, vol. 82, no. 6, pp. 947–950. (in Russ.)].
 12. Скопинцев Б. А. *Химический состав вод Чёрного моря*. Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. 336 с. [Skopintsev B. A. *Khimicheskii sostav vod Chernogo morya*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975, 336 p. (in Russ.)].
 13. Стадничук И. Н. Фикобиллипротеины // *Итоги науки и техники. Сер. Биол. химия*. Москва : ВИНТИ, 1990. С. 87–98. [Stadnichuk I. N. Fikobilliproteiny. In: *Itogi nauki i tekhniki. Ser. Biol. khimiya*. Moscow: VINITI, 1990, pp. 87–98. (in Russ.)].
 14. Huang L. Preliminary observations on the growth of *Gelidium amansii* Lamx. in the sporelings stage. *Acta Oceanologica Sinica*, 1982, vol. 4, no. 2, pp. 223–230.
 15. Kaliaperumal N., Rao M. U. Studies on the standing crop and phycocolloid of *Gelidium pusillum* and *Pterocladia heteroplatos*. *Indian Journal of Botany*, 1981, vol. 4, no. 2, pp. 91–95.

The influence of culture medium on the quantity of agar, pigments and growth of *Gelidium spinosum* from the Black Sea

B. N. Belyaev, N. M. Beregovaya

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

E-mail: belyaevbob@yandex.ru

The results of researches on the influence of additions of Fe, Mo, Mg and Cu on growth characteristics and maintenance of pigments and agar in the thallus of *Gelidium spinosum* (Grev.) Born et Thur. (*Rhodophyta*) from the Black Sea are presented. Increasing salinity of Black Sea water to 26 ‰ and enriching it with nitrogen up to 4.8 and phosphorus to 0.8 mg/l (environment A) showed that additions of chelated chloric iron in the amount of 0.5 mg/l (nourishing environment B) not only save viability of *Gelidium* during of annual cycle but also increase maintenance of agar by 30 %, total carotenoids and chlorophyll — more than 2 times, but reduce the level of phycoerythrin by 38 %, and on the stage of adaptation to the culture environment increase specific the average rate of weight-growth “ μ ” in 3–5 times. The addition in the environment B of molybdenum to 0.018 mg/l increases C_{Car} and C_{Chl} by 30 %, but reduces C_{Ph-er} at 40 %, and to 0.3 mg/l — increases “ μ ” in 18 %. Copper in environment B to 0.12 mg/l reduces the C_{Car} by 2 times, C_{Chl} — 1.9 times and C_{Ph-er} — 1.4 times, and magnesium (up to 120 mg/l) increases “ μ ” in 19 %, C_{Ph-er} — 60 %, C_{Chl} — 75 % and C_{Car} — 2 times. At the joint enriching of nourishing environment B by Mg (50 mg/l) and Cu (0.05 mcg/l) Mg assists the increase of phycoerythrin on 36.8 %, chlorophyll — on 33 %, carotenoids — on 8.5 % and “ μ ” — on 5.3 %. Cu directly increases the level of phycoerythrin on 9.5 % (during 2 weeks), diminishes “ μ ” on 12.5 % and in cooperating with Mg — yet on 10.3 % diminishes “ μ ”, but promotes the concentration of carotenoids by 10 %.

Keywords: Black Sea, *Gelidium spinosum*, red algae, mode of cultivation, productivity, biomass, micro-additives, agar, pigments

УДК 598.2(262.5)

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ГИДРОФИЛЬНОГО ОРНИТОКОМПЛЕКСА БУХТЫ КРУГЛАЯ (СЕВАСТОПОЛЬ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

© 2016 г. **В. Е. Гилагосов**¹, канд. биол. наук, с. н. с., **М. М. Бескаравайный**², канд. биол. наук, с. н. с.

¹Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

²Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН, Феодосия, Россия

E-mail: vitaly.giragosov@gmail.com, karavay54@mail.ru

Поступила в редакцию 06.10.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Актуальность изучения гидрофильных птиц в городских зонах черноморского побережья обусловлена их важной ролью в структуре прибрежных биоценозов и необходимостью сохранения биоразнообразия в условиях антропогенной трансформации береговой зоны Крыма. Исследована динамика видового состава и численности птиц бухты Круглая (Севастополь). Материал собран в 1995 и 2005–2016 гг. В бухте Круглая установлено пребывание 51 вида водных и околоводных птиц из 8 отрядов. Зимний орнитокомплекс наиболее разнообразен и многочислен (32 вида: 14 Anseriformes, 7 Charadriiformes, 5 Podicipediformes, 3 Gruiformes, 2 Pelecaniformes, 1 Gaviiformes). Регулярно зимуют и количественно доминируют 8 видов — *Cygnus olor*, *Anas platyrhynchos*, *Aythya ferina*, *A. fuligula*, *Fulica atra*, *Larus ridibundus*, *L. cachinnans* и *L. canus*. Определены численность всех видов птиц, возрастной состав *Cygnus olor* и половой состав *Anas platyrhynchos*, *Aythya ferina* и *A. fuligula*. Основу орнитокомплекса составляли бентофаги (не менее 13 видов), ихтиофаги (5) и эврифаги (4). Отмечено 30 пролётных и кочующих видов, преимущественно Charadriiformes (11), Anseriformes (7) и Ciconiiformes (5). Гнездовой орнитокомплекс отсутствовал, только в 2016 г. зарегистрировано гнездование *Ixobrychus minutus*. Весенний пролёт проходил с конца февраля до мая, осенний — с августа до первой декады ноября. Для сохранения данной бухты как ценного природного и эколого-воспитательного объекта целесообразно придание ей статуса природного парка.

Ключевые слова: бухта Круглая, Крым, Чёрное море, гидрофильные птицы, орнитокомплекс, миграции, кочёвки

Бухта Круглая (Омега) входит в систему бухт Севастополя, образующих береговую линию северного побережья Гераклейского полуострова и являющихся местом наиболее многочисленных на юге Крыма сезонных скоплений гидрофильных птиц. Актуальность изучения орнитокомплексов этих бухт обусловлена важной ролью птиц в структуре прибрежных биоценозов и необходимостью сохранения орнитологического разнообразия в условиях всё возрастающих темпов антропогенной трансформации черноморского побережья.

Первые орнитологические наблюдения были проведены здесь в январе 1978 г. [3], более или менее регулярные исследования велись с первой половины 1990-х г. [2] В настоящей работе обобщён весь накопленный материал о видовом составе и сезонной динамике населения гидрофильных птиц б. Круглая с учётом новых данных, полученных в последние годы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Использованы результаты регулярных учётов и эпизодических наблюдений, проведённых в 1995 и 2005–2016 гг. в районе б. Круглая (Севастополь) (рис. 1). В

2005–2008 гг. количественные учёты проводились только в январе и феврале (1–2 раза за сезон), в 2009–2013 гг. — эпизодически, в декабре — мае 2014/2015 и сентябре — мае 2015/2016 гг. — еженедельно.

Численность птиц фиксировалась на постоянном маршруте вдоль западного берега бухты, от кутовой её части до входного мыса (1.6 км), с использованием 10-кратного бинокля. В кутовой и открытой частях акватории подсчёт проводился отдельно. Поскольку на восточном берегу доступ к морю ограничен, наблюдения здесь велись лишь на отдельных участках. Для некоторых фоновых видов учёт вёлся дифференцированно по возрастному (лебедь-шипун) и половому (кряква, хохлатая и красная черныш) признакам.

Русские и латинские названия птиц даны по сводке Л. С. Степаняна [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бухта Круглая как местообитание гидрофильных птиц. Небольшая полузамкнутая б. Круглая расположена в центре северного побережья Гераклейского полуострова — в одной из интенсивно эксплуатируемых

рекреационных зон г. Севастополя. Её основные морфометрические характеристики [6], [7] следующие: площадь акватории — 0.64 км², глубина вреза в береговую линию — 1.3 км, ширина максимальная — 0.8 км, при входе — 0.65 км, глубина средняя — 4.5 м, у вершины — 2 м, при входе — 15–17 м.

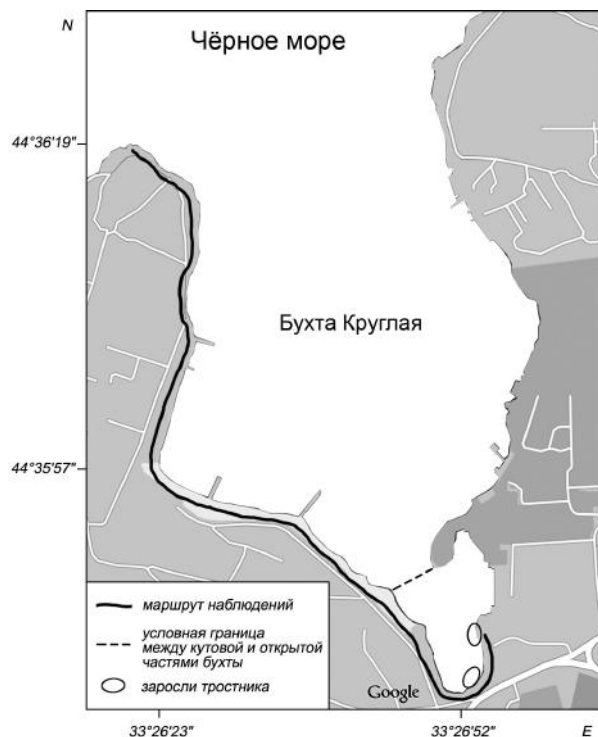


Рис. 1. Карта-схема района исследований

Fig. 1. Schematic map of the study area

Акватория бухты обычно не замерзает, лишь в некоторые зимы при экстремальных похолоданиях её кутовая часть покрывается льдом. В период дождей и таяния снега эта часть бухты подвергается значительному распреснению и загрязнению. Погодные условия в годы проведения зимних учётов существенно различались. Температурный режим в периоды, предшествующие январским учётам 2005, 2006 и 2007 гг., был мягким: температура воздуха лишь в некоторые дни падала до -7...-10 °С. В 2008, 2015 и 2016 гг. эти периоды были морозными: минимальные температуры достигали соответственно -16, -23 и -11 °С. В последние три года среднемесячная температура в Севастополе в январе была положительной, но проявилась тенденция её снижения. Так, в 2014 г. этот показатель составил 5.96, в 2015 г. — 4.82 и в 2016 г. — 1.03 °С [10].

Макрофитобентос представлен двумя ассоциациями: *Cystoseira crinita* и *C. barbata* (камни и скальные выходы у входных мысов, вдоль берегов и в центре); *Zostera noltii* и *Z. marina* (песчано-илистые участки дна в южной и кутовой частях) [6]. В кутовой части бухты имеются два локальных участка зарослей тростника обыкновенного (*Phragmites australis*): на южном берегу — площадью

около 165 м², на восточном — 70 м². Зообентос, составляющий значительную часть кормовой базы птиц, включает 97 видов, главным образом полихет, моллюсков и ракообразных; средние значения его численности и биомассы колеблются в пределах 2.24–13.52 тыс. экз.·м⁻² и 64.6–379.1 г·м⁻² соответственно. По этим показателям преобладают моллюски [1]. Важным кормовым объектом являются полихеты, образующие значительную биомассу в кутовой части бухты, где они регулярно добываются жителями для рыболовства. Данный промысел, несомненно, обедняет кормовую базу, однако есть у него и положительное следствие — перемещение значительной части корма на поверхность грунта. Ихтиофауна представлена 42 видами [4]. По нашим наблюдениям, почти круглый год в бухте, в том числе в её мелководной кутовой части, обитают молодь кефали (в основном сингиля), бычки и атерина.

Зимовка. В зимний период орнитокомплекс б. Круглая наиболее разнообразен и многочислен (32 вида, табл. 1). По видовому разнообразию доминируют гусеобразные Anseriformes (14 видов). Далее с большим отрывом следуют ржанкообразные Charadriiformes (7), поганкообразные Podicipediformes (5), журавлеобразные Gruiformes (3), веслоногие Pelecaniformes (2) и гагарообразные Gaviiformes (1).

Основу орнитокомплекса образуют 8 регулярно зимующих и количественно доминирующих видов. Лидирующее место занимают лысуха (*Fulica atra*) и озёрная чайка (*Larus ridibundus*), далее следуют сизая чайка (*Larus canus*), шипун (*Cygnus olor*), кряква (*Anas platyrhynchos*), чернети хохлатая (*Aythya fuligula*) и красноголовая (*Aythya ferina*), хохотунья (*Larus cachinnans*). Мы не исключаем, что помимо хохотуни в районе исследования могла присутствовать и очень похожая на неё чайка *Larus michahellis*.

Следует отметить, что в зимние сезоны, предшествующие нашим учётам, в бухте регистрировалась и более высокая численность доминантов: в январе 2000 г. численность лысухи составила 5906, шипуна — 1539, красноголовой чернети — 681, хохлатой чернети — 790 [9]. Большой интерес представляют регистрации редких на зимовке в горном Крыму видов [3], [5], в том числе краснойшейной поганки (*Podiceps auritus*), малого лебедя (*Cygnus bewickii*), краснозобой казарки (*Rufibrenta ruficollis*), савки (*Oxyura leucocephala*), исландского песочника (*Calidris canutus*).

По наблюдениям в 2014/2015 и 2015/2016 гг. для некоторых фоновых видов были выявлены следующие особенности возрастного и полового составов.

Лебедь-шипун. Зимует регулярно, за исключением сравнительно тёплой зимы 2010/2011 гг. В 2014/2015 гг. среднемесячные значения численности шипуна возрастали от 56 в декабре до 103 в феврале при максимальном значении 114 особей (19.02.2015 г.). Динамика соотношения возрастных групп определялась различиями в сроках их миграций (рис. 2 А). Так, прилёт взрослых птиц за-

вершился в конце января (максимальная численность — 44 особи, 29.01.2015 г.), а молодых — в середине февраля (максимум — 74 особи, 19.02.2015 г.). Отлёт взрослых начался во второй половине февраля и закончился в начале марта; лишь одна, вероятно, больная, особь задержалась до середины апреля. Отлёт молодых продолжался с начала марта до начала мая.

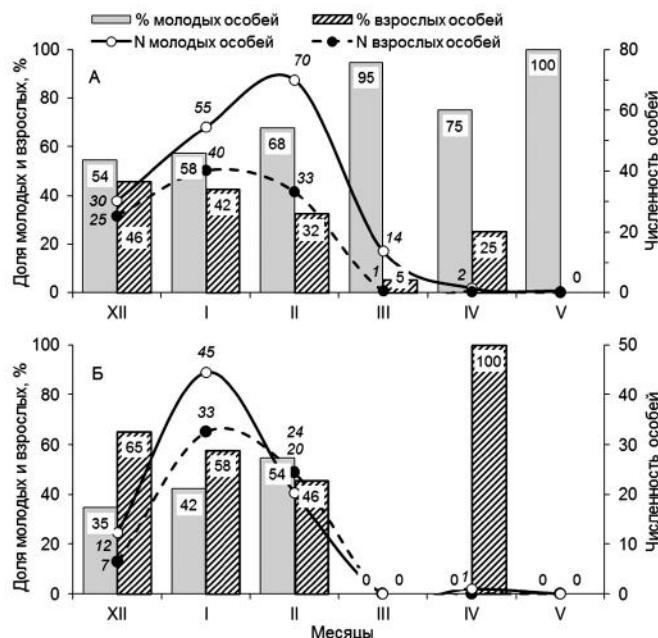


Рис. 2. Среднемесячное соотношение (%) и численность неполовозрелых и взрослых особей лебедя-шипуна в 2014/2015 (А) и 2015/2016 (Б) гг. в бухте Круглая

Fig. 2. The average monthly ratio (%) and the number of immature and adult mute swan in 2014/2015 (A) and 2015/2016 (B) in Kruglaya Bay

В целом проявлялась тенденция последовательного увеличения доли молодых особей от 54.5 % в декабре 2014 г. до 67.8 в феврале (рис. 2 А) при среднем соотношении молодых и взрослых в этот период 61 и 39 % соответственно. Количественное преобладание молодых является косвенным свидетельством высокой эффективности размножения шипуна в 2013 и 2014 гг.

Зимой 2015/2016 гг. численность вида была ниже (рис. 2 Б): её среднемесячные значения возрастали от 19 в декабре до 78 в январе (максимум — 90 особей, 31.01.2016 г.), в феврале снизились до 44 особей. Доля молодых птиц повышалась от 35 % в декабре 2015 г. до 54 в феврале 2016-го, но в целом показатель был ниже, чем в предыдущий сезон (рис. 2 Б). Отлёт взрослых начался в первой декаде февраля, молодых — во второй декаде, а 27 февраля бухту покинули последние 6 особей (все молодые). В среднем в течение января — февраля соотношение молодых и взрослых особей составило 45 : 55 %.

Крякva. Соотношение полов в течение двух периодов зимовки (2014/2015 и 2015/2016 гг.) колебалось незначительно, за исключением начала (сентябрь — октябрь) и за-

вершения (апрель — май) периода пребывания в бухте, когда численность птиц была низкой (менее 20), а данные — недостаточно репрезентативными (рис. 3 А). В течение основного периода зимовки (декабрь — февраль) соотношение самцов и самок составило в среднем в 2014/2015 гг. 49.5 и 50.5 %, а в 2015/2016 гг. — 51.4 и 48.6 % соответственно.

Хохлатая чернеть. В основной период зимовки (декабрь — февраль) в 2014/2015 гг. соотношение самцов и самок было сравнительно стабильным, составив в среднем 51.0 и 49.0 %, а в тот же период 2015/2016 гг. — 51.4 и 48.6 %. Максимальное преобладание самцов (59 %) над самками (41 %) отмечено в январе 2016 г., максимальное преобладание самок (55.8 %) над самцами (44.2 %) — в феврале 2016 г. (рис. 3 Б).

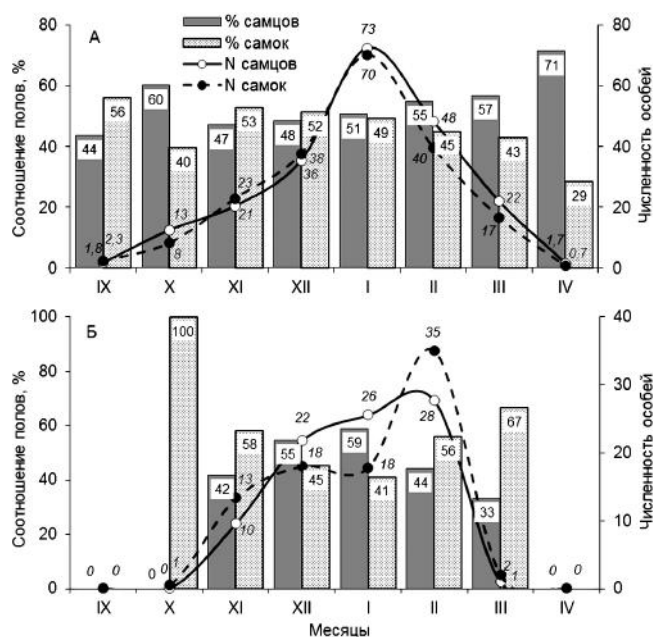


Рис. 3. Среднемесячное соотношение (%) и численность самцов и самок кряквы (А) и хохлатой чернети (Б) в бухте Круглая в 2015/2016 гг.

Fig. 3. The average monthly ratio (%) and the number of males and females of mallard (A) and tufted duck (Б) in Kruglaya Bay in 2015/2016

Красноголовая чернеть. В разные годы в динамике полового состава этого вида проявлялись различные тенденции, которые, по-видимому, формировались под влиянием погодных и прочих условий, определяющих асинхронность миграций самцов и самок. Так, в 2014/2015 гг. доля самцов последовательно повышалась от 55.3 % в декабре до 64.5 в феврале, а самок — снижалась от 44.7 % до 35.5 соответственно (рис. 4 А). В те же месяцы 2015/2016 гг. проявилась обратная тенденция: доля самцов снижалась от 63.5 до 51.9 %, а самок — повышалась от 36.5 до 48.1 % (рис. 4 Б). В среднем за весь зимний период самцы количественно преобладали над самка-

ми: соотношение полов в 2014/2015 гг. составило 54.8 и 45.2 %, в 2015/2016 гг. — 60.5 и 39.5 % соответственно.

Формирование зимнего орнитокомплекса начинается в октябре, иногда в конце сентября ([8, 9]; наши данные), когда появляются единичные особи кряквы (самая ранняя дата — 21.09.2015 г.), лысухи (22.09.2015), хохлатой чернети (17.10.2015), длинноносого крохали (*Mergus serrator*) (19.10.2014), черношейной поганки (*Podiceps nigricollis*) (25.10.2015). В ноябре прилетают сизая чайка (08.11.2015 г.), большая поганка (*Podiceps cristatus*) (12.11.2014) и красноголовая чернеть (13.11.2015), растёт численность кряквы, хохлатой чернети, озёрной чайки. В начале декабря появляется лебедь-шипун (01.12.2015 г.), увеличивается численность сизой чайки. В январе и первой половине февраля численность большинства видов максимальна и сравнительно стабильна. Так, в течение двух последних зимовок для массовых видов птиц отмечены следующие периоды сравнительно стабильной высокой численности: лебедь-шипун — 20.01.2015–19.02.2015 г. (96–114 особей) и 12.01.2016–31.01.2016 (78–90); чернеть хохлатая — 13.01.2015–13.02.2015 г. (31–53) и 27.12.2015–16.02.2016 г. (39–58); чернеть красноголовая — 20.01.2015–13.02.2015 г. (43–58) и 20.01.2016–07.02.2016 (46–49 особей).

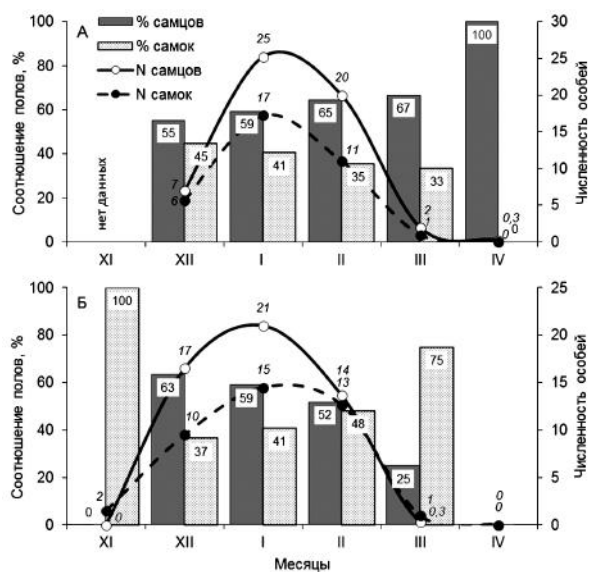


Рис. 4. Среднемесячное соотношение (%) и численность самцов и самок красноголовой чернети в бухте Круглая в 2014/2015 (А) и 2015/2016 (Б) гг.

Fig. 4. The average monthly ratio (%) and the number of males and females of common pochard in Kruglaya Bay in 2014/2015 (A) and 2015/2016 (B)

Максимальные среднемесячные значения суммарной численности особей всех видов отмечены в январе 2015 (1107 особей) и в феврале 2016 г. (1270), а также в отдельные учётные дни — 13.01.2015 г. (1288) и 07.02.2016 г. (1531). В целом численность птиц в сезон зимовки

2015/2016 гг. была выше, чем в предыдущий сезон. Численность птиц в б. Круглая резко возрастает в периоды похолоданий, когда вследствие замерзания традиционных мест зимовки на севере Крыма и юге Украины масса птиц перемещается на незамерзающую акваторию Чёрного моря. Появляются также виды, как правило, не зимующие при нормальных погодных условиях, — чирок-свистунок (*Anas crecca*), красноносый нырок (*Netta rufina*), гоголь (*Bucephala clangula*), луток (*Mergus albellus*).

Оценка сроков отлёта ряда видов затруднена по причине возможного одновременного присутствия в конце зимы и весной мигрирующих птиц. Так, в марте имели место кратковременные повышения численности озёрной чайки (до 460 экз., 13.03.2015 г.), в апреле — поганок черношейной и большой (соответственно до 19 и до 105 экз., 05.04.2015 г.). В период активного отлёта в феврале — марте 2015 г. на фоне относительно плавного повышения температуры воздуха общая численность птиц снизилась на 52.4 %. Основная масса сизых чаек покинула бухту к 25 февраля, лысух — к 13 марта, шипунов — к 21 марта, крякв и озёрных чаек — к 27 марта; последние даты регистрации хохлатой чернети — 5 марта, лысухи — 27 марта, красноголовой чернети и сизой чайки — 5 апреля. В 2016 г. после низкого среднемесячного значения в январе (1 °C) температура воздуха в феврале и весенние месяцы поднималась более интенсивно, а снижение численности птиц за аналогичный предыдущему году период составило 80.6 %. Уже к первой декаде марта бухту покинуло большинство фоновых видов: 22 февраля — дата последнего наблюдения лебедя-шипуна, 6 марта — красноголовой и хохлатой чернети, кряквы, черноголовой, озёрной и сизой чаек, лысухи.

Кормовые условия бухты позволяют зимовать птицам различной кормовой специализации. Первое место по видовому богатству (не менее 13) и численности занимают бентофаги (большинство гусеобразных и лысуха). В 2015/2016 гг. среднемесячная численность красноголовой чернети и кряквы достигла максимума в январе, хохлатой чернети и лысухи — в феврале (рис. 5). У кряквы, добывающей корм на мелководьях, наблюдались значительные короткопериодные (1–2 недели) колебания зимней численности по сравнению с хорошо ныряющими птицами — нырковыми утками и лысухой. Вероятно, это связано с её активными перемещениями в период относительно стабильной тёплой погоды между пресными водоёмами и морскими берегами.

Вторую по разнообразию группу (5 видов) образуют ихтиофаги — чернозобая гагара (*Gavia arctica*), бакланы (*Phalacrocorax* sp.), длинноносый крохаль, пестроносая крачка (*Thalasseus sandvicensis*). Промежуточное положение между бентофагами и ихтиофагами занимают поганки, в пищевом рационе которых присутствуют как мелкая рыба, так и донные беспозвоночные. Птицы-ихтиофаги и поганкообразные, за исключением малой поганки (*Podiceps ruficollis*), предпочитают открытые участ-

ки морской акватории, в бухте их пребывание нерегулярно, а зимняя численность, как правило, не превышает 1–5 особей.

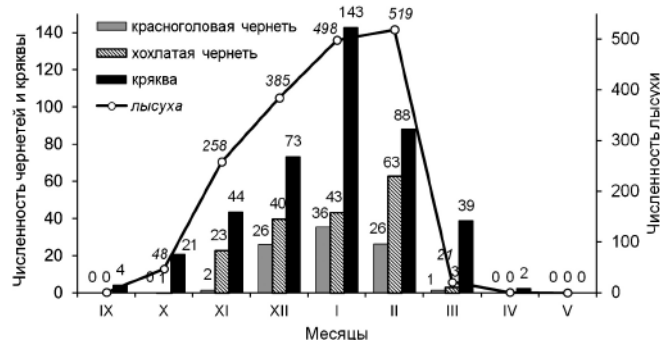


Рис. 5. Среднемесячные значения численности некоторых фоновых видов гусеобразных и лысухи в бухте Круглая в 2015/2016 гг.

Fig. 5. The average monthly number of the some common species of Anseriformes and Eurasian coot in Kruglaya Bay in 2015/2016

В довольно многочисленную группу эврифагов входят 4 вида чаек, из которых наиболее многочисленна озёрная; далее за ней со значительным отрывом по численности следуют сизая, хохотунья и черноголовая (рис. 6). Для чаек как наиболее мобильной группы птиц характерна значительная короткопериодная (в пределах 1–2 недель) флюктуация численности. Они совершают регулярные перемещения как между бухтами, так и между береговой зоной и местами кормодобычания в городе и на полигоне бытовых отходов.

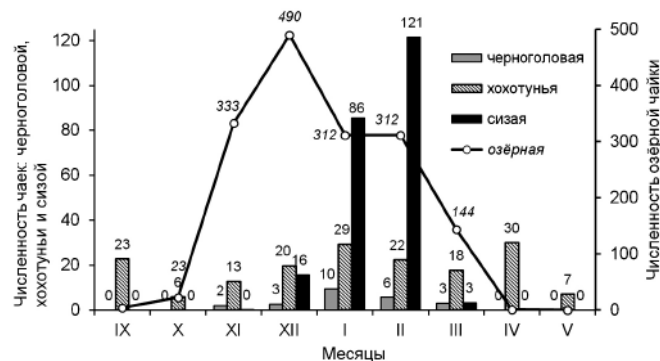


Рис. 6. Среднемесячные значения численности четырёх массовых видов чаек в бухте Круглая в 2015/2016 гг.

Fig. 6. The average monthly number of 4 abundant gull species in Kruglaya Bay in 2015/2016

К редким посетителям бухты относятся полифаги-зоофаги, добывающие корм в прибойной зоне и на незначительных глубинах, — пастушок (*Rallus aquaticus*), камышница (*Gallinula chloropus*), чернозобик (*Calidris alpina*), исландский песочник, а также фитофаги, предпочитающие кормиться в наземных местообитаниях (краснозобая казарка).

Пищевые потребности птиц в определённой степени компенсируются подкормкой, как организованной администрацией города (например, в 2012–2013 гг.), так и стихийной, осуществляемой горожанами. Объём кормов неприродного происхождения (преимущественно хлеба) варьирует ориентировочно от нескольких десятков килограммов до 1 центнера и более в день. Существенным фактором выживания подкормка становится в экстремально холодные зимы, когда часть акватории замерзает и доступ к естественным кормам ограничивается. Отношение разных видов к подкормке определяется пищевой специализацией и особенностями поведения: преимущество имеют виды, проявляющие доверчивость к людям. Так, индифферентны к кормам антропогенного происхождения все ихтиофаги и поганки. Охотно и регулярно подкормку используют бентофаги (гусеобразные, лысуха) и эврифаги, наиболее активно — кряква, лебеди, озёрная и сизая чайки.

За время наших наблюдений смертность птиц в б. Круглая была невысокой: обычно за весь зимний период в прибрежной зоне обнаруживалось не более 5 погибших особей. У чернозобой гагары чаще, чем у других видов, наблюдались признаки заболеваний, особенно в весеннее время. Ежегодно в бухте регистрировали гибель 1–2 особей гагары даже при обилии корма — молоди кефалей.

Для пространственного распределения птиц характерны их значительные концентрации в вершинной части бухты, где в меньшей степени проявляется воздействие ветра и волнения, а также находятся значительные кормовые запасы (рис. 7).

Данная закономерность наиболее хорошо заметна в холодные дни и более характерна для бентофагов — красноголовой чернети (по среднемесячным значениям 94–100 % от общей численности), кряквы (80–100 %), хохлатой чернети (65–100) и лысухи (51–92). Некоторые птицы, главным образом камышница, пастушок, чирок-свиистунок, савка и луток, используют в качестве укрытия участки тростниковых зарослей.

Лебеди-шипуны после окончания кормёжки нередко перемещались за пределы вершины бухты. В тёплые безветренные дни птицы более широко распределялись по акватории и береговой зоне, как правило, придерживаясь южного побережья. Поганки и специализированные ихтиофаги (бакланы, чернозобая гагара) предпочитают центральные участки акватории бухты с более значительными глубинами. Чайки образуют временные скопления в зонах подкормки (кутовая часть и южный берег), а также на акватории центральной части бухты и берегах — особенно на гидротехнических конструкциях восточного берега (до 200–300 особей).

Весенне-осенний период. С марта (иногда с конца февраля) до ноября бухта Круглая становится временным местообитанием для пролётных и кочующих птиц. Существенные различия в регулярности и продолжительности присутствия разных видов обуславливают нестабильность

Таблица 1. Видовой состав и численность мигрирующих и кочующих гидрофильных птиц бухты Круглая**Table 1.** Species composition and number of migratory and nomadic hydrophilic birds of Kruglaya Bay

Вид	Численность по данным январских учётов						Внеучётные наблюдения в зимний период: дата (кол-во особей)
	2005	2006	2007	2008*	2015*	2016*	
<i>Gavia arctica</i>	4	1	—	—	1	—	—
<i>Podiceps ruficollis</i>	7	6	17	1	5	6	—
<i>Podiceps nigricollis</i>	—	—	—	—	2	4	—
<i>Podiceps auritus</i>	—	—	—	—	—	—	28.11.2015 (1)
<i>Podiceps grisegena</i>	—	—	—	—	—	—	16.12.2014 (1)
<i>Podiceps cristatus</i>	9	—	—	1	5	3	—
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1	1	—	—	2	1	Дек. 2014 (3)
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1	—	—	—	—	—	—
<i>Rufibrenta ruficollis</i>	—	—	—	—	—	—	02.02.2014 (1)
<i>Cygnus olor</i>	8	11	1	70	107	90	—
<i>Cygnus cygnus</i>	—	—	—	1	—	1	24.02.2008 (1); 25.01.2010 (1)
<i>Cygnus bewickii</i>	—	—	—	—	—	—	28.01.1995 (1); 01.01.2009–03.01.2009 (1)
<i>Anas platyrhynchos</i>	40	22	27	21	102	155	—
<i>Anas crecca</i>	—	—	—	—	1	1	—
<i>Netta rufina</i>	—	—	—	7	—	2	24.02.2008 (2)
<i>Aythya ferina</i>	22	15	19	51	58	46	—
<i>Aythya nyroca</i>	—	—	—	1	—	—	—
<i>Aythya fuligula</i>	13	13	36	31	50	49	—
<i>Bucephala clangula</i>	—	—	—	—	1	—	24.02.2008 (2)
<i>Oxyura leucocephala</i>	—	—	—	—	1	2	—
<i>Mergus albellus</i>	—	—	—	—	3	4	05.12.2014 (1)
<i>Mergus serrator</i>	3	—	—	—	—	1	13.12.2014 (2)
<i>Rallus aquaticus</i>	—	—	—	—	—	2	—
<i>Gallinula chloropus</i>	—	—	1	—	1	—	—
<i>Fulica atra</i>	307	353	308	730	609	590	—
<i>Calidris alpine</i>	—	—	—	—	—	—	06.02.2014 (1)
<i>Calidris canutus</i>	—	—	—	—	—	—	03.02.2014–09.02.2014 (2–7)
<i>Larus melanocephalus</i>	3	—	5	1	6	16	—
<i>Larus ridibundus</i>	133	157	202	650	331	388	20.12.2014 (620) 19.12.2015 (670)
<i>Larus cachinnans</i>	25	3	2	—	88	43	—
<i>Larus canus</i>	33	65	99	126	92	157	—
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	—	—	—	—	—	1	14.02.2014 (1 mort.) 19.02.2015 (1) 05.12.2015–27.12.2015 (2–3)

Условные обозначения: * — учёты проведены после похолоданий

**Рис. 7.** Скопление гидрофильных птиц в вершине бухты Круглая зимой 2013 г. Фото В. Е. Гирагосова**Fig. 7.** Concentration of hydrophilic birds in Kruglaya Bay head in the winter 2013. V. E. Giragosov photography

Таблица 2. Видовой состав и численность мигрирующих и кочующих гидрофильных птиц бухты Круглая**Table 2.** Species composition and number of migratory and nomadic hydrophilic birds of Kruglaya Bay

Вид	Характер пребывания	Численность	Даты
<i>Gavia arctica</i>	В	2	весной до 05.03.2015, до 03.05.2016
<i>Podiceps ruficollis</i>	К (л)	1	23.08.2015; 30.08.2016
<i>Podiceps nigricollis</i>	В	19	весной до 26.04.2015, до 03.05.2016
<i>Podiceps cristatus</i>	В	1–105	весной до 19.04.2015, до 19.04.2016
<i>Phalacrocorax carbo</i>	К (в, л, о)	1–5	весной до 27.03.2015, до 27.03.2016; летом нерегулярно; осенью с 04.09.2016
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	К (в, л, о)	1–5	05.04.2015–26.04.2015 (нерегулярно), 06.03.2016–17.04.2016 (нерегулярно), 04.09.2016–21.11.2016 (нерегулярно), летом нерегулярно
<i>Ixobrychus minutus</i>	Гн (2016 г.)	1 пара и 3 juv.	03.07–02.08.2016 (ad) и 23.07–07.09.2016 (juv)
	В, О	1–2	04.05.2015 (1 mort.); 18.08.2015–20.08.2015
<i>Nycticorax nycticorax</i>	В	3	05.04.2015
<i>Ardeola ralloides</i>	О	1	16.08.2015
<i>Egretta garzetta</i>	В, О	1–2	27.10.2014–27.11.2014; 03.10.2015–12.10.2015; 26.04.2016; 26.08.2016–28.08.2016; 01.09.2016; 07.09.2016
<i>Ardea cinerea</i>	В, О	1	31.05.2015; 01.09.2016
<i>Cygnus olor</i>	К (в)	1	04.04.2016
<i>Cygnus cygnus</i>	В	1–9	02.03.2006–04.03.2006 06.03.2012–12.03.2012
<i>Anas strepera</i>	В	1	29.02.2012–10.03.2012
<i>Anas penelope</i>	В	1	06.03.2012
<i>Anas acuta</i>	В	1	15.03.2014–16.03.2014
<i>Anas querquedula</i>	В	1	27.03.2016
<i>Anas clypeata</i>	В	2	02.04.2005
<i>Charadrius dubius</i>	В	1	13.04.2015
<i>Tringa glareola</i>	О	1–2	07.09.2014–16.09.2014; 09.08.2015–27.08.2015; 06.08.2016–12.08.2016
<i>Actitis hypoleucos</i>	В	1–2	19.04.2015; 02.04.2016; 08.05.2016; 23.08.2016
<i>Phalaropus lobatus</i>	О	1	09.08.2015
<i>Phylomachus pugnax</i>	В	1	30.03.2014
<i>Larus ridibundus</i>	В	до 460	13.03.2015
	К (л)	1–3	Регулярно
<i>Larus genei</i>	О	1	25.10–10.11.2015 (sad)
<i>Larus cachinnans</i>	К (в, л)	4–30	Регулярно
<i>Rissa tridactyla</i>	К (в)	1	13.04.2015
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	В, О,	1–5	13.03.2015–27.03.2015; 06.03.2016–15.05.2016; 21.09.2015–03.10.2015
	К (л)		Регулярно
<i>Sterna hirundo</i>	В (К?)	2–3	19.04.2015–13.05.2015; 26.04.2016–15.05.2016
<i>Alcedo atthis</i>	В, О	1–4	19.04.2015; 19.08.2015–10.11.2015; 02.08.2016–04.08.2016; 01.09.2016–25.09.2016

Условные обозначения. Характер пребывания: В — весеннепролётный, О — осеннепролётный; К — кочующий (в — весной, л — летом, о — осенью); Гн — гнездование

орнитокомплекса в эти сезоны года. Постоянный гнездовой орнитокомплекс отсутствует, лишь в 2016 г. зарегистрировано успешное гнездование одной пары малых выпей (*Ixobrychus minutus*).

Видовой состав, численность и сроки пребывания мигрирующих и кочующих птиц изучены ещё недостаточно. Согласно имеющимся данным, весной, летом и осенью на акватории и в береговой зоне бухты встречается не менее 30 видов (табл. 2). Доминируют ржанкообразные (11 видов, в т. ч. 5 видов куликов и 6 — чаек), далее следуют гусеобразные (7 видов) и аистообразные (5), остальные группы представлены 1–2 видами. Преобладают весенние мигранты (не менее 20 видов), не менее 8 видов являются осеннепролётными и не менее 8 кочуют в тёплое время года. Численность большинства видов невысока (обычно менее 10 особей), время пребывания ограничено одним или несколькими днями. Относительно крупные миграционные скопления регистрировались в период весенней миграции для большой поганки и озёрной чайки (см. табл. 2).

Весенний пролёт начинается в конце февраля — первой декаде марта (лебедь-кликун, серая утка *Anas strepera*, свиязь *Anas penelope*, пестроногая крачка *Thalasseus sandvicensis*). В апреле видовое разнообразие максимально (не менее 10 видов), большинство последних регистраций приходится на первую половину мая (черношейная поганка *Podiceps nigricollis*, перевозчик *Actitis hypoleucos*, пестроногая крачка и др.). В июне — июле видовое разнообразие и количество птиц в бухте минимальны (6 видов), небольшие скопления образует только хохотунья (см. табл. 2).

Осенний пролёт начинается в первой половине августа, когда появляются жёлтая цапля *Ardeola ralloides*, круглоносый плавунчик *Phalaropus lobatus*, обыкновенный зимородок *Alcedo atthis*. Последние мигранты регистрировались в первой декаде ноября (морской голубок *Larus genei*, зимородок).

В тёплое время года существенно влияние на птиц фактора беспокойства, обусловленного расположением бухты в зоне плотной застройки, наличием интенсивно эксплуатируемых водно-спортивных объектов и прибрежной пешеходной зоны, регулярным промыслом полихет. Наиболее подвержены воздействию этого фактора околоводные виды, главным образом кулики и аистообразные, добывающие корм в береговой зоне и на прибрежных мелководьях. В весенний период эти виды задерживаются здесь лишь на несколько часов, осенью — до нескольких суток.

Выводы. За время исследований в б. Круглая зарегистрирован 51 вид водных и околоводных птиц из 8 отрядов.

Стабильный и многочисленный орнитокомплекс формируется только зимой — не менее 32 видов, или 71 % зимней орнитофауны всех Севастопольских бухт (для сравнения: в Северной бухте отмечено 23, в Стрелецкой — 22, в Казачьей — 35, в Камышовой — 20 видов). Общая численность зимующих птиц в бухте Круглая превышает 1

тыс. особей, фоновыми являются 8 видов (4 — гусеобразные, 1 — журавлеобразные, 3 — чайки), на долю которых приходится 96–99 % от общей численности. Доминируют по численности во все зимние сезоны лысуха и озёрная чайка.

Кормовые условия позволяют зимовать в бухте видам разной трофической специализации, и наиболее многочисленны бентофаги, ихтиофаги и эврифаги. Значение б. Круглая как временного кормового биотопа возрастает во время похолоданий, сопровождающихся ростом численности и появлением видов, не зимующих при нормальных погодных условиях. Существенной частью кормовой базы для некоторых видов стала искусственная подкормка.

В миграционные периоды выявлено 20 весеннепролётных и 8 осеннепролётных видов. Не менее 8 видов относятся к кочующим в тёплое время года, наименьшее их количество (6) встречается в первые два летних месяца. Гнездование зарегистрировано для одного вида — малой выпи.

Таким образом, б. Круглая, являясь местом регулярных и многочисленных сезонных скоплений гидрофильных птиц, играет важную роль резервата орнитологического разнообразия на юге Крыма. Расположение в густонаселённой части города, доступность и популярность у населения определяют её значение для формирования экологической культуры посредством общения с миром пернатых. Для сохранения б. Круглая как ценного природного и эколого-воспитательного объекта целесообразно придание ей статуса природного парка как формы ООПТ, функционально совмещающей природоохранные и эколого-просветительские задачи. Это предотвратит возможную застройку береговой зоны и деградацию ещё сохранившихся естественных местообитаний.

Благодарности. Авторы выражают благодарность лицам, предоставившим свои наблюдения, использованные в настоящей статье: О. В. Кукушкину, М. И. Стефановичу, А. А. Частниковой, С. Н. Шкарупо.

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 молодёж. 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. Зимовка птиц в Севастопольских бухтах // *Птицы и окружающая среда* :

- сборник научных трудов. Одесса, 2013. С. 24–29. [Beskaravayny M. M. Zimovka ptits v Sevastopol'skikh bukhtakh. In: *Ptitsy i okruzhayushchaya sreda: Sbornik nauchnykh trudov*. Odessa, 2013, pp. 24–29. (in Russ.)].
3. Бескаравайный М. М. *Птицы морских берегов южного Крыма*. Симферополь : Н. Орианда, 2008. 160 с. [Beskaravayny M. M. *Ptitsy morskikh beregov yuzhnogo Kryma*. Simferopol: N. Orianda, 2008. 160 p. (in Russ.)].
 4. 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) // *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 10–27. (in Russ.)].
 5. Гирагосов В. Е., Бескаравайный М. М., Костин С. Ю. Новые данные о некоторых редких и малоизученных птицах Крыма по наблюдениям в Севастопольском регионе // *Бранта : сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции*. 2015. Вып. 18. С. 24–30. [Giragosov V. E., Beskaravayny M. M., Kostin S. Yu. New data on some rare and poor studied bird species of the Crimea from observations in Sevastopol Region. *Branta: Sbornik nauchnykh trudov Azovo-Chernomorskoj ornitologicheskoi stantsii*, 2015, iss. 18, pp. 24–30. (in Russ.)].
 6. Ковардаков С. А., Празукин А. В. Структурно-функциональные характеристики донного фитопланктона бухты Круглой (Севастополь) // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2012. Вып. 7. С. 138–148. [Kovardakov S. A., Prazukin A. V. Structural and functional characteristics of the bottom seaweeds community in Kruglaya bay (Sevastopol). *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana*, 2012, iss. 7, pp. 138–148. (in Russ.)].
 7. Куфтаркова Е. А., Родионова Н. Ю., Губанов В. И., Бобко Н. И. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья // *Труды ЮгНИРО*. 2008. Т. 46. С. 110–111. [Kuftarkova E. A., Rodionova N. Yu., Goubanov V. I., Bobko N. I. Hydrochemical characteristics of several bays of Sevastopol coast. *Trudy YugNIRO*, 2008, vol. 46, pp. 110–111. (in Russ.)].
 8. Мордвинов Ю. Е. Зимовка водоплавающих птиц в бухтах г. Севастополь в 1997–1998 гг. // *Итоги и перспективы гидроэкологических исследований: материалы международной конференции по водным экосистемам (Минск, 25–26 ноября 1999 г.)*. Минск : Изд-во БГУ, 1999. С. 175–179. [Mordvinov Yu. E. Zimovka vodoplavayushchikh ptits v bukhtakh g. Sevastopol' v 1997–1998 gg. In: *Itogi i perspektivy gidroekologicheskikh issledovaniy: materialy mezhdunarodnoi konferentsii po vodnym ekosistemam* (Minsk, 25–26 November 1999). Minsk: Izd-vo BGU, 1999, pp. 175–179. (in Russ.)].
 9. Мордвинов Ю. Е. Мониторинг видового разнообразия и динамики численности гидрофильных птиц на зимовке в бухтах г. Севастополя в 1999/2000 гг. // *Зимние учёты птиц на Азово-Черноморском побережье Украины*. Вып. 3. Одесса ; Киев : Wetlands International, 2001. С. 51–55. [Mordvinov Yu. E. Monitoring vidovogo raznoobraziya i dinamiki chislennosti gidrofil'nykh ptits na zimovke v bukhtakh g. Sevastopolya v 1999/2000 gg. In: *Zimnie uchety ptits na Azovo-Chernomorskom poberezh'e Ukrainy*. Iss. 3. Odessa; Kiev: Wetlands International, 2001, pp. 51–55. (in Russ.)].
 10. Прогноз и архив погоды: [Электронный ресурс]. URL: <http://weatherarchive.ru>. [Weather forecast and archive: [Electronic resource]. URL: <http://weatherarchive.ru>].
 11. Степанян Л. С. *Конспект орнитологической фауны СССР*. Москва : Наука, 1990. 728 с. [Stepanyan L. S. *Konspekt ornitologicheskoy fauny SSSR*. Moscow: Nauka, 1990. 728 p. (in Russ.)].

Seasonal dynamics of the hydrophilic bird community of Kruglaya Bay (Sevastopol, the Black Sea)

V. E. Giragosov¹, M. M. Beskaravayny²

¹Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

²Vyazemsky Karadag Scientific Station—Nature Reserve RAS, Feodosia, RF

E-mail: vitaly.giragosov@gmail.com, karavay54@mail.ru

The relevance of the study of hydrophilic birds in the urban areas of the Black Sea coast is due to their important role in the coastal biocenosis structure and the need to preserve biodiversity in the conditions of anthropogenic transformation of Crimean coastal zone. The dynamics of species composition and abundance of birds in Kruglaya (Omega) Bay (Sevastopol) were investigated. The results of regular and episodic monitoring carried out in 1995 and 2005–2016 were used in this work. Quantitative accounting was carried out only in January and February (1–2 times per winter season) in 2005–2008, episodically in 2009–2013 and weekly in December — May 2014/2015 and September — May 2015/2016. Number of specimens per species was registered, and the ratio of young and adult specimens in mute swan (*Cygnus olor*), sex ratio in mallard (*Anas platyrhynchos*), common pochard (*Aythya ferina*) and tufted duck (*Aythya fuligula*) were determined. Russian and Latin names of birds are represented by L. S. Stepanian.

Kruglaya Bay is one of Sevastopol bays which form the northern coastline of the Heraclea Peninsula, and it is a place of seasonal concentrations of hydrophilic birds. The basic morphometric characteristics of the bay are the following: the water area — 0.64 km², length — 1.3 km, maximum width — 0.8 km, the average depth — 4.5 m. The water area of the bay did not freeze usually, only its inner part was covered with ice in extremely cold winters. Benthic macrophyte species are represented by two associations: *Cystoseira crinita* and *C. barbata* on stones and rocks, and *Zostera noltii* and *Z. marina* on sandy and silty areas. Two local areas of common reed (*Phragmites australis*) beds are located in the inner part of the bay. The zoobenthos is a significant part of the food supply of birds and includes 97 species, mainly polychaetes, molluscs and crustaceans. The ichthyofauna is represented by 42 fish species.

51 species of aquatic and semi-aquatic birds across 8 Orders were identified. The winter bird community was most diverse and numerous (32 species: 14 Anseriformes, 7 Charadriiformes, 5 Podicipediformes, 3 Gruiformes, 2 Pelecaniformes, 1 Gaviiformes). Eight species dominate regularly in winters and quantitatively — mute swan, mallard, common pochard, tufted duck, eurasian coot (*Fulica atra*), black-headed gull (*Larus ridibundus*), caspian gull (*Larus cachinnans*) and common gull (*Larus canus*). Rare species wintering in the Mountain Crimea, including horned grebe (*Podiceps auritus*), Bewick's swan (*Cygnus bewickii*), red-breasted goose (*Rufibrenta ruficollis*), white-headed duck (*Oxyura leucocephala*), knot (*Calidris canutus*), is of great interest.

The average ratio of young and adult mute swans in the main wintering period (December — February) was 61 : 39 % in 2014/2015 and 45 : 55 % in 2015/2016, respectively. The ratio of males and females were as follows: in mallard 49.5 : 50.5 % in 2014/2015, and 51.4 : 48.6 % in 2015/2016; in common pochard 54.8 : 45.2 % in 2014/2015, and 60.5 : 39.5 % in 2015/2016; in tufted duck 51.0 : 49.0 % in 2014/2015, and 51.4 : 48.6 % in 2015/2016, respectively.

Formation of the winter bird community began in October, sometimes at the end of September when single specimens of mallard, coot, tufted duck, red-breasted merganser (*Mergus serrator*), black-necked grebe (*Podiceps nigricollis*) appeared. Common gull, great crested grebe (*Podiceps cristatus*) and the common pochard come flying in November; the mute swan appears at the beginning of December. Maximum and relatively stable number of most species was typical for January and the first half of February. Maximum number of specimens of all bird species was registered in January 13, 2015 (1288), and February 7, 2016 (1531 specimens).

The feeding conditions of Kruglaya Bay allow overwintering of the birds with different feeding specializations. The benthophages (most of Anseriformes and Coot) rank first in species richness (at least 13 species) and in quantitative terms. Five species (black-throated diver (*Gavia arctica*), great cormorant (*Phalacrocorax carbo*), common shag (*Phalacrocorax aristotelis*), red-breasted merganser, Sandwich tern (*Thalasseus sandvicensis*)) form the group of ichthyophages. The Grebes occupy an intermediate position between benthophages and ichthyophages: small fish and benthic invertebrates are present in their diet. Four species of gull (black-headed, Caspian, common, Mediterranean gull (*Larus melanocephalus*)) constitute a group of omnivores. The rare visitors in Kruglaya Bay are zoophagous and omnivorous birds foraging in the surf zone and at shallow depths, such as water rail (*Rallus aquaticus*), common moorhen (*Gallinula chloropus*), dunlin (*Calidris alpina*), knot (*Calidris canutus*), and herbivores which prefer to feed in terrestrial habitats — red-breasted goose (*Rufibrenta ruficollis*). The nutritional requirements of birds are compensated to a certain extent by additional feeding carried out by townspeople.

In general 30 passing and nomadic species, mainly Charadriiformes (11), Anseriformes (7) and Ciconiiformes (5), were registered. A nesting bird community was absent, and only the nesting of little bittern (*Ixobrychus minutus*) was registered in 2016 for the first time in city zone. The spring migration took place from late February to May, the autumn migration — from August until the first decade of November. Kruglaya Bay is a valuable natural and ecological educational place and deserves status as a natural park.

Keywords: Kruglaya Bay, Crimea, Black Sea, hydrophilic birds, bird community, migrations, nomadings

УДК 574.583(262.5)

ЗИМНИЙ ЖЕЛЕТЕЛЫЙ МАКРОПЛАНКТОН У БЕРЕГОВ КРЫМА

© 2016 г. **С. М. Игнатъев**, канд. биол. наук, с. н. с., **В. В. Губанов**, вед. инж., **Н. А. Дацык**, м. н. с.

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

E-mail: s-ignat2004@mail.ru

Поступила в редакцию 08.09.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Впервые выполнен мониторинг состояния желетелого макропланктона у берегов Крыма от м. Тарханкут до Керченского пролива в зимний период. Его видовой состав был представлен 1 видом медуз (*Aurelia aurita*) и 3 видами гребневиков (*Mnemiopsis leidyi*, *Beroe ovata* и *Pleurobrachia pileus*). Повсеместно по биомассе доминировала аурелия (98 %), по численности — холоднолюбивые плеробрахия (67 %) и аурелия (25 %). Доля обоих гребневиков-вселенцев не превышала 8 %. Количественное распределение желетелого макропланктона носило неравномерный характер — от полного отсутствия до $83,3 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (в среднем $12,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$). Высокие биомассы желетелых были зарегистрированы у Севастополя и Евпатории, минимальные — у южного побережья Крыма. Состав и обилие желетелых гидробионтов зависели от распределения температуры воды в море.

Ключевые слова: желетелый макропланктон, медузы, обилие, Чёрное море

Хищный желетелый макропланктон — важный компонент пелагических экосистем, способный при своём массовом развитии определять их состояние. Мониторинговые наблюдения за состоянием популяций желетелых гидробионтов позволяют выявить сезонные и многолетние тренды их изменчивости, оценить роль желетелых в трофической структуре пелагиали. Эти исследования, начатые ещё в 1999 г. [3], были продолжены с 2010 г. [2, 4, 5]. Получены сведения о составе и распределении основных компонентов желетелого макропланктона, в частности выявлены зоны их повышенного обилия [3–5]. Несмотря на длительный период изучения желетелых в Чёрном море, зима (декабрь – февраль) в силу целого ряда объективных (погодные условия) и организационных причин выпадала из поля зрения исследователей. Только в декабре 2015 г. нами выполнен небольшой полигон (6 станций) в северо-восточной части моря. Были получены данные о составе и распределении желетелых на этой ограниченной акватории. Поэтому в настоящей работе представлены результаты изучения состава и обилия желетелого макропланктона у берегов Крыма в зимний период 2016 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор материала был выполнен в 83-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в период с 27 января по 3 февраля 2016 г. в исключительной (12-мильной) зоне РФ. Выполнены 22 комплексные океанографические станции

от м. Тарханкут до Керченского пролива и в Азовском море на глубинах до 100 м (за исключением ст. 20 — 1040 м) (рис. 1).

Исследования проводили с использованием стандартных орудий лова и методов фиксации проб. Для сбора желетелого макропланктона использовали модифицированную сеть Богорова – Расса (БР), диаметр входного отверстия 80 см, ячея 300 мкм, которой производили вертикальные ловы от дна до поверхности. Пробы желетелого макропланктона обрабатывали немедленно после их отбора. Диаметр купола медуз (расстояние между статоцистами) и орально-аборальную длину гребневиков измеряли с точностью до 1 мм в момент максимального расслабления особей на градуированной стеклянной пластине. Массу их тела находили, используя ранее установленные линейно-весовые соотношения (табл. 1).

Биомассу рассчитывали как произведение численности и средней сырой массы каждой размерной группы, общую биомассу — как сумму биомасс всех размерных групп в популяции. Численность и биомассу макропланктона пересчитывали на квадратный метр водной поверхности или объём профильтрованной воды.

Данные о распределении поля температуры и солёности получены с помощью гидробиофизического комплекса «Сальпа М» в дрейфе в режиме многократного вертикального зондирования [7]. Для анализа использована система автоматизированной обработки данных «Оперативная биоокеанография: MacroSeaMap» [6].

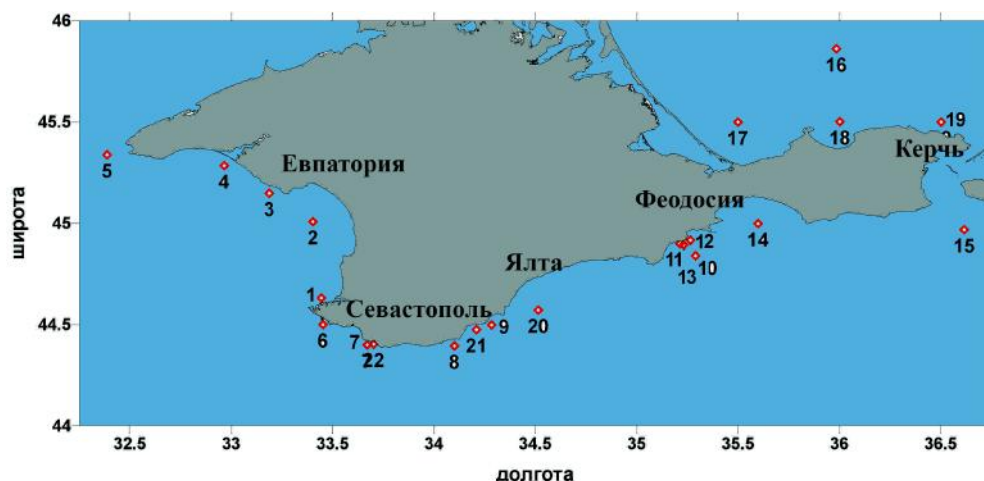


Рис. 1. Карта-схема распределения планктонных станций

Fig. 1. Scheme of distribution of planktonic stations

Таблица 1. Зависимость сырой массы (WW, мг) от размеров тела (D — диаметр, L — орально-аборальная длина, мм) у четырёх видов желетелого макропланктона Чёрного моря**Table 1.** The dependence of the wet weight (WW, mg) of body size (D — diameter, L — oral-aboral length, mm) of four species of gelatinous macroplankton of the Black Sea

Вид	Уравнение	Размерный диапазон, мм	Масса, г	Ссылка
<i>Aurelia aurita</i>	$WW = 0.053 D^{2.98}$	2–247	0.99	[1]
<i>Mnemiopsis leidyi</i>	$WW = 1.31 L^{2.49}$	5–70	0.99	[1]
<i>Beroe ovata</i>	$WW = 0.85 L^{2.47}$	10–120	0.96	[1]
<i>Pleurobrachia pileus</i>	$WW = 0.682 L^{2.52}$	3–25	—	[1]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение исследований проходило в неблагоприятных условиях, при постоянном волнении 3–4 балла. Температура в поверхностном слое изменялась от 7.24 °C на ст. 5 у мыса Тарханкут до 9.6 °C на станциях в районе Ялты, в районе Керчи на ст. 15 температура составляла 8.8 °C. Температура воды на станциях, выполненных в Азовском море, — 0.5–1.4 °C. Диапазон температур воды, за исключением Азовского моря, не критичен для вселенцев, а для холодноводных аборигенных видов — в пределах оптимума [1, 8].

Солёность в слое 0–10 м в Чёрном море на ст. 1–15, 20–22 составляет 18,1 ‰, на ст. 16–19 в Азовском море — 13.7–13.9 ‰ (рис. 2, 3) [7].

Желетельный макропланктон в районе исследований был представлен одним видом медуз — *Aurelia aurita* (L.) и тремя видами гребневиков — *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz), *Pleurobrachia pileus* O. Müller и *Beroe ovata* Mayer. По биомассе доминировала *A. aurita* (98 % от общей биомассы желетелых), по численности — плеуробрахия (67 %) и аурелия (22 %). Суммарная относительная биомасса гребневиков-вселенцев в среднем составляла 13 %. Вдоль берега Крыма среднее относительное обилие аурелии ко-

лебалось от 9 до 43 %, плеуробрахии — от 32 до 77 % (табл. 2).

Количественное распределение желетелого макропланктона зимой 2016 г. отличалось большой неравномерностью (рис. 4–5). Значения общей биомассы у берегов Крыма в Чёрном море варьировали в широких пределах — от полного отсутствия до 83.3 г·м⁻³ (в среднем — 12.6 г·м⁻³), т. е. различались почти на два порядка величин. Высокие биомассы зарегистрированы в районах Севастополя и Евпатории, минимальные — у южного побережья Крыма.

В Чёрном море медузы были отмечены практически на всех станциях. Их биомасса достигала 18 г·м⁻³ (р-н Массандры). Распределение медуз характеризуется выраженной неоднородностью с более высокими величинами численности и биомассы в районе южного берега Крыма и более низкими — на станциях в западной части Чёрного моря (рис. 6А). Обилие медуз вдоль черноморского побережья Крыма нарастало от Карадага к Севастополю и Евпатории. В пробах часто встречались медузы со значительным количеством планул, что свидетельствует об их размножении в зимний период.

Аурелия была представлена крупными особями с диаметром купола 21–220 мм (средний диаметр — 93 мм), то

Таблица 2. Относительное обилие (% от численности) желателых у берегов Крыма в зимний период**Table 2.** The relative abundance (% of number) of gelatinous off the coast of the Crimea in the winter

Район	<i>A. aurita</i>	<i>B. ovata</i>	<i>M. leidy</i>	<i>P. pileus</i>
Западный Крым	24	7	10	59
Севастополь	15	1	7	77
Ялта	9	3	1	87
Феодосия	43	18	6	33

есть основную часть популяции составляли особи прошлой годней генерации. В западной, юго-восточной части крымского побережья и в районе Керчи размерная структура аурелии была сходной, здесь в равной степени (40–50 % общей численности) присутствовали медузы от 100 до 200 мм. Мелкие медузы до 50 мм составляли незначительную (не более 20 %) часть популяции. Неоднородной по размерам была популяция на южном побережье Крыма, основу её (до 70 %) составляли мелкие особи с размерами 0–100 мм, кроме того, здесь отмечены и самые крупные медузы — длиной более 200 мм. По-видимому, различия в обеспеченности пищей обусловили различия в скорости роста медуз в разных районах.

Гребневики-вселенцы *M. leidy* и *B. ovata* были отмечены примерно на 50–55 % станций в Чёрном море и полностью отсутствовали в Азовском море. Биомасса *M. leidy* варьировала в пределах 86–4788 мг·м⁻³ (среднее значение 1595 мг·м⁻³). В юго-восточной части Чёрного моря мнемнопсис наблюдался только на двух станциях, однако именно здесь отмечена его максимальная биомасса (рис. 7А). Структура популяции гребневика была представлена широким размерным диапазоном — от 10 до 65 мм, при этом доля более крупных животных 60–100 % отмечалась в западной и юго-восточной части Чёрного моря. На южном берегу Крыма популяция гребневиков до 45 % состояла из животных 15–25 мм (рис. 7Б).

Биомасса *B. ovata* варьировала в пределах 34,8–1316,6 мг·м⁻³ (среднее значение 371,4 мг·м⁻³). Обилие гребневика *B. ovata* вдоль всего крымского побережья варьировало в небольших пределах, за исключением станций в районе Феодосии, где были отмечены максимальное значения (свыше 1 мг·м⁻³) (рис. 8А).

Популяция *B. ovata* во всех районах состояла из особей длиной 20–40 мм, при этом основу её образовывали неполовозрелые особи длиной 20–30 мм (50–70 % общей численности), в районе Керчи их доля достигала 100 % (рис. 8Б). Вероятно, это — зимующие животные прошлой годней генерации: при недостатке пищи и низких температурах наблюдается уменьшение их размеров. Холодноводный гребневик *Pleurobrachia pileus* присутствовал почти повсеместно с биомассой от 0,1 до 6,0 мг·м⁻³. Максимальные величины обилия были отмечены на ст. 20 в районе Алушты. Промежуточными, относительно равными значениями численности характеризовались станции

южного берега Крыма. В юго-восточной и западной части Чёрного моря, напротив, отмечены более низкие величины численности и биомассы (рис. 9А).

Во всех исследуемых районах преобладающей размерной группой в структуре популяции *P. pileus* были особи с диаметром до 10 мм (рис. 9Б). В более глубоководном районе южной части Крыма популяция представлена в более широком размерном диапазоне, однако доля животных от 11 до 20 мм незначительна (до 5 %).

В целом «зимний» состав, размерная структура и уровень обилия желателых у берегов Крыма близки к аналогичным показателям в прибрежных водах Севастополя [4]. В то же время полученные результаты свидетельствуют о существовании определённых различий в структуре и количественном развитии желателого макропланктона у южного и западного побережий Крыма.

Выводы:

1. В зимний период у берегов Крыма желателый планктон представлен характерными для Чёрного моря видами — медузой *A. aurita* и 3 видами гребневиков (*M. leidy*, *B. ovata* и *P. pileus*). По численности доминировал холодноводный гребневик *P. pileus*, по биомассе — *A. aurita*.
2. Количественное распределение желателого макропланктона носило неравномерный характер — от полного отсутствия до 83,3 г·м⁻³ (в среднем 12,6 г·м⁻³). Высокие биомассы зарегистрированы в районах Севастополя и Евпатории, минимальные — у южного побережья Крыма.
3. Распределение медуз характеризуется выраженной неоднородностью с более высокими величинами численности и биомассы в районе южного берега Крыма и более низкими — на станциях в западной части Чёрного моря.
4. Гребневики-вселенцы отмечены примерно на половине станций с размерной структурой, характерной для зимнего периода. Распределение гребневиков — равномерное, за исключением зон повышенного обилия в районе Ялты (плеуробрахия) и Феодосии (берое).
5. Полученные результаты свидетельствуют о существовании определённых различий в структуре и количественном развитии желателого макропланктона у южного и западного побережий Крыма.

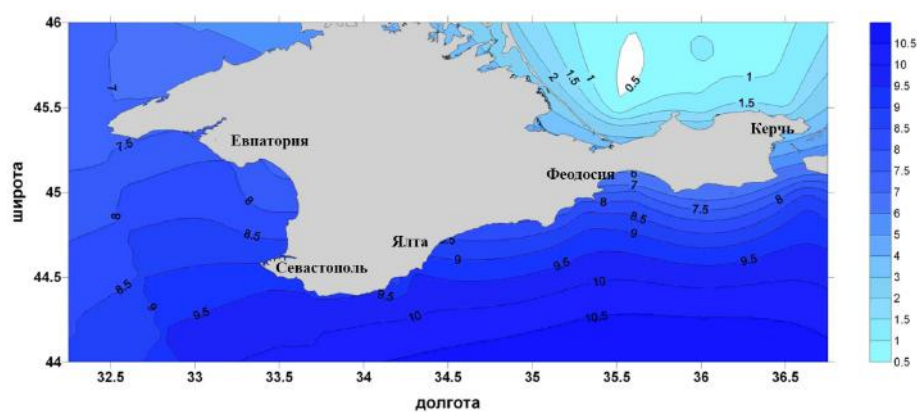


Рис. 2. Распределение температуры (°C) в слое 0–10 м

Fig. 2. Distribution of temperature (°C) in a layer of 0–10 m

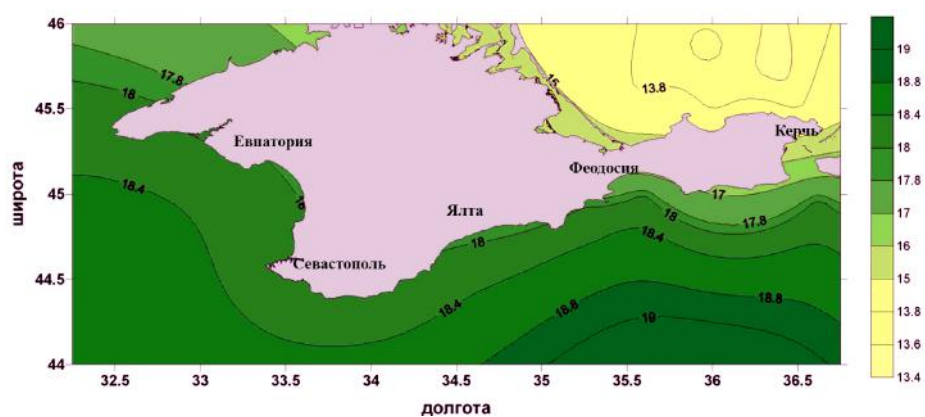


Рис. 3. Распределение солёности (‰) в слое 0–10 м

Fig. 3. The distribution of salinity (‰) in the layer of 0–10 m

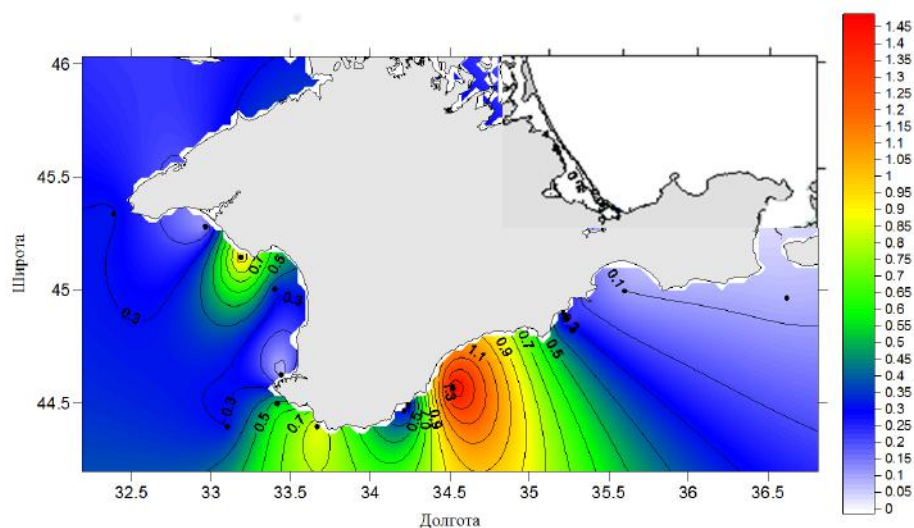


Рис. 4. Распределение желетелого макропланктона (численность, экз.·м⁻³) зимой 2016 г.

Fig. 4. Distribution of gelatinous macroplankton (number, ind.·m⁻³) in the winter 2016

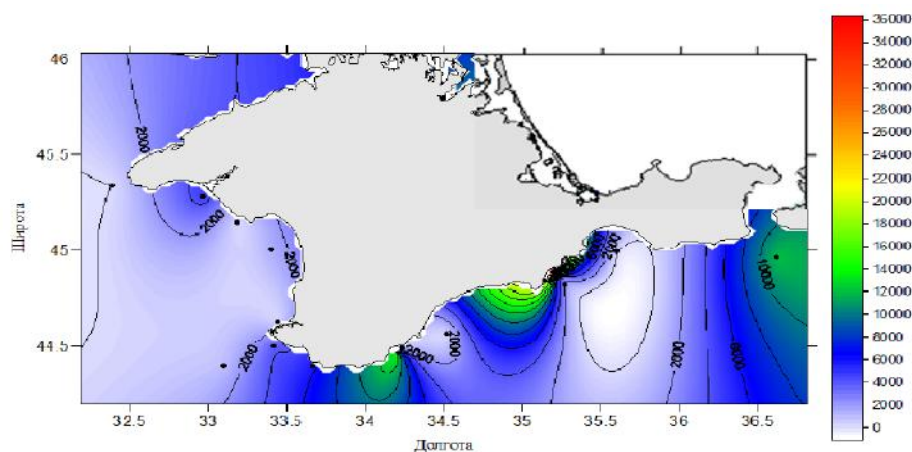


Рис. 5. Распределение желателого макропланктона (биомасса, $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) зимой 2016 г.

Fig. 5. Distribution of gelatinous macroplankton (biomass, $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) in the winter 2016

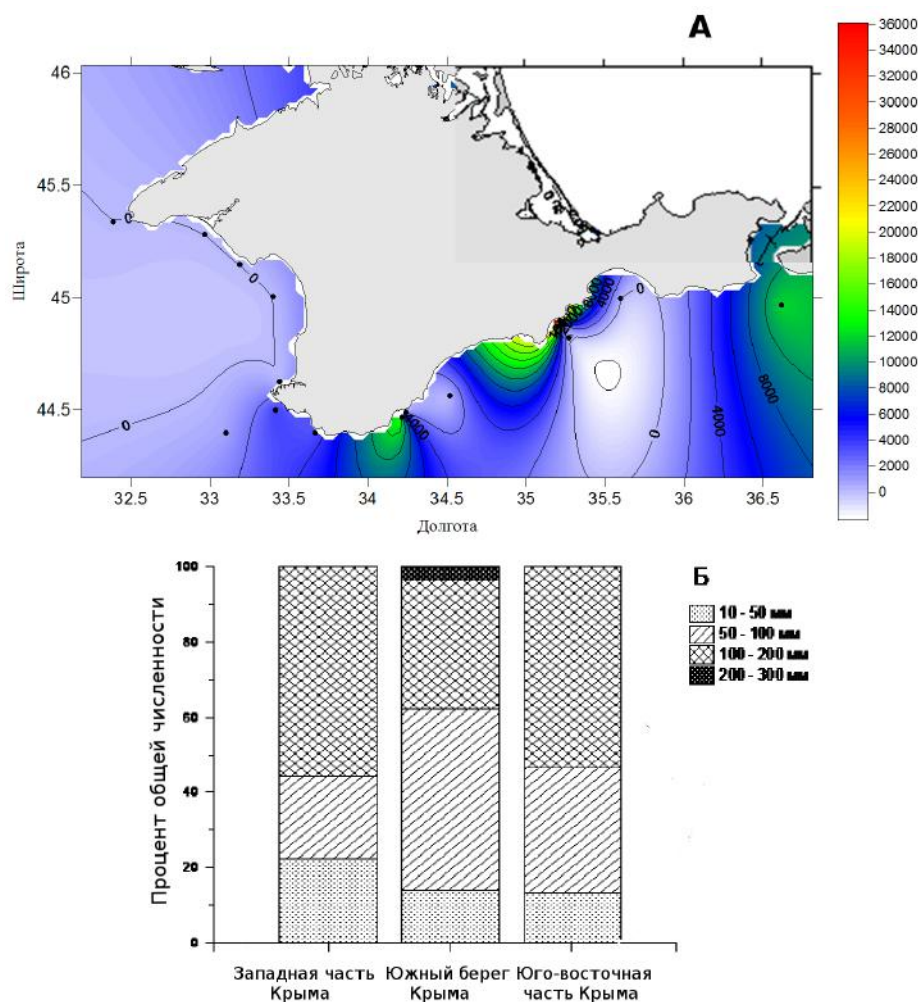


Рис. 6. А — распределение (биомасса) и Б — размерная структура *Aurelia aurita* в зимний период 2016 г.

Fig. 6. А — distribution (biomass) and Б — size structure of *Aurelia aurita* in the winter 2016

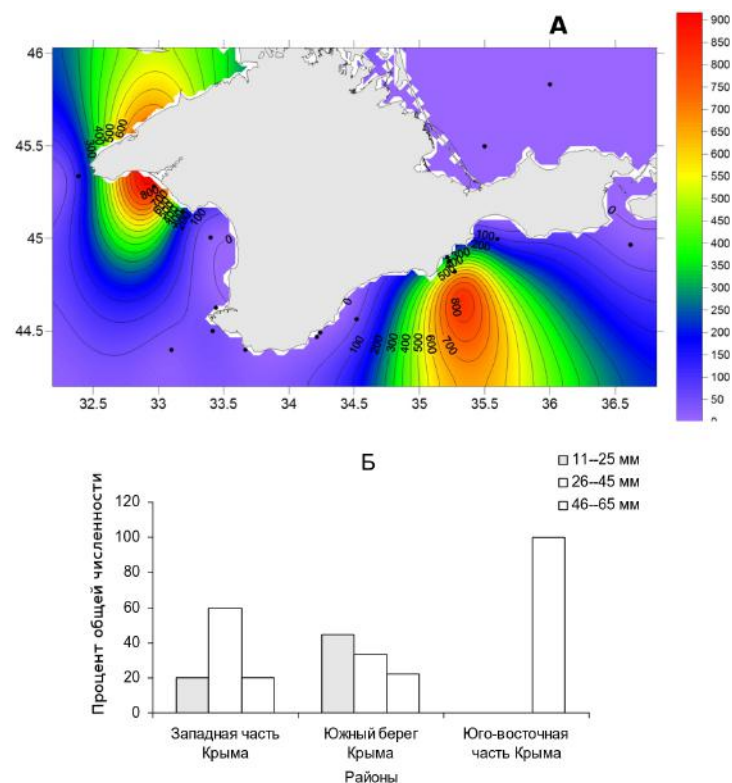


Рис. 7. А — распределение (биомасса) и Б — размерная структура *Mnemiopsis leidyi* в зимний период 2016 г.

Fig. 7. А — distribution (biomass) and Б — size structure of *Mnemiopsis leidyi* in the winter 2016

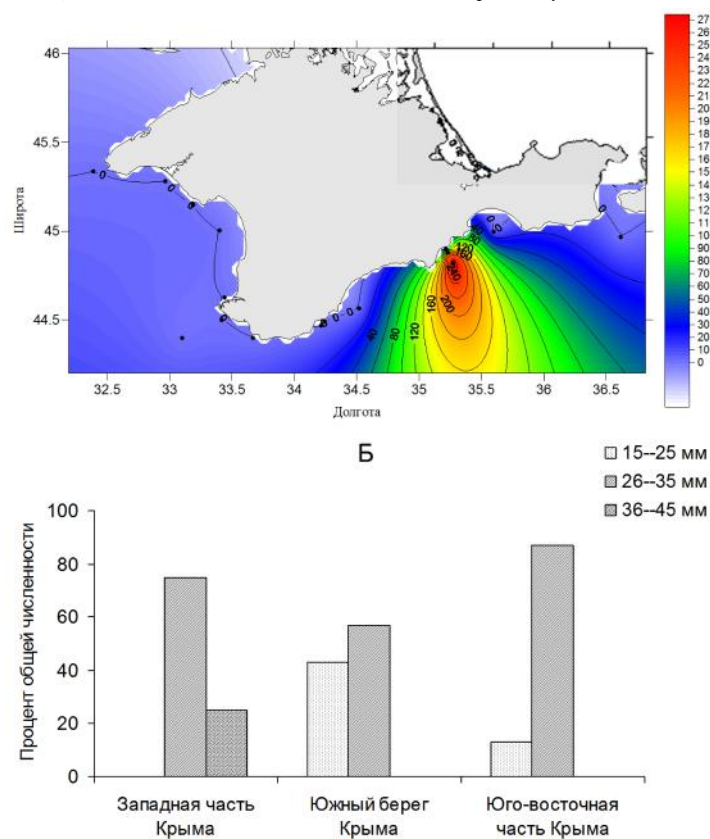


Рис. 8. А — распределение (биомасса) и Б — размерная структура *Beroe ovata* в зимний период 2016 г.

Fig. 8. А — distribution (biomass) and Б — size structure of *Beroe ovata* in the winter 2016

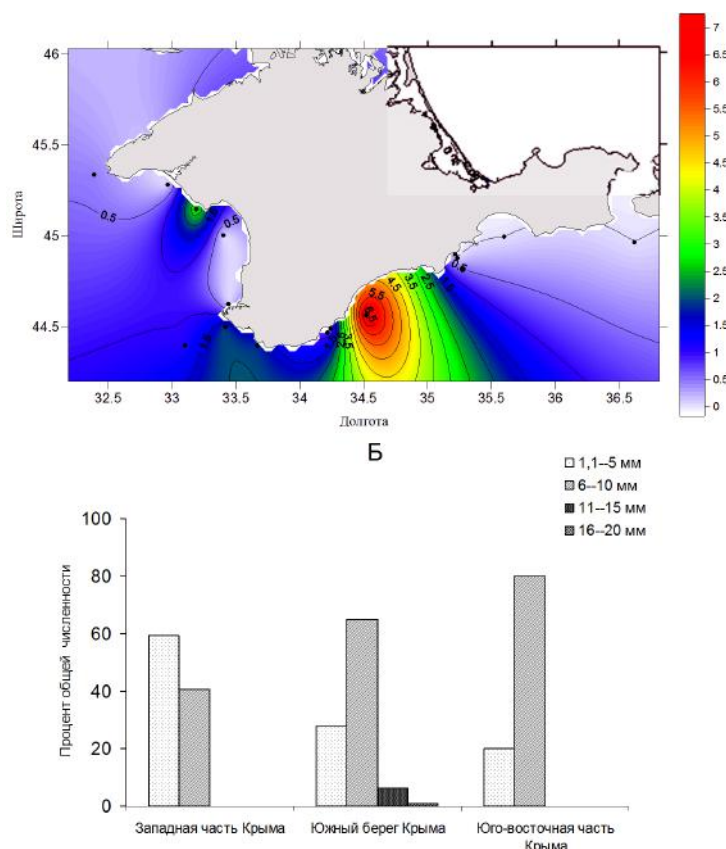


Рис. 9. А — распределение (биомасса) и Б — размерная структура *Pleurobrachia pileus* зимой 2016 г.

Fig. 9. A — distribution (biomass) and B — size structure of *Pleurobrachia pileus* in the winter 2016

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Аболмасова Г. И. Скорость энергетического обмена у *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в зависимости от температурных и пищевых условий // *Гидробиологический журнал*. 2001. Т. 37, № 2. С. 90–95. [Abolmasova G. I. Energy exchange rate in *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) depending on the temperature and dietary condition. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 2001, vol. 37, no. 2, pp. 90–95. (in Russ.).]
- Аннинский Б. Е., Финенко Г. А., Дацык Н. А., Игнатъев С. М. Желетелый макропланктон в Чёрном море осенью 2010 г. // *Океанология*. 2013. Т. 53, № 6. С. 758–768. [Anninsky B. E., Finenko G. A., Datsyk N. A., Ignatyev S. M. Gelatinous macroplankton in the Black Sea in the autumn of 2010. *Oceanology*, 2013, vol. 53, iss. 6, pp. 676–685.].
- Игнатъев С. М., Романова З. А., Зуев Г. В. Динамика состояния желетелого макропланктона у берегов Крыма в 1995–1999 гг. // *Экология моря*. 2000. Вып. 50. С. 15–18. [Ignatyev S. M., Romanova Z. A., Zuev G. V. Dynamics of the situation with gelatinous macroplankton near the Crimean shore in 1995–1999. *Ekologiya morya*, 2000, iss. 50, pp. 15–18. (in Russ.).]
- Игнатъев С. М., Ерёмин И. Ю., Копытов Ю. П., Щербатенко Л. С. Особенности сезонной динамики обилия гребневиков в районе Севастополя // *Рибне господарство України*. 2010. 3 (68). С. 20–23. [Ignatyev S. M., Eremin I. Yu., Kopytov Yu. P., Shcherbatenko L. S. Specific features of seasonal dynamics for ctenophore abundance in the area of Sevastopol. *Ribne gospodarstvo Ukrainy*, 2010, 3 (68), pp. 20–23. (in Russ.).]
- Мельников В. В., Климова Т. Н., Игнатъев С. М., Вдодович И. В., Серегин С. А., Попова Е. В. Состояние ихтио-, микрозоо- и макропланктонного комплексов Чёрного моря в районе Крымского полуострова в июле 2013 г. // *Системы контроля окружающей среды*. 2015. Вып. 1 (21). С. 94–102. [Melnikov V. V., Klimova T. N., Ignatyev S. M., Vdodovich I. V., Seregin S. A., Popova E. V. Conditions of the ichthyo-, microzoo- and macroplanktonic complexes in the Crimean peninsula area in the July 2013. *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*, 2015, iss. 1 (21), pp. 94–102. (in Russ.).]
- Мельников В. В., Куртис А., Игнатъев С. М. Программа и математическое обеспечение макропланктонных данных в экспедиционных условиях // *Рыбное хозяйство Украины*. 2012. № 3 (80). С. 50–53.

- [Melnikov V. V., Kurtis A., Ignatyev S. M. Program and mathematical software for macroplankton analysis in expedition conditions. *Rybnoe khozyaistvo Ukrainy*, 2012, no. 3 (80), pp. 50–53. (in Russ.)].
7. Рейсовое донесение об экспедиционных исследованиях 83-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» (27 января — 03 февраля 2016 г.) // *Архив ИМБИ РАН*. 2016. Рукопись. 57 с. [Reisovoe donesenie ob ekspeditsionnykh issledovaniyakh 83-go reisa NIS «Professor Vodyanitsky» (27 yanvarya — 03 fevralya 2016 g.). *Arkhir IMBI RAN*. 2016. Rukopis', 57 p. (in Russ.)].
 8. Anninsky B. E., Finenko G. A., Abolmasova G. I., Hubareva E. S., Svetlichny L. S., Bat L., Kideys A. E. Effect of starvation on the biochemical compositions and metabolic rates of ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata* in the Black Sea. *Journal Marine Biological Association U.K.*, 2005, vol. 85, pp. 549–561.

Winter Jellyfish macroplankton off the coastal of Crimea

S. M. Ignatyev, V. V. Gubanov, N. A. Datsyk

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

E-mail: s-ignat2004@mail.ru

Predatory macroplankton of jellyfish species is an important component of the pelagic ecosystem. It is capable of mass development, and may influence pelagic communities. Surveillance monitoring of jellyfish populations can detect the seasonal and long-term trends of their variability and assess the role of jellyfish in the trophic structure of the pelagic zone.

Monitoring of plankton community (jellyfish macroplankton) off the coastal of Crimea from the Cape Tarkhankut to the Kerch coast (including the Azov Sea) in winter period is presented. 22 comprehensive oceanographic stations from Cape Tarkhankut to the Kerch Strait and in Azov Sea at the depths of up to 100 m were made. We used a Bogorov — Russ plankton net (entrance area is 0.5 square meters) for collecting plankton in the upper 100-m water layer. Jellyfish were measured immediately, we used a standard method of measuring and calculated the mass of the individual instances by the formulas.

The biomass is calculated as the product of the abundance and the average wet weight of organisms in the population. Abundance and biomass macroplankton were counted per square meter of water surface or per the volume of filtered water.

The species composition of jellyfish macroplankton was represented by 1 species of jellyfish and 3 species of ctenophores. *Aurelia aurita* dominated in biomass (98 % of the total biomass of gelatinous macroplankton) everywhere; *Pleurobrachia* and *Aurelia* dominated in abundance (67 and 25 % respectively). The share of both species of ctenophores-invaders did not exceed 8 %. The average relative abundance of jellyfish along the coast of Crimea was fluctuated between 9 and 43 %, comb jellies — from 32 to 77 %.

Quantitative distribution of gelatinous macroplankton was non-uniform — from complete absence to $83.3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ (average of $12.6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$). The highest biomass was registered in the area of Sevastopol and Eupatoria, the minimum — off the southern coast of Crimea.

Jellyfish were noted at almost all stations. Their biomass reached a value of $18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$. Distribution of jellyfish is characterized by marked heterogeneity with higher values of abundance and biomass in the area of the southern coast of Crimea and lower — in the stations in the western part of the Black Sea. *Aurelia* was presented with large dome diameter of 21–220 mm (average diameter — 93 mm). The bulk of the population was accounted for last year's individuals generation.

Biomass of the ctenophore *M. leidyi* varied from 86 to $4788 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (average of $1595 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). The structure of its population was represented by wide size range of animals — 10–65 mm, while the share of larger animals of 60–100 % was observed in the western and south-eastern parts of the Black Sea. On the southern coast of Crimea 45 % of population of ctenophore were animals of 15–25 mm.

Biomass of the ctenophore *B. ovata* was within $34.8\text{--}1316.6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (average of $371.4 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Its abundance varied within a small range, except the area of Feodosia stations, where the maximum value was observed (it was more than $1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$).

B. ovata population consisted of individuals of 20–40 mm long, while it formed the basis of immature specimens of 20–30 mm (50–70 % of the total). In Kerch area their share has reached 100 %. There were hibernating animals of last year's generation. The coldwater ctenophore *Pleurobrachia pileus* was present almost everywhere, with biomass from 0.1 to $6.0 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Maximum values of abundance were observed in Alushta region. The stations of Crimean southern coast were characterized by intermediate, relatively flat values. South-eastern and western parts of the Black Sea were marked by similar values of abundance and biomass.

In all studied regions, the prevailing size group in the structure of *P. pileus* populations were individuals with a diameter of 10 mm. In the deep-sea area of the southern part of Crimea population was represented in the larger size range, and the proportion of animals ranging in size from 11 to 20 mm was low (5 %).

In general, “winter” composition, size structure and abundance of jellyfish off the coast of the Crimea are the same of indicators in the coastal waters of Sevastopol. But the results show the existence of certain differences in the structure and quantitative development of jellyfish macroplankton in southern and western coasts of Crimea.

Keywords: jellyfish macroplankton, ctenophores, abundance, Black Sea

УДК 556.55:574.5(262.5)

СОСТОЯНИЕ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ РЕК РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ

© 2016 г. **Н. М. Мингазова**¹, д-р биол. наук, зав. каф., **Р. С. Дбар**², канд. биол. наук, дир.,
В. М. Иванова¹, асп., **Д. Ю. Мингазова**³, магистр, **А. А. Галиуллина**¹, асп.,
Е. Н. Унковская⁴, с. н. с., **О. В. Пустоварова**⁵, зам. дир., **Л. Р. Павлова**¹, вед. инж.,
О. В. Палагушкина¹, канд. биол. наук, доц., **О. Ю. Деревенская**¹, канд. биол. наук, доц.,
Н. Г. Назаров¹, асс., **Р. Р. Мингалиев**¹, асс., **Р. И. Замалетдинов**¹, канд. биол. наук, доц.

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

²Институт экологии Республики Абхазия, Сухум, Республика Абхазия

³Королевский Мельбурнский технологический университет, Мельбурн, Австралия

⁴Волжско-Камский государственный заповедник, Садовый, Республика Татарстан, Россия

⁵Абхазский государственный центр экологического мониторинга, Сухум, Абхазия

E-mail: nmingas@mail.ru

Поступила в редакцию 12.09.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Изучение устьевых участков рек Абхазии в районе черноморского побережья актуально в связи с их важной ролью в формировании качества воды Чёрного моря и сохранении биологического разнообразия. В 2013–2014 гг. по теме гранта РФФИ исследованы устьевые участки ряда крупных (Бзыбь, Кодор, Гумиста, Келасур, Гализга) и средних (Аапста, Хыпста, Басла и др.) рек Абхазии, оказывающих значительное влияние на экологическое состояние побережья Чёрного моря вследствие выноса твёрдого стока. В ходе исследований устьевых участков 35 рек, впадающих в Чёрное море на побережье Абхазии, выявлены их гидрологические особенности. Максимальный расход воды отмечен для реки Кодор. Даже в меженный период расход воды в устьевых участках составляет от 0.323 до 161.3 м³/с. Мутность в речных водах в межень составляла 0.003–0.010 г/м³, для реки Келасур — 0.28 г/м³. Для рек Абхазии характерен гидрокарбонатно-кальциевый тип вод, минерализация воды большинства рек является средней. Наилучшим качеством воды характеризовались реки Гализга, Репруа, Гвандра и Хашипса. В фитопланктоне исследованных устьевых участков рек выявлено 84 таксона рангом ниже рода, в зоопланктоне — 19 видов, в зообентосе — 105 видов и в ихтиофауне 23 вида. По фитопланктону большинство рек относится к олиготрофным. При использовании организмов зообентоса в качестве биоиндикаторов выявлены реки с неблагоприятными условиями (Сухумка, Аапста, Мааниквара и др.). Выявлено, что локальное воздействие на качество вод Чёрного моря оказывают реки, загрязняемые поступлением сточных вод, отходов и испытывающие воздействие выпаса скота. Реки Бзыбь, Кодор, Келасур и Гализга приносят большие объёмы высококачественных горно-ледниковых вод, которые способствуют улучшению состояния побережья Чёрного моря.

Ключевые слова: Чёрное море, реки Абхазии, устьевые участки, гидрохимические показатели, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, ихтиофауна

Устьевые участки (эстуарные и дельтовые) рек, впадающих в моря, представляют собой ценные экосистемы, оказывающие значительное воздействие на экологическое состояние шельфовых зон морей. Они создают особый градиент условий по температуре, солёности, биоразнообразию, определяют качество вод, продуктивность и уровень самоочищения мелководных участков морских акваторий. Реки Республики Абхазия многочисленны по количеству, разнообразны по типологии, гидрологическим и морфометрическим показателям. Расход и качество вод рек значительно различаются в сезонной (период полово-

дья и меженный периоды) и многолетней динамике. Растущая рекреационная ценность прибрежной зоны акватории Чёрного моря Абхазии предъявляет особые требования к качеству воды, наличию источников антропогенного воздействия, рекреационной ёмкости и режиму использования пляжных зон. В связи с этим изучение воздействия устьевых участков рек Абхазии на экологическое состояние прибрежной зоны акватории Чёрного моря весьма актуально. В связи с военными и послевоенными событиями на территории Абхазии водные объекты страны практически не исследовались. Изученность водных объектов

Абхазии с 2000-х гг. в основном представлена работами авторов настоящей статьи [1, 5] и др. Целью исследований было изучение экологического состояния устьевых участков рек Абхазии как возможных источников воздействия на качество вод черноморского побережья Абхазии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе совместных полевых экспедиционных исследований КФУ и Института экологии АН Абхазии в 2013–2014 гг. были проведены обследования основных гидрологических параметров устьевых участков 35 рек, впадающих в Чёрное море на побережье Абхазии. Измерения расходов воды проводились непосредственно в русле или с мостов. Скорость течения измеряли гидрометрической вертушкой ГР-21М или ГР-61 на 2–7 вертикалях и на 1–3 точках. Скорость воды вычислялась по тарифовочной таблице. На глубинах водотоков менее 12 см измерение скорости течения проводилось с помощью поплавка при трёхкратном повторении. Пробы на взвешенные вещества в объёме 1.5–2.5 л отбирались на контрольных вертикалях интегрально на реках с мутной водой. Расчёт стоков и наносов производился аналитическим способом.

Непосредственно на водоёме измерялись прозрачность, температура, содержание растворённого кислорода, удельная электропроводность. Вода в устьевых участках рек отбиралась в полиэтиленовые флаги объёмом 1 л. Пробоподготовка и химический анализ проводились сотрудниками Абхазского государственного центра экологического мониторинга по общепринятым методикам. Для оценки качества воды использовались предельно допустимые концентрации (ПДК), предусмотренные для рыбохозяйственных водоёмов, а также эколого-санитарная классификация, по которой на основе 4 гидрофизических и 8 гидрохимических показателей можно отнести воду изучаемого объекта к определённому классу и разряду качества воды с соответствующими ранговыми показателями [4]. Были рассчитаны также индексы загрязнения воды (ИЗВ), рекомендованные для формализованной комплексной оценки качества воды по 6 гидрохимическим показателям [2].

При изучении летнего фитопланктона использованы материалы с устьевых участков рек Абхазии за 2007, 2009, 2012 и 2013 гг. Количественные пробы отбирали с поверхности водотоков в объёме 0.5 л. После концентрации осадочным методом пробы просчитывали в камере Навотта объёмом 0.02 мл с использованием микроскопа МБИ-3. Биомассу фитопланктона определяли общепринятым расчётным способом, принимая, что 10^9 мкм³ соответствует 1 мг сырой биомассы. Объёмы водорослей приравнивали к объёмам соответствующих геометрических фигур, удельный вес их принимали равным 1 [3]. При определении видового состава водорослей использовали серию определителей пресноводных водорослей СССР. Трофический статус устанавливали по индексу Миллиус, класс и разряд качества воды — по эколого-санитарной классификации ка-

чества вод [4].

Пробы зоопланктона устьевых участков рек отбирали путём процеживания 200 л воды через сеть Апштейна [3]. Для определения видового состава использовали определители пресноводных организмов. Индивидуальные веса организмов зоопланктона рассчитывали по степенным уравнениям, связывающим длину организмов с их массой. Для каждой станции рассчитывали численность и биомассу зоопланктона [3]. Оценку качества воды не проводили из-за низких количественных показателей зоопланктона.

Изучение проб зообентоса осуществляли в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками [3]. Отборы проб осуществляли с 3–5 станций на каждом водном объекте, на глубине 0.5 м скребком с площадью захвата 20×20 см. По определителям пресноводных организмов устанавливали видовую принадлежность, далее рассчитывали численность и биомассу. Оценку качества воды проводили по олигохетному индексу Гуднайта — Уитлея, индексам Вудивисса и Майера.

Отлов рыбы производили с помощью мутника (1 м²) и мальковой волокуши (мелкоячеистый бредень с мотнёй размерами 10×2 или 7×1.5 м с ячейей 5×5 мм). Прохождение с волокушей на всех станциях было единым по времени и протяжённости (25 или 50 м). Отлов производился в одно и то же время суток — с рассвета до полудня.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологическая характеристика устьевых участков рек Абхазии. Реки Абхазии значительно отличаются друг от друга по местоположению, водности и площади водосборного бассейна (рис. 1). Наиболее крупные реки по годовому стоку — Кодор (4170 км³) и Бзыбь (3790 км³). Так, река Кодор является первой по протяжённости (117 км), площадь бассейна этой мощной холодноводной реки с быстрым течением составляет 2051 км². Река берёт начало с южных склонов Главного Кавказского хребта на высоте приблизительно 3200 м в окрестностях Нахарского перевала, на границе Цебельды и Карачая (рис. 2). В верхнем и среднем течениях принимает целую сеть притоков (реки Сакен, Генцвиши, Твиб-рашени, Кхетсквара, Мрамба, Чкхалта и др.), в нижнем — реки Амткел, Джампал, в устье характерна сеть рукавов.

Некоторые реки зарегулированы (р. Гумиста), однако это не оказывает существенного влияния на динамику стока. Основной объём годового стока рек Абхазии приходится на весенний период (апрель — май), для малых рек также характерны летние паводки во время ливневых осадков. Реки используются в хозяйственных целях, однако безвозвратные потери стока при этом незначительны.

Внутригодовой сток рек Абхазии, несомненно, оказывает влияние на сезонные колебания уровня моря и солёность прибрежных вод. В условиях относительно малого стока (по сравнению с крупными равнинными реками) представляется, что наибольшее влияние на экологическое состояние побережья Чёрного моря оказывает

твёрдый сток рек Абхазии. Данное влияние выражается в систематической подаче обломочного материала на приустьевые участки береговой зоны Чёрного моря. Транспорт наносов реками проходит в условиях значительных нагонных колебаний уровня воды в устьевых участках, что определяет отложение аллювиальных наносов в приустьевых участках морского побережья, способствует общему обмелению дна в прибрежной полосе моря и уменьшению интенсивности абразионного процесса.

Во время весеннего половодья мелкофракционные частицы твёрдого стока распространяются на значительное расстояние от берега (по данным наших наблюдений, около 15 км). При этом взвешенные наносы абхазских рек в большинстве случаев направлены на юг. Характерной особенностью стока твёрдых наносов рек Абхазии является их крупнообломочный характер, особенно в таких реках, как Кодор и Бзыбь. Вследствие этого аллювиальный материал отлагается на приустьевых участках, формируются приустьевые аккумулятивные выступы. Многие реки Абхазии имеют устья, длительное время закреплённые железнодорожными мостами.

В ходе полевых экспедиционных исследований выявлено неоднородное экологическое состояние ряда устьевых участков рек Абхазии, оказывающих влияние на состояние прибрежной зоны Чёрного моря. Измерение расходов воды в устьевых участках рек показало, что даже в межень период при самом невысоком уровне воды, в среднем 0.40 м, расход воды составляет от 0.323 до 161.3 м³/с. На рис. 3, 4 представлены расходы рек в устьевых участках в момент исследования. Это позволяет сравнить величины расходов для основных и малых рек и констатировать, что максимальный расход отмечается для р. Кодор. При сравнении только малых рек (с расходом менее 10 м³/с) выделяются рр. Аапста, Хыпста и Репруа. Река Репруа относится к наиболее коротким рекам мира (18 м на поверхности, имеет подземное русло), это мощный выход подземных вод непосредственно из скалы вблизи г. Гагра, на ней основан Гагрский водозабор.

Мутность в речных водах составляла 0.003–0.006 г/м³ для малых рек, 0.009 г/м³ — для р. Бзыбь, 0.010 г/м³ — для канала Акуна, р. Гализга, 0.28 г/м³ — для р. Келасур.

Русловой процесс на реках Абхазии характеризуется периодически повторяющимся вовлечением в движение наносов, расположенных в зоне блуждания потока. Возведение защитных сооружений, ограничивающих пойменные участки рек, приведёт к уменьшению объёма наносов и сокращению твёрдого стока, что может повлечь дефицит наносов на побережье Чёрного моря. Поэтому наиболее важным следует считать недопущение сужения зоны блуждания русла в приустьевых участках рек Абхазии.

Выявленные неоднородности связаны с типологией рек и характером антропогенного воздействия на них в нижнем течении и в устьевых участках. По результатам гидрологического изучения рек Абхазии выявлено, что реки сильно отличаются друг от друга по водности и пло-

щади водосборного бассейна, а также по выносу твёрдого стока. Наиболее крупные реки по годовому стоку — Кодор, Бзыбь, Келасур, Гумиста, Гализга.

Состояние рек Гумиста и Келасур вызывает серьёзное опасение природоохранных служб Абхазии в связи с сильной эрозией берегов, высоким выносом взвесей и угрозой наводнения. Для р. Кодор в нижнем течении природоохранными службами Абхазии проводятся мероприятия по мягкому регулированию стока (восстановление старых русел и меандр, создание искусственной поймы), что снижает угрозу затопления территории и сдерживает вынос взвесей и твёрдых веществ в море.

Физико-химические показатели воды устьевых участков рек. По результатам исследований и в сравнении с имеющимися фоновыми материалами выявлено, что внутригодовой сток рек Абхазии, несомненно, оказывает влияние на качество вод и солёность прибрежных вод Чёрного моря. В первую очередь это относится к районам крупных населённых пунктов Абхазии — г. Сухум (где проходят участки крупных рек), г. Очамчыра и района г. Пицунда (малые реки).

По гидрохимическим результатам для рек Абхазии характерен гидрокарбонатно-кальциевый тип вод. Минерализация воды большинства рек является «средней», минерализация рек Хашипса, Моква, Бзыбь, Келасур, Гализга — «малой», минерализация рек Кодор и Юпшара в истоке — «очень малой». Значения жёсткости характеризовали воду рек Келасур, Юпшара и Кодор как «очень мягкую», воду остальных рек — как «мягкую» или «умеренно жёсткую» (табл. 2).

Превышений ПДК нитратов, нефтепродуктов, кадмия и свинца не отмечалось. Тем не менее воды рек Бзыбь, Дгамш, Моква, Репруа, Хашипса, Адзаш (Гнилушка) и Басла по уровню содержания нитратов соответствуют классу «загрязнённых» и «грязных». Превышение ПДК по фосфатам наблюдалось в реках Сухумка, Адзаш (Гнилушка), Гумиста, Псырца, Мчишта, Басла. Величины перманганатной окисляемости, являющейся показателем содержания в воде органических веществ, достигали наибольших значений в воде р. Гнилушка и устьевом притоке р. Дгамш. Наилучшим качеством воды в 2013 г. характеризовалась р. Гализга («очень чистая»). «Очень чистыми» по индексу загрязнённости вод и «вполне чистыми» являются также реки Репруа, Гвандра и Хашипса. Наиболее загрязнёнными оказались Адзаш (Гнилушка), Сухумка и приток реки Дгамш. В сравнении с 2014 г. ухудшение качества воды устьевых участков очевидно на реках Басла, Мчишта и Гализга.

Гидробиологическая характеристика.

Фитопланктон. В составе фитопланктона исследованных устьевых участков рек выявлено 84 таксона рангом ниже рода. Наиболее богат видами отдел диатомовые водоросли — 44, что составляет 52.3 % от общего числа таксонов. Затем следуют зелёные водоросли — 17 таксонов (20.2 %), эвгленовые — 10 таксонов (12 %), по 5 таксо-

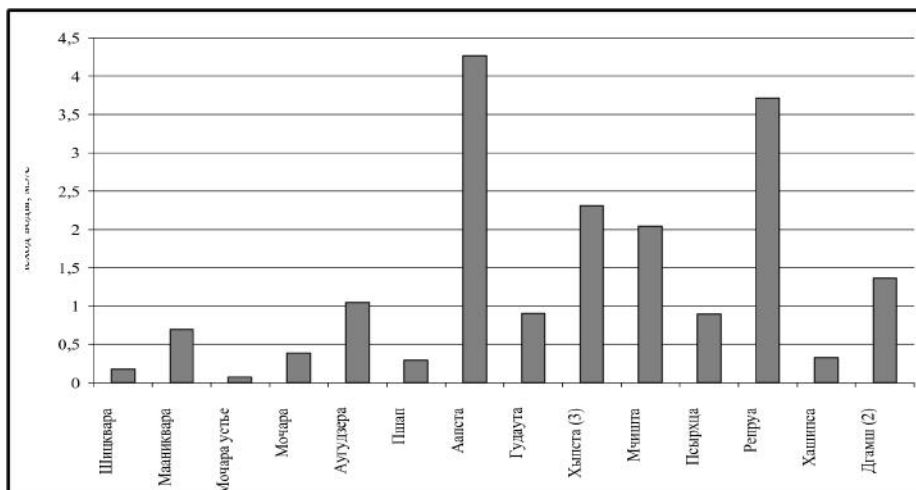


Рис. 3. Изменение расходов воды в реках с расходом менее 10 м³/с

Fig. 3. Change of the water flow in the rivers (flow rate of less than 10 cubic meters per second)

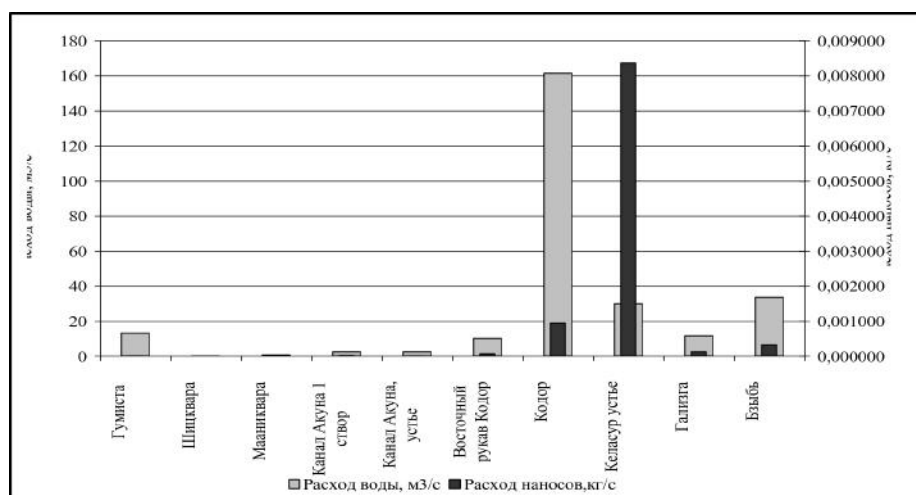


Рис. 4. Сравнительная диаграмма расходов воды и взвешенных наносов в реках

Fig. 4. Comparative diagram of water flow and suspended sediment in rivers

нов принадлежат отделам сине-зелёные и золотистые (по 6 %), 2 таксона принадлежат отделу динофитовые, 1 — отделу криптофитовые.

Проведённая оценка экологического состояния рек по показателям фитопланктона показала, что большая часть (около 80 %) исследованных устьевых участков водотоков Абхазии характеризуется олиготрофным статусом с высокими классами качества воды «предельно чистая — чистая». Как правило, эти реки имеют большой расход воды и в основном слабое рекреационное и сельскохозяйственное (выпас и водопой домашнего скота) воздействие. Около 16 % устьевых участков рек (Псырца, Агудзера, устьевой приток р. Дгамш) характеризуются мезотрофным статусом и классом качества «удовлетворительной чистоты». Для этих рек характерны большая степень антропогенного

воздействия в виде рекреации, использование русел рек в качестве дорог и водопоя домашнего скота, а также попадание неочищенных сточных вод. Река Сухумка, протекающая непосредственно в г. Сухум и являющаяся приёмником неочищенных коммунальных сточных вод, обладает эвтрофным статусом (табл. 1) и самым низким классом качества воды среди исследованных водотоков («загрязнённая вода»).

Зоопланктон. Из всех обследованных рек зоопланктон был обнаружен только в устьевом притоке р. Дгамш, рр. Псырца, Галига, Хыпста, Мааникхара, Пшап, Сухумка, Аапста, Гнилушка и канале Акуна. Всего выявлено 19 видов (5 — коловраток, 8 — ветвистоусых рачков, 6 — веслоногих рачков), с очень низкими количественными показателями. По устьям рек выявлено от 1 до 5 видов

Таблица 1. Оценка качества воды рек по фитопланктону**Table 1.** Evaluation of the water quality of Abkhazia rivers on phytoplankton

Трофность	Олиготрофный		Мезотрофный		Эвтрофный
Класс качества	предельно чистая	чистая	удовлетворительной чистоты		загрязнённая
Разряд качества	предельно чистая	очень чистая	достаточно чистая	слабо загрязненная	умеренно загрязнённая
Реки	Бзыбь	Басла	Приток р. Дгамш	Агудзера	Сухумка
	Гализга	Гвандра	Псырца		
	Гумиста	Гумиста			
	Гудоу	Кодор			
	Дгамш	Мчишта			
	Келасур	Пшап			
	Мчишта	Репруа			
	Мочара				
	Псоу				

зоопланктона. Наибольшее количество видов (5) отмечено в р. Гнилушка (г. Сухум), с численностью зоопланктона 0.18 тыс. экз./м³ и биомассой 0.003 г/м³.

Зообентос. В составе зообентоса водных объектов Абхазии было определено 110 таксонов рангом ниже рода, из них моллюски — 13 видов, планарии — 2 вида, пиявки — 3, олигохеты — 4, ручейники — 15, стрекозы и веснянки — по 8, хирономиды — 9, двукрылые (кроме хирономид) — 13, бокоплавы — 4, подёнки — 27, жуки — 1, клопы — 2, декаподы — 1.

По показателям зообентоса в соответствии с индексом Майера чистыми водами 1 класса качества воды обладают реки Кодор, Бзыбь, Гализга, Келасур, Басла. К водам 2 класса относятся Моква, Цеера, Ряпшь, река в селе Агараки, Лидзава, Аапста, Шыцквара, Гвандра, Хашипса. К водам 3 класса — Мааниквара, Гумиста, Дгампш, Пшап, Хыпста, Мочара, Мчишта, Псоу, к водам 4–7 класса — Репруа, Сухумка.

В соответствии с индексом Вудивисса к водам 3 класса качества относятся реки Гвандра, Басла, река в с. Агараки, Хыпста, Хашипса, Аапста, Гализга, Псоу, Келасур, Моква, Шыцквара, Кодор, Гумиста, Бзыбь, Мочара, Пшап, Дгампш, к водам 4–5 класса качества — Репруа, Лидзава, Мчишта, Ряпшь, Цеера, Мааниквара, к водам 5–7 класса качества — Сухумка.

По олигохетному индексу к 1–2 классу качества воды относятся реки Мчишта и Лидзава, к 2–3 классу — Дгампш, к 3 классу качества можно отнести р. Мочара. Согласно биотическим индексам по организмам зообентоса, р. Бзыбь, несущая в своем потоке большой объём воды высокого качества, способствует разбавлению, следовательно, создаёт благоприятные условия в прибрежной зоне моря.

Для удобства оценки воздействия рек Абхазии на прибрежную часть Чёрного моря вся береговая зона республики была поделена на пять зон: I — от западной границы до мыса в г. Пицунда (реки Псоу, Репруа, Хашипса,

Бзыбь), II — от мыса в г. Пицунда до г. Гудауты (Цеера, Лидзава, Ряпшь, Мчишта, Хыпста, река в с. Агараки), III — от г. Гудауты до мыса Красный маяк в г. Сухум (реки Аапста, Мааниквара), IV — от р. Гумиста западнее г. Сухум до озера Скурча у р. Кодор (реки Гумиста, Келасур, Кодор, Шыцквара, Гвандра, Пшап, Сухумка, Басла, Мочара) и V — от озера Скурча до восточной границы с Грузией (реки Моква, Гализга, Дгампш).

Во II зоне в Чёрное море впадают в основном небольшие равнинные реки, протекающие через населённые пункты и, следовательно, уже испытывающие на себе негативное антропогенное воздействие (свалки мусора, выпас скота, слив бытовых отходов и т. д.) При этом качество воды, которое несут в своих потоках эти реки, не намного хуже — умеренно загрязнённые и загрязнённые, что соответствует альфа- и бетамезосапробным зонам. В III зоне реки Аапста и Мааниквара, впадающие в Чёрное море, несут умеренно загрязнённые воды. В IV зоне наихудшим качеством воды обладает р. Сухумка, протекающая через районы плотной частной застройки в г. Сухум, — грязная и очень грязная воды, что соответствует полисапробной зоне. Однако в этой же зоне расположены устьевые участки рек, которые несут воду более высокого качества, — крупные реки Кодор и Келасур — чистые воды, с олигосапробными зонами. В V зоне реки, впадающие в Чёрное море, несут воды 2–3 класса качества — умеренно загрязнённые, с бетамезосапробной зоной. Реки Бзыбь, Кодор, Келасур и Гализга привносят большие объёмы высококачественных горно-ледниковых вод, которые, в свою очередь, способствуют улучшению состояния прибрежной части Чёрного моря.

Ихтиофауна. Ихтиофауна устьевых участков рек представлена 23 видами класса костных рыб. В таксономическом отношении все выявленные в ходе исследования виды ихтиофауны относятся к классу костные рыбы, к 6 отрядам и 8 семействам. Наиболее разнообразен отряд карпообразные (14 видов), который включает 2 се-

мейства (карповые, вьюновые). Отряд окунеобразные (5 видов) включает 2 семейства (бычковые и собачковые), с преобладающим количеством видов у семейства бычковых (3 вида). Отряд карпозубообразные представлен одним семейством (пещиловые) и одним видом. В отряд колюшкообразные (семейство колюшковые) входит один вид. Отряд кефалеобразные содержит одно семейство и два вида. Большинство видов рыб (13 из 23) относится к семейству карповых, что характерно в целом для водоёмов Абхазии. Наиболее слабо представлены семейства бычковых (3 вида), кефалевых (2), колюшковых, пещиловых и вьюновых (по 1 виду).

Максимальные показатели видового разнообразия ихтиофауны были отмечены в реках Аапста и Пшاپ (8–9 видов). На втором месте по встречаемости видов рыб в реках (5–6 видов) — такие реки, как Псоу, Хипста, Мчишта, Гумиста и Келасур. Наименьшее количество видов ихтиофауны отмечено в устьях рек Мочара и Мааниквара.

Из встреченных видов по отношению к солёности воды выделялись пресноводные (59 %), солоноватоводные (27 %) и морские рыбы (14 %). По приуроченности к скорости течения выделялись группы реофильного (68 %) и лимнофильного (32 %) комплексов. По местам обитания ихтиофауна представлена пелагической (55 %) и донной (45 %) группами видов. По приуроченности к эколого-фаунистическому комплексу выделялись виды понто-каспийского пресноводного (уклейка кавказская, усач обыкновенный, усач терский), понто-каспийского солоноватоводного (лобан обыкновенный, сингиль), понто-каспийского морского (бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-цуцик), бореально-равнинного (пескарь длиннотелый кавказский, пескарь кавказский, пескарь туркестанский), верхнетретичного-равнинного (горчак обыкновенный) и южно-американского (гамбузия) комплексов. По типу питания среди исследуемых видов выделяют бентофаги (быстрянка южная, бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-цуцик), планктофаги (уклейка кавказская, верховка кавказская), детритофаги (сингиль) и макрофитофаги (морская собачка обыкновенная).

Исходя из значений индекса Маргалефа, наибольшее биологическое разнообразие наблюдается на устьевых участках рек Аапста, Пшاپ и Хипста. Наименьшее биологическое разнообразие отмечено на устьях рек Гвандра, Мочара и Мааниквара.

Заключение. Исследования позволили в теоретическом отношении выявить особенности структурно-функциональной организации разнотипных речных экосистем Абхазии, которые следует учитывать при рациональном водопользовании. Ряд крупных (Бзыбь, Кодор, Гумиста, Келасур, Гализга) и средних (Аапста, Хипста, Басла и др.) рек Абхазии оказывает значительное влияние на экологическое состояние побережья Чёрного моря выносом твёрдого стока. Данное влияние выражается в систематическом выносе обломочного материала на приустьевые участки береговой зоны Чёрного моря, что спо-

собствует общему обмелению дна в прибрежной полосе моря и уменьшению интенсивности абразионного процесса. При этом взвешенные наносы абхазских рек в большинстве случаев направлены на юг. Важным представляется создание возможностей меандрирования рек в нижнем течении для регулирования их стока.

Результаты гидрохимического и гидробиологического изучения показывают, что реки загрязняются отходами от сельскохозяйственного использования (от выпаса скота в устьевых участках), от поступления коммунальных сточных вод, от использования русел для проезда автотранспортом (джиппинга). Большинство устьевых участков является зонами пляжей и активного рекреационного использования. Поэтому необходим постоянный мониторинг качества вод и введение режима водоохраных зон.

По результатам исследования можно рекомендовать запрет выпаса скота в устьевых участках рек (т. к. качество воды чистых горных рек на равнине перед впадением в Чёрное море подвергается значительному сельскохозяйственному воздействию), запрет проезда по руслам рек (джиппинга), сбросов неочищенных сточных вод в районе городов в связи с отсутствием очистных сооружений. Выявлены загрязнённые устьевые участки, требующие особого экологического контроля и принятия природоохранных решений, вплоть до законодательного уровня, строительства очистных сооружений, т. к. ситуация усугубляется при ливнях и наводнениях, приводя к вспышкам инфекционных заболеваний.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 13-05-90308 по теме «Исследование воздействия устьевых участков рек Абхазии на экологическое состояние прибрежной зоны Чёрного моря».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Иванова В. М., Мингазова Н. М., Мингазова Д. Ю., Набеева Э. Г., Дбар Р. С. Зообентос сообществ рек Абхазии в условиях воздействия // *Функционирование и динамика водных экосистем в условиях климатических изменений и антропогенных воздействий* : сборник материалов 5 междунар. научн. конф., посвящ. памяти выдающ. гидробиолога Г. Г. Винберга. СПб. : Изд-во «Лема», 2015. С. 99–100. [Ivanova V. M., Mingazova N. M., Mingazova D. Y., Nabeeva E. G., Dbar R. S. Zoobenthos communities of Abkhazia rivers under the impact. In: *Dynamics and functioning of aquatic ecosystems under the impact of climate change and anthropogenic stress*: Abstracts of the 5th International Scientific Conference to commemorate famous hydrobiologist Georgi G. Winberg. St. Petersburg: Publishing House Lem, 2015, pp. 69–90. (in Russ.).]
2. *Методическое руководство по формализованной оценке качества вод*. Москва : Гидрометеоздат, 1989. 287 с. [Methodological Guide for formal assessment of water quality. Moscow: Gidrometeoizdat,

- 1989, 287 p. (in Russ.)).
3. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений* / под ред. В. А. Абакумова. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 240 с. [*Guidance on methods of hydrobiological analysis of surface water and sediments*. V. A. Abakumov (Ed.). Leningrad: Gidrometeizdat, 1983, 240 p. (in Russ.)].
 4. Романенко В. Д., Оксийук О. А., Жукинский В. Н. и др. *Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты*. Киев : Наукова думка, 1990. 256 с. [Romanenko V. D., Oksiyuk O. A., Zhukinsky V. N. et al. *Environmental impact assessment of hydraulic engineering construction on water bodies*. Kiev: Naukova dumka, 1990, 256 p. (in Russ.)].
 5. Nabeeva E. G., Ivanova V. M., Mingazova D. I., Mingazova N. M., Dbar R. S. Macrozoobenthos of Surcha Lake (Republic of Abkhazia) under changing hydrochemical and hydrological conditions. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2015, vol. 6, iss. 4, pp. 2151–2158.

Таблица 2. Ионный состав воды устьевых участков рек Абхазии (2013–2014 гг.)

Table 2. The ionic composition of the water estuarine of Abkhazia rivers (2013–2014)

№	Название реки (устье)	Дата (место отбора дополнительно к отбору в устье)	Анионы, %			Катионы, %			Минерализация, мг/л	Жёсткость, мг-экв./л	Удельная электропроводность, мкС/см
			HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca	Mg	Na+K			
1	Басла	16.08.13	41	45	14	44	6	50	287	1,8	170
		13.07.14, выше	84	8	8	73	12	15	265	2,9	310
		13.07.14, смешение	2	9	89	4	19	77	14672	58,6	-
2	Сухумка	16.08.13									410
		14.07.14, выше	57	10	33	43	9	48	437	2,9	360
		14.07.14, смешение	1	17	82	4	16	80	18314	62	-
3	Адзапш (Гнилушка)	16.08.13									290
4	Гумиста	17.08.13	87	5	8	71	13	16	203	2,1	180
		31.05.14	87	8	5	58	10	32	159	1,3	140
5	Шицквара	17.08.13	93	3	4	76	7	17	332	3,4	340
		31.05.14	85	12	5	78	9	13	347	3,7	360
6	Гвандра	17.08.13	49	11	40	70	11	19	474	5,5	740
		31.05.14	68	26	6	78	13	9	368	5,5	460
7	Мааниквара	18.08.13	92	4	4	84	4	12	322	3,5	350
		30.05.14	87	11	2	79	7	14	362	3,8	380
		15.07.14	86	11	3	78	5	17	393	3,9	400
8	Кодор	20.08.13	74	10	16	39	30	31	93	0,64	-
		01.06.14	72	15	13	51	11	38	80	0,6	70
		17.07.14	73	16	11	45	13	42	100	0,7	-
9	Келасур	21.08.13	52	41	7	45	3	52	156	0,9	80
		31.05.14	81	11	8	76	3	21	100	0,9	100
		14.07.14	51	47	2	42	3	55	361	2,0	230
		14.07.14, смешение	1	9	90	4	18	78	15899	58,6	-
10	Мочара	21.08.13	84	10	6	77	10	13	246	2,7	310
11	Агудзера	21.08.13	89	5	6	65	17	18	258	2,7	310
12	Пшап	21.08.13	20	78	2	13	6	81	265	2,7	340
13	Аапста	22.08.13	83	14	3	70	14	16	288	3,0	310
		30.05.14	84	13	3	68	17	15	267	2,8	270
14	Гудоу	22.08.13	81	13	6	69	20	11	375	4,2	460

Продолжение на следующей странице...

Таблица 2. (Продолжение) Table 2. (Continuance)

		30.05.14	85	12	3	70	22	8	418	4,8	480
15	Хыпста	22.08.13	85	11	4	62	27	11	243	2,8	280
		30.05.14	85	10	5	66	20	14	235	2,6	240
16	Мчишта	22.08.13,	89	6	5	72	16	12	279	3,1	310
		29.05.14, исток	91	5	4	69	23	8	253	2,6	250
		29.05.14, ср. течение	92	4	4	72	16	12	246	2,7	240
		29.05.14	92	5	3	63	19	18	262	2,7	270
		12.07.14, исток	91	5	4	69	23	8	223	2,6	250
		12.07.14, ниже	92	4	4	64	25	11	237	2,7	230
		12.07.14	92	5	3	63	20	17	255	2,7	250
17	Псырцха	22.08.13	64	6	30	63	7	30	331	3,1	460
		30.05.14	62	6	32	61	6	33	335	2,9	440
		15.07.14	59	10	31	54	6	40	386	3,0	450
18	Гализга	23.08.13	78	16	6	71	13	16	221	2,4	400
		01.06.14	80	14	6	59	13	28	148	1,3	130
		11.07.14	79	16	5	68	12	20	165	1,6	160
19	Бзыбь	24.08.13	81	11	8	67	17	16			
		29.05.14	79	15	6	55	13	32	170	1,5	150
20	Репруа	29.05.14	89	4	7	69	18	13	265	2,8	260
		29.05.14	90	7	3	65	15	20	249	2,5	249
21	Хашипса	24.08.13	90	5	5	75	9	16	197	1,9	200
		28.05.14	90	7	3	60	8	32	262	2,1	220
22	Псоу	24.08.13	83	9	8	72	11	17	228	2,4	250
		28.05.14	79	15	6	65	11	24	236	2,2	220
23	Моква	26.08.13	84	10	6	63	13	24	182	1,6	250
		01.06.14	84	7	9	76	22	2	121	1,4	150
24	Приток р. Дгамш	26.08.13	89	4	7	69	18	13	250	2,6	280
25	Дгамш	26.08.13	90	5	5	76	12	12	290	3,0	320
		11.07.14	88	7	5	67	19	14	323	3,5	-
26	Жоэквара	29.05.14	91	6	3	71	10	19	278	2,8	270
27	Холодная	28.05.14	90	6	4	67	15	18	251	2,5	250
28	Юпшара	16.07.14, исток	84	8	8	44	14	42	88	0,6	-
		16.07.14, устье	88	6	6	63	11	26	159	1,4	-
29	Басла	14.07.14, приток	43	55	2	40	6	54	624	3,5	-
		14.07.14, выше	82	13	5	78	8	14	321	3,4	-

Conditions of estuarine rivers of the Abkhazia Republic and their impact on the Black Sea coast

N. M. Mingazova¹, R. S. Dbar², V. M. Ivanova¹, D. Yu. Mingazova³, A. A. Galiullina¹, E. N. Unkovskaya⁴,
O. V. Pustovarova⁵, L. R. Pavlova¹, O. V. Palagushkina¹, O. Yu. Derevenskaya¹,
N. G. Nazarov¹, R. R. Mingaliev¹, R. I. Zamaletdinov¹

¹Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

²Institute of Ecology of the Republic of Abkhazia, Sukhum, Abkhazia

³Royal Melbourne Institute of Technology, Melbourne, Australia

⁴Volga-Kama State Natural Biosphere Reserve, Sadoviy, Republic of Tatarstan, Russian Federation

⁵Environmental Monitoring State Center of Abkhazia, Sukhum, Abkhazia

E-mail: nmingas@mail.ru

Estuaries play an important role in formation of coastal water quality and the conservation of biological diversity. In 2013–2014 the study of estuarine rivers in Abkhazia Black Sea region and their possible impacts was supported by RFBR grant. A number of large (Bzyb, Kodor, Gumista Kelasur, Galizga) and medium (Aapsta, Hypsta, Basle and others.) Abkhazia rivers have a significant impact on the ecological state of the Black Sea coast because of the runoff of sediments. We have studied a total of 35 rivers flowing into the Black Sea on the coast of Abkhazia and identified hydrological characteristics of these. The maximum flow rate was observed for the Kodor River. Even in the low-flow period the water flow in estuarine areas ranged from 0.323 to 161.3 m³/s. Turbidity in the river at low water was 0.003–0.010 g/m³, for Kelasur river – 0.28 g/m³. Hydrocarbonate-calcium type of water is typical for the rivers of Abkhazia, salinity of most rivers is average. Well water quality characterizes by Galizga, Reprua, Gvandra and Hashipsa rivers. In the phytoplankton of investigated river estuaries were have identified 84 taxa below the rank of genus, in zooplankton – 19 species, in zoobenthos – 105 species and 23 species of fish fauna. In relation to phytoplankton most of the rivers appear to be oligotrophic. When using zoobenthic organisms as bioindicators the rivers were marked as having unfavorable conditions (Suhumka, Aapsta, Maanikvara et al.). The local impact on water quality of the Black Sea has a river experiencing pollution from receipt of sewage, waste and experiencing the impact of grazing. Rivers Bzyb, Kodor, Kelasur and Galizga bring large volumes of high mountain glacier water, which contributes to improving of the state of the Black Sea coast.

Keywords: Black Sea, rivers of Abkhazia, estuarine areas, hydrochemical parameters, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, fish fauna

УДК 556.55

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЁМОВ ТАМАНСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

© 2016 г. **Ж. П. Селифонова**^{1,2}, д-р биол. наук, гл. н. с., доцент,
В. К. Часовников³, канд. геогр. наук, в. н. с., зав. лаб.

¹Государственный морской университет им. адмирала Ф. Ф. Ушакова, Новороссийск, Россия

²Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

³Южное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Геленджик, Россия

E-mail: Selifa@mail.ru

Поступила в редакцию 23.09.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Впервые проведены исследования гидрохимии воды, грунтов и планктона в гипергалинном озере Солёное и лимане Горький. В июле 2010 г. воды этих водоёмов характеризовались превышением ПДК для тяжёлых металлов, фенолов, БПК, донные отложения — превышением ДК для тяжёлых металлов и нефтепродуктов. В лимане Горький отмечено цветение воды эвгленовой водорослью *Eutreptia* sp. По показателям численности галофильного рачка *Artemia* (от 35 до 126 тыс. экз./м³, в среднем 72.7 тыс. экз./м³) и параметрам целебных качеств рапы (166–199‰) ультрагалинное озеро Солёное можно отнести к группе водоёмов, имеющих важное региональное значение. Данный водоём следует включить в состав особо охраняемой природной территории «Анапская пересыпь».

Ключевые слова: гидрохимия воды и донных отложений, фитопланктон, зоопланктон, озеро Солёное, лиман Горький

В условиях возросшего антропогенного воздействия на черноморское побережье Таманского полуострова вопрос оценки экологического состояния гипергалинных материковых водоёмов (озера Солёное и лимана Горький) приобретает особую значимость. Интерес к исследованию озера Солёное обусловлен ценностью его природных рекреационных и бальнеологических ресурсов (лечебной рапы, сульфидно-иловых грязей и источников минеральной хлоридно-натриевой воды). Считается, что аналогом природных рекреационных и бальнеологических ресурсов озера Солёное служит грязь озёр Чокрак и Саки в Крыму, а также озера Турали в республике Дагестан. О лечебных свойствах этого озера известно с 1858 г. Раньше здесь были соляные промыслы, но с 1952 г. разработка соли прекращена. До сих пор целебную грязь озера вывозят в грязелечебницы курортов Анапы и Геленджика, однако данных о её химическом составе, загрязняющих веществах и составе планктона в литературе нет. В 1995 г. озеро Солёное рассматривали как одно из мест возможного размещения морского терминала Каспийского трубопроводного консорциума. Вследствие экологической неприемлемости этот вариант был отклонен. В 2008 г. в Стамбуле на международном форуме «ЮгТранс-2008. Диалог мировых держав» прозвучала идея о необходимости создания нового грузового порта в месте, где сейчас располо-

жено озеро Солёное. Проект должен был решить проблемы специального угольного комплекса и перегрузки контейнеров, а также важный стратегический вопрос размещения кораблей военно-морского флота. На месте озера предусматривали вырыть огромный котлован глубиной до 15–17 м и соединить его глубоководным каналом с морем. До сих пор эта идея не воплотилась в конкретные решения. В настоящее время на стадии согласования находится проект постановления Администрации Краснодарского края о создании особо охраняемой природной территории «Анапская пересыпь», в состав которой войдут Бугазская коса, акватории Бугазского и Витязевского лиманов. В связи с этим оценка качества воды (рапы), грунтов и планктона озера Солёное и лимана Горький является актуальной задачей. Цель работы — изучение гидрохимии воды, планктона и содержания загрязняющих веществ в грунтах в гипергалинном озере Солёное и лимане Горький.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования воды и донных отложений в озере Солёное и лимане Горький послужили гидрохимические данные, собранные согласно сетке станций в период максимального осолонения вод (в июле 2010 г.) (рис. 1). На тех же станциях производили сборы проб фи-

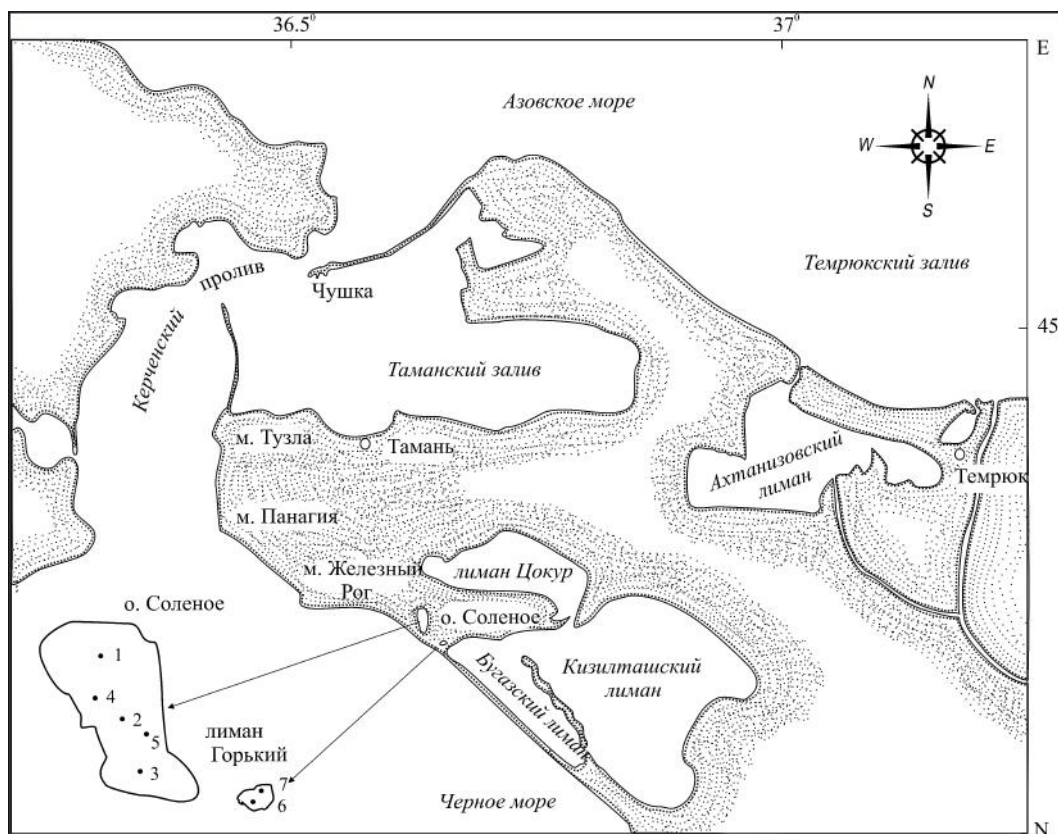


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб в озере Солёное и лимане Горький в июле 2010 г.

Fig. 1. The map of sampling survey in Solonchok Lake and Gor'kiy Liman, July 2010

топланктона и зоопланктона.

Водоёмы расположены в зоне рекреации между мысом Железный рог и Бугазским лиманом (п. Веселовка) (рис. 1). Озеро Солёное от Чёрного моря отделено песчаной 100-метровой пересыпью — косой Бугаз. Его длина — 1.5 км, ширина — 1 км, максимальная глубина — 30 см. На северо-западном берегу находятся грязевые сопки Поливадина и Макотра. В начале XIX в. оно было частью Кубанского лимана, в который впадала главная протока реки Кубани — Ждига. К середине XIX в. Кубанский лиман распался на несколько небольших лиманов — Витязевский, Кизилташский, Цокур и Бугаз. От Бугазского лимана отделилось озеро Солёное. Летом озеро почти высыхает, зимой во время дождей и штормов заполняется водой. Лиман Горький прилегает к Бугазскому лиману. Это сравнительно небольшой по площади водоём, в прошлом известный целебными свойствами сероводородной грязи. На берегу лимана ведутся земляные работы, и в аномально жаркие летние сезоны он практически пересыхает.

Список параметров гидрохимических наблюдений включал 22 компонента, которые отражали газовый и ионный состав воды, содержание биогенных элементов, органического вещества, микроэлементов, специфических загрязнителей неорганической и органической природы. Оценку качества воды производили по кратности предель-

но допустимых концентраций (ПДК) нормируемых гидрохимических показателей, поскольку озеро Солёное относится к лечебным водоёмам и используется для рекреационных целей [3]. Геохимические исследования донных отложений выполнены для 9 показателей: нефтепродуктов, тяжёлых металлов, полихлорбифенилов и бензопирена. Измерение содержания биогенов в воде проводили в соответствии с [4]: неорганический фосфор определяли колориметрически модифицированным методом Морфи и Райли; силикаты — колориметрически по голубому кремнево-молибденовому комплексу (метод Королёва); нитриты — колориметрически; нитраты — колориметрически после восстановления на кадмиевых колонках до нитритного азота; аммонийный азот — колориметрически методом Сэджи — Солорзано.

Определение загрязняющих веществ осуществляли в соответствии со следующими методиками: нефтепродуктов — ПНД Ф 14.1:2:4.128-98; фенола — ПНД Ф 14.1:2:4.182-02; детергентов (катионных поверхностно-активных веществ) — ПНД Ф 14.1:2:4.39-95; ртути — РД 52.10.243-92; тяжёлых металлов (меди, цинка, кадмия, свинца, железа) — ПНД Ф 14.1:2:4.139-98.

Пробы зоопланктона отбирали путём фильтрации 25–50 л воды через сеть Апштейна (размер ячеек — 120 µm). Пробы фиксировали раствором нейтрального формалина

до конечной концентрации 2–4 % и обрабатывали в лабораторных условиях по стандартной методике [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрохимия. В июле в исследуемых мелководных водоёмах (глубина 10 см) наблюдали значительный прогрев воды (до 50 °С). Рапа озера Солёное представляла собой насыщенный солевой раствор до 200 ‰ (166–199 г солей на кг воды), лимана Горький — 24.58 ‰. В рапе озера Солёное отмечены низкие величины содержания кислорода, рН и высокие величины БПК, щёлочности, минеральных и органических форм биогенных элементов. Известно, что гипергалинные воды замедляют распад поступающих веществ, что приводит к накоплению токсикантов. Средние величины фосфатов (0.098 мг/л) в рапе озера Солёное были более чем на два порядка выше аналогичных показателей морской воды [6]. Среднее содержание в воде фенола составляло 8 ПДК, кадмия — 1.6 ПДК, свинца — 22.8 ПДК, меди — 6.1 ПДК. В воде лимана Горький отмечены высокие концентрации меди (2 ПДК) и свинца (4 ПДК).

В донных осадках озера Солёное, которые имеют чёрный цвет и сильный запах сероводорода, отмечены полихлорбифенилы и бензапирен. Зафиксированы концентрации нефтепродуктов, превышающие существующие допустимые уровни в морских осадках (1.06 ДК). В донных осадках лимана Горький наблюдалось превышение ДК для нефтепродуктов (0.11 мг/г), меди (38.7 мкг/г) и суммы полихлорбифенилов (26.5 нг/г).

Фитопланктон. По показателям фитопланктона рапу озера Солёное можно отнести к олиготрофным водам. Максимальная биомасса фитопланктона, создаваемая за счёт эндемичных видов диатомовых водорослей родов *Amphiprora*, *Cyclotella*, *Fragillaria*, здесь не превышала 0.09 г/м³. В лимане Горький в результате цветения воды вследствие массового развития эвгленовой водоросли *Eutreptia* sp. средняя биомасса фитопланктона достигала показателя, характерного для высокоэвтрофных вод (6.5 г/м³, 307.2 мг С/м³).

Зоопланктон. В озере Солёное зоопланктон был представлен единственным видом галофильных жаброногих рачков *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) (syn. *A. tunisiana* Bowen and Sterling, 1978). Этот представитель ультрагалинной фауны способен жить при солёности вод от 40 до 230 ‰ [1]. В июле численность артемии в озере Солёное колебалась от 35 до 126 тыс. экз./м³ (в среднем 72.7 тыс. экз./м³). Максимальная численность артемии отмечена в южной части озера, минимальная — в северной. Среди половозрелых особей отмечены яйценозные самки (76–82 %). Для сравнения: в Куяльницком лимане (Одесская группа лиманов, имеющих региональное и межгосударственное значение) в условиях хорошей прогреваемости водных масс численность *A. salina* достигала 146–430 тыс. экз./м³ [1]. Известно, что летняя продукция артемии является одним из главных факторов грязеобразования. Грязи,

которые состоят из остатков артемий, богатых пластичными веществами и микроэлементами, представляют исключительную ценность [2]. Вышедшие из яиц молодые рачки являются превосходным стартовым кормом для молоди рыб в промышленных рыбоводных хозяйствах и аквариумном рыбоводстве.

В лимане Горький численность артемии была невысокой — 0.28–0.50 тыс. экз./м³. В этом водоёме в условиях более низкой солёности отмечены гарпактикоидные копеподы *Metis ignea ignea* Philippi, 1843 при численности 3.6–14.4 тыс. экз./м³ и *Mesochra* sp. (0.4 тыс. экз./м³).

Выводы. В июле 2010 г. воды исследуемых гипергалинных водоёмов Таманского Причерноморья характеризовались превышением ПДК для тяжёлых металлов, фенолов, БПК, донные отложения — превышением ДК для тяжёлых металлов и нефтепродуктов. В лимане Горький отмечено цветение воды эвгленовой водорослью *Eutreptia* sp. По показателям численности галофильного рачка *Artemia* и параметрам целебных качеств рапы ультрагалинное озеро Солёное можно отнести к группе водоёмов, имеющих важное региональное значение. Озеро Солёное следует включить в состав особо охраняемой природной территории «Анапская пересыпь» и проводить дальнейший мониторинг экосистемы водоёма для оценки его экологического состояния, биопродуктивности и бальнеологических свойств рапы и грунтов.

Благодарности. Авторы благодарят д-ра биол. наук Силкина В. А. (ИОО ИО РАН) за предоставленные материалы по фитопланктону.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Адобовский В. А., Шихалеева Г. Н., Шурова Н. М. Современное состояние и экологические проблемы Куяльницкого лимана // *Экологическая безопасность прибрежной шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа*. 2002. Т. 1, № 6. С. 69–81. [Adobovsky V. A., Shichaleeva G. N., Shurova N. M. Modern condition and ecological problems of the Kuyal'nitskiy liman. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi shel'fovoi zony i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*, 2002, vol. 5, no. 6, pp. 69–81. (in Russ.)].
2. Бондаренко Л. В., Яковенко В. А. Трансформация видовой структуры ракообразных озера Мойнаки в связи с его опреснением // *Вісник Дніпропетровського університету. Сер.: Біологія. Екологія*. 2000. Т. 8, № 2 С. 100–105. [Bondarenko L. V., Yakovenko V. A. Transformatsiya vidovoi struktury rakoobraznykh ozero Moinaki v svyazi s ego opresneniem. *Visnik Dnepropetrov'skogo universitetu. Ser. : Biologiya. Ekologiya*, 2000, vol. 8, no. 2, pp. 100–105. (in Russ.)].
3. *Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям*. Москва, 1986. 5 с. [Vremennye metodicheskie ukazaniya po kompleksnoi

- otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam*. Moscow, 1985. 5 p. (in Russ.)).
4. *Руководство по химическому анализу морских вод*. РД 52.10.243_02. СПб. : Гидрометеиздат, 1993. 264 с. [*Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh vod*. RD 52.10.243_02. SPb: Gidrometeizdat, 1993, 264 p. (in Russ.)].
 5. *Современные методы количественной оценки распределения морского планктона* / ред. М.Е. Виноградов. Москва : Наука, 1983. 279 с. [*Sovremennye metody kolichestvennoi otsenki raspredeleniya morskogo planktona*. M.E. Vinogradov (Ed.) Moscow: Nauka, 1983. 279 p. (in Russ.)].
 6. Часовников В.К., Якушев Е.В., Меньшикова Н.М., Чжу В.П., Куприкова Н.Л. Изменчивость биогенных элементов в прибрежной зоне Черного моря // *Комплексные исследования Чёрного моря*. Москва : Научный мир, 2011. С. 255–268. [Chasovnikov V.K., Yakushev E.V., Menshikova N.M., Chzhu V.P., Kuprikova N.L. Izmenchivost' biogennykh elementov v pribrezhnoi zone Chernogo morya. In: *Kompleksnye issledovaniya Chernogo morya*. Moscow: Nauchnyi mir, 2011, pp. 255–268. (in Russ.)].

On conditions of hyperhaline basins of the Taman' coast of the Black Sea

Zh. P. Selifonova^{1,2}, V. K. Chasovnikov³

¹Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossisk, Russian Federation

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

³Southern Branch of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Gelendjik, Russian Federation

E-mail: Selifa@mail.ru

The researches of hydrochemistry of water and bottom sediments on pollutants and plankton in hypersalinic Solenoe Lake and Gor'kiy Liman were carried out for the first time. In July 2010 the waters of these basins were characterized by excess of maximum allowable concentration for heavy metals, phenols, biological consumption of oxygen, the bottom sediments — in excess of soil guideline values for heavy metals and oil products. The bloom by the euglenoid *Eutreptia* sp. was noted in Gor'kiy Liman. Using the parameters of density of the halophilic crustacean *Artemia* (from 35 to 126 thousand ind./m³, on average 72.7 thousand ind./m³) and of curative property of a brine (166–199 ‰), the ultrahaline lake Solenoe can be assigned to the group of reservoirs having important regional value. This basin should be included in the specially-protected natural territory "Anapa Spit".

Keywords: hydrochemistry of water and bottom sediments, phytoplankton, zooplankton, Solenoe Lake, Gor'kiy Liman

УДК 579:574.587(262.5)

АБСОРБЦИЯ КИСЛОРОДА ДОННЫМИ ОСАДКАМИ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЁРНОЕ МОРЕ) В ПРОЦЕССЕ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

© 2016 г. **В. П. Чекалов**, м. н. с.

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

E-mail: valch@mail.ru

Поступила в редакцию 25.05.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Формирование кислородного режима водоёмов тесно связано с интенсивностью биологических процессов в донных отложениях. Целью нашей работы являлось определение, в том числе с использованием оригинальных методических подходов, роли различных групп бактерий в утилизации кислорода при окислении органических веществ в донных отложениях прибрежных вод Севастополя. Суммарное потребление кислорода (СПК) бактериальным сообществом рассматривается как совокупность процессов аэробного потребления кислорода (АПК) и кислородной нейтрализации восстановленных продуктов анаэробного (КНВС). В поверхностном 0.01-см слое связывалось в среднем порядка 40 % кислорода. Значения АПК изменялись в направлении от устья к кутовой части Севастопольской бухты, снижаясь с 2.69 до 1.82 $\text{мкгO}_2 \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$. Сопоставимые величины его потока через единицу поверхности различных по механическому составу донных осадков являются следствием соотношения разной глубины проникновения в их толщу кислорода и плотности бактериального населения. Возможные темпы утилизации органического углерода в поверхностном слое грунтов колебались в пределах 1.57–2.76, а в палеорусле рек Чёрная и Бельбек они достигали соответственно 1.13 и 0.34 $\text{мкгC} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. Скорость продуцирования восстановленных соединений в пересчёте на сероводород колебалась от 0.10 до 0.65 $\text{мкг-г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. В условиях реальных температур доля активной анаэробной микрофлоры составляла 7.5–87.5 % от возможного при этом максимума, а оксифильной — 0.2–31.0 %. Таким образом, при избытке кислорода соотношение его потребления аэробной и, через окисление продуктов метаболизма, анаэробной микрофлорой определяет их потенциальный вклад в процессы редукции органики. Однако реализация этой возможности лимитирована реальным содержанием кислорода и температурным фактором.

Ключевые слова: донные отложения, потребление кислорода, бактериобентос, Чёрное море

Донные отложения принимают активное участие в формировании кислородного режима водоёмов. В некоторых случаях потребление ими кислорода может в 2–4 раза превышать его утилизацию в столбе воды [19]. Диапазон изменения этого показателя для морей и океанов колеблется в пределах 1–50 $\text{мМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ [2], [23], [25]. Проявление высокой интенсивности биогеохимических процессов отмечено в Чёрном море в осадках Голубой бухты, где полное исчерпание кислорода в рабочем боксе наступало всего за 16 ч. Поток кислорода составил более 130 $\text{мМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ или 17 $\text{мкгO}_2 \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$, что на порядок превышает типичные для морей значения [14].

Сведения по содержанию кислорода и ряда восстановленных соединений в донных осадках Севастопольских бухт обычно не содержат данных по их динамике [8], [11]. Полученная расчётным путём величина годового потока кислорода на границе донных отложений бухты оказалась значительно ниже приведённых для Чёрного моря значе-

ний [13]. Цель настоящей работы — сравнить, в том числе с использованием новых методических подходов, темпы потребления кислорода при окислении органических соединений различными по отношению к нему группами бактериобентоса в донных отложениях Севастопольской бухты и прилегающих акваторий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы донных отложений отбирали с помощью дночерпателя Петерсена в бухтах Севастопольская и Южная в конце мая 2007 г., в конце октября и декабре 2008 г. (рис. 1). В палеорусле р. Чёрная в разные периоды 2008–2013 гг. были исследованы осадки на станции № 28 (44° 37.848 N, 33° 25.076 E), расположенной на склоне, и русской станции № 6 (44° 37.257 N, 33° 28.054 E). В палеодельте р. Бельбек на ст. 15 (44° 37.098 N, 33° 28.452 E) отбор грунта осуществлён в конце мая 2013 г. с помощью трубчатого грунтоотборника с последующим послойным

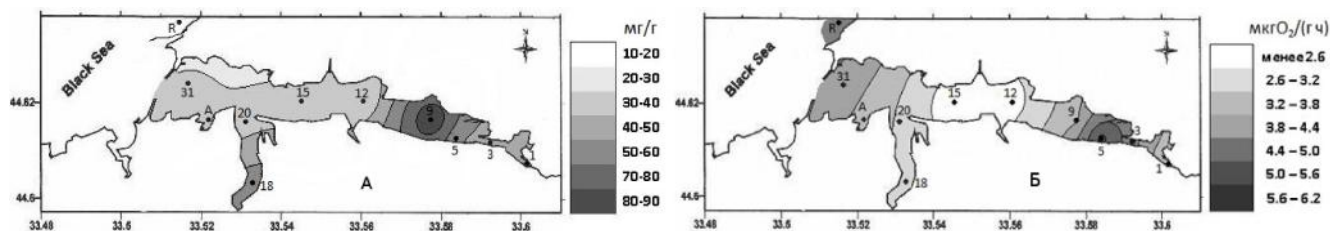


Рис. 1. Распределение органического вещества (А) и потенциальной окислительной активности (Б) в донных осадках Севастопольской бухты

Fig. 1. Distribution of organic matter (A) and potential oxidative activity (B) in the bottom sediments of Sevastopol Bay

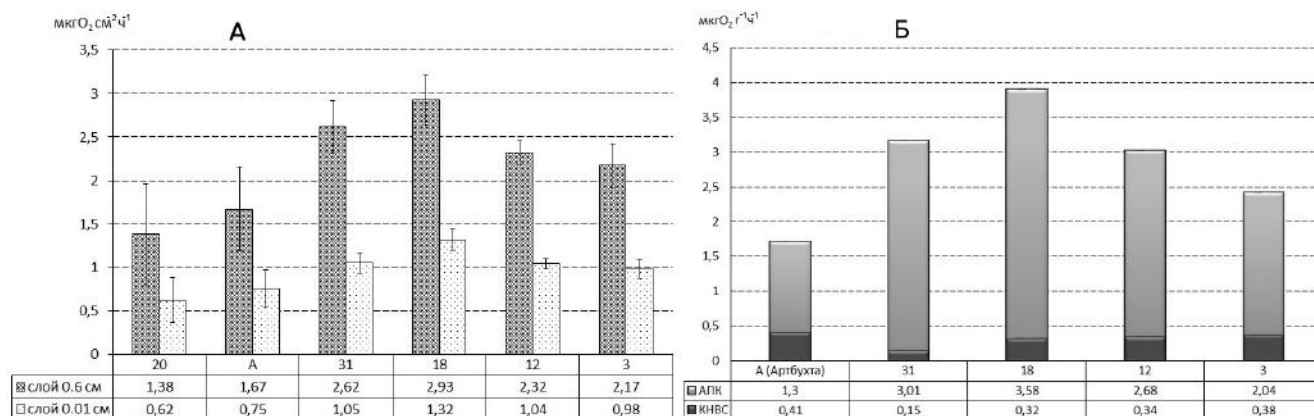


Рис. 2. Суммарное потребление кислорода на единицу поверхности в 0.6- и 0.01-см слоях донных отложений (А); соотношение аэробного потребления кислорода (АПК) и его нейтрализации восстановленными соединениями (КНВС) в грунтах Севастопольской бухты (Б)

Fig. 2. Total consumption of oxygen per unit of surface of 0.6- and 0.01-cm layers of sediment (A); the ratio of aerobic oxygen consumption (АПК) and its neutralization by reduced compounds (КНВС) in sediment from the Sevastopol Bay (Б)

исследованием образцов.

Влажность донных отложений и содержание органического вещества определяли гравиметрическим методом соответственно после сушки при +105 °С и прокаливании навесок при 500 °С. Измерение pH и Eh осуществляли портативным иономером Sention-1 (Hach, США).

Потенциальную окислительную активность (ПОА) бактериобентоса определяли по ранее предложенной методике, основанной на эффекте реверсного возрастания оптической плотности метиленового синего в пробах, предварительно прошедших через анаэробную экспозицию, при их повторном контакте с кислородом воздуха [17].

Измерение суммарной скорости потребления кислорода (СПК) проводили с помощью респирометрической камеры объёмом 60 мл, герметично соединённой с кислородным датчиком LDO-оксиметра HQ40d (Hach, США). Ёмкость заполняли морской водой, вносили 0.2 см³ исследуемого ила и плотно закрывали специальной пробкой с газоотводной трубкой. Материал распределяли в слое толщиной примерно 0.01 см на площади 20 см². В некоторых случаях проводили измерение в колонках грунта объёмом 2 см³ при высоте порядка 0.6 см и поверхно-

сти, равной 3.3 см². Полученные таким образом результаты считали соответственно максимальным (max) и фактическим (fact) уровнями кислородного потребления. Измерение осуществляли ежечасно в течение суток. При этом в зависимости от цели исследования в измерительном контейнере поддерживалась либо оптимальная температура (20–25 °С), либо близкая к естественной (8–10 °С). Сообщалось, что на реальную интенсивность поглощения кислорода донные отложения выходят с 8 по 24-й час опыта [9]. У нас линейный вид кривая приобретала после пятого часа.

Определение исходного значения кислородной нейтрализации восстановленных соединений (КНВС) проводили аналогичным образом, предварительно подавив жизнедеятельность бактерий и создав благоприятные условия для окисления восстановленных веществ. Учитывая, что снижение pH смещает соотношение сернистых соединений в воде (S²⁻, HS⁻, H₂S) в сторону преобладания наиболее активно окисляемого сероводорода [3], водородный показатель в ёмкости доводили 0.1N серной кислотой до 5. Этим также достигалось подавление микрофлоры, наряду с внесением в измерительную ёмкость стрептомицина из расчёта конечной концентрации 0.1 мг·мл⁻¹, а также

последующим инкубированием ёмкости в условиях пониженных температур (8–10 °C). Для определения скорости обогащения среды восстановленными соединениями (ВС) часть образцов сохранялась в условиях эксперимента в течение 30–60 суток с последующим измерением потребления кислорода. Разность полученного значения и исходного за определённый интервал времени, соответствующую стабилизации показаний, пересчитывали на количество окисленного сероводорода, учитывая, что в водных растворах при ограниченном поступлении кислорода сероводород окисляется, как правило, до серы и воды [10].

Для учёта численности аэробных (Аэ), анаэробных (АнАэ) и сульфатредуцирующих гетеротрофных бактерий (СРБ) использовали модифицированную по [4] среду Вильсона – Блера. Ранее нами показана возможность применения этой среды для культивирования аэробной гетеротрофной микрофлоры донных осадков [16].

Для выявления анаэробных бактерий использовали две пробирки разного размера: посевную (П2-21-200) и вытесняющую (П2-16-150). Посев разведений производили стандартно в расплавленную и быстро остуженную до 40–45 °C среду, после чего в неё погружали вытесняющую пробирку. Объём среды подбирали эмпирически так, чтобы при погружении вытесняющей пробирки её уровень был ниже кромки на 1–2 см. В оставшееся пространство между пробирками вносили несколько капель стерильного вазелинового масла, посевная ёмкость закрывалась ватно-марлевой пробкой и в таком виде инкубировалась до регистрации результатов. В дальнейшем темноокрашенные колонии учитывались как СРБ, а светлые — как анаэробные гетеротрофные бактерии.

Часть ёмкостей с посевами термостатировали при оптимальной для развития бактерий температуре (20–25 °C), а другую — при условиях, соответствующих *in situ* [16]. В дальнейшем рассчитывали уровень температурной адаптации для физиологически активных представителей (T_a) как процентное соотношение колоний, впервые визуально обнаруженных на чашках «холодной» инкубации, к численности колоний, появившихся за тот же интервал времени в посевах, растущих при оптимальной температуре. Это соотношение, но через 10–12 суток, считали потенциальным максимумом адаптации (T_m) при данных температурных условиях. То есть:

$$T_a(T_m) = \frac{N_{real} \times 100}{N_{optim}}, \quad (1)$$

где N_{real} — количество визуально различимых колоний гетеротрофов, проявившихся либо впервые (T_a), либо через 10–12 суток (T_m) культивирования посевов при реальной температуре, соответствующей среде обитания; N_{optim} — то же, но при оптимальной температуре (20–25 °C) соответственно.

Результаты статистической обработки данных, в частности прямые почасовые измерения СПК, представлены в виде средних значений с доверительным интервалом ($p = 0.95$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Донные отложения в бухтах Севастопольская и Южная представлены в основном сильно восстановленными илами и песками разной степени заиленности со значительными следами антропогенного воздействия. Водородный показатель в поверхностном 3-см слое колебался в слабощелочном диапазоне 7.65–8.38, а окислительно-восстановительный потенциал изменялся в мае от -150 до -220 мВ, доходя в октябре до -377 мВ. При этом в фоновой пробе зафиксировано положительное значение (110 мВ). Содержание органического вещества, закономерно возрастающая с 40–45 мг·г⁻¹, достигало в кутовых оконечностях бухты Севастопольская 91, а в Южной бухте — 66 мг·г⁻¹. Обнаруживая слабую корреляционную связь ($r = 0.48$), оно в целом совпадало с изменением потенциальной окислительной активности микрофлоры (ПОА). Из этого ряда выпала лишь фоновая точка (R), находящаяся, однако, за пределами бухты (рис. 1).

По данным [12], кислород проникает в толщу отложений Севастопольской бухты не более чем на 0.5 см. В ряде проб из палеорула реки Чёрная (ст. 6) мы измерили в лабораторных условиях его поток через единицу поверхности в слое проникновения (0.6 см), а также в наиболее активном поверхностном слое толщиной 0.01 см. Средние значения составили соответственно 1.57 ± 0.77 и 0.62 ± 0.15 мкгO₂·см⁻²·ч⁻¹. Таким образом, в нашем случае поверхностью грунта, представленного средней степени заиленным песком, связывалось 39.3 % кислорода. Поскольку глубина проникновения кислорода зависит от гранулометрического состава осадков, можно предположить, что в песках доля его поглощения 0.01-сантиметровым слоем снижается до 30 %, тогда как в илах, наоборот, возрастает до 45–50 %. Такие соотношения в дальнейшем мы использовали для интерполяции данных на толщину слоя донных отложений.

По станциям в Севастопольской бухте результаты суммарного поглощения кислорода на единицу поверхности дна, полученные в осеннюю съёмку (ст. 3–31) при температуре придонного слоя воды порядка 18 °C, различаются незначительно — в диапазоне 0.98–1.32 в поверхностном слое и 2.17–2.93 мкгO₂·см⁻²·ч⁻¹ — в 0.6-сантиметровом (рис. 2А). Имеются данные, что независимо от гранулометрических характеристик донных отложений на одну бактериальную клетку приходится порядка 100–400 мкм² поверхности, которая суммарно значительно выше в мелкодисперсных илистых грунтах [21]. Отсюда при пересчёте на единицу объёма количество бактерий в илах, как правило, в несколько раз выше, чем в более грубых субстратах, но толщина «деятельного» слоя вследствие кислородного истощения оказывается практически во столько же раз меньше. Этим, по всей видимости, и объясняются близкие значения потока O₂ через поверхность различных по составу грунтов.

Восстановленные соединения (КНВС) связывали лишь от 5 % кислорода у выхода из бухты до 16 % в её верхо-

Таблица 1. Изменение некоторых окислительных показателей в донных отложениях палеорусла р. Чёрная при оптимальной и реальной температурах**Table 1.** Change of some oxidative parameters in paleoriverbed sediments of Chernaya River at the optimal and real temperature.

№	Дата (Ч.М)	ПОА, мкгО ₂ /(г·ч)	T optim / real, °C	СПК, мкгО ₂ /(г·ч), в слое		АПК, мкгО ₂ /(г·ч), в слое	
				0.6 см (fact)	0.01 см (max)	0.6 см (fact)	0.01 см (max)
28 склон	04.04	1.33	20 °C / 8.5 °C	0.97 / 0.58	18.40 / 11.08	0.72 / 0.33	13.66 / 6.34
	04.04	4.46	21 °C / 9 °C	1.51 / 0.31	38.39 / 7.86	1.15 / -0.05	29.19 / -1.35
	25.04	—	21 °C / 8 °C	1.74 / 0.80	44.25 / 20.41	1.56 / 0.62	39.7 / 15.86
6 ложе	12.05	3.69	19 °C / —	1,79 / —	45,61 / —	—	—
	20.07	—	— / 11 °C	— / 0,98	— / 25,02	— / 0.95 (0.04)*	— / 24.09 (0.92)*
	17.08	—	25 °C / 11 °C	2.52 / 1.21	64.30 / 30.95	2.44 / 1.13	62.26 / 28.90

(*) — АПК грамположительной микрофлоры

вье. Максимум (24 %) зафиксирован в отложениях бухты Артиллерийская (рис. 2Б). Таким образом, в суммарном потреблении кислорода преобладал аэробный путь. Значения АПК по оси бухты к её кутовой части (ст. 31, 12, 3) снижались с 3.01 до 2.04, а ПОА, наоборот, возрастали с 2.19 до 5.79, составляя в среднем 2.83 ± 0.63 и 3.44 ± 1.27 мкгО₂·см⁻²·ч⁻¹ соответственно. По всей видимости, это — результат ухудшения в донных отложениях, прежде всего, редокс-условий, что и проявляется через падение реальной утилизации кислорода оксифильной микрофлорой. Если принять потенциальную окислительную активность (ПОА) за максимальный уровень, на который способно микробное сообщество, то мощности окислительной системы, при достаточно широком диапазоне в грунтах различных участков бухты, в среднем задействованы на 82 %.

Согласно формуле Редфилда для органического вещества планктона (C₁₀₆N₁₆P) и соотношения расхода кислорода (106/138) при его окислении [22, 24], потенциально возможные темпы утилизации органического углерода в донных осадках бухты находятся в пределах 1.68–4.45 мкгС·г⁻¹·ч⁻¹. В условиях же реальных температур диапазон колебания скорости окисления С сокращается до 1.57–2.76. Тогда, исходя из принятого коэффициента пересчёта содержания С в органическое вещество, равного 2 [1], количество окисляемой в течение часа органики составляет от 3.14 до 5.52 мкг·г⁻¹. Для поддержания стабильного состояния данной системы приведённые значения также являются пороговыми для седиментации органических соединений из водной толщи. При отсутствии притока извне и с учётом выявленных темпов окислительных процессов полное разложение накопленной органики в грунтах устья бухты возможно через год, а в её кутовой части — через 3.5 года. Следует также учитывать органическое вещество, вовлекаемое в ассимиляционные потоки при формировании структурных компонентов клеток. Считается, что у бактерий на покрытие нужд энергетического обмена идёт 30–50 % утилизированного субстрата

[5]. Следовательно, в нашем случае трансформации может подвергаться в целом от 6.28 до 11.04 мкг·г⁻¹·ч⁻¹ органики.

Для определения влияния температуры на активацию анаэробных процессов проба со ст. А (Артбухта) была разделена на две части, одну из которых хранили в холодильнике при 9 °C, а другую — при оптимальной для развития бактерий температуре 21 °C. По истечении 30 суток экспозиции в холодных условиях мы не обнаружили обогащения среды восстановленными соединениями, в то время как в другой части пробы, содержащейся при температурном оптимуме, скорость прироста КНВС составила 0.31 мкгО₂·г⁻¹·ч⁻¹, что оказалось в 4 раза меньше АПК. Это соответствует продуцированию примерно 0.61 мкг·г⁻¹·ч⁻¹ сероводорода. Суммарное поглощение кислорода в нашем случае достигало 1.71 мкгО₂·г⁻¹·ч⁻¹, из которых 0.41 мкг расходовались на окисление ВС. Поток кислорода через границу донных отложений в Севастопольской бухте ранее [13] оценили, по всей видимости, расчётным путём, в 0.03–0.5 М·м⁻²·год⁻¹ или 0.01–0.18 мкгО₂·см⁻²·ч⁻¹. Это весьма низкие значения для черноморских грунтов. Примерно такой же уровень и даже несколько выше мы получили для кислорода, пошедшего только на окисление продуктов анаэробного (рис. 2В).

На участке дна за выходом из бухты Севастопольская, являющемся, по существу, палеоруслом реки Чёрная [6], для донных осадков характерны более высокие, чем в самой бухте, значения редокс-потенциала. В русловой точке (ст. 6) они колебались в пределах от -68 до -185. На склоне (ст. 28) наблюдалась большая вариабельность, но и здесь преобладали восстановительные условия. Активная реакция среды слабокислая — 6.70 по руслу и 6.97 на склоне. Содержание органического вещества не превышало 50 мг·г⁻¹, что в среднем несколько меньше относительно бухты Севастопольская.

Примерно такие же значения указанных выше параметров получили в пробе из палеорусла р. Бельбек, распо-

ложенного на современном морском шельфе на трассе пос. Любимовка, с более выраженным, однако, смещением в нейтральную область pH и пониженной до $30 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$ органической составляющей. В отличие от сильно заиленных песков, выстилающих палеоложе р. Чёрная, здесь преобладают пески с незначительным наилом.

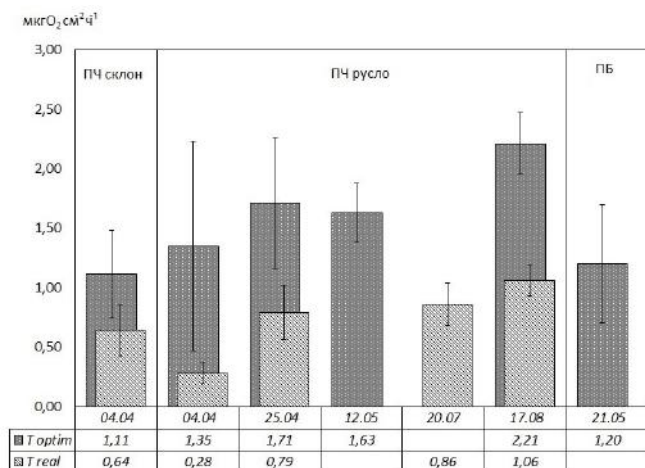


Рис. 3. Суммарное потребление кислорода на единицу площади поверхности в 0.6-см слое донных отложений чернореченского палеорула (ПЧ) и р. Бельбек (ПБ) при оптимальной и реальной температурах

Fig. 3. Total consumption of oxygen per unit of surface of 0.6- and 0.01-cm layers of paleoriverbed sediments of Chernaya (ПЧ) and Belbek (ПБ) rivers at the optimal and real temperatures

Потенциальная окислительная активность донных осадков р. Чёрная на русловой станции была в 3 раза выше, чем на склоне (табл. 1). СПК и АПК имели более сглаженный вид с характерными сезонными изменениями. Соотношение СПК в грунтах русловой станции и склона при оптимальной температуре (20°C) совпадало с ПОА, тогда как в реальных условиях (8.5°C) изменялось на противоположное (рис. 3, от 04.04). Относительная стабильность СПК, особенно на единицу поверхности, достигалась за счёт увеличения накопления к весне восстановленных соединений, а летом — интенсификации аэробного поглощения кислорода. Так, с начала апреля и к середине августа, несмотря на незначительное колебание температуры донных отложений (в $2\text{--}3$ градуса), АПК в условиях реальных температур увеличилось с 0 до $1.13 \text{ мкгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ при обратных тенденциях изменения КНВС. В среднем утилизации подвергалось порядка $0.47 \text{ мкгC} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. При температурном оптимуме количество окисляемого органического углерода возрастало более чем в два раза, достигая $1.13 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. На склоне значение АПК, однократно измеренное в апреле, при температурных условиях, приближённых к естественным, составляло $0.33 \text{ мкгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. Это эквивалентно окислению $0.25 \text{ мкгC} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ или, в пересчёте на органическое вещество, $0.50 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. В ложе палеорула усреднённая по весенне-летнему периоду скорость окис-

ления органики в донных отложениях несколько выше — $0.10 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. Эти значения меньше полученных для грунтов Севастопольской бухты, что при тех же величинах ПОА обуславливает в целом снижение реальной окислительной активности до 25 % на склоне и до 15 % — в русловой точке. Оптимизация температуры повышала этот уровень примерно в 2 раза — до 54 и 36 % соответственно. Прирост КНВС также оказался ниже, чем в отложениях непосредственно бухты, и колебался в диапазоне $0.09\text{--}0.19 \text{ мкгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$, что соответствует темпам продукции H_2S от 0.19 до $0.41 \text{ мкг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. Сообщалось [7], что интенсивность сульфатредукции в поверхностном слое грунта в бухтах Севастополя колебалась в пределах $20\text{--}93 \text{ мкм} \cdot \text{дм}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$, т. е. $0.01\text{--}0.13 \text{ мкг} \cdot \text{см}^{-3} \cdot \text{ч}^{-1}$.

Использование для подавления жизнедеятельности микрофлоры пенициллина (13 тыс. Ед/мл) позволило косвенно оценить вклад грамположительных представителей бактериобентоса в суммарное потребление кислорода (см. табл. 1 от 20.07.). Оно составило лишь 0.04 из $0.98 \text{ мкгO}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. По литературным данным, естественная микрофлора природных водоёмов в основном представлена именно грамотрицательными формами [15].

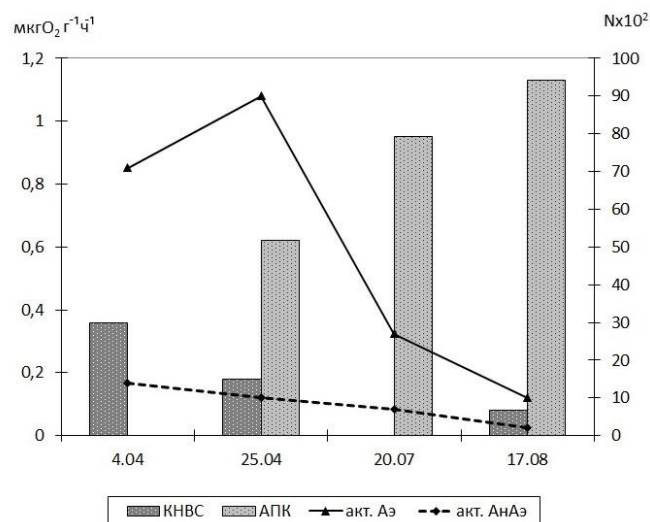


Рис. 4. Изменение численности аэробных и анаэробных бактерий на фоне АПК и КНВС в течение весенне-летнего периода в грунтах палеорула р. Чёрная

Fig. 4. Change of the number of aerobic and anaerobic bacteria on the АПК and КНВС background in the paleoriverbed sediments of Chernaya River during spring and summer

В условиях реальных температур изменение численности активной анаэробной микрофлоры повторяло профиль кислородной нейтрализации восстановленных соединений, а изменение количества аэробных бактерий и АПК имело, скорее, разнонаправленный характер (рис. 4). При этом в рядах сезонных изменений численности активных представителей как аэробного, так и анаэробного бактериобентоса наблюдается низкая, практически в пределах одного порядка, амплитуда колебаний. Диапазон же

изменения максимальной численности оксифильной микрофлоры охватывает три порядка, не достигая, тем не менее, значений активной составляющей при росте в условиях температурного оптимума (табл. 2). Известно, что в природной среде какая-то часть бактерий пребывает в экологически обусловленном депрессивном состоянии [18], [20].

Разрыв между активной и максимальной численностью микрофлоры при температурном оптимуме незначителен: активными являлись 68–90 % аэробной группы и до 100 % у анаэробов. В условиях же реальных температур доля активной оксифильной микрофлоры составляла лишь 0.2–31.0 % от возможного при этом максимума, тогда как анаэробной — от 7.5–87.5 %. Несколько ниже, но близки к ним и уровни температурной адаптации. Наибольшие значения T_a и T_m были отмечены в конце апреля, когда, по всей видимости, достигается максимальная степень адаптации микрофлоры к конкретным температурным условиям. При этом температурная адаптация анаэробов, как активных форм, так и потенциально способных к активации, оказалась выше, чем у аэробов, что, возможно, связано со сравнительно стабильными условиями их основного биотопа — подповерхностного слоя грунта. Поверхность же дна подвергается воздействию более сложного комплекса факторов, в том числе поступлению из вышележащей водной среды оксифильной микрофлоры, деятельность которой благодаря специфическим условиям (температура, наличие сероводорода, дефицит кислорода) в той либо иной мере подавляется.

В палеорусле р. Бельбек исследуемые горизонты отложений практически не различались по количеству аэробных гетеротрофов $1,4\text{--}1,6 \times 10^6$ КОЕ·г⁻¹ (рис. 5А). В то же время в слое 2–3 см выявлено снижение числа анаэробных бактерий до 600, тогда как на горизонтах выше и ниже оно составило соответственно 3300 и 3500 КОЕ·г⁻¹. Сульфатредукторы в количестве 100 КОЕ·г⁻¹ были обнаружены лишь в поверхностном слое.

Данные по кислородному поглощению представлены максимальными значениями, т.е. измеренными в слое 0.01 см при достаточной концентрации кислорода. Несмотря на его ограниченную диффузию в толщу грунта в природе, при искусственной аэрации респираторная активность бактериального сообщества здесь, наоборот, повышается (рис. 5В). Причём рост аэробной составляющей с глубиной даже опережал увеличение связывания кислорода восстановленными соединениями, что, в свою очередь, приводит к падению доли КНВС с 32 до 13 %. АПК на единицу донной поверхности в этом районе составило 0.42 мкгО₂·см⁻²·ч⁻¹ или 0.44 мкг·ч⁻¹ на грамм влажного грунта. Согласно соотношению Редфилда, такое количество кислорода способно окислить 0.34 мкгС·г⁻¹·ч⁻¹ или 0.68 мкг·г⁻¹·ч⁻¹ органического вещества. Скорость прироста КНВС максимальна в подповерхностном горизонте — 0.15 — и снижается в слое 4–5 см до 0.05 мкгО₂·г⁻¹·ч⁻¹, что эквивалентно скорости об-

разования H₂S соответственно 0.32 и 0.10 мкг·г⁻¹·ч⁻¹.

Закключение. При неограниченной диффузии кислорода в донные отложения в его суммарном потреблении преобладает окислительный метаболизм. Однако значительная часть черноморских грунтов находится в условиях либо гипоксии, либо полной аноксии. Интенсивность аэробных процессов зависит от концентрации кислорода, а их локализация приурочена преимущественно к узкому поверхностному слою. Разнотипные донные осадки, в частности Севастопольской бухты, несмотря на существенные колебания в их толще удельной интенсивности поглощения кислорода, имеют, тем не менее, близкие значения при пересчёте его потока через единицу площади поверхности дна. Очевидно, в рыхлых песчанистых грунтах граница «активного» слоя залегает несколько глубже, чем в более плотных илах, но в силу относительно низкой бактериальной плотности показатели окислительной активности оказываются вполне сопоставимы. Соответственно в поверхностном 0.01-см слое связывается от 30 % кислорода в песчанистых грунтах и до 50 % — в илах.

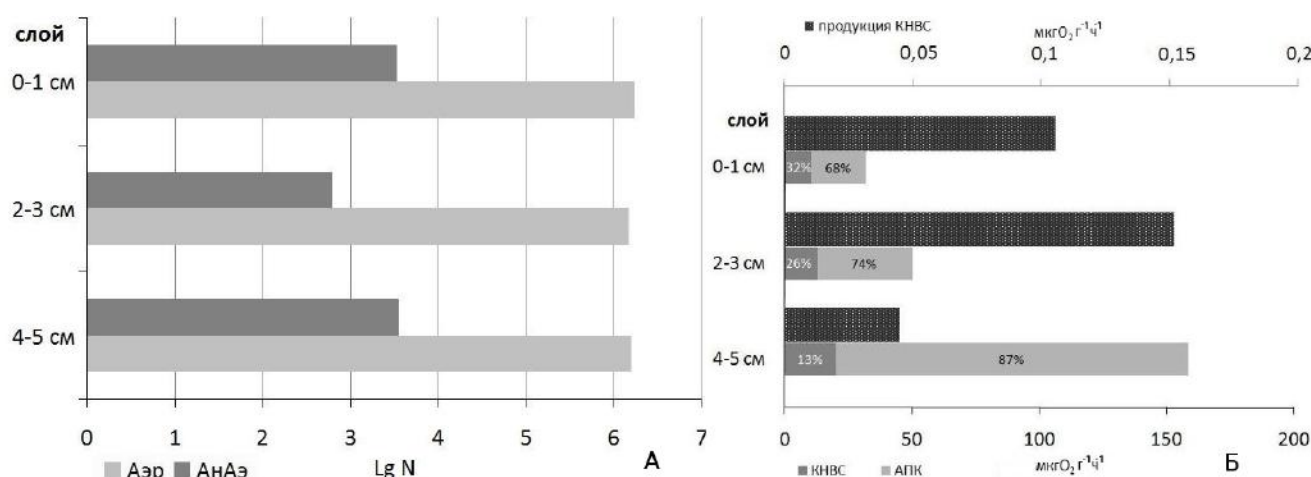
В нижерасположенной толще грунтов по мере исчерпания кислорода и снижения редокс-потенциала активизируется деятельность анаэробной микрофлоры, что приводит к накоплению восстановленных соединений. В свою очередь, они также способны связывать кислород, составляя своеобразную «анаэробную составляющую» в суммарной утилизации кислорода. Следовательно, по соотношению потребления кислорода аэробной и, опосредованно, через окисление продуктов метаболизма, анаэробной микрофлорой можно судить о потенциальном, т.е. максимальном вкладе каждой из них в процессы редукции органики. Реализация же этой возможности лимитирована реальным содержанием кислорода, причём более зависимой является оксифильная микрофлора. Так, несмотря на снижение окислительной активности вследствие затруднённого проникновения кислорода в толщу донных отложений палеорусла р. Бельбек, при достаточной аэрации их потенциал в нижележащих слоях, наоборот, возрастал. В подповерхностном слое (2–3 см) максимальной была и продукция восстановленных соединений. Наиболее же высокая скорость образования продуктов анаэробного пересчёта на сероводород зафиксирована в донных отложениях Севастопольской бухты — 0.65 мкг·г⁻¹·ч⁻¹, что в 2–6 раз выше, чем в грунтах палеорусел рек Чёрная и Бельбек.

В условиях реальных температур (8–10 °С) скорости как окислительных процессов, так и продуцирования восстановленных соединений снижались в 2 и более раз. В поверхностном 0.6-см слое грунтов Севастопольской бухты возможная скорость окисления органического вещества находилась в пределах 3.14–5.52 мкг·г⁻¹·ч⁻¹, а в палеоруслах рек Чёрная и Бельбек — 2.26 и 0.68 соответственно. Достаточно низка при естественных температурах и доля активной оксифильной микрофлоры — 0.2–31.0 %. При этом степень температурной адаптации анаэробных бактерий, как активных форм, так и потенциально способ-

Таблица 2. Изменение некоторых окислительных показателей в донных отложениях палеорусла р. Чёрная при оптимальной и реальной температурах

Table 2. The active component and the potential maximum number of bacteriobenthos in paleoriverbed sediments of Chernaya River at the optimal and real temperature

Группы	Численность ($\times 10^2$)	T, °C	28 склон	6 русло			
			04.04	04.04	25.04	20.07	17.08
Аэ	активные формы	real	6	71	90	27	10
		optim	6200	2700	320	8000	370
		T_a (%)	0.1	2.6	28.1	0.3	2.7
	потенциальный максимум	real	3700	2100	290	940	40
		optim	6900	3600	470	9400	470
		T_m (%)	54.3	58.1	61.7	10	8.5
АнАэ	активные формы	real	16	14	10	7	2
		optim	23	41	23	18	40
		T_a (%)	69.6	34.1	43.5	38.9	5
	потенциальный максимум	real	23	16	20	94	26
		optim	23	48	23	100	63
		T_m (%)	100	33.3	87	94	41.3



ных к активации, оказалась выше, чем аэробных представителей.

Благодарности. Автор выражает признательность к.б.н. М. Б. Гулину за плодотворное сотрудничество в исследовании палеорусел на морском шельфе Севастопольского региона, а также за обсуждение материалов настоящей работы, м. н. с. В. А. Тимофееву — за помощь в сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Агатова А. И., Аржанова Н. В., Лапина Н. М., Торгунова Н. И., Красюков Д. В. Пространственно-временная изменчивость органического вещества в прибрежных экосистемах Кавказского шельфа Чёрного моря // *Океанология*. 2005. Т. 45, № 5. С. 670–677. [Agatova A. I., Arzhanova N. V., Lapina N. M., Torgunova N. I., Krasnyukov D. V. Spatiotemporal variability of the organic matter in the coastal ecosystems of the Caucasian shelf of the Black Sea. *Oceanology*, 2005, vol. 45, no. 5, pp. 670–677. (in Russ.)]

- Богдановская В. В., Вершинин А. В., Розанов А. Г. Поток кислорода на границе вода-осадок (по результатам исследований в Кандалакшском заливе Белого моря) // *Геохимия*. 1998. № 11. С. 1172–1178. [Bogdanovskaya V. V., Verшинin A. V., Rozanov A. G. Oxygen fluxes at the water-sediment interface evidence

- from Kandalaksha Bay, White Sea. *Geokhimiya*, 1998, no. 11, pp. 1172–1178. (in Russ.).
3. Бусев А. И., Симонова Л. Н. *Аналитическая химия серы*. Москва : Наука, 1975. 272 с. [Busev A. I., Simonova L. N. *Analiticheskaya khimiya sery*. Moscow: Nauka, 1975, 272 p. (in Russ.).]
 4. Горбенко Ю. А. О наиболее благоприятном количестве «сухого питательного агара» в средах для культивирования морских гетеротрофных микроорганизмов // *Микробиология*. 1961. Т. 30, вып. 1. С. 168–172. [Gorbenko Yu. A. On the most favourable amount of "dry nutrient agar" in media for cultivating marine microorganisms - heterotrophs. *Mikrobiologiya*, 1961, vol. 30, iss. 1, pp. 168–172. (in Russ.).]
 5. Готтшалк Г. *Метаболизм бактерий*. Москва : Мир, 1982. 310 с. [Gottshalk G. *Metabolizm bakterii*. Moscow: Mir, 1982, 310 p. (in Russ.).]
 6. Гулин М. Б., Коваленко М. В. Палеорусл рек Чёрная и Бельбек на шельфе юго-западного Крыма — новый объект экологических исследований // *Морской экологический журнал*. 2010. Т. 9, № 1. С. 23–31. [Gulin M. B., Kovalenko M. V. Paleo-rivers Chernaya and Belbek at the continental shelf of southwestern Crimea — new object ecological researches. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2010, vol. 9, no. 1, pp. 23–31. (in Russ.).]
 7. Егоров В. Н., Пименов Н. В., Малахова Т. В., Канапцкий Т. А., Артёмов Ю. Г., Малахова Л. В. Биогеохимические характеристики распределения метана в воде и донных осадках в местах струйных газовыделений в акватории Севастопольских бухт // *Морской экологический журнал*. 2012. Т. 11, № 3. С. 41–52. [Egorov V. N., Pimenov N. V., Malakhova T. V., Kanapatskii T. A., Artemov Yu. G., Malakhova L. V. Biogeochemical characteristics of methane distribution in sediment and water at the gas seepage site of Sevastopol Bay. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2012, vol. 11, no. 3, pp. 41–52. (in Russ.).]
 8. Заика В. Е., Коновалов С. К., Сергеева Н. Г. Локальные и сезонные явления гипоксии на дне Севастопольских бухт и их влияние на макробентос // *Морской экологический журнал*. 2011. Т. 10, № 3. С. 15–25. [Zaika V. E., Kononov S. K., Sergeeva N. G. The events of local and seasonal hypoxia at the bottom of the Sevastopol bays and their influence on macrobenthos. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2011, vol. 10, no. 3, p. 15–25. (in Russ.).]
 9. Ломова Д. В. *Потребление кислорода донными отложениями водохранилища долинного типа* : автореф. дис. ...канд. геогр. наук. Москва, 1995. 17 с. [Lomova D. V. *Potreblenie kisloroda donnymi otlozheniyami vodokhranilishcha dolinnogo tipa*: avtoref. dis. ...kand. geogr. nauk. Moscow, 1995, 17 p. (in Russ.).]
 10. Некрасов Б. В. *Основы общей химии* : в 2 т. Москва : Химия, 1973. Т. 1. 656 с. [Nekrasov B. V. *Osnovy obshchei khimii*: v 2 t. Moscow: Khimiya, 1973, vol. 1, 656 p. (in Russ.).]
 11. Орехова Н. А., Коновалов С. К. Кислород и сероводород в донных осадках Севастопольской бухты // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа* : сб. науч. тр. Севастополь, 2009. Вып. 18. С. 48–56. [Orekhova N. A., Kononov S. K. Oxygen and sulfide in bottom sediments of the Sevastopol bay. In: *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*: sb. nauch. tr. Sevastopol, 2009, iss. 18, pp. 48–56. (in Russ.).]
 12. Орехова Н. А., Коновалов С. К. Изменение геохимических характеристик в донных осадках Крымского побережья // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа* : сб. науч. тр. Севастополь, 2013. Вып. 27. С. 284–288. [Orekhova N. A., Kononov S. K. Izmenenie geokhimicheskikh kharakteristik v donnykh osadkakh Krymskogo poberezh'ya. In: *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*: sb. nauch. tr. Sevastopol, 2013, iss. 27, pp. 284–288. (in Russ.).]
 13. Орехова Н. А., Коновалов С. К. Анализ потоков кислорода и сероводорода на границе донных отложений Крымского побережья как метод оценки состояния акватории // *Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России* : тезисы докладов международной научной конференции (Кацивели, 15–18 сентября 2014 г.). Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2014. С. 61–62. [Orekhova N. A., Kononov S. K. Analiz potokov kisloroda i serovodoroda na granitse donnykh otlozhenii Krymskogo poberezh'ya kak metod otsenki sostoyaniya akvatorii. In: *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy narashchivaniya morskogo resursnogo potentsiala yuga Rossii*: tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Katsiveli, 15–18 sentyabrya 2014). Sevastopol: EKOSI–Gidrofizika, 2014, pp. 61–62. (in Russ.).]
 14. Розанов А. Г., Вершинин А. В., Егоров А. В. Исследование химического обмена на границе вода–дно в Голубой бухте Чёрного моря // *Водные ресурсы*. 2010. Т. 37, № 3. С. 341–350. [Rozanov A. G., Vershinin A. V., Egorov A. V. Studing chemical exchange across the water-bed interface in Golubaya Bay, the Black Sea. *Vodnye resursy*, 2010, vol. 37, no. 3, pp. 341–350. (in Russ.).]
 15. Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж. *Мир микробов* : в 3 т. Москва : Мир, 1979. Т. 3. 486 с. [Steinier R., Edelberg E., Ingrem Dzh. *Mir mikrobov*: v 3 t. Moscow: Mir, 1979, vol. 3, 486 p. (in Russ.).]
 16. Чекалов В. П. Методические аспекты учета численности бактериобентоса в условиях сезонного колебания температур // *Вісник Дніпропетровського Університету : Біологія. Екологія*. 2012. Т. 20, № 7/1. С. 101–

107. [Chekalov V.P. Metodicheskie aspekty ucheta chislennosti bakteriobentosa v usloviyakh sezonnoy kolebaniya temperatur. *Visnik Dnipropetrovs'kogo Universitetu : Biologiya. Ekologiya*, 2012, vol. 20, no. 7/1, pp. 101–107. (in Russ.)].
17. Чекалов В.П. Эффект реверсного восстановления окраски метиленового синего и возможность его применения для оценки функционального состояния бактериальных сообществ // *Морской экологический журнал*. 2012. Т. 11, № 1. С. 74–80. [Chekalov V.P. Effect of reverse restoration of methylene blue colouring and opportunity of its application for estimation of functional ability of bacterial community. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2012, vol. 11, no. 1, pp. 74–80. (in Russ.)].
18. Юдин И.П. Современные подходы к оценке жизнеспособности бактерий с акцентом на феномене некультурабельности // *Annals of Mechnikov Institute*. 2007. № 3. С. 8–16. [Yudin I.P. Sovremennye podkhody k otsenke zhiznesposobnosti bakterii s aktsentom na fenomene nekul'turabel'nosti. *Annals of Mechnikov Institute*, 2007, no. 3, pp. 8–16. (in Russ.)].
19. Burns N.M. Oxygen depletion in the central and eastern basins of Lake Erie, 1970. *J. Fish. Res. Board Can.*, 1976, vol. 33, no. 3, pp. 512–519.
20. Colwell R.R. Bacterial death revisited. *Nonculturable microorganisms in the environment* Ed. D.J. Grimes. Washington, D. C. ASM Press, 2000, pp. 325–342.
21. Dale N.G. Bacteria in intertidal sediments: factors related to their distribution. *Limnol. Oceanogr.*, 1974, vol. 19, no. 3, pp. 509–518.
22. Froelich P.N., Klinkhammer G.P., Bender M.L., Luedtke N.A., Heath G.R., Cullen D., Dauphin P., Hammond D., Hartmann B. Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern equatorial Atlantic: suboxic diagenesis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1979, vol. 43, pp. 1075–1090.
23. Glud R.N., Gundersen J.K., Jorgensen B.B., Revsbech N.P., Schulz H.D. Diffusive and total oxygen uptake of deep-sea sediments in the eastern South Atlantic Ocean: in situ and laboratory measurements. *Deep-Sea Research*, 1994, vol. 41, pp. 1767–1788.
24. Schulz H.D. Quantification of early diagenesis: dissolved constituents in marine pore waters. In: *Marine Geochemistry*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2000, pp. 85–128.
25. Stahl H., Tengberg A., Brunnegard J., Bjornbom E., Forbes T.L., Josefson A.B., Kaberi H.G., Karle Hasselov I.M., Olsgard F., Roos P., Hall P.O.J. Factors influencing organic carbon recycling and burial in Skagerrak sediments. *Journal of Marine Research*, 2004, vol. 62, pp. 867–907.

Oxygen absorption in the oxidation of organic compounds in the coastal sediments of Sevastopol (the Black Sea)

V. P. Chekalov

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

E-mail: valch@mail.ru

The formation of the oxygen regime of water bodies is closely related to the intensity of the biological processes in the bottom sediments. The aim of this work was the defining the role of different groups of bacteria in the utilization of oxygen in the oxidation of organic compounds in the sediments of the coastal areas of Sevastopol, including using original methodological approaches. The total oxygen absorption of the bacterial community is considered as set of processes of aerobic utilization and oxidation of the reduced products of anaerobiosis. Oxygen absorbed in 0.01-cm surface layer is about 40 %. The values of oxygen flux through a unit surface of various mechanical composition of bottom sediments were quite comparable due to differences in the bacterial density and the depth of penetration of oxygen. The values of aerobic oxygen absorption changed from the mouth to the inner part of Sevastopol Bay from 2.69 to 1.82 $\text{mkgO}_2 \cdot \text{sm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Utilization rate of organic carbon in the surface layer of Sevastopol Bay sediments was evaluated within 1.57–2.76 $\text{mkgC} \cdot \text{sm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ and reached 1.13 and 0.34 in paleoriverbeds of Chernaya and Belbek. The production of reduced compounds in recalculation on H_2S ranged from 0.096 to 0.65 $\text{mkg} \cdot \text{sm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. The share of active anaerobic microflora of the maximum possible in conditions of real temperature was 7.5–87.5 % and oxyphilic — 0.2–31 %. Thus, the ratio of aerobic oxygen demand and, through metabolism products oxidation, anaerobic microbiota determines their potential contribution to processes of decomposition of organic matter. However, realization of this possibility is limited by the factors of actual oxygen content and temperature.

Keywords: sediments, oxygen consumption, bacteriobentos, Black Sea

УДК 582.261.1:581.4

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДВУХ ВИДОВ МОРСКИХ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ *NITZSCHIA VENTRICOSA* И *ARDISSONEA CRYSTALLINA* (BACILLARIOPHYTA)

© 2016 г. **К. И. Шоренко**¹, м. н. с., **Ю. А. Подунай**¹, м. н. с., **О. И. Давидович**¹, н. с.,
М. С. Куликовский², канд. биол. наук, в. н. с.

¹Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского — природный заповедник РАН, Феодосия, Россия

²Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия

E-mail: k_shorenko@mail.ru

Поступила в редакцию 20.10.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Актуальность работы обусловлена недостаточной изученностью проблемы понимания объёма видов диатомовых водорослей, особенно в условиях *in vitro*. Цель исследования — изучить морфологическую изменчивость в культурах двух видов морских пennisнанных диатомовых водорослей *Nitzschia ventricosa* Kitton и *Ardissonea crystallina* (C. Agardh) Grunow при помощи методов световой и сканирующей электронной микроскопии, а также оценить в эксперименте воздействие солёности на морфологические показатели панциря *A. crystallina*, использующиеся при диагностике вида; сделать сопутствующие таксономические замечания. Материалом послужили изоляты (клоны и альгологически чистые культуры), полученные в условиях *in vitro*: изоляты *N. ventricosa* — из природных популяций прибрежных районов Канарских островов, о-ва Мартиника и штата Техас (Мексиканский залив), изоляты *A. crystallina* — из бентосных проб в бухте Казачья (Севастополь, Чёрное море). Морфологическая изменчивость в культурах *N. ventricosa* и *A. crystallina* оказалась сопоставимой с данными, полученными на материале из природных популяций. Обнаруженная вариабельность изученных изолятов позволила уточнить морфологические особенности *N. ventricosa*. Варьирование в одном клоне *N. ventricosa* по числу штрихов и фибул оказалось выше, чем обнаруженное в альгологически чистых культурах этого вида. Широкая фенотипическая вариация створок в культурах *N. ventricosa* и *A. crystallina* сопоставима с данными, полученными *in situ*. Выявлена тенденция возрастания плотности расположения штрихов и ареол и уменьшения ширины клеток *A. crystallina* с увеличением солёности в эксперименте. При солёности 8 ‰ вегетативное деление замедлялось, культура погибала. С повышением уровня солёности увеличивались диапазоны варьирования числа штрихов *A. crystallina*.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, *Nitzschia ventricosa*, *Ardissonea crystallina*, морфологическая изменчивость

Изучение видовой и внутривидовой морфологической изменчивости является распространённой и приоритетной задачей систематики диатомовых водорослей [5, 12], т. к. позволяет уточнить диагнозы многих видов для целей флористики. Традиционно специалистами по систематике диатомовых водорослей используется подход *in situ* [3, 5, 7, 8, 16, 21–23, 25], тогда как применение подхода *in vitro* в отечественной диатомологии выполнялось сравнительно небольшим числом авторов [4, 6, 12, 15]. Виды *Nitzschia ventricosa* Kitton и *Ardissonea crystallina* (C. Agardh) Grunow — типично морские обитатели (полигалобы), имеющие широкое распространение в Мировом океане. Они регулярно обнаруживаются в бентосе и планктоне, однако в культурах не изучались.

Цели настоящего исследования: изучить морфологическую изменчивость в культурах двух видов морских пennisнанных диатомовых водорослей *N. ventricosa* и

A. crystallina; оценить в эксперименте воздействие солёности на морфологические показатели панциря *A. crystallina*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили изоляты (клоны и альгологически чистые культуры) двух широко распространённых видов морских пennisнанных диатомовых водорослей. Культуры *N. ventricosa* получены из бентосных проб, отобранных с глубины до 0.5 м на побережье Атлантического океана (о-в Ля Гомера, Канарские острова; Корпус-Кристи, Мексиканский залив) и Карибского моря (о-ва Мартиника). Альгологически чистая культура *A. crystallina* выделена из трёх бентосных проб в бухте Казачья (Севастополь, Чёрное море). Культуры выделялись микропипеточным способом [1] и выращивались в чашках Петри на среде ESAW при естественном освещении и температуре 20 °С. Под клоном (штаммом) понимается потомство, получен-

ное вегетативным путём от одной клетки. Под альгологически чистой культурой понимается группа клонов одного вида. Альгологически чистую культуру *A. crystallina* (состоящую из нескольких штаммов) после выделения физически разделили и выращивали параллельно при шести уровнях солёности (8, 12, 17, 30, 38 и 48 ‰) в течение двух месяцев. Для получения требуемой солёности исходную среду (36 ‰) разбавляли необходимым количеством дистиллированной воды или добавляли NaCl. Во избежание тератологических изменений сроки содержания культур в искусственных условиях до момента приготовления препаратов не превышали 2 месяцев [18]. Для определения верхнего размерного диапазона клеток проведены эксперименты по внутривидовому скрещиванию по стандартной методике и получены инициальные клетки. Панцири очищены от органического вещества путём кипячения на песчаной бане в 15–20 % растворе пергидроля. Микрофотографии панцирей получены при помощи сканирующего электронного микроскопа (SEM) Jeol Jsm-5600 в Институте биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина (ИБВВ РАН). Световые фотографии (LM) панцирей сделаны с постоянных препаратов с использованием микроскопа Olympus IX71, оборудованного устройством дифференциально-интерференционного контраста по Номарскому. Морфометрические показатели (плотность расположения фибул, ареол, штрихов и т. д.) оценены по микрофотографиям при помощи программы ImageJ v.1.45 (<http://imagej.net>). По каждому показателю осуществлено 20–30 измерений. Расчёт коэффициентов вариации (CV), средних значений и доверительных интервалов (ДИ) произведён с использованием программы Open Office Calc (<http://www.openoffice.org/ru/>).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вид *Nitzschia ventricosa* Kitton (рис. 1) первоначально обнаружен на побережье Гонконга (*locus typicus*) и описан в 1873 г. английским естествоиспытателем Ф. Киттоном [21]. В литературе существуют различные сведения по морфологии этого вида [20, 22, 25], что потребовало изучения типового материала (*syntypus*). Вид *N. ventricosa* габитуально и формой концов (рис. 1 А, Г) имеет сходство с *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow и *N. rectilonga* Takano, отличается наличием рёбер с внутренней стороны створки (рис. 1 А–В, Е, Ж), слабо различимых у живых клеток (рис. 1 Д). Отметим наличие у данного вида множественных хлоропластов (рис. 1 Д), сходных с таковыми у *N. longissima* и *N. rectilonga*. Данный факт резко отличает указанную группу от других близких представителей рода *Nitzschia*, имеющих, как правило, два хлоропласта [8]. В бентосе и планктоне Чёрного и Азовского морей вид *N. ventricosa* не отмечался [10, 11].

При ознакомлении с коллекционными материалами британского Музея естественной истории (Natural History Museum, London) установлено, что голотип *N. ventricosa* Ф. Киттоном не был обозначен, что открывает перспекти-

вы выделения синтипов. Авторами изучен слайд № 10365 из фондов Музея (коллекция Деби) с материалом данного вида из Гонконга. Материал в слайде признан аутентичным (*specimina authentica*) (рис. 1 Е, Ж). Исследование данного материала показало близость морфометрических характеристик (показателей длины, ширины, числа штрихов, фибул и ареол) изученных нами створок к данным, приводимым для других тихоокеанских популяций. По средним значениям полученные и изученные изоляты оказались морфологически близки друг другу (табл. 1). Однако популяции *N. ventricosa* отличались числом фибул в 10 мкм, габитуально образуя две хорошо отличающиеся группы с большим и меньшим числом фибул. Большее число фибул (верхний предел — 10–11 фибул в 10 мкм) оказалось характерно для тихоокеанской формы, меньшее (верхний предел — 6–8 фибул в 10 мкм) — для атлантической. При этом тихоокеанская форма является типовой [21]. Для видов рода *Nitzschia* число фибул и число штрихов считаются наиболее стабильными таксономическими признаками [7]. У изученных нами форм из тихоокеанских и атлантических популяций диапазоны числа фибул перекрывались лишь незначительно (табл. 1). В работе [25] место отбора проб не указано, однако по диапазону приводимых фибул вероятно принадлежность изученных створок к атлантической популяции. Ранее нами обнаружено, что даже небольшие морфологические отличия у видов группы *Nitzschiellae* могут приводить к видовой самостоятельности тихоокеанских и атлантических популяций необходимо использовать комплексный подход (с привлечением данных молекулярной и репродуктивной биологии).

Коэффициент вариации, рассчитанный для всех морфологических признаков, показал наименьшее варьирование по числу штрихов, а наибольшее — по длине створок (табл. 1). Данный факт иллюстрирует большую консервативность числа штрихов у видов рода *Nitzschia*, чем указывалось ранее [7]. Резкое отличие карибской популяции по диапазону длины створок и большему коэффициенту вариации объясняется произошедшим аутоксистообразованием, которое дало крупные инициальные клетки, учитываемые при расчётах. Особый интерес вызывает широкая, на наш взгляд, внутриклубовая морфологическая изменчивость у данного вида, т. е. один генотип при одинаковых условиях способен давать морфологические вариации, сопоставимые с данными, полученными на генетически вариабельном материале. Варьирование в одном клоне оказалось по числу штрихов и фибул даже несколько больше, чем обнаруженное в альгологически чистых культурах (табл. 1). Данный факт ранее отмечен для другого близкого вида — *N. rectilonga* Takano [13]. Известно, что клональная вариабельность растений имеет генотипическую и эпигенетическую природу [9], но для диатомовых водорослей этот вопрос разработан слабо. В связи с этим его проработка может дать интересный материал для изуче-

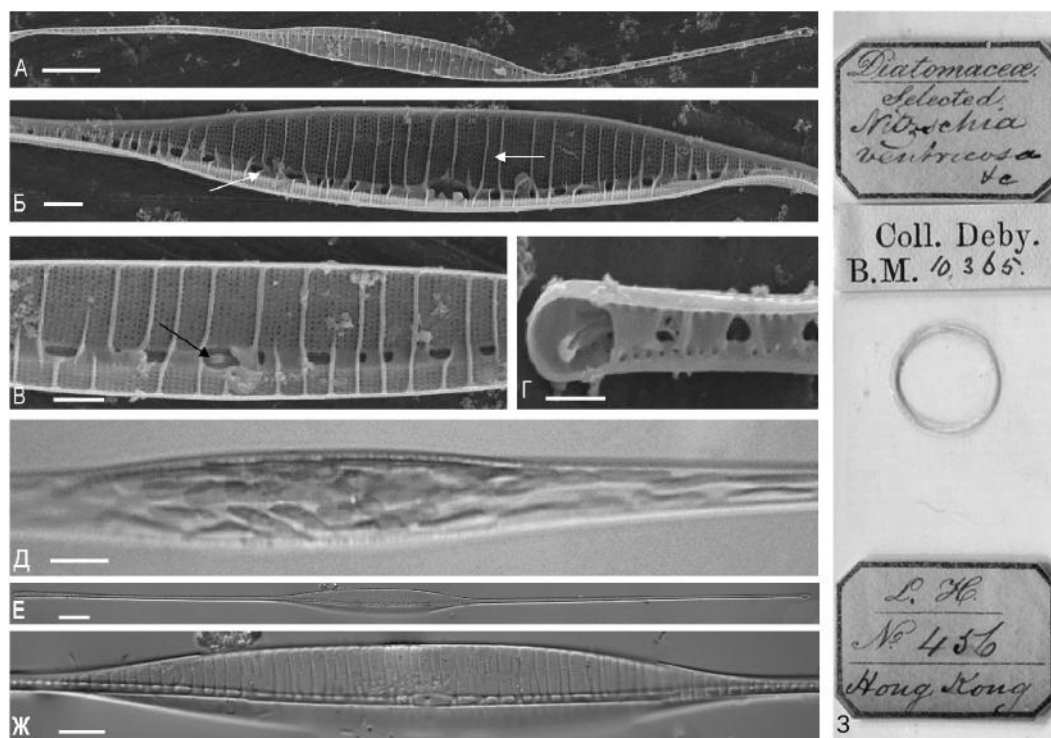


Рис. 1. Створки *Nitzschia ventricosa* из альгологически чистой культуры. А — общий вид створки (SEM). Масштаб 10 мкм. Б — центральная часть створки (SEM). Стрелками указано расположение фибул и штрихов. Масштаб 3 мкм. В — центральная часть створки (SEM). Стрелкой показан центральный узелок. Масштаб 2 мкм. Г — дистальный конец створки (SEM). Масштаб 2 мкм. Д — живая клетка с хлоропластами (LM). Масштаб 10 мкм. Е — общий вид створки из типовой популяции (*specimina authentica*) (LM). Масштаб 10 мкм. Ж — центральная часть створки из типовой популяции (*specimina authentica*) (LM). Масштаб 5 мкм. З — типовой слайд (*syntypus*)

Fig. 1. *Nitzschia ventricosa* valves from algological pure culture. А — the general view of the valve (SEM). Scale 10 μm. Б — central part of the valve (SEM). The arrows indicate location of fibulae and ribs. Scale 3 μm. В — the central part of the valve (SEM). The arrow shows the central nodule. Scale 2 μm. Г — distal valve end (SEM). Scale 2 μm. Д — the live cell with chloroplasts (LM). Scale 10 μm. Е — the general view of the valve from the type population (*specimina authentica*) (LM). Scale 10 μm. Ж — central part of the valve from the type population (*specimina authentica*) (LM). Scale 5 μm. З — type slide (*syntypus*)

ния эволюционных процессов в естественных популяциях.

Род *Ardissonea* De Notaris, 1870 был выделен итальянским ботаником Дж. де Нотарисом из рода *Synedra*. В литературе существует двойное написание данного рода (табл. 2). Нами изучены фотографии типового гербария (*exsiccatum*), содержащие первоначальное цитирование рода (рис. 2), в настоящее время признанное валидным (<http://algaebase.org>).

Вид *Ardissonea crystallina* (C. Agardh) Grunow (рис. 3) описан шведским ботаником К. А. Агардом в 1824 г. как *Diatoma crystallinum* C. Agardh. Типовой местностью (*locus typicus*) указана акватория *Sinus Codani* [16], что соответствует проливу Каттегат, расположенному между восточным берегом п-ва Ютландия и юго-западной частью Скандинавского полуострова. Вид *A. crystallina* (рис. 3 Е) обычно имеет головчатые утолщения (рис. 3 А), нежную микроструктуру створки (рис. 3 Б–Г) и множественные хлоропласты (рис. 3 Д). Данные, полученные при изучении альгологически чистой культуры *A. crystallina*, показыва-

ют, что вариабельность морфологических характеристик нескольких клонов сопоставима с таковыми вида из природных популяций.

Изучение альгологически чистой культуры дало возможность оценить полный диапазон морфологической изменчивости вида в относительно кратковременные сроки (табл. 2). Коэффициент вариации показал наименьшую изменчивость в числе штрихов, а наибольшую — в длине створки (табл. 2).

Культура *A. crystallina*, полученная из природной популяции Чёрного моря, по числу штрихов оказалась близка не к черноморской природной популяции, а к популяции из залива Шалёр (табл. 2). Для прояснения вопроса необходимо выполнить молекулярно-генетический анализ.

Влияние солёности на морфологию диатомовых водорослей в отечественной литературе изучено слабо [4, 14], в то время как в зарубежной литературе данный вопрос неоднократно разрабатывался [4, 17, 24]. На основе изучения ряда модельных видов Н. И. Караевой и С. К. Джа-

Таблица 1. Диапазоны варьирования некоторых морфологических признаков *Nitzschia ventricosa***Table 1.** The variation of some morphological characters of *Nitzschia ventricosa*

Собственные данные / Литературный источник	Распространение	Длина, мкм	Ширина, мкм	Число штрихов в 10 мкм	Число ареол в 1 мкм	Число фибул в 10 мкм
Популяция 1 (клоновая культура)	Атлантический океан, Мексиканский залив	159.0–294.0 (202.8 ± 29.5) CV = 25.7	6.3–8.2 (7.4 ± 0.4) CV = 9.5	31.1–35.3 (33.2 ± 0.6) CV = 3.3	3.3–4.4 (3.9 ± 0.2) CV = 7.7	3.2–8.3 (5.1 ± 0.7) CV = 25.5
Популяция 2 (альгологически чистая культура)	Карибское море, побережье о. Мартиника	112.0–616.0 (253.0 ± 76.3) CV = 75.4	5.6–7.1 (6.4 ± 0.3) CV = 11.8	32.3–34.7 (33.4 ± 0.4) CV = 2.1	3.6–5.0 (4.1 ± 0.2) CV = 9.8	4.3–6.3 (5.1 ± 0.3) CV = 11.8
Популяция 3 (альгологически чистая культура)	Атлантический океан, побережье Канарских о-вов	164.0–346.0 (206.2 ± 25.2) CV = 24.4	6.8–10.7 (8.3 ± 0.5) CV = 13.3	30.2–34.4 (32.8 ± 0.3) CV = 2.4	3.3–5.0 (3.8 ± 0.2) CV = 13.2	4.2–8.0 (5.8 ± 0.5) CV = 20.7
Типовой гербарный образец (<i>specimina authentica</i>)	Тихий океан, побережье Гонконга (<i>locus typicus</i>)	319.9	10.7	35.2	4.0	8.4
[19]	Атлантический океан, побережье юга Бразилии	230.6–295.8	10.2–12.0	—	—	—
[20]	Тихий океан, побережье Японии	191.5–272.8	7.8–10.8	30	—	8–11
[22]	Тихий океан, коралловые рифы о-ва Гуам	150	10	34	—	7–10
[25]	—	*–650	*–20	26–27	—	3–7

Примечание: — нет данных; * — нижнее пороговое значение не указано; CV — коэффициент вариации, %. В скобках дано среднее значение признака, ± 95 % ДИ

фаровой [4] сделан важный вывод об отсутствии специфического влияния на створки диатомовых. В эксперименте по влиянию солёности на створки *A. crystallina* нами установлено, что с увеличением солёности показатели плотности расположения штрихов и ареол проявляют тенденцию к возрастанию, а показатели ширины клеток — к уменьшению. Данные тенденции прослеживаются по средним значениям, хотя границы их доверительных интервалов перекрываются (рис. 4).

Размах диапазонов варьирования числа штрихов показал тенденцию к их увеличению с повышением уровня солёности, по остальным характеристикам чёткой закономерности не выявлено (табл. 3). Морфологических трансформаций формы створок при произрастании в культурах не выявлено. При различных показателях солёности тератологические изменения створок отсутствовали. При солёности 8 ‰ вегетативное деление было слабым, но солё-

ность 12 ‰ не приводила к таким последствиям. Данный факт объективно показывает соответствие нижней границы осмотической резистентности *A. crystallina* на уровне солёности 8 ‰. Вид обладает невысокой устойчивостью к опреснению, что отмечалось для других морских диатомовых [6] и объясняется отсутствием надёжных физиологических механизмов, обеспечивающих адаптацию к опреснению среды. Полученные данные важны для понимания ответных реакций гидробионтов, и в частности морских диатомовых водорослей, на изменения солёности среды. Ранее отмечено [14, 24], что ширина створки у видов рода *Nitzschia* увеличивается при повышении уровня солёности, а число штрихов в некоторых случаях уменьшается. Вид *A. crystallina* проявил прямо противоположную (зеркальную) закономерность, что обнаруживает зависимость направленности морфологических реакций для перфорированности и ширины створок. Изменение числа штрихов

Таблица 2. Диапазоны варьирования некоторых морфологических характеристик *Ardissonaea crystallina***Table 2.** The variation of some morphological characteristics of *Ardissonaea crystallina*

Собственные данные / Литературный источник	Распространение	Указанный таксон	Признак			
			длина, мкм	ширина, мкм	число штрихов в 10 мкм, шт.	число ареол в 1 мкм, шт.
Популяция 1 (альгологически чистая культура) 8–48 ‰	Чёрное море, Крым, Казачья бухта	<i>Ardissonaea crystallina</i> (C. Agardh) Grun.	65.0–678.0 (256.6 ± 35.4) CV = 37.0	9.8–15.8 (13.1 ± 0.6) CV = 13.7	13.4–16.5 (14.9 ± 0.2) CV = 4.7	2.0–2.9 (2.4 ± 0.1) CV = 8.3
[3]	Балтийское, Белое, Азовское, Чёрное, Каспийское моря, Сиваш; лиманы юга Украины, у берегов Швеции, Франции, Германии, у атлантического побережья Америки	<i>Synedra crystallina</i> (C. Agardh) Kütz.	95–260	11–16	11–13	—
[8]	Чёрное, Балтийское, Белое моря, Сиваш, европейские моря, опреснённые водоёмы	<i>Synedra crystallina</i> (C. Agardh) Kütz.	147–640	11–16	11–13	—
[16]	Пролив Каттегат (<i>locus typicus</i>)	<i>Diatoma crystallinum</i> (C. Agardh)	—	—	—	—
[22]	Тихий океан, коралловые рифы о-ва Гуам	<i>Ardissonaea crystallina</i> (C. Agardh) Grun.	220–350	11–16	16–19	—
[23]	Атлантический океан, залив Шалёр	<i>Ardissonia crystallina</i> (C. Agardh) Grun. var. <i>crystallina</i> Grun. et Cleve	175–537	10–15.5	13–16	2.5–2.7
[25]	—	<i>Ardissonia crystallina</i> (C. Agardh) Grun.	200–700	8–20	11	—

Примечание: CV — коэффициент вариации, %. В скобках дано среднее значение признака, ± 99 % ДИ

Таблица 3. Диапазоны варьирования некоторых морфологических характеристик *Ardissonaea crystallina*, содержащейся при разной солёности**Table 3.** The variation of some morphological characteristics of *Ardissonaea crystallina* at the different salinity

Солёность, ‰	Признак		
	ширина, мкм	число штрихов в 10 мкм, шт.	число ареол в 1 мкм, шт.
8	13.5–15.4 (R = 1.9)	13.8–15.1 (R = 1.3)	2.0–2.5 (R = 0.5)
12	12.7–15.8 (R = 3.1)	13.5–15.3 (R = 1.8)	2.0–2.5 (R = 0.5)
17	13.0–14.4 (R = 1.4)	13.4–15.6 (R = 2.2)	2.1–2.6 (R = 0.4)
30	11.2–15.0 (R = 3.8)	13.9–16.5 (R = 2.6)	2.2–2.8 (R = 0.6)
38	12.2–13.9 (R = 1.7)	13.8–16.6 (R = 2.8)	2.3–2.7 (R = 0.4)
48	11.4–13.8 (R = 2.4)	14.3–16.3 (R = 2.0)	2.3–2.8 (R = 0.5)

Примечание: R — размах вариации

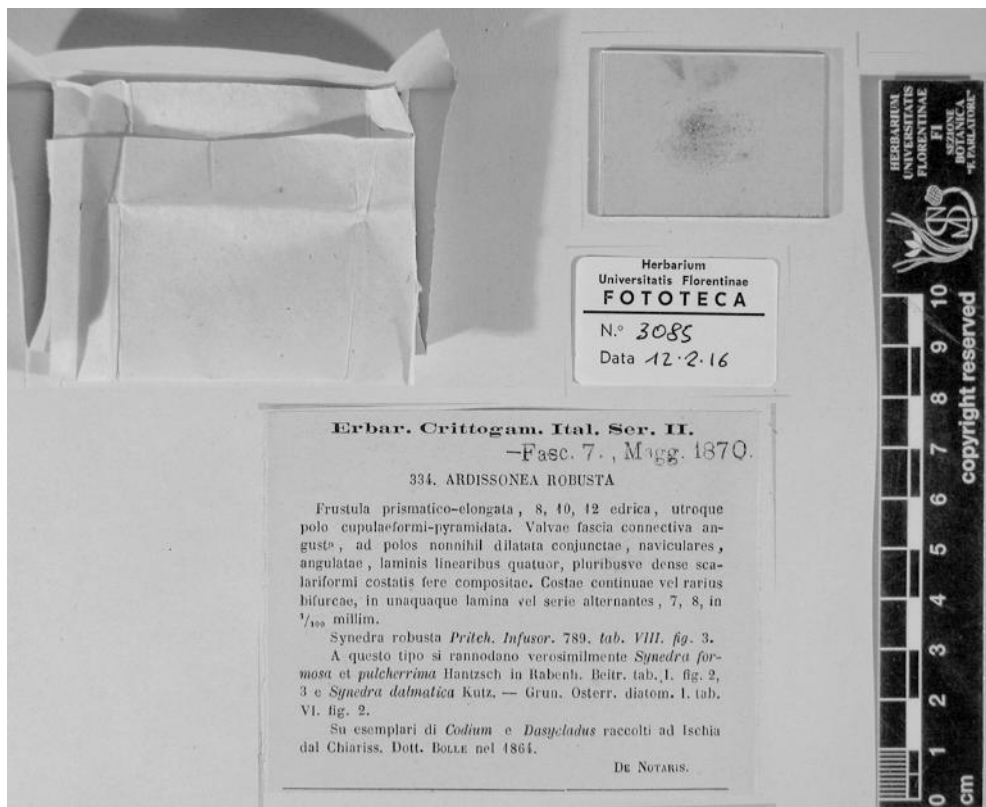


Рис. 2. Типовой гербарий (*exsiccatum*) с описанием *Ardissonaea robusta*

Fig. 2. The type herbarium (*exsiccatum*) with description of *Ardissonaea robusta*

и ареол у *A. crystallina* с увеличением уровня солёности согласуется с гипотезой о зависимости степени перфорированности панциря от физиологической активности клеток [2], связанной с осмотической плотностью среды.

Выводы:

1. Морфологическая изменчивость в клоновых и альгологически чистых культурах *Nitzschia ventricosa* и *Ardissonaea crystallina* оказалась сопоставимой с данными, полученными на материале из природных популяций.
2. По полученным в культурах ауксоспорам удалось оценить границу верхнего размерного диапазона клеток обоих видов. Для *N. ventricosa* она составила 616.0 мкм, для *A. crystallina* — 678.0.
3. Варьирование в одном клоне *N. ventricosa* по числу штрихов и фибул оказалось больше, чем обнаруженное в альгологически чистых культурах.
4. Показано, что *A. crystallina* способна вегетировать при солёности от 8 до 48 ‰.
5. Культура *A. crystallina*, полученная из природной популяции Чёрного моря, оказалась близка по числу штрихов к популяции с побережья Канады (залив Шалёр).
6. Содержание в культурах при разных показателях солёности на протяжении двух месяцев не привело к

значительным морфологическим изменениям клеток *A. crystallina*. При увеличении солёности в эксперименте плотность расположения штрихов и ареол *A. crystallina* проявляет тенденцию к возрастанию, а ширина клеток — к уменьшению. С увеличением солёности выявлено повышение широты диапазонов варьирования числа штрихов.

Благодарности. Авторы благодарны С. Трояно (Cecilia Troiano, Biblioteca Universitaria di Genova) за возможность изучить типовые гербарные материалы по роду *Ardissonaea*, проф. А. Витковски (Prof. Dr. Andrzej Witkowski, University of Szczecin, Poland) за предоставленные пробы, Джовите Ясильюрт (Dr. Jovita C. Yesilyurt, Natural History Museum, London, UK) за возможность изучить типовой слайд из коллекции британского Музея естественной истории по виду *N. ventricosa*, а также к. б. н. Н. А. Давидовичу (Карадагский заповедник РАН) и д. б. н. Е. Л. Невровой (ИМБИ РАН) за полезные комментарии по содержанию статьи.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-04-00237-а «Получение данных о репродуктивной биологии рода *Ardissonaea*, критически важных для понимания филогении диатомовых» и РНФ 14-14-00555 «Биогеография и систематика диатомовых водорослей Евразии: от концепции космополитизма к региональному эндемизму?» (данные по световой и сканирующей электронной микроскопии).

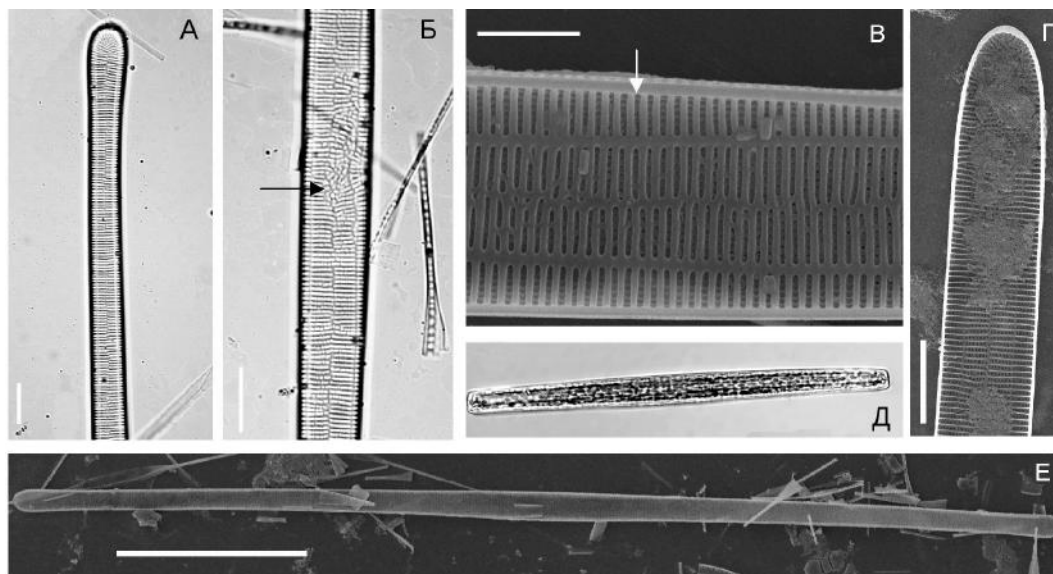


Рис. 3. Створки *Ardissonaea crystallina* из альгологически чистой культуры. А — конец створки (LM). Масштаб 10 мкм. Б — центральная часть створки (LM). Стрелкой показана хаотичность штрихов в центральной части створки. Масштаб 10 мкм. В — центральная часть створки с внутренней стороны (SEM). Стрелкой показаны ряды ареол. Масштаб 5 мкм. Г — конец створки с внутренней стороны (SEM). Масштаб 10 мкм. Д — живая клетка с хлоропластами. Масштаб 10 мкм. Е — общий вид створки с внутренней стороны (SEM). Масштаб 100 мкм

Fig. 3. *Ardissonaea crystallina* valves from algologically pure culture. А — the valve end (LM). Scale 10 μm . Б — the central part of valve (LM). The arrow indicates striae randomness in the central part of valve. Scale 10 μm . В — the middle part of the valve (SEM). The arrow shows the areola rows. Scale 5 μm . Г — the end of valve inside (SEM). Scale 10 μm . Д — live cell with chloroplasts. Scale 10 μm . Е — the whole valve inside (SEM). Scale 100 μm

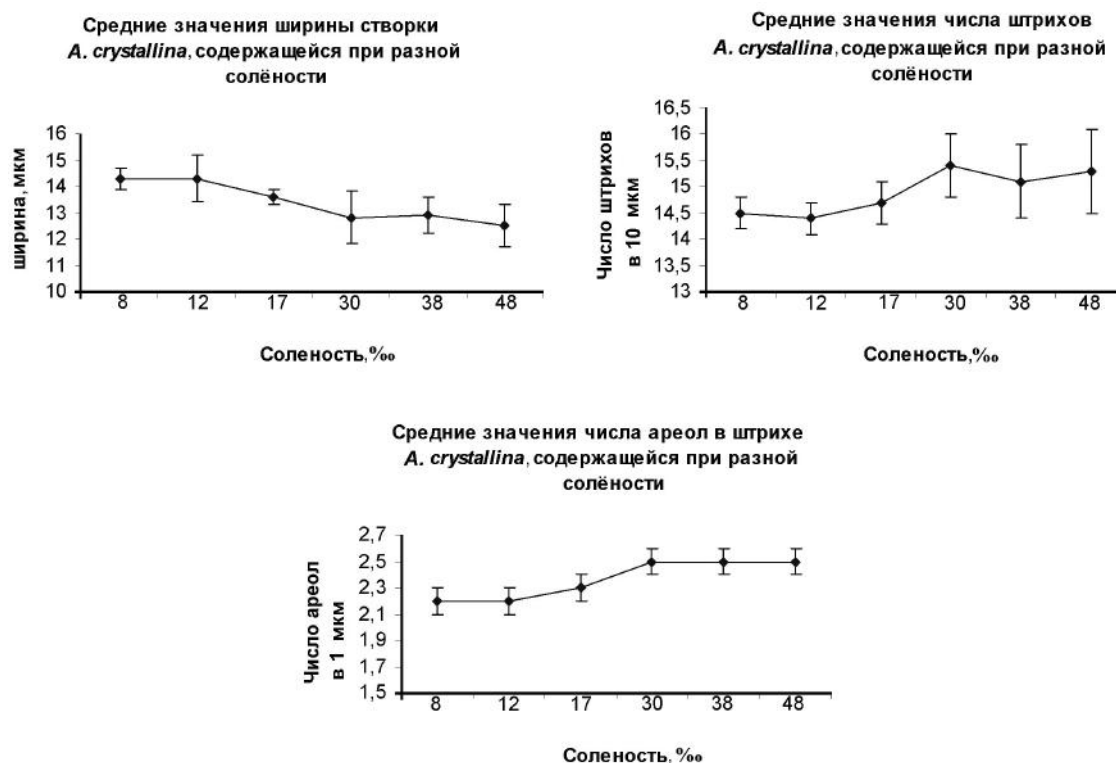


Рис. 4. Средние значения некоторых морфологических признаков *Ardissonaea crystallina* в зависимости от солёности. Вертикальными линиями отмечены границы 95 % ДИ

Fig. 4. Average values of some morphological characteristics of *Ardissonaea crystallina* under different salinity. The vertical lines mark the boundaries of the 95 % confidence interval

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Гайсина Л. А., Фазлутдинова А. И., Кабиров Р. Р. *Современные методы выделения и культивирования водорослей* : учебное пособие. Уфа : БГПУ, 2008. 152 с. [Gaisina L. A., Fazlutdinova A. I., Kabirov R. R. *Sovremennyye metody vydeleniya i kul'tivirovaniya vodoroslei*: uchebnoye posobie. Ufa: BGPU, 2008. 152 p. (in Russ.)].
2. Генкал С. И., Куликовский М. С., Стенина А. С. Изменчивость основных структурных элементов некоторых видов рода *Navicula* (Bacillariophyta) // *Биология внутренних вод*. 2007. № 2. С. 20–25. [Genkal S. I., Kulikovskiy M. S., Stenina A. S. Variability of main structural elements of a valve of some species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta). *Biologiya vnutrennikh vod*, 2007, no. 2, pp. 20–25. (in Russ.)].
3. Гусяков Н. Е., Загордонцев О. А., Герасимюк В. П. *Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Чёрного моря и прилегающих водоемов*. Киев : Наукова думка, 1992. 112 с. [Guslyakov N. E., Zakordonets O. A., Gerasimiyuk V. P. *Atlas diatomovykh vodoroslei bentosa severo-zapadnoi chasti Chernogo morya i prilgayushchikh vodoemov*. Kiev: Naukova dumka, 1992, 112 p. (in Russ.)].
4. Караева Н. И., Джафарова С. К. Экспериментальные исследования полигалобных Bacillariophyta в связи с солёностью среды // *Альгология*. 1993. Т. 3, № 2. С. 97–105. [Karaeva N. I., Dzhaifarova S. K. Experimental investigations of polygalobic Bacillariophyta in connection with medium salinity. *Al'gologiya*, 1993, vol. 3, no. 2, pp. 97–105. (in Russ.)].
5. Макарова И. В. О принципах видовой и внутривидовой систематики у диатомовых водорослей // *Ботанический журнал*. 1974. Т. 59, № 2. С. 283–295. [Makarova I. V. On the principles of specific and intraspecific taxonomy in diatomous algae. *Botanicheskii zhurnal*, 1974, vol. 59, no. 2, pp. 283–295. (in Russ.)].
6. Маркина Ж. В., Айздайчер Н. А. Влияние снижения солёности на рост и некоторые биохимические показатели *Chaetoceros socialis* f. *radians* (F. Schutt) Proshk.-Lavr. (Bacillariophyta) // *Альгология*. 2010. Т. 20, № 4. С. 402–412. [Markina Zh. V., Aizdaicher N. A. Desalination influence on the growth and certain biochemical characteristics of the *Chaetoceros socialis* f. *radians* (F. Schutt) Proshk.-Lavr. (Bacillariophyta). *Al'gologiya*, 2010, vol. 20, no. 4, pp. 402–412. (in Russ.)].
7. Михайлов В. И. Оценка значимости таксономических признаков видов рода *Nitzschia* (Bacillariophyta) // *Ботанический журнал*. 1982. Т. 67, № 8. С. 1090–1094. [Mikhailov V. I. The evaluation of the taxonomical of the species of the genus *Nitzschia* (Bacillariophyta). *Botanicheskij zhurnal*, 1982, vol. 67, no. 8, pp. 1090–1094. (in Russ.)].
8. Прошкина-Лавренко А. И. *Диатомовые водоросли бентоса Чёрного моря*. Москва ; Ленинград : АН СССР, 1963. 244 с. [Proshkina-Lavrenko A. I. *Diatomovye vodorosli bentosa Chernogo morya*. Moscow ; Leningrad: AN SSSR, 1963, 244 p. (in Russ.)].
9. Рябушкина Н. А. Клональная и микроклональная изменчивость растений // *Биотехнология. Теория и практика*. 2014. № 2. С. 17–27. [Ryabushkina N. A. Clonality and samoclonal variations in plants. *Biotehnologiya. Teoriya i praktik*, 2014, no. 2, pp. 17–27. (in Russ.)]; doi:10.11134/btp.2.2014.3.
10. Рябушко Л. И. *Микроводоросли бентоса Чёрного моря (Чек-лист, синонимика, комментарий)*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 143 с. [Ryabushko L. I. *Mikrovodorosli bentosa Chernogo morya (Chek-list, sinonimika, kommentarii)*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2006, 143 p. (in Russ.)].
11. Рябушко Л. И., Бондаренко А. В. *Микроводоросли планктона и бентоса Азовского моря (Чек-лист, синонимика, комментарий)*. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. 211 с. [Ryabushko L. I., Bondarenko A. V. *Mikrovodorosli planktona i bentosa Azovskogo morya (Chek-list, sinonimika, kommentarii)*. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2011, 211 p. (in Russ.)].
12. Чепурнов В. А., Манн Д. Д. Изучение жизненных циклов и репродуктивного поведения диатомовых водорослей в Карадагском природном заповеднике // *Карадаг. История, биология, археология : сборник научных трудов, посвященный 85-летию Карадагской биологической станции им. Т. И. Вяземского* / ред. А. Л. Морозова, В. Ф. Гнубкин. Симферополь : «Сонат», 2001. С. 159–175. [Chepurnov V. A., Mann D. D. Izuchenie zhiznennykh tsiklov i reproductivnogo povedeniya diatomovykh vodoroslei v Karadagskom prirodnom zapovednike. In: *Karadag. Istoriya, biologiya, arkheologiya: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 85-letiyu Karadagskoi biologicheskoi stantsii im. T. I. Vyazemskogo*. A. L. Morozova, V. F. Gnyubkin (Eds.). Simferopol: «Sonat», 2001, pp. 159–175. (in Russ.)].
13. Шоренко К. И., Давидович Н. А., Куликовский М. С. Изменчивость морфологических и структурных элементов панциря в генетически однородных и разнородных группах диатомовой водоросли *Nitzschia rectilonga* Takano, 1983 (Bacillariophyta) // *Биология моря*. 2014. Т. 40, № 5. С. 364–378. [Shorenko K. I., Davidovich N. A., Kulikovskiy M. S. The variability of the morphological and structural elements of the frustule in genetically homogeneous and heterogeneous groups of the diatom *Nitzschia rectilonga* Takano, 1983 (Bacillariophyta). *Biologiya morya*, 2014, vol. 40, no. 5, pp. 364–378. (in Russ.)] ; doi:10.1134/S1063074014050083.
14. Шоренко К. И., Давидович Н. А., Давидович О. И. Влияние солёности на морфологические характеристики панцирей двух близких видов диатомовых

- водорослей *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow и *N. rectilonga* Takano // *Морской экологический журнал*. 2014. Т. 13, № 3. С. 75–80. [Shorenko K. I., Davidovich N. A., Davidovich O. I. Effect of salinity on the morphological characteristics of the two closely related species of diatom *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow and *N. rectilonga* Takano. *Morskoj ekologicheskij zhurnal*, 2014, vol. 13, no. 3, pp. 75–80. (in Russ.)].
15. Шоренко К. И., Давидович Н. А., Куликовский М. С., Давидович О. И. Видовые границы и особенности биогеографии двух близких видов диатомовых водорослей *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow и *N. rectilonga* Takano // *Биология внутренних вод*. 2016. № 1. С. 21–29. [Shorenko K. I., Davidovich N. A., Kulikovskiy M. S., Davidovich O. I. The species boundaries and biogeography of two closely related diatom species: *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grunow, 1862 and *N. rectilonga* Takano, 1983. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2016, vol. 9, no. 1, pp. 21–29. (in Russ.)] ; doi:10.1134/S1995082916010156.
 16. Agardh C. A. *Systema algarum*. Berlingianis, 1824. 312 p. (in Latin).
 17. Balzano S., Sarno D., Ekooistra W. H. C. Effect of salinity on the grown rate and morphology of ten *Skeletonema* strains. *Journal of Plankton Research*, 2011, vol. 33, iss. 6, pp. 937–945. doi:10.1093/plankt/fbq150.
 18. Falasco E., Bona F., Badino G., Hoffmann L., Ector L. Diatom teratological forms and environmental alterations: a review. *Hydrobiologia*, 2009, vol. 623, iss. 1, pp. 1–35 ; doi:10.1007/s10750-008-9687-3.
 19. Fernandes L. F., Brandini F. P., Gutseit K. S., Fonseca A. L., Pellizari F. M. Benthic diatoms growing on glass slides in the Paranaguá Bay, Southern Brazil: taxonomic structure and seasonal variation. *Florianópolis*, 1999, vol. 28, pp. 53–100.
 20. Kawamura T., Hirano R. Notes on attached diatoms in Aburatsubo bay, Kanagawa prefecture, Japan. *Bulletin Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory*, 1989, no. 51, pp. 41–73.
 21. Kitton F. A description of some new species of Diatomaceae. *Monthly Microscopical Journal*, 1873, vol. 10, no. 5, pp. 205–207.
 22. Lobban C. S., Schefter M., Jordan R. W., Arai Y., Sasaki A., Theriot E. C., Ashworth M., Ruck E. C., Pennesi Ch. Coral-reef diatoms (Bacillariophyta) from Guam: new records and preliminary checklist, with emphasis on epiphytic species from farmer-fish territories. *Micronesica*. 2012, vol. 43, no. 2, pp. 237–479.
 23. Poulin M., Cardinal A., Bérard-Therriault L. *Ardissonea crystallina* (Bacillariophyceae): une cryst en microscopie électronique à balayage des crystall structuraux des valves. *Canadian Journal of Botany*, 1987, no. 65, pp. 2686–2689. (in French).
 24. Trobajo R., Rovira L., Mann D. G., Cox E. J. Effect of salinity on growth and on valve morphology of five estuarine diatoms. *Phycologia Research*. 2011, vol. 59, iss. 2, pp. 83–90 ; doi:10.1111/j.1440-1835.2010.00603.x.
 25. Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. *Diatom Flora of Marine Coast. Vol. 7. I. Iconographia Diatomologica*. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G., 2000, 925 p.

Morphological variation of two marine diatom species, *Nitzschia ventricosa* and *Ardissonea crystallina* (Bacillariophyta)

K. I. Shorenko¹, Yu. A. Podunay¹, O. I. Davidovich¹, M. S. Kulikovskiy²

¹Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of RAS, Feodosia, Russian Federation

²Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russian Federation

E-mail: k_shorenko@mail.ru

The relevance of the article is caused by insufficient knowledge of the problem of understanding of the diatoms species scope, particularly *in vitro*. The aim of the research is to study the morphological variability in cultures of two species of marine pennate diatoms, *Nitzschia ventricosa* and *Ardissonea crystallina* using methods of light and scanning electron microscopy. In addition we assessed the impact of salinity on morphological parameters of *A. crystallina* valves in the experiment, which is used in the diagnosis of the type. The material for investigation were isolates (algological pure cultures and clones) obtained *in vitro*. *N. ventricosa* isolates were received from natural populations collected at coasts of Canary Islands, Islands of Martinique and Texas (Gulf of Mexico). The clones of *A. crystallina* were allocated from benthic samples in Kazachya Bay (Sevastopol, the Black Sea). The culture was established with the micropipette way and grown in Petri dishes on ESAW media with natural light at a temperature of 20 °C. We refer to a clone (strain) as vegetative offspring derived from a single cell, while the algological pure culture is a group of clones of the same species. The algological pure culture of *A. crystallina* (consisting of several strains) was physically separated and grown in parallel with six levels of salinity (8, 12, 17, 30, 38 and 48 ‰) for two months. To obtain the required initial salinity the medium salinity (36 ‰) was diluted with the necessary amount of distilled water, or NaCl was added. The terms of keeping of cultures in artificial conditions until the preparation of drugs were no more than 2 months longer, in order to avoid teratological changes. The species *Nitzschia ventricosa* was originally discovered on the coast

of Hong Kong and described in 1873 by the British naturalist F. Kitton. In the Black and Azov seas' benthos and plankton the species *N. ventricosa* was not observed. While studying the collected materials of the British Natural History Museum (London), the holotype of *N. ventricosa* was not marked by F. Kitton. The slide № 10365 from the collections of the British Museum (Collection Deby), with this type of material from Hong Kong, was studied. The material in the slide was decided to be authentic (*specimina authentica*). The material showed the proximity of morphometric characteristics of the valves. Data was compared to the ones given from other Pacific populations. The species *Ardissonea crystallina* (C. Agardh) Grunow was described by Swedish botanist C. Agardh in 1824 as *Diatoma crystallinum* C. Agardh. The type locality (*locus typicus*) are the waters of Sinus Codani, which corresponds to Kattegat Strait, located between the East coast of the Jutland peninsula and the south-western part of the Scandinavian Peninsula. Both species are widely distributed in the oceans and are found regularly in the benthos and plankton, however, they have not been studied in cultures. The following conclusions were obtained: **1.** Morphological variability in cultures of *N. ventricosa* and *A. crystallina* was comparable with those obtained on the material from natural populations. **2.** We managed to get both types of auxospore in the cultures that allowed us to estimate the upper limit of the size range of both types of cells. For *N. ventricosa* it was 616.0 µm, for *A. crystallina* the maximum length was 678.0 µm. **3.** The variation of number of striae and fibulae in one clone of *N. ventricosa* was higher than in pure cultures. **4.** It has been shown that *A. crystallina* was able to live while salinity was from 8 to 48 ‰. **5.** The *A. crystallina* culture derived from natural population of the Black Sea, was close to the number of striae to the population from the coast of Canada (Shalër Bay). **6.** The content of the cultures at different rates of salinity for two months has not led to significant morphological changes of *A. crystallina* cells. There was no effect of salinity on qualitative morphological features of *A. crystallina*. With an increase of salinity in the experiment arrangement density of striae and areolae of *A. crystallina* tend to increase, and the width of the cell — to decrease. With the increase of salinity, an increase of the breadth ranges of the striae number variation was observed.

Keywords: diatoms, *Nitzschia ventricosa*, *Ardissonea crystallina*, morphological variability

*ИСТОРИЧЕСКИЕ ХРОНИКИ*

УДК 656.612

**А. О. КОВАЛЕВСКИЙ — БЛЕСТЯЩЕГО ИМЕНИ СЛАВНАЯ ДИНАСТИЯ
КОРАБЛЕЙ НАУКИ**© 2016 г. **С. М. Игнатъев**, канд. биол. наук, с. н. с.

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

E-mail: s-ignat2004@mail.ru

Поступила в редакцию 11.11.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Почти век, сменяя друг друга, служили отечественной морской науке исследовательские суда, носившие на борту имя А. О. Ковалевского. По количеству судов это — самая длинная корабельная династия в научном флоте, на примере которой можно проследить основные этапы его становления. На основании анализа архивных источников для каждого из судов приводятся исторические данные и важнейшие результаты экспедиционных изысканий.

Ключевые слова: научно-исследовательские суда, гидробиологические исследования, история, Чёрное море

В истории науки есть личности, научный и человеческий авторитет которых непрерываемо для современников и потомков. Для морской биологии это — **Александр Онуфриевич Ковалевский** (19.11.1840–22.11.1901 гг.), всемирно известный биолог-эволюционист, основоположник сравнительной эмбриологии и физиологии беспозвоночных, один из основателей экспериментальной гистологии, академик Императорской АН (1890 г.). Своими эмбриологическими и гистологическими работами А. О. Ковалевский доказал наличие родственных связей между разными группами беспозвоночных животных, показав тем самым конкретные пути эволюции животного мира. Он установил общие закономерности повторения в процессе развития эмбриона черт предшествующих форм (закон эмбрионального единства, или закон зародышевых листков). А. О. Ковалевский был одним из инициаторов создания русских морских станций и первым директором Севастопольской биологической станции (СБС), которую возглавлял до самой смерти. Активно ходатайствовал о передаче станции в ведение Императорской академии наук, чем спас её от финансового краха. Александр Онуфриевич умер, выбывая для неё средства, от приступа грудной жабы, который случился у него в приемной Товарища Министра народного просвещения. Имя А. О. Ковалевского носит Орден Трудового Красного Знамени Институт морских биологических исследований РАН (до 2014 г. — Институт биологии южных морей Национальной академии наук Украины; до 1963 г. — Севастопольская биологическая

станция) (рис. 1). 21.09.1971 г. перед зданием Института был установлен его бюст работы скульптора С. А. Чижова (рис. 2). Имя А. О. Ковалевского носят также подводная банка в Средиземном море и 6 видов морских беспозвоночных животных. Вклад учёного в становление отечественной морской биологии настолько велик, что появление имени «Александр Ковалевский» на борту исследовательских судов было логическим и закономерным процессом. Корабли с этим названием числились в составе отечественного научного флота более 90 лет:

- парусно-моторный бот Севастопольской биологической станции «Александр Ковалевский» (1905–1928 гг.) (рис. 3);
- парусно-моторная шхуна «Александр Ковалевский» Мурманской биологической станции (1907–1932 гг.) (рис. 4);
- парусно-моторная шхуна «Александр Ковалевский» Севастопольской биологической станции (1929–1942 гг.) (рис. 5);
- научно-исследовательское судно Института биологии южных морей «Академик А. Ковалевский» (1949–1997 гг.) (рис. 6).

Четыре судна, носивших на борту славное имя учёного и имеющих в своей судьбе много занимательных фактов, отразили своей историей основные подходы к созданию отечественных исследовательских судов. Замечу, что в составе отечественного флота был ещё один «Ковалевский», к науке, правда, отношения не имеющий: под таким назва-

нием с 1920 по 1921 г. числился в Морских силах Чёрного моря катер-тральщик.



Рис. 1. А. О. Ковалевский. Мемориальные доски на здании Института

Fig. 1. A. O. Kovalevsky. Memorial plaques on the Institute building

К сожалению, корабли науки зачастую оказываются в тени тех научных результатов, которые получены с их помощью. Фрагментарная информация, разбросанная в специальной литературе, часто недоступна для историков. При этом естествоиспытатели обычно мало обращают внимания на специфику судна, на котором проводятся работы. И как результат — отсутствие описаний экспедиционных судов, принимавших участие в изысканиях. И хотя исследования последних лет [5] во многом ликвидируют этот пробел, многие страницы нашей славной истории остаются неопианными.

В основу создания описаний кораблей и судов, представляющих династию «Ковалевских», положена единая система корабельных справочников [1, 2]. Использована максимально доступная информация, подвергнутая кри-

стическому анализу. Это связано с тем, что в существующих описаниях имеется много неточностей и даже противоречий. Все графические реконструкции, приводимые в работе, выполнены А. В. Ивановым с оригинальных фотографий, фотографии — из личной коллекции автора. Даты после 14 февраля 1918 г. приведены по новому стилю.



Рис. 2. Бюсты А. О. Ковалевского в ИМБИ РАН. 1 — работы Е. С. Зерновой (1956); 2 — работы С. А. Чиж (1971)

Fig. 2. Busts of A. O. Kovalevsky in IMBI RAS. 1 — Work of E. S. Zernova (1956); 2 — work of S. A. Chizh (1971)

Парусно-моторный бот Севастопольской биологической станции «Александр Ковалевский» (1905–1928). Первое специальное экспедиционное судно на Чёрном море.

Севастопольская биологическая станция по времени своего образования (1871 г.) — первая в России и третья в мире морская станция (её предшественниками являются французские станции Конкарно и Аркашон, 1860 и 1863 гг. соответственно). До 1891 г., когда была приобретена «4-вёсельная шлюпка, оснащённая съёмной мачтой и разрезным парусным вооружением», она не имела своих плавсредств и довольствовалась «наймными для каждой экскурсии яликами». В отчёте о деятельности СБС за 1892–1893 гг. её заведующий А. А. Остроумов (1893) признаёт, что «к приобретению станцией в собственность судна с паровым или электрическим двигателем вынуждают условия распределения животных в Чёрном море». В 1896 г. на пожертвования (500 руб.) Н. А. Кеппена был приобретён старый парусный бот, «могущий служить передвижной станцией от Балаклавы до Севастополя». Покупка для СБС «крытого судна в 5–6 сажений, парусного с подсобным двигателем, могущего служить плавучей лабораторией для отдалённых поездок и исследований», планировалась к октябрю 1903 г. и задерживалась только выбором подходящего судна. На этот выбор во многом повлияло увлечение яхтами заведующего станцией С. А. Зернова, который был активным членом Севастопольского Императорского яхт-клуба и даже членом его гоночной комиссии. Парусно-моторный бот «Александр Ковалевский» был приобретён СБС в начале 1905 г. (не позднее апреля). Его стоимость (3000 руб.) покрыли за

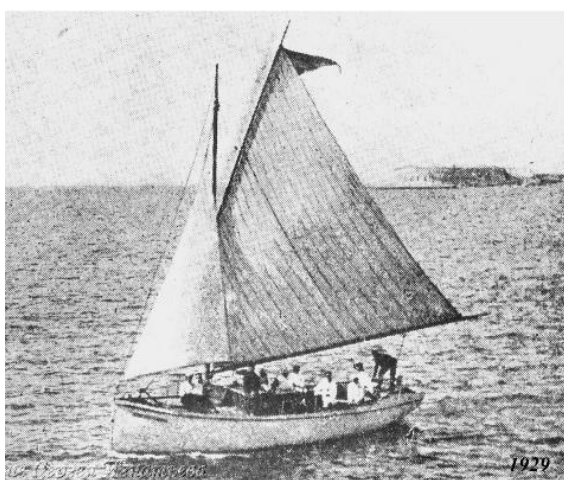
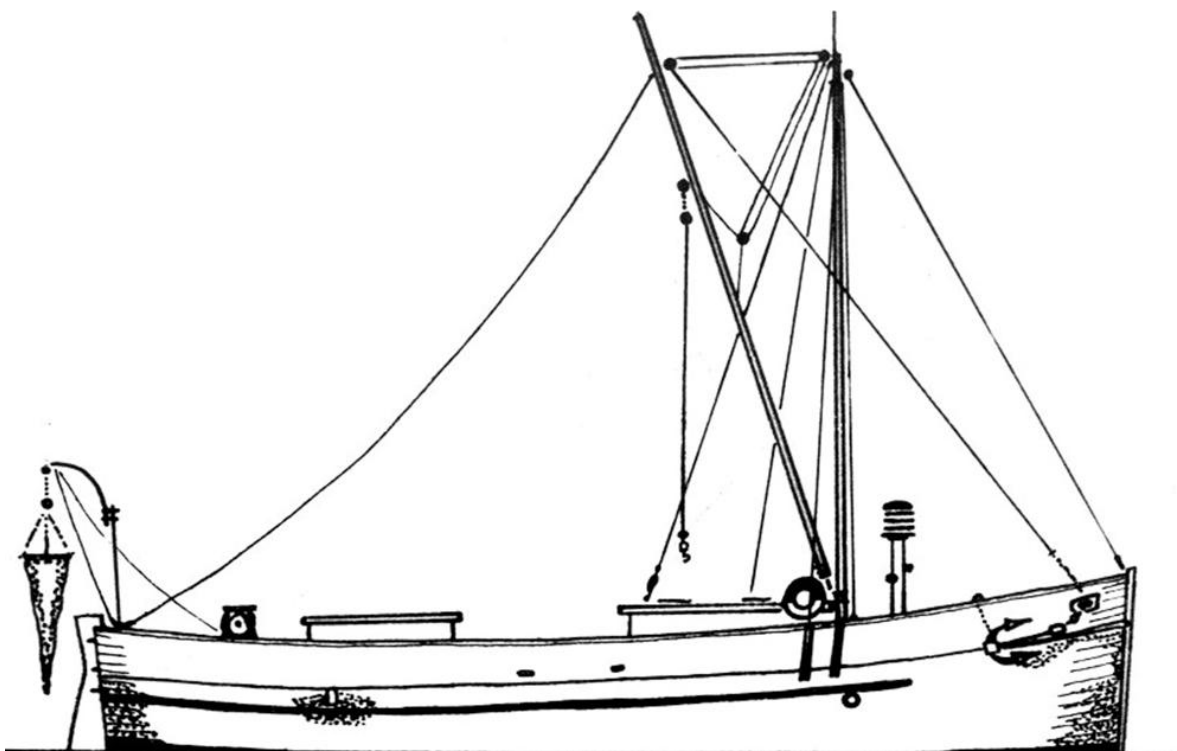
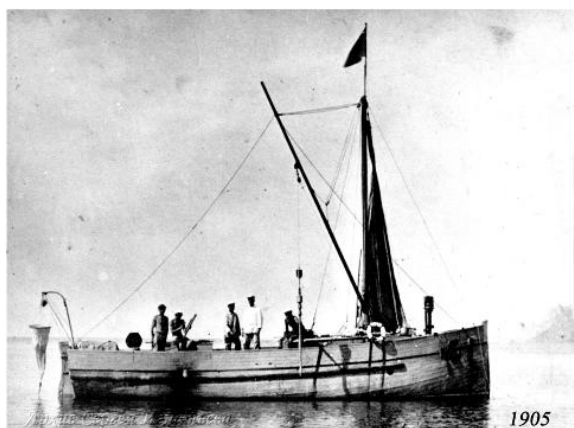


Рис. 3. Парусно-моторный бот Севастопольской биологической станции «Александр Ковалевский» (1905–1928)

Fig. 3. Sail-motor boat “Alexander Kovalevsky” of Sevastopol biological station (1905–1928)

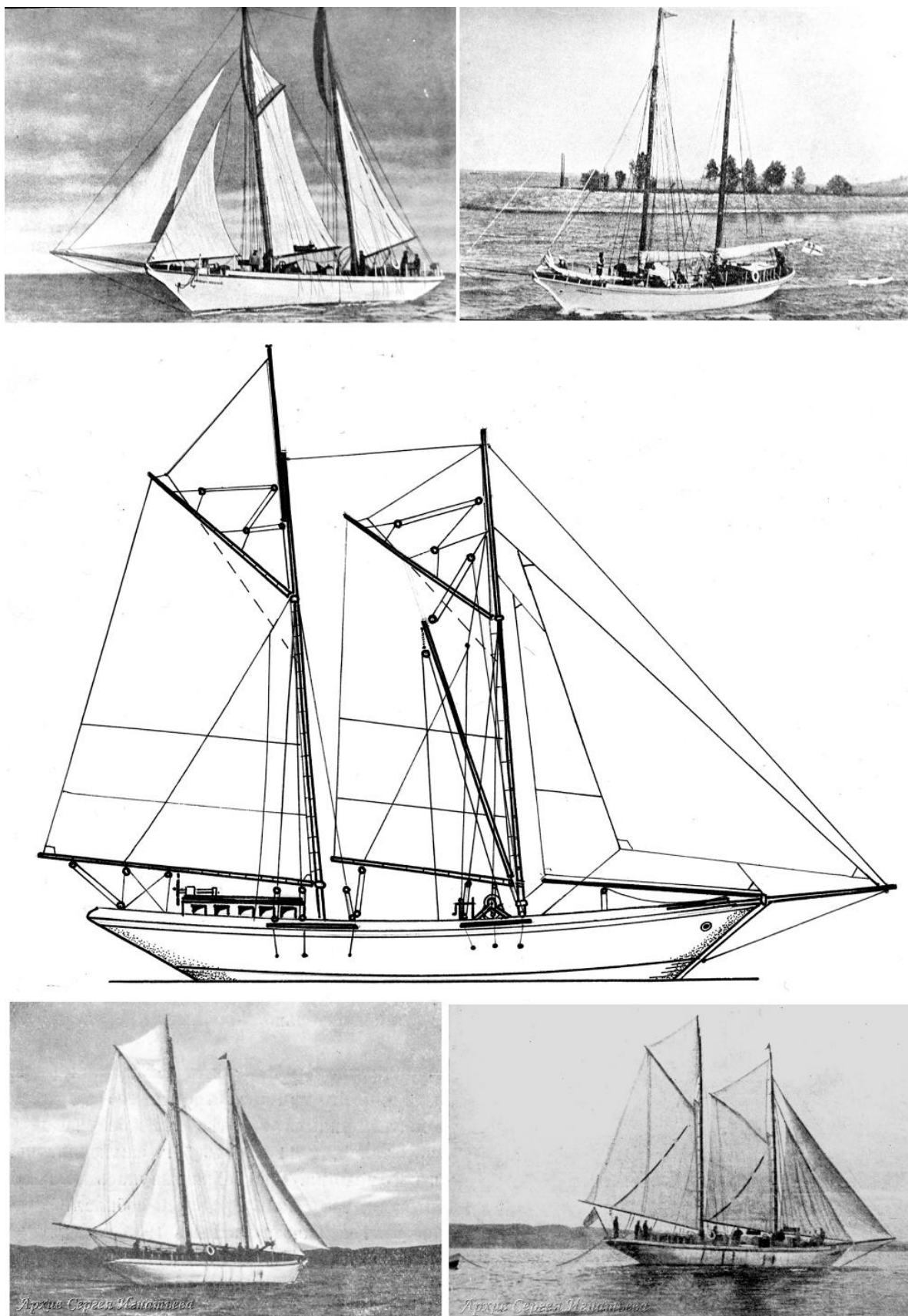


Рис. 4. Парусно-моторная шхуна Мурманской биологической станции «Александр Ковалевский» (1907–1932)

Fig. 4. Sail-motor schooner "Alexander Kovalevsky" of Murmansk biological station (1907–1932)

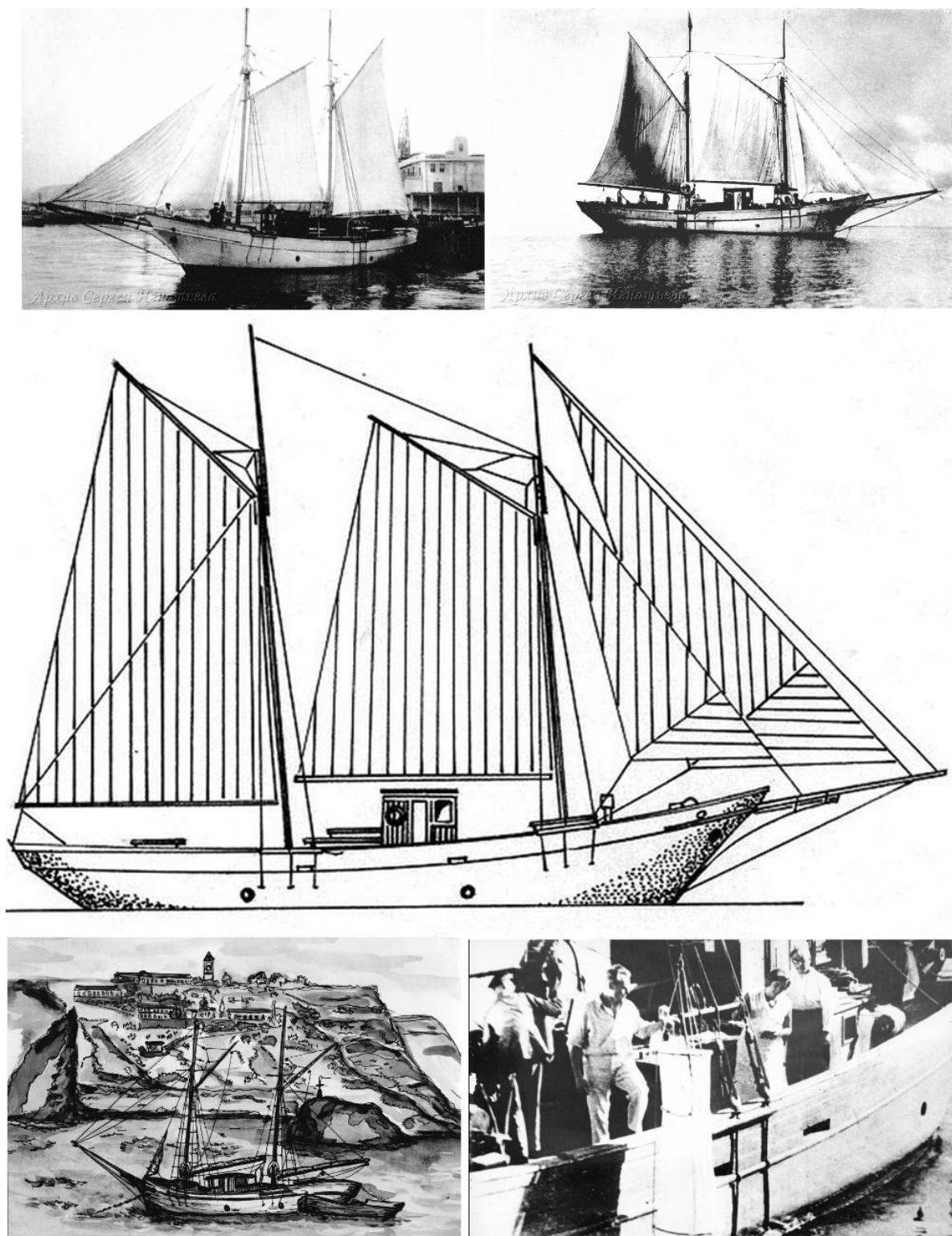


Рис. 5. Парусно-моторная шхуна Севастопольской биологической станции «Александр Ковалевский» (1929–1942)

Fig. 5. Sail-motor schooner “Alexander Kovalevsky” of Sevastopol biological station (1929–1942)

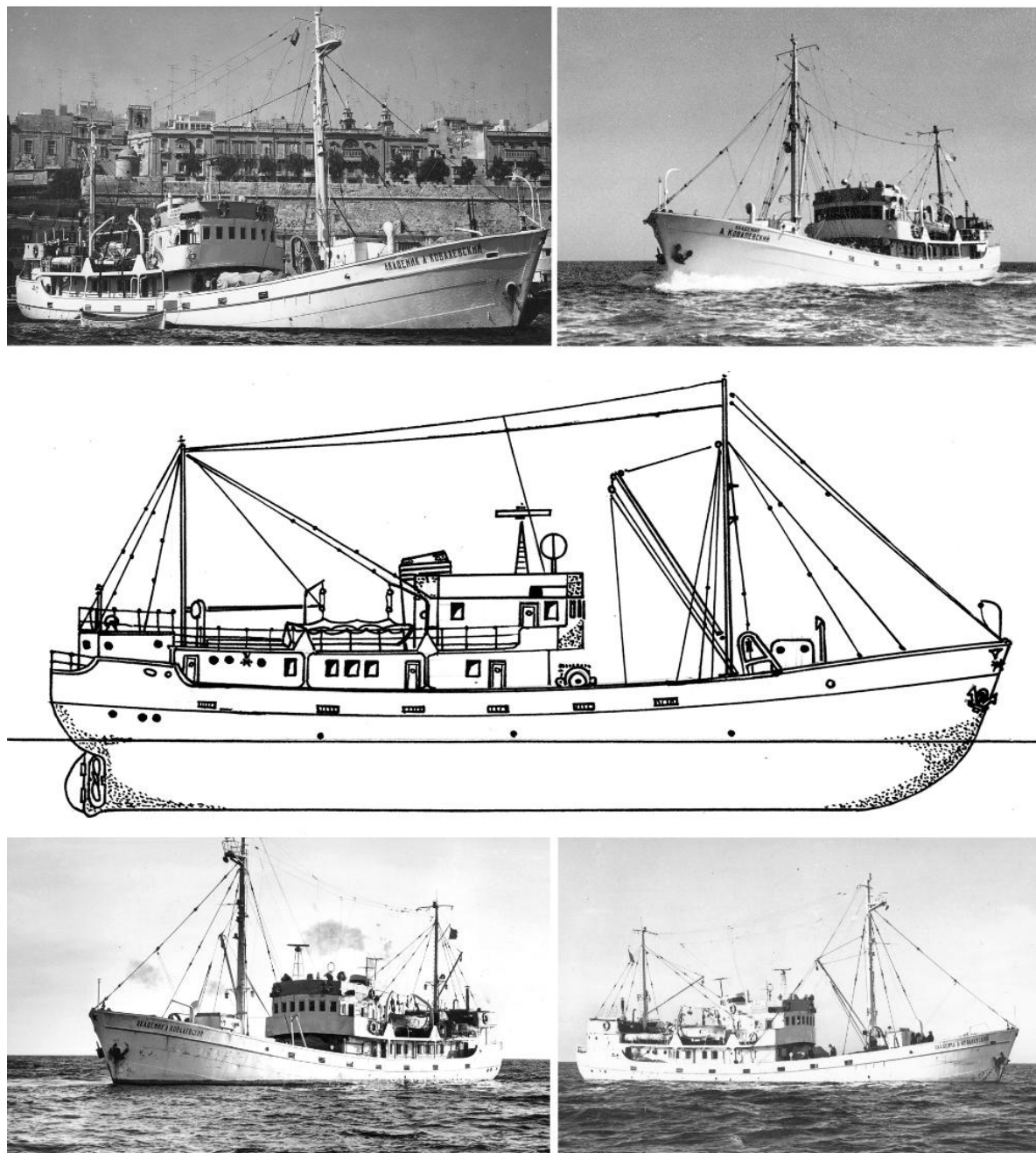


Рис. 6. Научно-исследовательское судно Института биологии южных морей АН УССР «Академик А. Ковалевский» (1949–1998)

Fig. 6. Research vessel “Academic A. Kovalevsky” of Institute of Biology of the Southern Seas A.Sc of UkrSSR (1949 – 1998)

счёт средств, выделенных Императорской академии наук, и средств, полученных как плата с посетителей аквариума. Для использования «*аквариальных денег*» на свои нужды станции пришлось испросить специальное разрешение от Городской думы, которая долгое время не позволяла брать плату с посетителей (по 30 копеек с человека). При этом «*дети и нижние чины флота*» посещали Аквариум бесплатно.

Бот построили в 1904 г. в мастерской Петровского яхт-клуба (Санкт-Петербург) по чертежам П. Д. Родионова. Хотя проект экспедиционного бота считался неплохим, само судно было «*построено крайне неудачно*» и к 1911 г., по мнению С. А. Зернова, было «*никуда не годно*». Основным назначением судна был сбор зоологических материалов для станции и пополнения музейных фондов. Кроме штатных сотрудников в этих работах принимали участие студенты, практиканты и стажировавшиеся, которые имели возможность ознакомиться с методами гидробиологических исследований и характером морских биоценозов. Экспедиционный сезон длился обычно с 6 июня по 28 октября, командовал ботом и его экипажем из двух человек старший рыбак М. Я. Соловьёв. «*Зоологические экскурсии*» охватывали не только окрестности Севастополя (от Херсонесского маяка до реки Кача), но и берега Крыма, хотя при «*бурных непогодах выезды на расстояние свыше 10 вёрст от станции были уже в известной степени рискованными*». При необходимости станционный бот участвовал в спасательных работах во время штормов [3].

В конце июля 1906 г. «Александр Ковалевский» нелегально вывез из Севастополя в Румынию известного террориста Б. Савинкова, бежавшего из Севастопольской гауптвахты. С 1917 по 1920 гг., когда в здании СБС была размещена Черноморская метеорологическая служба, станционный бот обслуживал военных метеорологов. Но в основном в эти голодные годы «Александр Ковалевский» использовался как промысловое судно, снабжавшее сотрудников станции «*благодетельной хамсой*».

В 1923–1927 гг. бот — вспомогательное судно Черноморской океанографической экспедиции. С его борта была проведена первая (после 1913 г.) крупномасштабная бентосная съёмка Севастопольских бухт, имевшая целью изучение особенностей распределения донных животных. Она показала разрушение основных биоценозов и резкое сокращение площади устричных и мидийных поселений. В 1925 г. на выделенные Главнаукой средства бот прошёл капитальный ремонт с заменой обшивки, двигателя на более мощный бензиновый (25 л. с.) и парусного вооружения — с шпринтового на гафельное. 14.09.1927 г. бот был выброшен штормом на камни у Херсонесского маяка. И хотя «Александр Ковалевский» своим ходом дошёл до Севастополя, повреждения корпуса были настолько велики, что дальнейшая эксплуатация не представлялась целесообразной. Последнее упоминание о боте «Александр Ковалевский» встречается в отчёте СБС за 1928 г. [3]. В 1929-м это имя получило новое экспедиционное судно Се-

вастопольской биологической станции.

Парусно-моторная шхуна «Александр Ковалевский» Мурманской биологической станции (1907–1932)

Летом 1905 г. погибли трое молодых зоологов, проходивших стажировку на Мурманской биологической станции: внезапно налетевший шквал перевернул станционный баркас. После этого Министерство народного просвещения и Императорская академия наук приняли решения об оснащении принадлежащих им станций крупными экспедиционными судами.

С учётом этих требований и создавался второй «Александр Ковалевский» (1907–1932 гг.), ставший первым русским судном, специально построенным для гидробиологических работ. Он являлся «*флагманом*» отечественного экспедиционного флота в тот период. Судно принадлежало Мурманской морской биологической станции и 25 лет обеспечивало исследования наших северных морей.

Мурманская биологическая станция (МБС) Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей была организована по инициативе проф. Н. П. Вагнера. По времени своего образования (1881 г.) это была вторая (после Севастопольской) морская станция России. Первоначально Общество (с благословения архимандрита Мелетия) арендовало для её нужд небольшое монастырское помещение на Соловецких островах, поэтому в официальных документах станция часто фигурировала как «Соловецкая» или «Биологическая станция Соловецкой обители». Но её существование вызвало недовольство у руководства местного монастыря, которое завалило жалобами вышестоящее церковное и светское начальство. В результате Обществу было отказано в аренде и станция была переведена в пос. Александровск-на-Мурмане, где Морское министерство России выделило небольшой участок на берегу Екатерининской гавани (Кольский залив). С 1899 г. станция стала именоваться «Мурманской». Директором МБС формально числился проф. В. М. Шимкевич, но фактически возглавлял её хранитель зоологического кабинета Санкт-Петербургского университета К. М. Дерюгин, который и был непосредственным инициатором постройки нового судна.

Несмотря на то, что составленная смета значительно превышала средства Общества и предоставленную казной субсидию, было принято решение «*начать строительство небольшой шхуны со вспомогательным двигателем*». Проект судна разработал проф. Санкт-Петербургского политехнического института А. П. Фан-дер-Флит. Выбор двигателя и лебёдки осуществлялись адъюнктом Горного института А. А. Лебедевым. 11.05.1905 г. Комиссия Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей заключила контракт с верфью А. М. Романова в Санкт-Петербурге на постройку станционной шхуны. Из-за нехватки средств строительство её затянулось надолго. Способствовало ему то, что Мурманская биологическая станция формально подчинялась Санкт-Петербургскому

обществу естествоиспытателей. Это позволяло оперативно, без бюрократической волокиты использовать средства Общества и пожертвования для решения возникающих проблем. Значительную материальную помощь оказали супруги Л. А. и В. Т. Шевяковы, уплатившие из личных средств большую часть недостающей суммы. Только 7 июля 1907 г. шхуна, названная в честь А. О. Ковалевского, была спущена на воду, а 14 мая 1908 г. — освящена. Л. А. и В. Т. Шевяковы подарили шхуне портрет академика, который поместили в её кают-компанию.

12 июля 1908 г. под командованием капитана И. Пальнёва новое судно вышло в свой первый рейс, который завершился 1 августа. Это был длительный (2360 миль) переход из Санкт-Петербурга в Александровск-на-Мурмане, выполненный в очень неблагоприятных штормовых условиях Северного Ледовитого океана, при противных ветрах. Новое судно продемонстрировало хорошие мореходные качества и прочность конструкции.

1 августа 1908 г. «Александр Ковалевский» бросил якорь у Мурманской станции, а уже 4 августа вышел в свой первый научный рейс: с борта судна были выполнены 6 гидрологических разрезов и 58 комплексных станций с драгированием и планктонными ловами. Это позволило значительно расширить списки видов животных Кольского залива, дополнив их 170 видами, ранее для этого района неизвестными. Фактически «за один месяц (август) 1908 г. был получен более богатый материал, чем получила Мурманская биологическая станция за весь десятилетний период своего существования». Первые годы эксплуатации показали, что проект судна весьма удачен. Многие работавшие оставили о нём самые положительные отзывы, отметив его остойчивость и хорошие мореходные качества. По свидетельству современников, «Александр Ковалевский» был очень красив. Его корпус выше ватерлинии был покрашен в белый цвет, а металлические дельные вещи — в чёрный; палуба и деревянные части были покрыты лаком. «Александр Ковалевский» славился как «изумительный ходок под парусами», а его двигатель работал как «хороший часовой механизм». К недостаткам относили обычно маленькую палубу: при забортных работах её приходилось освобождать от шлюпок, вываливая одну на шлюпбалках и спуская другую за борт. Успешная эксплуатация судна позволила К. М. Дерюгину рекомендовать «Александр Ковалевский» 3-му Всероссийскому съезду рыбопромышленников (Санкт-Петербург, 1910) в качестве универсального судна для морских исследований. Этими судами К. М. Дерюгин предлагал оснащать все русские морские станции и промысловые лаборатории, однако Съезд не поддержал его инициативу, посчитав применяемые на судне орудия лова недостаточными для промысловых исследований. С началом первой мировой войны 30 сентября 1915 г. «Александр Ковалевский» был пришвартован к бую у Мурманской биологической станции, где находился до 1921 г.

К этому времени судно требовало «значительного ремонта и перемены мотора». Имелись серьёзные проблемы с мачтами: они сгнили в местах крепления с палубой и корпусом судна. Существовала также «реальная возможность отпадения расшатавшегося и рассохшегося яхтенного киля». Его ремонт можно было осуществить только в сухом доке, которого в Александровске не было. При этом, если бы станция не отправила судно на ремонт, оно было бы реквизировано. Поэтому на ремонт Обществом судна было выделено 2 143 700 руб. 24 августа 1921 г. «Александр Ковалевский» вышел в первый (после 6-летней стоянки) испытательный рейс «для испытания правильности работы машины, лебёдки и установки парусов». Но уже 13 сентября 1921 г. вопрос о ремонте встал снова: из очередного рейса «Александр Ковалевский» пришёл «с позором на буксире». К весне 1923 г. шхуну удалось опять ввести в строй, однако из-за отсутствия новых мачт она использовалась только как моторное судно. Теперь «вонючий нефтяной перегар его допотопного преклонного возраста двигателя свидетельствовал о приближении этого когда-то белоснежного судна». Из-за ветхости корпуса любой выход судна в море был связан с определенным риском. Поэтому два раза в неделю директор станции Г. А. Клюге лично планировал каждый выход «Александра Ковалевского» в район траловой ямы за живым материалом для экспериментов и для станционных аквариумов. После получения станцией новых экспедиционных судов «Николай Книпович» и «Савва Локшин» «Александр Ковалевский» отошёл на второй план. Последние упоминания об этом судне в научной литературе относятся к 1931–1932 гг.

По воспоминаниям П. В. Ушакова, записанным А. Д. Наумовым, «Александр Ковалевский» эксплуатировался до 1932 г., когда станцию, ставшую Мурманским отделением ГОИН, посетили И. В. Сталин и С. М. Киров. После этого исторического визита в 1934 г. станция была закрыта как неперспективная. «Николай Книпович» был передан в ПИНРО (Полярное отделение ВНИРО), а «Александр Ковалевский» — вытасен на литораль. В 1935-м П. В. Ушаков пытался забрать его корпус для новой Мурманской биологической станции, но судно уже фактически сгнило. После войны остатки первого русского экспедиционного судна видел бывший директор Полярного отделения ВНИРО А. П. Алексеев.

Опыт постройки и эксплуатации «Александра Ковалевского» был учтён при проектировании и строительстве парусно-моторных экспедиционных судов в 1929–1932 гг. Одно из них, принадлежавшее Севастопольской биологической станции, также носило название «Александр Ковалевский».

Парусно-моторная шхуна «Александр Ковалевский» Севастопольской биологической станции (1929–1942)

Опыт эксплуатации бота СБС показал, что он не вполне отвечает задачам станции по изучению биологи-

ческих ресурсов Чёрного моря. Но получение «палубного 20-метрового моторного судна с керосиновым двигателем 75 л. с. для зоологических исследований на Чёрном море» планировалось лишь в 1913 г. Начало войны и последовавшие события отодвинули это получение до 1929 г. Только в 1928-м управление Главнаука приняло решение удовлетворить многочисленные заявки морских учреждений Академии наук в новых судах. Для этого специальным постановлением из бюджета Академии были выделены необходимые денежные средства. Выбором лучшего типа экспедиционного судна занималась специально созданная смешанная комиссия под руководством известного гидробиолога К. М. Дерюгина. Она приняла два принципиальных решения, определявших облик отечественного экспедиционного флота в течение полувека: 1) суда находятся в собственности учреждений АН и **используются только для исследовательских целей**; 2) комиссия рекомендует использовать серийные промысловые суда, максимально приспособив их для решения исследовательских задач. В рамках реализации программы в 1929–1932 гг. были построены экспедиционные парусно-моторные суда, одно из которых — «Александр Ковалевский» — передали СБС.

На постройку нового судна станции специально выделили 150 тыс. руб. из бюджета Академии наук СССР. Местом постройки выбрали Туапсинскую верфь классового судостроения ОСВОДа, на которой в 1927–1930 гг. было построено несколько экспедиционных парусно-моторных судов.

Новый «Александр Ковалевский» был двухмачтовой моторной шхуной и имел эффектный вид, особенно на ходу под парусами. Для обеспечения гидробиологических работ судно было оснащено одной механической и двумя ручными лебёдками с тросами по 500 м. Шкипером шхуны назначили старшего рыбака станции И. М. Михайлова, работавшего на станции с 1907 г. и отличавшегося «опытом и крайней добросовестностью». По свидетельству современников, «Александр Ковалевский» содержался им аккуратно и был очень красив. Корпус шхуны выше ватерлинии был покрашен в традиционный для судов АН белый цвет, дельные металлические вещи — в чёрный. Палуба, мачты и весь рангоут покрывались лаком. Первый рейс (нач. экспедиции — заведующий СБС В. Н. Никитин) «Александр Ковалевский» совершил в мае 1929 г. Основной задачей этой и последующих четырёх экспедиций было «*изучение нерыбных продуктов моря*». Проводимые с борта судна изыскания заключались «*во взятии количественных проб дночерпателем в определённых пунктах северо-западной части Чёрного моря и Каркинитского залива, в определении гидрохимических элементов и в ловле драгами обычных для Чёрного моря образцов, нерыбных объектов промысла*». Всего по программе в 1929–1932 гг., несмотря на штормовые условия и значительные трудности со снабжением продовольствием, было выполнено 496 станций и впервые составлены карты распреде-

ления нерыбных промысловых объектов. К 1940 г. экспедиционные исследования СБС охватили все территориальные воды СССР (кроме самых южных районов). Кроме того, «Александр Ковалевский» снимался в научно-популярном фильме «В глубинах моря» (реж. А. Згуриди и Б. Долин, 1938 г.).

С началом войны «Александр Ковалевский» был мобилизован и вошел в отряд десантных плавсредств Черноморского флота. Погиб в июне 1942 г. у Херсонесского маяка на боевой службе. Точную дату и причину гибели судна установить не удалось [5].

Научно-исследовательское судно Института биологии южных морей «Академик А. Ковалевский» (1949–1997)

Одним из экспедиционных судов, составивших славу отечественного научного флота, был «Академик А. Ковалевский». Он принял на себя основной объём гидробиологических исследований в Чёрном и сопредельных морях в 1960–1990-е гг. С его получением экспедиционная деятельность в регионе приобрела принципиально новый, систематический характер. «Академик А. Ковалевский» явился первым в Академии наук СССР крупным экспедиционным судном для гидробиологических работ. С 1979 до 1997 гг. он был самым старым в СССР/СНГ научно-исследовательским судном.

Средний рыболовный траулер СРТ-116 «Кречет» был построен на заводе Elbwerft в Бойценбурге (ГДР) как средний рыболовный траулер типа «СРТ-300 клёпаный». 19.01.1949 г. на судне был поднят государственный флаг. С марта 1950 г. судно находилось на промысле в Баренцевом море. В 1951 г. «Кречет» перешёл из Мурманска в Чёрное море и был приписан к Новороссийскому управлению рыболовного флота. Весной 1952 г. «Кречет», базировавшийся на Евпаторию, был отобран заместителем начальника ОМЭР Е. М. Сузюмовым и главным морским инспектором С. И. Ушаковым для Академии наук. В декабре 1952 г. решением Совета министров СССР «Кречет» был передан СБС для использования как экспедиционное судно. Уникальный опыт создания полноценных исследовательских судов на базе серийных траулеров позволил СССР в короткий срок занять лидирующее место в изучении океана, достойное **великой морской державы** [4]. Свою первую экспедицию «Академик А. Ковалевский» совершил по Чёрному морю в конце 1956 г. Уже 7 декабря 1956-го с его борта была выполнена первая (из 5834) комплексная гидробиологическая станция. Первым капитаном НИС «Академик А. Ковалевский» был Александр Петрович Долголенко. Регулярные экспедиционные исследования (133 рейса) охватили Чёрное (1956–1992), Средиземное (1958–1990), Красное (1961, 1963, 1966) и Карибское (1964, 1965) моря (табл. 1).

Выполненные на «Академике А. Ковалевском» фундаментальные исследования биологической продуктивности этих акваторий положили начало их использованию отечественным промысловым флотом. Исследовани-

Таблица 1. Распределение рейсов «Академика А. Ковалевского» по регионам**Table 1.** Distribution of cruises of “Academic A. Kovalevsky” by regions

Общее количество рейсов	Чёрное море	Средиземное море	Азовское море	Карибское море	Красное море
133	79	43	3	8	3

ями были охвачены Азовское, Чёрное, Мраморное, Эгейское, Адриатическое, Ионическое, Тирренское, Лигурийское, Альборанское, Красное, Карибское моря, Мексиканский и Аденский заливы. В экспедициях проводился весь комплекс современных гидробиологических работ: сборы планктона, бентоса, траления и драгирования, изучение различных видов загрязнений; также ставились буйковые океанографические станции, проводились эксперименты с живым материалом непосредственно на борту судна. «Академик А. Ковалевский» стал основной плавучей базой Института для проведения исследований в естественных условиях обитания морских организмов [5].

**Рис. 7.** Юбилейный выпел, значки и памятная медаль, посвященные НИС «Академик А. Ковалевский»**Fig. 7.** Anniversary pennant, icons and service medal, devoted to the RV “Academic A. Kovalevsky”

Судно снималось в фильмах «Бег» (1970 г., реж. Александр Алов, Владимир Наумов) и «Человек из чёрной Волги» (1990 г., реж. Николай Лукьянов).

Это судно позволило перейти от отдельных эпизодических экспедиций к планомерному и систематическому

изучению биологии моря и получению новых данных о жизни в нём. За время своей экспедиционной деятельности «Академик А. Ковалевский» побывал в 38 портах практически всех средиземноморских стран. И несмотря на то, что ОМЭР считал экспедиционные суда, созданные на базе СРТ-300, к началу 1970-х гг. кораблями «пройденного этапа», ветеран экспедиционного флота активно эксплуатировался до 1992-го.

**Рис. 8.** Модель НИС «Академик А. Ковалевский». Музей Мирового океана (Калининград). 2010**Fig. 8.** Model of RV “Academic A. Kovalevsky”. Museum of the World Ocean (Kaliningrad). 2010

В 1993 г. «Академик А. Ковалевский» выполнил свой последний научный рейс. В условиях полного прекращения финансирования экспедиционных исследований со стороны Национальной академии наук администрация Института сочла возможным сдать судно в длительную аренду частным фирмам. Лаборатории были превращены в каюты и складские помещения, а лебёдки и уцелевшее оборудование — варварским образом демонтированы. После такого «переоборудования» «Академик А. Ковалевский» эксплуатировался в грузопассажирском варианте на линиях Севастополь — Стамбул и Евпатория — Стамбул, обслуживая челночные коммерческие рейсы.

После выхода на «коммерческую» линию более крупных, комфортабельных и экономичных «коллег» по изучению океана эксплуатация старого и малоприспособленного судна стала невыгодной. Судно было снято с линии и длительное время находилось в Балаклаве, перебиваясь случайными фрахтами. В этих условиях администрация

Института получила разрешение Президиума Национальной академии наук Украины на продажу старого корабля.

16 мая 1997 г. был подписан биржевой договор с турецкой фирмой «Феррошип Форин Трайд Лимитед» о продаже на слом «Академика А. Ковалевского». 18 июня 1997 г. судно выбросилось на берег в районе судоразделочной базы в турецком порту Алиага и в 16:05 спустило государственный флаг. До своего 50-летнего юбилея, который мог стать славным праздником для всей отечественной морской науки, «Академик А. Ковалевский» не дожил менее года. От старого корабля, след которого можно найти в многочисленных научных трудах, остались вымпел, несколько значков да два десятка фотографий. В Музее Мирового океана (Калининград) хранится модель «Академика А. Ковалевского», построенная ООО «Корвет» в 2010 г. (рис. 7, 8).

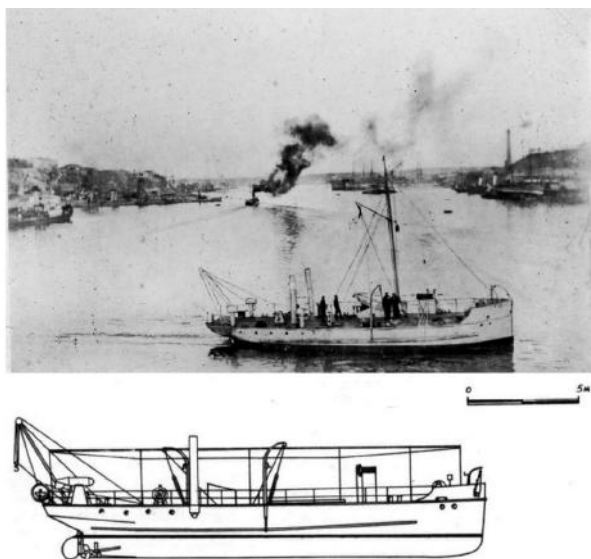


Рис. 9. Малый минный заградитель (минный катер) «Мичман Ковалевский» (1917–1922)

Fig. 9. A small minelayer (mine cutter) “Mitshman Kovalevsky” (1917–1922)

С этого момента пресеклась славная плеяда «Ковалевских». Но есть надежда, что, когда отечественная морская наука снова встанет на ноги, благодарные потомки не только вспомнят великого учёного, но и учтут заслуги старых кораблей. И новый «Александр Ковалевский» достойно продолжит исследования «вечно живого моря».

Кроме описанных выше кораблей в составе отечественного флота был ещё один «Ковалевский» — минный катер «Мичман Ковалевский» Морских сил Юга России (рис. 9). Назван он был в честь командира тральщика

«Скиф», убитого 15 апреля 1920 г. при высадке десанта в Хорлы.

Малые минные заградители типа «А» были построены в 1911–1914 гг. в мастерских Севастопольского порта по проекту корабельного инженера А. С. Арсени. Они предназначались для подъёма и постановки мин при обеспечении практических занятий в отрядах заградителей и партиях траления. В ходе боевых действий использовались в качестве прибрежных минных заградителей и катерных тральщиков.

В любом случае в названии судов по достоинству отражены заслуги и учёного, и воина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бережной С. С. *Корабли и суда ВМФ СССР (1927–1945)*. Справочник. Москва : Воениздат, 1988. 710 с. [Berezhnoj S. S. *Korabli i suda VMF SSSR (1927–1945)*. Spravochnik. Moscow : Voenizdat, 1988, 710 p. (in Russ.)].
2. Бережной С. С., Лыскова Т. Д., Гигаури В. С. *Корабли и вспомогательные суда Советского Военно-Морского флота (1917–1927)*. Справочник. Москва : Воениздат, 1981. 560 с. [Berezhnoj S. S., Lysikova T. D., Gigauri V. S. *Korabli i vspomogatel'nye suda Sovetskogo Voennno-Morskogo flota (1917–1927)*. Spravochnik. Moscow: Voenizdat, 1981, 560 p. (in Russ.)].
3. Ігнат'єв С. Як «Олександр Ковалевський» Бориса Савінкова рятував. *Морська Держава*. 2004. № 2. С. 26–30. [Ignatyev S. Jak “Oleksandr Kovalevsky” Borysa Savinkova rjatuвав. *Mors'ka Derzhava*, 2004, no. 2, pp. 26–30. (in Ukrainian)].
4. Ігнат'єв С. Вклад середніх рибальських траулерів у вітчизняну океанологію. *Морська Держава*. 2010. № 5–6. С. 45–50. [Ignatyev S. Vklad serednih rybal's'kyh trauleriv u vitchyznjanu okeanologiju. *Mors'ka Derzhava*, 2010, № 5–6, pp. 45–50. (in Ukrainian)].
5. Ігнат'єв С. М., Іванов А. В. *Експедиційний флот Інститута біології южних морей*. Історический очерк. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. 269 с. [Ignat'ev S. M., Ivanov A. V. *Ekspeditsionnyi flot Instituta biologii yuzhnykh morei*. Istoricheskii ocherk. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2008, 269 p. (in Russ.)].
6. *Флот в Белой борьбе* / Составление, научная редакция, предисловие и комментарий С. В. Волкова. Москва : Центрополиграф, 2002. 265 с. [Flot v Beloi bor'be / Sostavlenie, nauchnaya redaktsiya, predislovie i kommentarii S. V. Volkova. Moscow: Tsentropoligraf, 2002, 265 p. (in Russ.)].

A. O. Kovalevsky — the brilliant name of the glorious dynasty of scientific vessels**S. M. Ignatyev**

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

E-mail: s-ignat2004@mail.ru

Research vessels which named after A. O. Kovalevsky, have been serving in a row the national marine science for almost a century. The series of these vessels makes the longest dynasty ever occurred in the scientific fleet. The analysis made on the archival sources for each of the vessels makes it possible to provide an insight to their technical description, historical data and the most important results of their expeditions.

Keywords: research vessels, hydrobiological survey, history, Black Sea

ЗАМЕТКИ

УДК 595.32(285.32)(477.75)

**SECOND RECORDS OF THE ENDANGERED SPECIES *ARTEMIA URMIANA*
(ANOSTRACA) IN THE CRIMEA HABITAT**

© 2016 г. **E. V. Anufrieva**¹, PhD, researcher, **F. D. Amat**², PhD, prof.,
N. V. Shadrin¹, PhD, leading researcher

¹Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

²Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, Ribera de Cabanes (Castellon), Spain

E-mail: lena_anufrieva@mail.ru

Поступила в редакцию 08.11.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Artemia (Anostraca) is one of the most primitive and ancient group of crustaceans. Representatives of this genus are the most halotolerant animals living in hypersaline lakes of all continents except Antarctica. They play a key role in the ecosystems of these water bodies, and often are the only animals that inhabit these extreme habitats. They play an essential role in the development of modern aquaculture because *Artemia nauplii*, emerging from cysts, are main live feed for the larvae of cultured fishes and shrimps. Currently *Artemia* are also widely used in toxicology and pharmacology to assess the effects of various toxicants and for screening biologically active compounds. In total, 7 species of bisexual *Artemia* and many parthenogenetic populations of different ploidy exist in the world. In Crimea there are more than 29 water bodies inhabited by bisexual and parthenogenetic populations of these crustaceans [Shadrin et al., 2012]. *Artemia urmiana* Günther, 1899 is a parent species of all bisexual and parthenogenetic *Artemia* diversity in Eurasia [Maccari et al., 2013; Eimanifar et al., 2015]. For a long time this species was considered endemic to Lake Urmia in Iran. In 2005, the species was first found in hypersaline Lake Koyashskoe on the Kerch Peninsula in East Crimea [Shadrin et al., 2008; Abatzopoulos et al., 2009]. In 2015, it was listed in the Red Book of the Republic of Crimea [Anufrieva, Shadrin, 2015]. In May — June 2016, massive numbers of

cysts, nauplii, adult males and females of *A. urmiana* was recorded in the hypersaline Lake of marine origin Sasyk-Siwash (45°11'26"N, 33°30'24"E, the lake area of 75 km², depth up to 1.2 m). The distinctive morphological characters and the high proportion of males leave no doubt that bisexual individuals belong to the species *A. urmiana*. Salinity in the lake during sampling fluctuated from 250 to 280 psu, the temperature from 25 to 31 °C, and pH from 7.4 to 7.7. Lake Urmia has been the main habitat of *A. urmiana* for a long time, but the lake is now quickly drying. Its water surface area has decreased by almost 90 %, the salinity drastically increased, the reproduction of *Artemia* in the reservoir is practically stopped, and potential of the extinction of the species in the Lake is discussed by scientists [Asem et al., 2012; Hamzekhani et al., 2016]. The future of *A. urmiana* on our planet may largely depend on the conservation of its populations in Crimea. Therefore, our finding of a large population of the species in the largest Crimean hypersaline Lake Sasyk-Siwash is of particular interest. Currently, Lake Sasyk-Siwash has received the status of Nature Reserve, a fact which gives much hope for survival of the endangered species *A. urmiana*.

Acknowledgments. The study was supported by the grant of Russian Foundation for Basic Research № 16-05-00134 A.

Находка второго в Крыму местобитания краснокнижного вида *Artemia urmiana* Günther, 1899 (Anostraca). **Е. В. Ануфриева**¹, **Ф. Д. Ама**², **Н. В. Шадрин**¹. ¹Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия, ²Институт аквакультуры Торре-де-ла-Саль, Рибера де Кабанес (Кастельон), Испания. Вид *Artemia urmiana* Günther, 1899 долгое время считался эндемиком озера Урмия в Иране. В 2005 г. он был найден в гиперсолёном озере Кояшское на Керченском полуострове. В 2015 г. был занесён в Красную книгу Республики Крым. В мае — июне 2016 г. отмечено массовое присутствие цист, науплиусов, взрослых особей самок и самцов этого вида в гиперсолёном озере морского происхождения Сасык-Сиваш. **Ключевые слова:** *Artemia urmiana*, редкие виды, гиперсолёное озеро, Крым

УДК 594.3:597.2/5(262.5)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВЯЗИ *RAPANA VENOSA* (VALENCIENNES, 1846) С ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ ИХТИОФАУНЫ В ЧЁРНОМ МОРЕ

© 2016 г. **И. П. Бондарев**, канд. биол. наук, с. н. с.

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

E-mail: igor.p.bondarev@gmail.com

Поступила в редакцию 13.10.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Мониторинг популяций рапаны является частью мониторинга экосистемы Чёрного моря [Бондарев, 2016]. В рамках выполнения госзадания ИМБИ по плану бентосных работ в 2015–2016 гг. проводилось изучение консортивных связей хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (= *R. thomasi* (Crosse, 1861)). Исследования проводились в период июнь — сентябрь в бухтах Севастополя (Юго-Западный Крым, Чёрное море). Сбор экземпляров рапаны осуществлялся ныряльщиком на глубинах 2–6 м в отдельные застёгивающиеся пластиковые пакеты. Параллельно сбору проб осуществлялись наблюдение и фоторегистрация объектов *in situ*, что позволило уточнить видовую принадлежность и характер связей подвижных форм с ядром консорции — *R. venosa*. Особи рапаны существенно различаются по составу и интенсивности обрастателей раковины (материалы обрабатываются). В процессе исследований были обнаружены представители ихтиофауны, которые различным образом взаимодействовали с *R. venosa*.

Зеленушка *Symphodus tinca* (L., 1758) привлекается комплексом эпифитона водорослей, которыми обрастает дорсальная часть раковины рапаны.

В состав эпифитона входят мелкие моллюски, черви и ракообразные, составляющие основу питания зеленушек [Светловидов, 1964; Васильева, 2007]. Нагул и зимовка рапаны проходят на глубинах более 8 м в зоне песка [Bondarev, 2014; Бондарев, 2016], где отсутствуют водоросли, а следовательно, мало рыб, питающихся эпифитомом. Раковины рапаны являются в этой зоне единственным субстратом для водорослевых обрастаний, в которых мелкие беспозвоночные проводят часть или полный жизненный цикл, укрываясь от потенциальных хищников. В период нереста рапана мигрирует в сторону берега, где есть скальные грунты, служащие субстратом для крепления кладок. Здесь эпифитон обрастателей рапаны может подвергнуться атаке хищников, обитающих среди скал и

камней. Морские собачки обитают преимущественно на скальном грунте, поросшем водорослями, где они находят укрытие от хищников и объекты питания. В зоне песка укрытием для небольших особей собачки могут служить раковины рапаны, за которыми рыбки прячутся от хищников в случае опасности. В обычной ситуации возвышающаяся над песчаной поверхностью дорсальная часть раковины рапаны используется мелкими собачками для наблюдения за добычей и потенциальными хищниками. Чаше других на рапане отмечена длинношупальцевая морская собачка *Parablennius tentacularis* (Brünnich, 1768).

Молодь черноморской скорпены *Scorpaena porcus* (L., 1758) размером до 2 см дважды была обнаружена среди водорослей, покрывающих раковину рапаны, обитающей на песке. Оба раза молодь скорпены была отловлена в начале августа (2015 и 2016 гг.). Особи скорпены прячутся в водорослях от хищников и находят объекты питания. Даже при извлечении рапаны из воды молодь скорпены не покидает своего водорослевого укрытия.

Малёк присоски двухпятнистой *Diplecogaster bimaculata* (Bonnaterre, 1788) длиной около 1 см обнаружен 19.09.2016 г. на глубине 3 м прилипшим к новообразованной внешней части раковины рапаны, не покрытой обрастателями. Довольно гладкая и жёсткая поверхность раковины рапаны даёт возможность более эффективного присасывающего контакта, чем поверхность камня или растения, к которым также могут присасываться рыбы-прилипалы на мелководье [Светловидов, 1964; Васильева, 2007].

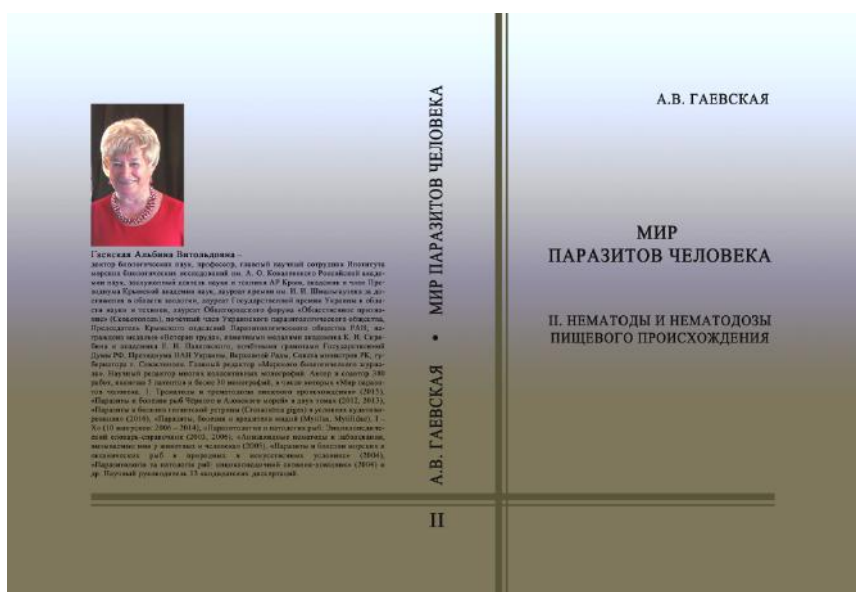
Наиболее значимым для рыб является наличие на раковине рапаны водорослевых обрастаний и эпифитона. Раковины вселенца — рапаны — и её обрастания создают дополнительные возможности для выживания молоди некоторых представителей ихтиофауны Чёрного моря. Сама раковина также служит рыбам для укрытия и обзора как топозлемент, а её поверхность — для крепления с по-

мощью присосок. Особую важность для рыб имеет наличие рапаны в зоне развития песчаных грунтов, где отсутствуют естественные укрытия и ограничены пищевые ресурсы. Уровень и характер взаимодействия рыб и рапаны различны, но не случайны, что позволяет расширить представления об экологической роли *R. venosa* в современной экосистеме Чёрного моря и показать связанные с рапаной

некоторые аспекты этиологии и экологии нескольких видов рыб.

Благодарности: автор признателен сотрудникам ИМБИ им. А. О. Ковалевского — Болтачеву А. Р., канд. биол. наук, зав. отд. планктона, и Карповой Е. П., м. н. с. отд. планктона за помощь в идентификации видов рыб.

Ecological interrelations of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) with ichthyofauna in the Black Sea I. P. Bondarev Kovalevsky
Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation. Systematic monitoring of ecologically important species *Rapana venosa* Valenciennes, 1846 populations is an essential task of the Black Sea monitoring programme. The study of the role of the predatory *R. venosa* in contemporary marine ecosystem is of considerable interest. In June–September 2015–2016 the study of consorting relations of *R. venosa* was conducted *in situ*. In the course of the research new information on the interaction between the *R. venosa* and the ichthyofauna has been obtained. The presence of *R. venosa* in the sandy bottom zone is very important for the ichthyofaunal populations because they can find no natural shelters while their food resources are limited. The most important feature of the *R. venosa* for the fish populations is the covering of shells with algal fouling and epiphyton. The shells of invader and its fouling create additional opportunities for the survival of some fish species juvenile populations of the Black Sea. The data collected extend our current knowledge of ecological role of the mollusc invader *R. venosa*, as well as on the ecological and ethology of several fish species. **Keywords:** *R. venosa*, ichthyofauna, ecology, ethology



Гаевская А. В. Мир паразитов человека. II. Нематоды и нематодозы пищевого происхождения. — Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. — 442 с., 172 ил.

Рецензенты:

д. б. н., профессор Таврического национального университета им. В. Вернадского Юрахно М. В. д. б. н., профессор, гл. н. с. ИМБИ РАН Миронов О. Г.

В монографии впервые в русскоязычной литературе обобщена вся доступная информация о 137 видах нематод, принадлежащих к 66 родам из 34 семейств, чьё попадание к человеку прямо или опосредованно связано с пищей. Приведены самые необходимые сведения о систематическом положении, морфологии, биологии, жизненном цикле, круге хозяев — промежуточных, дополнительных, окончательных, — географическом распространении видов — возбудителей нематодозов человека, информация о случаях заражения людей, патогенезе, эпидемиологии и профилактике вызываемых ими заболеваний. Для паразитологов, биологов, работников медицинских учреждений, санитарно-ветеринарных служб, рыбной, пищевой и туристической отрасли, аспирантов и студентов профильных институтов, а также всех любителей блюд из термически необработанных продуктов.

УДК 595.34(262.5)

FIRST RECORD OF THE OCCURENCE OF *PSEUDODIAPTOMUS MARINUS* (COPEPODA: CALANOIDA: PSEUDODIAPTOMIDAE) IN THE BLACK SEA (SEVASTOPOL BAY)

© 2016 г. **O. A. Garbazev**, leading engineer, **E. V. Popova**, leading engineer, **A. D. Gubanov**, candidate of biology, leading researcher, **D. A. Altukhov**, junior researcher

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

E-mail: og317@mail.ru, adgubanov@gmail.com

Поступила в редакцию 17.11.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Pseudodiaptomus marinus Sato, 1913 was described for the first time from the coastal area of Northern Japan. The species was thought to be native to the Northwestern Pacific Ocean [1], but now it shows a wide distribution all over the world. Brylinski (2012) described in details its distribution in the World's oceans [2]. Recently *P. marinus* has been found in the Atlantic Ocean, in the North Sea [2] and in the Mediterranean Sea [3–5].

P. marinus was initially discovered at the end of September 2016 in a sample taken during a long-term plankton survey of Sevastopol Bay started in 2002 (fig. 1).

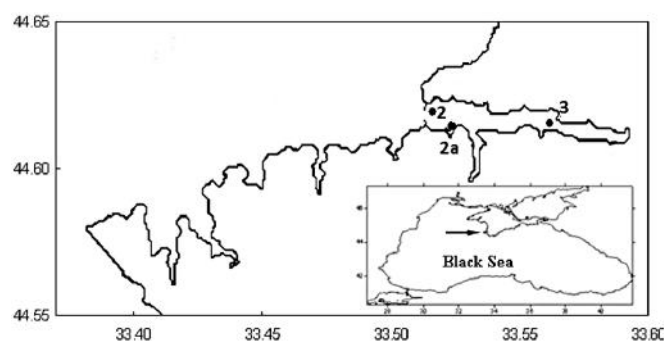


Рис. 1. Схема станций отбора проб в Севастопольской бухте

Fig. 1. Sampling stations in Sevastopol Bay

Zooplankton samples were collected biweekly at two permanent stations located within Sevastopol Bay by vertical hauls through the whole water column (from bottom to the sea surface) using a Juday plankton net (mouth area 0.1 m² and mesh size 150 μm), filtered water volumes were 1 m³ at the St. 2 and 0.9 m³ at the St. 3. Samples were not collected in October 2016 due to technical reasons (fig. 1). We found 6 females and 12 copepodites (I–V stages) of *P. marinus* at

the center of Sevastopol Bay (St. 3) on September 22; at the mouth of Bay (St. 2) the species was not found (fig. 3, table 1). Both females and copepodite stages I–V of *P. marinus* were found in Station 3 and 2 (mouth of Bay) on November 11 (table 1). Density values of *P. marinus* increased to 1236 individuals in sample (1373 ind./m³) at the center of the Bay. Moreover, two individuals of *P. marinus* nauplii identified accordingly to Sazhina [6] were found in this sample. At the mouth of the Bay the density of the invasive species reached 103 individuals in sample (103 ind./m³). The same species as early copepodite stages was found by Leonid Svetlichny in the samples collected on October 24, 2016 opposite to the mouth of Sevastopol Bay (St. 2a). Sampling procedure was described in [7]. These copepodites were successfully cultivated in the laboratory up to adult females and males [3] (fig. 2). Thus, our findings are confirmed by the direct proof, i. e. laboratory development of copepodites to adult *P. marinus*.

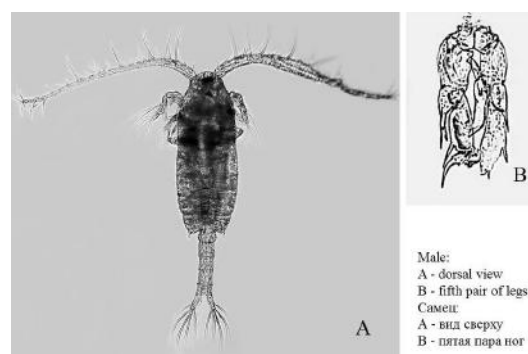


Рис. 2. *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913, самец из Севастопольской бухты, выращенный в культуре Светличным Л. (фото 2А — Светличного Л.)

Fig. 2. *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913, male from Sevastopol Bay cultivated by Svetlichny L. (photo 2A by Svetlichny L.)

Таблица 1. Экологические параметры и особенности *Pseudodiaptomus marinus*, собранного в Севастопольской бухте, Чёрное море. Показано количество особей в пробе (N), пол или стадия (F: самка; M: самец; c1–c5: копеподитные стадии), размер (общая длина, мм) и температура воды (T)

Table 1. Environmental parameters and characteristics of *Pseudodiaptomus marinus* collected in the Sevastopol Bay of the Black Sea. The number of individuals per sample (N), sex or stage (M: male; F: female; c1–c5: copepodite, size (total length, mm) and water temperature (T) are depicted

Station	Date	T, °C	Salinity, ppt	N, ind.	Sex/Stage	Size (TL, mm)
2	22.09.2016	22.3	17.6	not found	F	
				not found	M	
				not found	c4–c5	
				not found	c1–c3	
3	22.09.2016	22.5	17.47	6	F	1.25–1.45
				not found	M	
				5	c4–c5	0.8–1.15
2	09.11.2016	14.2	17.71	7	c1–c3	0.5–0.7
				1	F	1.25–1.3
				not found	M	
				59	c4–c5	0.85–1.15
3	09.11.2016	14.3	17.68	43	c1–c3	0.5–0.8
				2	F	1.4–1.5
				not found	M	
				817	c4–c5	0.8–1.1
				417	c1–c3	0.5–0.7

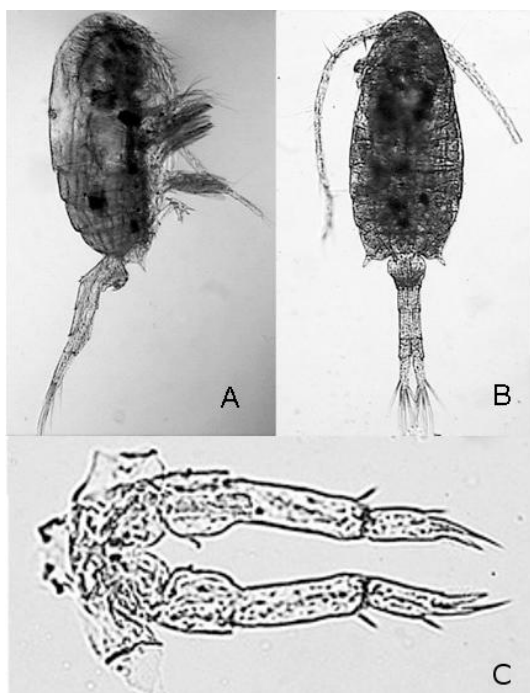


Рис. 3. *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913, самка из Севастопольской бухты (ст. 3). Самка: А — вид сбоку; В — вид сверху; С — пятая пара ног

Fig. 3. *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913, female from Sevastopol Bay (St. 3). Female: A — lateral view; B — dorsal view; C — fifth pair of legs

P. marinus is a typical estuarine coastal copepod, living in shallow eutrophic inshore waters [8]. It is tolerant to a wide range of salinity (2.5–35 ppt) and temperature (5–28 °C) and has the highest invasive potential [4]. Thus, the species is suitably adapted to relatively low salinities and winter temperatures of the Black Sea. Copepodite stages at both stations indicate the existence of reproducing populations. Thus, very likely *P. marinus* is the new established species in coastal area of the Black Sea. As is the case with the other recent pelagic invaders, such as the copepods *Acartia tonsa* Dana 1849, *Oithona davisae* Ferrari F. D. & Orsi 1984, ctenophores *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 and *Beroe ovata* Bruguere, 1789, it is postulated that *P. marinus* has been brought into Sevastopol Bay in the ballast water of ships.

Long-term studies at basin scale are needed to estimate the structural changes in the Black Sea zooplankton community.

Authors would like to express their sincere gratitude to Dr. Natalya Rodionova for submitting the data on salinity.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Walter T. C. Review of the taxonomy and distribution of the demersal copepod genus *Pseudodiaptomus* (Calanoida: Pseudodiaptomidae) from southern Indo-west Pacific waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 1987, vol. 38, no. 3, pp. 363–396. doi.org/10.1071/MF9870363
2. Brylinski J. M., Antajan E., Raud T., Vincent D. First record of the Asian copepod *Pseudodiaptomus marinus*

- Sato, 1913 (Copepoda: Calanoida: Pseudodiaptomidae) in the southern bight of the North Sea along the coast of France. *Aquat Invasions*, 2012, vol. 7, no. 4, pp. 577–584.
3. Sabia L., Uttieri M., Schmitt F. G., Zagami G., Zambianchi E., Souissi S. *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913, a new invasive copepod in Lake Faro (Sicily): observations on the swimming behaviour and the sex-dependent responses to food. *Zoological Studies*, 2014, vol. 53, no. 49, pp. 1–12. doi:10.1186/s40555-014-0049-8
 4. Sabia L., Zagami G., Mazzocchi M. G., Zambianchi E., Uttieri M. Spreading factors of a globally invading coastal copepod. *Mediterranean Marine Science*, 2015, vol. 16, no. 2, pp. 460–471. doi:10.12681/mms.1154
 5. Lučić D., Mozeič P., France J., Lucic P., Lipej L. Additional record of the non-indigenous copepod *Pseudodiaptomus marinus* (Sato, 1913) in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 2015, vol. 56, no. 2, pp. 275–282.
 6. Sazhina L. I. *Naupliussy massovyh vidov pelagicheskikh kopopod Mirovogo okeana*. Kiev: Naukova dumka, 1985, 240 p. (in Russ.)
 7. Svetlichny L., Hubareva E., Khanaychenko A., Gubanova 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
 8. Arias A., Souissi A., Roussin M., Ouddane B. Bioaccumulation of PAHs in marine zooplankton: an experimental study in the copepod *Pseudodiaptomus marinus*. *Environmental Earth Sciences*, 2016, vol. 75, no. 8, pp. 691–691.

Первое сообщение о находке *Pseudodiaptomus marinus* (Copepoda: Calanoida: Pseudodiaptomidae) в Чёрном море (Севастопольская бухта) О. А. Гарбазей, Е. В. Попова, А. Д. Губанова, Д. А. Алтухов. Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия. *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913 впервые для Чёрного моря зарегистрирован в пробе из Севастопольской бухты, собранной в конце сентября 2016 г. в рамках многолетних регулярных наблюдений прибрежного планктона, которые проводятся с 2002 г. Мы нашли 6 самок и 12 копепоидитных стадий с 1–с5 этого вида на станции в центре бухты (ст. 3). У входа в бухту (ст. 2) в это время *P. marinus* не зарегистрирован. 11 ноября на обеих станциях были обнаружены самки и копепоидитные стадии *P. marinus*. Численность его популяции на ст. 3 возросла до 1236 экземпляров в пробе (1373 экз./м³), на ст. 2 — составляла 103 экземпляра в пробе (103 экз./м³). Этот нативный вид Северо-Западной части Тихого океана широко распространился по всему миру и в последние годы был отмечен в Атлантическом океане, в Северном и в Средиземном морях. Он обитает в мелководных прибрежных районах, встречается в бухтах и заливах, толерантен к широкому диапазону солёности (2.5–35 ppt) и температуры (5–28 °C) и имеет высокий инвазивный потенциал. Наличие в пробах всех стадий развития свидетельствует о том, что популяция *P. marinus* размножается. Таким образом, весьма вероятно, что это новый вселенец копепод в Чёрном море. По всей видимости, как и другие пелагические виды-вселенцы (копепоиды *Acartia tonsa* Dana, 1849 и *Oithona davisae* Ferrari F. D. & Orsi, 1984; ктенофоры *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 и *Beroe ovata* Bruguere, 1789), он был занесён в Чёрное море с балластными водами кораблей. Для оценки структурных изменений в сообществе зоопланктона Чёрного моря многолетние регулярные наблюдения необходимы и актуальны.

Ключевые слова: виды-вселенцы, Copepoda, *Pseudodiaptomus marinus*, Чёрное море, Севастопольская бухта



ХРОНИКА И ИНФОРМАЦИЯ

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«МОРСКИЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:
ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ»**

приуроченная к 145-летию Севастопольской биологической станции

Поступила в редакцию 17.11.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

19–24 сентября 2016 г. на базе Института морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН при финансовой поддержке РФФИ, ДДЮТ, МГИ, Севастопольского дельфинария проведена Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы», приуроченная к 145-летию Севастопольской биологической станции.

Старейшему морскому биологическому научному учреждению России — Севастопольской биологической станции (СБС), организованной в 1871 г. по инициативе известного путешественника Н. Н. Миклухо-Маклая при непосредственном участии выдающихся российских учёных — академиков А. О. Ковалевского, И. И. Мечникова и И. М. Сеченова, — исполнилось 145 лет. В 1963 г. на базе СБС был создан Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского АН УССР (ИнБЮМ), а в 2015 г. — федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН» (ФГБУН ИМБИ).

В работе конференции участвовал 221 исследователь из 52 научных, образовательных и ведомственных учреждений России, Казахстана, Беларуси, Турции, среди которых 20 — организации ФАНО РАН, 14 — Минобрнауки, 14 — ведомственных и 4 — ООО и ЧП. Из дальних уголков научного сообщества в Севастополь прибыли 114 участников, из ИМБИ зарегистрировано 107 сотрудников. Общее количество участников, имеющих учёную степень доктора наук — 41 человек, кандидата наук — 123 человека.

На конференции были широко представлены результаты фундаментальных и прикладных научных исследований в области морского биоразнообразия, биологии и экологии водных систем, обсуждены перспективы прак-

тического использования этих результатов для развития инновационных технологий, проблемы охраны окружающей среды и рационального природопользования, а также аспекты воспроизводства биологических ресурсов и аквакультуры.

Открывала конференцию пленарная сессия (куратор — научный руководитель ФГБУН ИМБИ д. б. н., проф. Ю. Н. Токарев), посвящённая истории формирования научных школ и направлений фундаментальных и прикладных исследований в СБС — ИнБЮМ — ИМБИ. Затем работа была продолжена по секциям следующих направлений:

- биология и экология гидробионтов (кураторы — д. б. н., проф. А. В. Гаевская, д. б. н., проф. И. В. Довгаль, д. б. н., проф. С. М. Долганов);
- экологическая биоэнергетика, биохимия и генетика гидробионтов (кураторы — д. б. н. Н. Н. Немова, д. б. н., проф. А. В. Солдатов);
- биоразнообразие и проблемы его сохранения (кураторы — д. б. н. Е. Л. Неврова, д. б. н., проф. А. Г. Охапкин, к. б. н. А. Р. Болтачев);
- радиохемэкология, проблемы загрязнения и биоиндикация качества водной среды (кураторы — д. б. н., проф. В. Г. Королев, д. б. н. Г. Е. Лазоренко, к. б. н. Н. Ю. Мирзоева, к. б. н. Н. Н. Терещенко);
- функционирование и продуктивность водных экосистем, динамика экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов (кураторы — д. б. н., проф. Н. В. Максимович, д. б. н. А. В. Празукин, к. б. н. Н. В. Шадрин);
- морские биологические ресурсы, биотехнологии и аквакультура (кураторы — д. б. н., проф. В. П. Варламов, д. б. н., проф. А. И. Раилкин, д. б. н. В. И. Рябушко).

Тематика секции «Радиохеомоэкология, проблемы загрязнения и биоиндикация качества водной среды» обобщила результаты исследований, начиная с механизмов функционирования генетического аппарата, регуляции мутационных процессов у эукариотов, изучения состояния биохимических параметров гидробионтов, морфологических изменений в тканях под воздействием радиационного и химических факторов среды и заканчивая оценкой риска влияния радиации на живые организмы и воздействия радиохеомоэкологических факторов на популяции и сообщества гидробионтов. Рассмотрены проблемы воздействия малых доз радиации, а также вопросы биоиндикации уровней загрязнения водных систем. Молисмологические исследования охватывали широкий диапазон — от миграции, перераспределения, трансформации радиационных и химических загрязнителей, включая природные и техногенные радионуклиды, нефтепродукты, пестициды, тяжёлые металлы, полихлорбифенилы, диоксины, до сочетанного антропогенного загрязнения и различных биологических и физико-химических технологий очистки вод от загрязнителей. Также представлены результаты многолетних исследований струйных газ-выделений метана в открытых и прибрежных черноморских экосистемах и данные по геохронологии загрязнения донных осадков с помощью радиоиндикаторов. Всего для участия в работе секции заявлено 70 очных и заочных докладов из Беларуси, Казахстана, Польши и Турции, а также из 17 регионов России. На секции представлено 25 устных и 7 стендовых докладов, а также онлайн-доклад по Skype турецких исследователей (Ege University, Dokuz Eylul University, г. Измир), прослушанные всеми желающими участниками из других секций.

В рамках заседания секции отмечено 60-летие отдела радиационной и химической биологии показом фильма об академике Г. Г. Поликарпове — создателе отдела и научного направления «морская радиоэкология».

Тематика секции «Биология и экология гидробионтов» была достаточно разноплановой, с равноценной представленностью и классических, и современных исследований, однако выделялось несколько блоков, отражающих наиболее актуальные направления исследований: состояние популяций промысловых гидробионтов (доклады А. А. Пашкова, Ю. В. Перепелина и С. М. Долганова), виды-вселенцы и их влияние на экосистемы (доклады А. Д. Губановой, О. А. Гарбазей, Ю. Ю. Полуниной), анализ сообществ морских организмов и их отдельных компонентов (Ю. А. Загородняя, А. Л. Брюханов), различные методики изучения гидробионтов (Д. М. Саидова, С. А. Судник), биология и экология паразитов (стендовые доклады Т. А. Поляковой, Н. В. Пронькиной, В. М. Юрачно), влияние факторов среды на вегетативный рост диатомовых водорослей (стендовые доклады О. И. Давидович, К. И. Шоренко, Ю. А. Подунай). Всего заслушано 22 устных доклада и представлено 15 стендовых.

Тематика секции «Биоразнообразие и пробле-

мы его сохранения» охватила практически все группы морских и солоноватоводных гидробионтов морей России, Тихого, Ледовитого и Индийского океанов — от микобиоты и микрофитобентоса до макрозообентоса и морских птиц. В докладах подняты важнейшие вопросы влияния абиотических и биотических факторов на изменения биоразнообразия зоо- и фитопланктонных сообществ (А. Г. Арашкевич с соавторами, Москва; В. В. Ларионов, Керчь), ресурсов nekтона Дальнего Востока (О. А. Иванов, Владивосток), сообщества рыб Каркинитского залива (Е. П. Карпова с соавторами, Севастополь). Активную дискуссию вызвала методическая работа, посвящённая исследованию биоценозов литорали Белого моря (Н. В. Максимович с соавторами, Санкт-Петербург). Всего на секции заслушано 32 устных доклада и представлено 9 постерных.

Тематика секции «Функционирование и продуктивность водных экосистем, динамика экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов» объединила большое разнообразие типов экосистем, процессов, проблем, подходов. Не в ущерб остальным особое внимание привлёк ряд оригинальных докладов. В области изучения климатической изменчивости рассмотрено влияние изменения режима ветров на макрофитоценозы побережья Крыма (В. П. Евстигнеев с соавторами, Севастополь). Интересным было исследование, посвящённое «зелёным приливам» в Финском заливе Балтийского моря, где проанализированы вызывающие их факторы и наносимый ими ущерб (Ю. И. Губелит с соавторами, Санкт-Петербург). Е. Г. Крупа (Алматы, Казахстан) проанализировала факторы, влияющие на размерную структуру зоопланктона в Каспийском море. Всех заинтересовал доклад, посвящённый эстуариям Камчатки (М. В. Коваль и С. Л. Горин, Петропавловск-Камчатский). Всего на секции заслушано 26 устных докладов и представлено 5 постеров.

Работа секции «Экологическая биоэнергетика, биохимия и генетика гидробионтов» дала возможность ознакомиться с результатами широкого спектра исследований по физиологическим, эколого-биохимическим, биоэнергетическим, молекулярно-генетическим, филогеографическим и токсикологическим аспектам водных организмов. Всего на секции заслушано 26 устных докладов и представлено 10 стендовых сообщений.

Тематика секции «Морские биологические ресурсы, биотехнологии и аквакультура» обобщила различные аспекты прикладных биотехнологий и наметила перспективы использования продуктов марикультуры в народном хозяйстве. Всего было заслушано 10 устных докладов и представлено 6 стендовых сообщений.

Завершала и подводила итоги конференции **работа круглого стола «Экологические и социально-экономические аспекты стратегии развития прибрежных регионов»** (куратор — к. б. н. Н. А. Мильчакова). В процессе работы представлена история фор-



Рис. 1. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы», приуроченная к 145-летию Севастопольской биологической станции (19–24 сентября 2016 г., Севастополь)

Fig. 1. The All Russian scientific-practical conference with international participation “Marine biological research: achievements and perspectives”, dedicated to the 145th anniversary of Sevastopol Biological Station (19–24 September 2016, Sevastopol)

мирования и роль особо охраняемых природных территорий для экосистемы Азово-Черноморского бассейна (Н. А. Мильчакова, Севастополь), рассмотрены вопросы ландшафтно-экологического районирования Азовского моря (О. Н. Буркаций с соавторами, Геленджик), аспекты рационального природопользования (В. А. Жигульский с соавторами, Санкт-Петербург), основные проблемы заказников как гарантов сохранения биоразнообразия (А. В. Кондратов, Иркутск). Живую дискуссию вызвало обсуждение проблем охраны окружающей природной среды в XXI веке.

Результатом работы Всероссийской научно-практической конференции стала публикация материалов в трёх томах (под общей редакцией А. В. Гаевской):

- том 1 (редактор — д. б. н., проф. А. В. Гаевская) объединил материалы по истории развития морских биологических исследований, биологии и экологии гидробионтов, экологической биоэнергетике, биохимии и генетике гидробионтов;
- том 2 (редакторы — д. б. н. Е. Л. Неврова, к. б. н. И. Е. Драпун) посвящён итогам изысканий по биоразнообразию и проблемам его сохранения, функционированию и продуктивности водных экосистем, динамике экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов;

- том 3 (редактор — д. б. н., проф. И. В. Довгаль) содержит результаты работ по радиохемоэкологии, проблемам загрязнения и биоиндикации качества водной среды, рациональному природопользованию, вопросам особо охраняемых природных территорий и акваторий, оценке морских биологических ресурсов, методам биотехнологии и аквакультуры.

Всего в трёх томах материалов конференции содержатся 477 оригинальных работ общим объёмом 1487 стр.; издание введено в РИНЦ.

Главным результатом проведённой конференции стало объединение научного сообщества морских биологов не только нашей огромной России, но и ближнего зарубежья. Высокий уровень работ, интересные устные и стендовые доклады и живое обсуждение актуальных общенаучных и специальных вопросов способствовали творческой атмосфере, обмену мнениями и информацией, расширению кругозора и научных контактов, углублению понимания проблем и перспектив развития морской биологии.

По итогам конференции принято решение проводить научно-практические конференции каждые 5 лет на базе Института морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН в городе Севастополе.

Программный комитет конференции ФГБУН ИМБИ

All-Russian scientific-practical conference with International participate “Marine biological research: achievements and perspectives”

The Conference was held during 19–24 September 2016 in Sevastopol. More than 220 scientists from 52 research and educational organizations from Russia, Kazakhstan, Belarus and Turkey attended the Conference. The researchers discussed a lot of issues of the history of marine biological research, biology and ecology of aquatic organisms, ecological bio-energetics, biochemistry and genetics of aquatic organisms, problems of the marine biodiversity and ecological functioning assessment and conservation, approaches for the evaluation of the productivity and dynamics of marine ecosystems and the impacts from the environment and anthropogenic pressures. Also, the issues of radioecology, pollution and the bio-indication of water quality, sustainable use of natural resources, marine and terrestrial protected areas, marine biological resources, biotechnology and aquaculture were thoroughly discussed. Three Proceedings volumes were prepared, based on the reports submitted to the Conference.

Keywords: conference, hydrobiology, assessment of marine biodiversity, bio-energetics, biochemistry and genetics of aquatic organisms, productivity, dynamics of marine ecosystems, influence of environmental factors, anthropogenic impact, radioecology, marine pollution, bio-indication of water quality, rational use of natural resources, marine and terrestrial protected areas, marine biological resources, biotechnology, aquaculture, Sevastopol biological station, Institute of marine biological research

ИНФОРМАЦИЯ О 5-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «МОРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ: MARESEDU-2016»

© 2016 г. **И. И. Руднева**, д-р биол. наук, в. н. с.

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

E-mail: svg-41@mail.ru

Поступила в редакцию 13.11.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Конференция проходила 18–21 октября 2016 г. в Институте океанологии им. П. П. Ширшова в Москве. Организаторами конференции выступили: Центр морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова, Учебно-научный центр ЮНЕСКО-МГУ по морской геологии и геофизике, Институт океанологии им. П. П. Ширшова, геологический, географический и биологический факультеты МГУ.

На открытии конференции были заслушаны научно-образовательные лекции. В лекции «Геоакустические методы в картографировании подводных ландшафтов» (Терехина Я. Е., ЦАСД МГУ) были рассмотрены возможности применения геоакустических методов для картографии донных ландшафтов, обсуждены физические основы, аппаратура и методика гидролокации бокового обзора и высокочастотного сейсмоакустического профилирования, освещены некоторые аспекты обработки и интерпретации геофизических данных. Лекция Мокиевского В. О. (ИО РАН) «Подводные ландшафты — концепции и методы изучения» была посвящена обсуждению понятия «ландшафт», истории его возникновения и применения в экологии моря. Лектором был дан краткий обзор современных концепций подводного ландшафтоведения, методов и подходов к исследованию донных природных комплексов, рассмотрены методы дистанционного и визуального обследования морского дна, перспективы развития специальных приёмов и методов для сбора и интерпретации данных. Лекция «Полярная экспедиция «Картеш»: комплексная арктическая экспедиция 2016 года», которую прочли руководитель экспедиции Амелин Я. Ф. и его коллега Бедаш С. Н., была посвящена итогам комплексной экспедиции 2016 г. на исследовательском судне «Картеш», которое прошло более 7000 морских миль в акваториях Белого, Баренцева и Карского морей. Была пред-

ставлена информация о культурно-исторической составляющей экспедиции, особенностях и перспективах работы в Арктике, о проекте «Полярная экспедиция».

В рамках конференции была организована работа 6 секций: «Океанология», на которой были представлены 15 устных и 25 стендовых сообщений; «Геофизические исследования на акватории (морская геология)», где были заслушаны 17 устных и рассмотрено 21 стендовое сообщение; секция «Морская биология» включала 13 устных сообщений и 21 стендовый доклад; на секции «Рациональное природопользование» были обсуждены соответственно 8 и 6 сообщений, на секции «Гидрология» — 8 и 16; и на секции «Морская геология» были заслушаны 15 сообщений.

В конференции приняли активное участие сотрудники ИМБИ РАН им. А. О. Ковалевского, которые представили 3 устных и 5 стендовых докладов на секции «Морская биология» и 3 устных сообщения на секции «Рациональное природопользование». Доклады наших коллег пользовались заслуженным вниманием и интересом, на заданные вопросы были даны исчерпывающие и квалифицированные разъяснения.

Одновременно с конференцией в Доме фотографа была открыта выставка художественной фотографии участников экспедиции на корабле «Картеш», на которой были представлены фото арктических ландшафтов архипелага Новая Земля, где побывали исследователи во главе с зам. директора Института океанологии академиком М. В. Флинтом. Выставка привлекла внимание многих москвичей, необычные пейзажи территорий и акваторий, где не ступала нога человека, вызвали истинное восхищение посетителей и участников конференции.

Information about the 5th International conference “Marine research and education: MARESEDU-2016”

I. I. Rudneva

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

E-mail: svg-41@mail.ru

The Conference was been held during October 18–21, 2016 in Shirshov Institute of Oceanology, Moscow. The main ideas that were discussed were: the application of the modern instrumental methods in geological and physical studies in various water bodies, fundamental and practical aspects of marine biology and ecology, methods of the optimization of water management. The scientists from IMBR RAS attended the Conference and made interesting presentations in the sections “Marine Biology” and “Marine Environmental Management”.

Keywords: MARESEDU-2016, marine biology



Токарев Ю. Н., Евстигнеев П. В., Машукова О. В. Планктонные биолюминесцентные организмы Мирового океана: видовое разнообразие, характеристики светового излучения в норме и при антропогенном воздействии. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – 340 с. : 100 ил., 53 табл.

В монографии обобщены результаты зарубежных, отечественных и оригинальных исследований параметров биолюминесценции морских планктонных организмов за последние 65 лет. Несмотря на отсутствие устоявшихся взглядов на систематику ряда организмов, различие применяемых в разных странах методик инвентаризации планктонных биолюминесцентных и используемых при этом аппаратурных комплексов, существование внутривидовых вариететов (разновидностей) или клонов, различающихся по способности продуцировать свет и т. д., в книге впервые приведён максимально полный на данный момент кадастр планктонных биолюминесцентных организмов различной систематической принадлежности. В монографии приведены реакции светящихся планктонов и их светящихся систем на воздействие ряда физических и химических полей антропогенного происхождения, показан сложный характер их адаптации к меняющимся условиям среды. Настоящее издание послужит поводом для плодотворных дискуссий специалистов различных научных направлений по актуальным вопросам теоретической биологии — роли оптического канала в формировании информационной среды морских организмов, познания экологической нагрузки свечения простейших, изучения доли хемилюминесцентных реакций в энергетическом балансе организма и т. д.

Монография рассчитана на отечественных и зарубежных морских биологов и экологов, преподавателей и студентов биологических специальностей вузов.

ИНФОРМАЦИЯ О МЕЖДУНАРОДНОМ СИМПОЗИУМЕ «БИОДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ: ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ, КРИТЕРИИ И ЭТАЛОНЫ СРАВНЕНИЯ В ЭКОТОКСИКОЛОГИИ»

© 2016 г. **И. И. Руднева**, д-р биол. наук, в. н. с.

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

E-mail: svg-41@mail.ru

Поступила в редакцию 14.11.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Симпозиум проходил 25–28 октября 2016 г. в МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия) и явился продолжением цикла научных форумов по актуальным проблемам современного природопользования и взаимодействия человечества с окружающей средой. Основные направления работы симпозиума были определены на предшествующей международной конференции «Биодиагностика-2013», состоявшейся в г. Москве (МГУ) в 2013 г. В работе симпозиума приняли участие известные специалисты-экологи из России, Эстонии, Казахстана, Кыргызстана, Германии, Великобритании, США, Турции, Китая, Индии. Ведущие учёные учреждений РАН, РАСХН, Минобрнауки, Минприроды, специалисты природоохранного и аграрного секторов России, а также европейские и американские исследователи, члены международных и российских профессиональных организаций — Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Всероссийского гидробиологического общества, Международного и Российского гуминового общества, Всероссийского общества почвоведов им. В. В. Докучаева — представили свои доклады и сообщения.

На симпозиуме было обсуждено более 170 сообщений, сделанных в виде устных и стендовых докладов по следующим направлениям: «Методология биодиагностики», «Биотестирование в нормировании и токсикологическом контроле» и «Биоиндикация и химический анализ в экологическом мониторинге». Ведущими специалистами были прочитаны обзорные лекции по важнейшим проблемам экотоксикологии почв и водной среды. Актуальные вопросы диагностики состояния среды обитания были рассмотрены на круглых столах: «Фитотестирование: проблемы и решения» и «Экологическая оценка по реакциям бактерий: биолуминесценция и субстратная специфичность», где специалисты обменялись информацией и согласовали позиции по методическим приёмам, исполь-

зуемым в контроле качества среды. В рамках симпозиума были проведены мастер-классы «Статистика в экотоксикологии», «Биотестирование на ракообразных», «Биотестирование на микроводорослях», где участники могли получить практические навыки по использованию некоторых видов тест-культур в токсикометрии и по методам тематического анализа результатов.

В работе симпозиума особое внимание было уделено методологии экологической оценки и концепции экологического нормирования, характеристике источников воздействий, подлежащих контролю, и их влиянию на экологическое качество воды, воздуха и почвы. Были обсуждены проблемы стандартизации методов и измерений, аттестации биотехнологической коллекции стандартизированных тест-культур, необходимых для практического контроля токсичности природных объектов. На симпозиуме была организована демонстрация систем и приборов, в том числе отечественного производства, для диагностики состояния окружающей среды.

По итогам прошедших обсуждений и дискуссий участниками международного симпозиума «Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии» была принята резолюция, в которой отражены основные задачи, направленные на дальнейшее развитие систем мониторинга, биотестирования и биодиагностики качества окружающей среды, определены принципы взаимодействия с международными организациями, прежде всего SETAC, пути координации исследований между различными регионами Российской Федерации на базе региональных подразделений русскоязычного отделения SETAC (SETAC Russian Language Branch). Участники симпозиума единогласно решили практиковать регулярное проведение научных форумов по актуальным проблемам контроля качества среды.

**Information about the International Symposium
“Biodiagnostics and assessment of environmental quality:
approaches, methods, criteria and reference standards in ecotoxicology”**

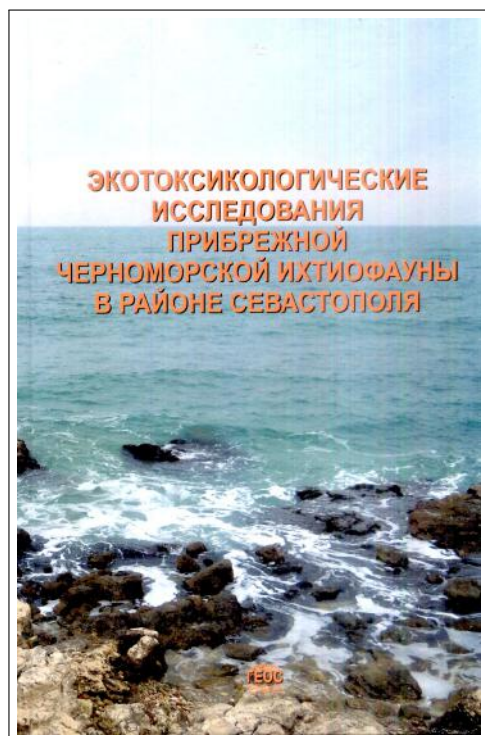
I. I. Rudneva

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

E-mail: svg-41@mail.ru

The symposium took place in Moscow State University, in October 25–28, 2016. The main ecological issues in the evaluation of the environmental quality were discussed. Biological methods of analysis in the assessment of natural and impacted ecosystems were shown in 170 presentations delivered by researchers from 10 countries and 5 scientific societies, including SETAC, the Society of Environmental Toxicology and Chemistry. The main idea of the symposium was to join the efforts of the scientists, business and decision makers for the development of adequate methods and programs on the diagnosis of environmental health.

Keywords: ecotoxicology, Moscow State University, assessment of environmental quality



Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя / отв. ред. И. И. Руднева. – Москва: ГЕОС, 2016. – 360 с.

Рассмотрены основные тенденции многолетних изменений морфофизиологических и биохимических параметров рыб, произошедших под действием природных и антропогенных факторов. Показана эффективность применения биомаркеров и биоиндикаторов разного биологического уровня для оценки состояния популяций рыб и среды их обитания в районе Севастополя. Описаны ответные реакции рыб на действие различных стрессовых факторов и выяснены их возможные механизмы. Обоснован комплекс биомаркеров и биоиндикаторов, которые могут быть использованы в системе «раннего оповещения неблагополучия» прибрежных вод. Приведены примеры применения экотоксикологического подхода для оценки последствий загрязнения морских вод. Полученные данные могут быть полезны для создания программы мониторинга и разработки превентивных мер по охране и восстановлению прибрежных морских экосистем в случае их антропогенной деградации.

Для биологов, экологов, гидробиологов, ихтиологов, работников рыбопромысловой отрасли, преподавателей и студентов вузов соответствующих специальностей.

ВЗГЛЯД НА СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ВОДОЁМОВ С БЕРЕГОВ ОЗЕРА НАРОЧЬ: V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ОЗЁРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ, КАЧЕСТВО ВОДЫ»

© 2016 г. **Н. В. Шадрин**¹, канд. биол. наук, в. н. с.,
Т. М. Михеева², д-р биол. наук, гл. н. с., **Е. В. Ануфриева**¹, канд. биол. наук, н. с.

¹Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

²НИЛ гидроэкологии Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь

E-mail: snickolai@yandex.ru, mikheyeva@tut.by, lena_anufrieva@mail.ru

Поступила в редакцию 25.09.2016 г. Принята к публикации 21.12.2016 г.

Уже стало доброй традицией проводить международные лимнологические конференции на берегу крупнейшего в Беларуси прекрасного озера Нарочь. Первая конференция состоялась в 1999 г., последующие проходили в 2003, 2007 и 2011 гг. Тематика конференций охватывает широкий круг вопросов современной гидробиологии/гидроэкологии и охраны окружающей среды. V Международная научная конференция «Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» проходила на базе Учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станция им. Г. Г. Винберга» Белорусского государственного университета с 12 по 17 сентября 2016 г. Организаторами конференции выступили Научно-исследовательская лаборатория гидроэкологии, Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция им. Г. Г. Винберга» Белорусского государственного университета и Национальный парк «Нарочанский» Управления делами президента, при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Конференция была посвящена памяти известного советского и белорусского гидробиолога члена-корреспондента НАН Беларуси, профессора Александра Павловича Остапени (1939–2012 гг.). По его инициативе и под его руководством проводились все предыдущие «Озёрные» конференции. Это событие совпало с двумя другими юбилеями: 50-летием Научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии, созданной в 1965 г. (ею многие годы руководил А. П. Остапеня, продолжая и развивая дело своего учителя Г. Г. Винберга), и с 70-летием организации Нарочанской биологической станции, где под руководством А. П. Остапени проводились новаторские исследования сотрудниками лаборатории и станции, а также

многочисленными приезжими специалистами, студентами, аспирантами из разных учреждений бывшего Союза и стран СНГ.

В работе конференции приняли участие более 150 учёных, 30 из них представляли Беларусь, а около 120—17 других государств. На озеро Нарочь приехали как маститые учёные, например академики РАН А. Ф. Алимов и В. Н. Большаков, так и молодые начинающие специалисты. География участников была широкой: США, Израиль, Литва, Латвия, Польша, Камчатка, Калининград, Красноярск, Москва, Петрозаводск, Санкт-Петербург, Севастополь, Урал, Чита и т. д. Было заслушано 28 докладов на 5 пленарных заседаниях и 79 — на секционных, которые проходили по следующим направлениям:

1. Реакция озёрных экосистем на изменение природных и антропогенных факторов среды.
2. Структура и продуктивность озёрных экосистем.
3. Качество вод и механизмы его формирования.
4. Природные ресурсы озёр и проблемы их рационального использования.
5. Чужеродные виды и их роль в водных экосистемах.

Содержательным и эмоциональным был доклад Т. М. Михеевой о личности и научном творчестве А. П. Остапени в начале первого пленарного заседания. Затем были доклады о создании и истории Научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии (Т. М. Михеева, Б. В. Адамович, Т. В. Жукова, Р. З. Ковалевская), о Нарочанской биостанции (Т. В. Жукова). Тему истории биостанций и их вклада в экологию продолжили два следующих доклада (Н. В. Шадрин, Севастополь и Н. М. Коровчинский, Москва).

Разнообразные вопросы изучения водоёмов были затронуты в интересных докладах пленарных заседаний.

Все перечислять не будем, но некоторые отметим. Важные теоретические аспекты формирования и оценки продукции экосистем рассмотрены А. Ф. Алимовым. В докладе, посвящённом седиментации в глубоких озёрах, на большом материале проанализирована роль взаимодействия физических факторов и адаптаций микроводорослей (И. Островский, Израиль). Вопросы седиментации в мелководных озёрах обсудили белорусские учёные (Б. В. Адамович с соавторами, Минск). В совместном докладе российских и китайских специалистов рассмотрено влияние донных животных на потоки фосфора в олиготрофных и эвтрофных водоёмах (Н. А. Березина с соавторами, Санкт-Петербург, Ухань). Доклад «Водные экосистемы как источник незаменимых для человека ненасыщенных жирных кислот — протекторов сердечно-сосудистых заболеваний» (М. И. Гладышев, Красноярск) подчеркнул практическую важность гидробиологических исследований. Другому важному аспекту гидробиологии была посвящена работа А. А. Протасова (Киев), который суммировал результаты 18-летних наблюдений за эволюцией техноэкосистемы водоёма-охладителя атомной электростанции. Одно из выступлений было посвящено использованию модельного подхода к пониманию формирования всплеск токсичных микроводорослей (Т. Nguyen-Quang с соавторами, Канада). Сильное впечатление произвел доклад, посвящённый последствиям антропогенного эвтрофирования литорали озера Байкал (И. В. Томберг с соавторами, Иркутск). Многие пленарные и секционные доклады были посвящены долговременным изменениям разных водоёмов и их экосистем под влиянием климатической вариативности и пресса антропогенной деятельности. Были подняты вопросы изучения видов-вселенцев, рассматривались проблемы токсикологии и паразитологии. В ряде докладов обсуждены смежные с морской биологией вопросы экологии лагун и их трансформации в результате антропогенной активности. Подытоживая, можно сказать, что скучно никому не было: каждый нашел для себя достаточное количество интересных докладов.

В рамках конференции были вручены две премии имени А. П. Остапени за лучшие доклады молодых исследователей, сделанные без участия соавторов. Учредителями премии выступили известные белорусские и американские учёные Александр Каратаев (Director of Buffalo State Great Lakes Center) и Любовь Бурлакова (Research Scientist of Buffalo State Great Lakes Center). Лауреатами премии стали Jan Łukaszewicz (Польша, Познань, Adam Mickiewicz University of Poznań) за доклад, посвящённый многолетней изменчивости ледовых явлений в нижнем течении реки Леба, и Анастасия Ивановна Сидорова (Россия, Петрозаводск, Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН) за доклад о роли инвазионного вида амфипод в бентосе литорали Онежского озера.

Выступавшие на завершающем пленарном заседании коллеги отмечали, что Международная конференция «Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» является значительным событием в гидробиологической науке. В определённом смысле она представляет собой продолжение некогда весьма плодотворных съездов Всесоюзного гидробиологического общества. В принятом решении конференции отмечается необходимость: 1) срочных мер по предотвращению дальнейшего эвтрофирования Байкала, 2) продолжения и расширения исследований трофических отношений в водоёмах, биологических инвазий, многолетних изменений, 3) развития методологических и теоретических подходов гидробиологии.

К началу конференции были опубликованы её [Материалы](#), где представлено 196 докладов. Кроме научной программы были предложены интересные экскурсии на заповедные Голубые озёра и по старинным храмам Нарочанского края. Все участники выражают благодарность оргкомитету за тёплый приём, дружественную атмосферу и интересную программу конференции.

Общение с коллегами в окружении великолепной природы — что может быть лучше! Остаётся лишь вспоминать о прекрасных днях и надеяться, что и VI конференция состоится.



**A look on the current problems of aquatic ecology from shores of Lake Narochny:
V International Conference "Lake ecosystems: biological processes,
anthropogenic transformation, and water quality"**

N. V. Shadrin¹, T. M. Mikheyeva², E. V. Anufrieva¹

¹Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

²Laboratory of Aquatic Ecology, Belarusian State University, Minsk, Belarus

E-mail: snickolai@yandex.ru, mikheyeva@tut.by, lena_anufrieva@mail

The fifth International Scientific Conference "Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, and water quality" was devoted to the memory of corresponding member of NASB, Professor Alexander P. Ostapenko (1939–2012), who was a leader in hydrobiology of Belarus and a world leading scientist on the topic. The various aspects of aquatic ecology were discussed at the conference by scientists from 17 countries.

Keywords: lake ecosystems, water quality, Belarus



ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ

13 ноября 2016 г. на 88 году ушел из жизни
главный научный сотрудник отдела физиологии животных и биохимии,
член-корреспондент НАН Украины, доктор биологических наук, профессор
ГЕОРГИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ ШУЛЬМАН



Георгий Евгеньевич Шульман родился в Киеве 19 августа 1929 г. После окончания с отличием в 1953 г. биологического факультета Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина он начал трудовую деятельность в лаборатории ихтиологии Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (АзчерНИРО, г. Керчь) в качестве младшего научного сотрудника. В 1959 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию, посвященную экологии азовского анчоуса. Здесь же в 1962 г. им была организована первая в Азово-Черноморском бассейне лаборатория физиологии рыб, которая определила новое направление исследований ихтиофауны региона. За сравни-

тельно короткий срок им были обобщены материалы, посвященные жизненным циклам азово-черноморских рыб, которые нашли отражение вначале в виде докторской диссертации (г. Москва, 1970 г.), а затем — монографии «Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб» (1974 г.). Последняя была переведена в США и принесла Г. Е. Шульману широкую известность.

С 1965 г. свои исследования Г. Е. Шульман продолжил в рамках отдела физиологии животных ИнБЮМ НАН Украины (г. Севастополь) (с 2000 г. — отдела физиологии животных и биохимии), который он возглавлял на протяжении 36 лет и главным научным сотрудником которого являлся в последнее время. Фактически при участии Г. Е. Шульмана здесь была сформирована научная школа по экологической биоэнергетике гидробионтов, основы которой ранее были заложены профессором, доктором биологических наук В. С. Ивлевым. Под руководством Г. Е. Шульмана было подготовлено 3 докторских и 25 кандидатских диссертаций, написано 11 монографий и опубликованы сотни статей. За значительный вклад в развитие современной гидробиологии в 1995 г. Г. Е. Шульман был избран членом-корреспондентом Национальной академии наук Украины по специальности «гидробиология». В 2006 г. ему присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники Украины, а в 2007 г. он с группой сотрудников Института получил государственную премию Украины в области науки и техники за цикл работ «Продуктивность, биоразнообразие и экологическая безопасность экосистем Чёрного моря и перспективных для Украины районов Мирового океана». В октябре 2008 г. на Международной конференции в Софии (Болгария) Г. Е. Шульману была вручена премия Международной комиссии по защите экосистемы Чёрного моря от загрязнений — «За выдающиеся достижения и огромный вклад в изучение экосистемы Чёрного моря».

Г. Е. Шульману принадлежит фундаментальный цикл работ по изучению метаболических основ жизненных циклов морских рыб, баланса и трансформации вещества и энергии в пелагической и прибрежной экосистемах Чёр-

ного моря, воздействия на эти экосистемы глобальных климатических и региональных антропогенных факторов, индикации и мониторинга функционального состояния гидробионтов и их сообществ. Применение интегральных методов оценки интенсивности энергетического и пластического обмена позволило группе, возглавляемой Г. Е. Шульманом, установить факт использования белков в качестве энергетических субстратов в условиях анаэробно-анаэробного у различных систематических групп гидробионтов (рыб, моллюсков, ракообразных). Обнаружена универсальная роль полиненасыщенной («омега-3») жирной докозагексаеновой кислоты в функциональных адаптациях морских животных с высокой подвижностью. Показана доминирующая роль обеспеченности пищей в формировании энергетических (жировых) запасов и в динамике численности популяций мелких пелагических рыб (анчоуса, шпрота), составляющих основу промыслового потенциала азово-черноморского региона. На основании многолетних исследований Г. Е. Шульманом была разработана теория альтернативных метаболических стратегий, лежащих в основе биоразнообразия и биологического прогресса, регулирующих конкурентные отношения в экосистемах и имеющих благодаря этому общебиологическое значение.

Исследования Г. Е. Шульмана нашли отражение в более чем в 300 печатных работах, в том числе в 11 монографиях, 3 из которых изданы за рубежом. Совместная работа с шотландским ученым М. Лавом (впоследствии — иностранным членом Национальной академии наук Украины) позволила Г. Е. Шульману подготовить к печати монографию G. E. Shulman & R. M. Love, *The Biochemical Ecology of Marine Fishes*, которая была издана в 1999 г. в Великобритании в одной из наиболее престижных серий по морской биологии “*Advances in Marine Biology*” (Academic Press, London). Эта книга получила широкий отклик у мировой научной общественности. Результатом плодотворного сотрудничества с испанским коллегой Дж. Ллоретом недавно стала монография J. Lloret, G. Shulman, R. M. Love, *Condition and Health*

Indicators of Exploited Marine Fishes (Wiley Blackwell, 2014).

Г. Е. Шульман — участник и организатор более чем 40 научных экспедиций в бассейны Азовского, Чёрного, Средиземного морей, Атлантического и Индийского океанов. Являлся руководителем многих национальных и международных программ и проектов. В качестве профессора неоднократно читал лекции в университетах и научно-исследовательских институтах Великобритании, Франции, Италии, Турции, Польши, Израиля. Являлся представителем в Европейском морском биологическом обществе, членом Международного совета по экоэтике. Многие годы был заместителем председателя Научно-консультативного совета по экологической физиологии и биохимии рыб при Ихтиологической комиссии министерства рыбного хозяйства (Москва), членом Бюро и Пленума этой комиссии, членом Научного совета по программе «Гидробиология, ихтиология и использование водных ресурсов» РАН. Был организатором и руководителем многих научных конференций, симпозиумов и школ.

В последнее время Г. Е. Шульман являлся заместителем главного редактора «Морского биологического журнала». Активно занимался популяризаторской деятельностью. Широкую известность получили его очерки, посвящённые морской тематике: «На траверзе — Дакар» (1964), «Путешествие в синюю страну» (1979), «Пылинки на звездном пороге» (1999), «Зыбкими дорогами планеты» (2003), а также вольные переводы из англоязычной поэзии: «Миндаль зацвёл» (2006), «Борись за счастье» (2009), «Прощальная песнь любви» (2014). Буквально за месяц до кончины Георгия Евгеньевича вышла его книга «Здравствуй, Кара-Даг — великий памятник природы!» (2016) о его самом любимом месте на нашей планете.

Со смертью Г. Е. Шульмана современная гидробиология понесла невосполнимую утрату. Светлая память о Георгии Евгеньевиче Шульмане как о человеке, учёном, учителе навсегда останется в сердцах всех, кто его знал.

Коллеги, ученики

To the memory of outstanding hydrobiologist, corresponding members of NASU, Georgy Evgenyevich Shulman

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

The 13th November 2016, is the milestone for the 88 years after Georgy E. Shulman passed away. He has been an eminent researcher of the Department of Animal Physiology and Biochemistry from IMBR RAS, Corresponding Member, Doctor in Biological Sciences, Professor, a distinguished persona in the field of marine research in the Black Sea area. Prof. Dr. Shulman contributed decisively to the progress of the marine science in Physiology and Biochemistry disciplines. After having devoted years of research, Prof. Shulman developed a theory of alternative metabolic strategies that underpin biodiversity and biological processes, regulating competitive relationships in ecosystems. The bright memory of Georgy E. Shulman, as a person, inventing scientist and gifted teacher will away remain in the hearts of all who knew him.

Keywords: obituary, outstanding hydrobiologist, Georgy Evgenyevich Shulman, Sevastopol

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

Морской биологический журнал

Основан в феврале 2016 г.

Научное издание

Основатели журнала:

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

Печатается по рекомендации Ученого совета
ФГБУН «Институт морских биологических исследований
имени А. О. Ковалевского РАН»
(протокол № 13 от 26.12.2016)

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

Научный редактор
А. В. Гаевская

Корректор
О. Ю. Копытова

Технический редактор
Р. Г. Геворгиз

Компьютерная вёрстка
Л. В. Веселовская

Оригинал-макет подготовлен в пакете $\text{\LaTeX}$ (TeX Live 2015 / Debian Linux)
с использованием свободных шрифтов FreeSerif и FreeSans

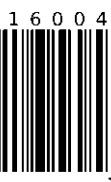
Подп. к печати 26.12.2016	Формат 60×84/8	Бум. офсетная № 1	Печать офсетная
Усл.-изд. лист. — 12,1	Усл.-печ. лист. — 12	Тираж 150 экз.	Зак. № 74

Отпечатано в ООО НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», ОГРН 1159204018940 от 07.05.2016
299011, г. Севастополь, ул. Ленина, 28, тел. (8692) 54-31-46, e-mail: ecosi@yandex.ru

ISSN 2499-9768



9 772499 976005



>

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, моллюсологии 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
телефон +7 (8692) 54-56-62
E-mail: mbj-imbr@mail.ru albina.gaevskeya@mail.ru

You may order Marine Biological Journal

in the Department of Scientific and Technical Information of IMBR.

Address: Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Nakhimov avenue, 2, 299011 Sevastopol, Russian Federation
tel. +7 (8692) 54-56-62
E-mail: mbj-imbr@mail.ru albina.gaevskeya@mail.ru