

**БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**



**BELARUSIAN
STATE
UNIVERSITY**

ОЗЕРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ, КАЧЕСТВО ВОДЫ

**Материалы
V Международной научной конференции
12–17 сентября 2016 г., Минск – Нарочь**

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ГИДРОЭКОЛОГИИ

**УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
«НАРОЧАНСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ИМ. Г. Г. ВИНБЕРГА»**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «НАРОЧАНСКИЙ»

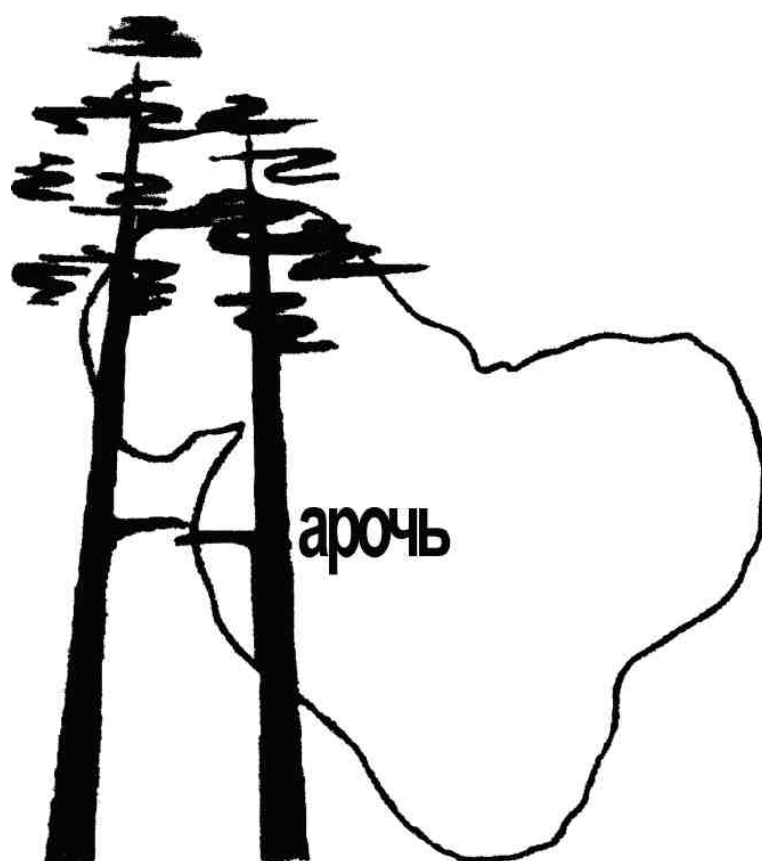
BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

BIOLOGICAL DEPARTMENT

SCIENTIFIC LABORATORY OF HYDROECOLOGY

**THE EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC CENTER
«NAROCH BIOLOGICAL STATION NAMED AFTER G. G. VINBERG»**

NATIONAL PARK «NAROCHANSKY»



BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

**LAKE ECOSYSTEMS:
BIOLOGICAL PROCESSES,
ANTROPOGENIC
TRANSFORMATION,
WATER QUALITY**

Materials
of the V International Scientific Conference
September 12–17, 2016, Minsk – Narochny

MINSK
«Publishing center BSU»
2016

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ОЗЕРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ:
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ,
АНТРОПОГЕННАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ,
КАЧЕСТВО ВОДЫ**

Материалы
V Международной научной конференции
12–17 сентября 2016 г., Минск – Нарочь

МИНСК
«Издательский центр БГУ»
2016

УДК 574.5 (043.2)

ББК 28.080.3

О 46

Составление и общая редакция
доктора биологических наук *Т. М. Михеевой*

О 46 **Озерные** экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы V Междунар. науч. конф. 12–17 сент. 2016 г., Минск – Нарочь / Сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Мн.: БГУ, 2016. – 448 с.
ISBN

В издании представлена международная тематика работ по современным проблемам гидроэкологии. Книга рассчитана на широкий круг специалистов, связанных с изучением водных экосистем, водопользователей, преподавателей, аспирантов и студентов учебных заведений санитарного и экологического профиля.

Compiler and chief editor
prof. of Biology Sciences *T. M. Mikheyeva*

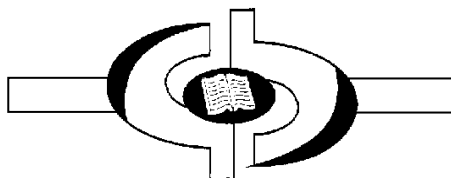
О 46 **Lake** ecosystems: biological processes, antropogenic transformation, water quality: Materials of the V Intern. Sci. Conf., September 12–17, 2016, Minsk – Naroch / Chief editor T.M. Mikheyeva. – Minsk: BSU, 2016. – 448 p.
ISBN

The edition presents the international subjects of investigations on actual problems of modern hydroecology. The book is offered to the broad circles of specialists in study of water ecosystems, various water-users, and may be recommended for teaching post-graduates, students etc. in educational institutions of sanitary and ecological profile.

УДК 574.5 (043.2)
ББК 28.080.3

Издано при поддержке

БЕЛОРУССКОГО РЕСПУБЛИКАНСКОГО ФОНДА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



ISBN

© Михеева Т. М.,
составление и общая редакция, 2016
© БГУ, 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

V Международная научная конференция «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды», организованная Научно-исследовательской лабораторией гидроэкологии, Учебно-научным центром «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» Белорусского государственного университета и Национальным парком «Нарочанский» Управления делами президента при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований проходила с 12 по 17 сентября 2016 г. на базе УНЦ «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» БГУ. Конференция с названной тематикой является периодической, она проходит с интервалом в 4 года и привлекает широкое внимание исследователей. Первая конференция состоялась в 1999 г. Тематика конференций охватывает широкий круг вопросов гидроэкологии и представляет интерес для организаций и ведомств, связанных с охраной и эксплуатацией природных ресурсов водоемов.

Особенностью V конференции является то, что она посвящена памяти широко известного гидробиолога члена-корреспондента НАН Беларуси, профессора А.П. Остапени, внезапно ушедшего из жизни в 2012 г., по инициативе которого проводились все предыдущие «Озерные» конференции. Проведение V конференции совпало также с 50-летием Научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии, которой многие годы руководил А.П. Остапеня, и с 70-летием со дня организации Нарочанской биологической станции, на которой выполнялись под руководством А.П. Остапени фундаментальные исследования сотрудников лаборатории и станции, а также многочисленными специалистами из учреждений бывшего Союза и стран СНГ.

Представленные на V конференцию доклады, материалы которых публикуются в данной книге, были сгруппированы, как и на предыдущих конференциях, по следующим основным направлениям изучения водных экосистем:

- I. Реакция озерных экосистем на изменение природных и антропогенных факторов среды;**
- II. Структура и продуктивность озерных экосистем:**
 - II. 1. Автотрофный уровень (фитопланктон, фитоперифитон, макрофиты, микрофитобентос),*
 - II. 2. Гетеротрофный уровень (бактериопланктон зоопланктон, зооперифитон, зообентос),*
 - II. 3. Ихтиоценозы, их состояние, структура, трансформация;*

- III. Качество вод и механизмы его формирования;**
- IV. Природные ресурсы озер и проблемы их рационального использования;**
- V. Чужеродные виды и их роль в водных экосистемах.**

Всего в предлагаемом вниманию читателей издании представлено 196 докладов, насчитывающих вместе с соавторами 413 участников конференции из семнадцати стран: России (253), Беларуси (75), Украины (18), Литвы (15), Молдовы (13), Латвии (12), Польши (7), Турции (6), Канады (3), Франции (2), Израиля (2), Китая (2), Армении (1), Абхазии (1), Австралии (1), Финляндии (1), Эфиопии (1). Наибольшее число докладов представили ученые России – 114, ученые Беларуси – 33, по 7 докладов – Украины и Латвии, по 5 – Литвы и Польши, 3 – Турции, 2 – Молдовы, по 1 докладу – учеными остальных стран. 8 докладов представлено в соавторстве с учеными бывшего Союза, 10 докладов – в соавторстве с учеными стран дальнего зарубежья.

О географической широте охвата изучавшихся озерных экосистем могут говорить представленные участниками конференции организации (115) и города (более 60): с востока на запад – от Петропавловска-Камчатского и Южно-Сахалинска (Россия) до Nova Scotia (Канада), с севера на юг – от Апатитов и Архангельска (Россия), до городов Турции (Mugla), Израиля (Хайфа), Эфиопии (Bahir Dar), Австралии (Мельбурн). 28 докладов заслушано на пленарных заседаниях, 126 – на секционных, остальные представлены в виде постеров.

Хочется надеяться, что и в будущем наши очередные конференции будут вызывать у исследователей столь же большой интерес.

Председатель Оргкомитета
доктор биологических наук
Т. М. Михеева

FOREWORD

The fifth International scientific conference «Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, water quality» organized by Research Laboratory of Aquatic Ecology, Naroch Biological Station of Belarusian State University and National Park «Narochansky» of Presidential Affairs with the support from Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research was held on the base of Scientific and Research Centre «Naroch Biological Station named after G.G. Vinberg» from 12 to 17 September 2016. This subject-matter conference is periodic with 4 year interval; and it attracts the attention of broad scientific publicity. The first conference was held in 1999. The themes of conference cover the wide range of hydroecological topics and are of great interest to organizations and institutions related to the protection and exploitation of the natural resources of water bodies.

The peculiarity of the V conference is that it is devoted to the memory of well-known hydrobiologist – corresponding member of NAS of Belarus prof. A.P. Ostapenya who suddenly had died in 2012. At his initiative all the previous «Lakes conferences» were organized. The V conference is coincided with the 50th anniversary of the Research Laboratory of Aquatic Ecology headed by A.P. Ostapenya for many years and with the 70th years of Naroch Biological Station organization where fundamental investigations of the laboratory' and station' scientists and many specialists from USSR and CIS countries were conducted.

The reports presented on the conference, materials of which are published in this book, were classified according to the following main topics of water ecosystems studying:

- I. Reaction of lake ecosystems to change of the environmental and anthropogenic factors;**
- II. Structure and productivity of lake ecosystems**
 - II.1. Autotrophic level (phytoplankton, phytoperifyton, macrophytes, microphytobenthos),*
 - II.2. Heterotrophic level (bacterioplankton, zooplankton, zooperiphyton, zoobenthos),*
 - II.3. Fish communities, their state, structure and transformation;*
- III. Water quality of lake ecosystems and mechanisms of its formation;**
- IV. Natural resources of lakes and the problems of their rational use;**
- V. Alien species and their role in water ecosystems.**

Altogether 28 reports were listened at plenary sessions, 126 – at 7 sections and the rest were presented as posters. In the edition 196 reports are summarized. Conference participants together with coauthors were 413 persons from seventeen countries: Russia (253), (Belarus (75), Ukraine (18), Lithuania (15), Moldova (13), Latvia (12), Poland (7), Turkey (6), Canada (3), France (2), Israel (2), , China (2), Abkhazia (1), Armenia (1), Australia (1), Finland (1), Ethiopia (1). The most reports were presented by Russian scientists (114), by Belarusians – 33, by Ukrainians (7), Latvians (7), Lithuanians (5), Poles (5), Turks (3), Moldavians (2) and by the sciences of the rest countries – 1 report from each country. 8 reports were presented with coauthors from the scientists of former USSR and 10 with coauthors from the scientists with non-CIS countries.

More than 60 cities and 115 organizations and departments were presented. The extreme geographical points may determined the breadth of coverage of investigated lake ecosystems: from East to West – from such towns as Petropavlovsk-Kamchatsky and South-Sakhalinsk (Russia) to Nova Scotia (Canada), from North to South – from Apatity and Arkhangelsk (Russia) to the cities of Turkey (Mugla), Israel (Haifa), Ethiopia (Bahir Dar) and Australia (Melbourne).

We would like to hope that our future conferences will be also popular and will have so great interest as the present one.

The Chairman of Organizing Committee
Prof. of Biology Sciences
T.M. Mikheyeva



Александр Павлович Остапеня,
чл.-кор. НАН Беларуси, профессор

(1939–2012)

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ПАВЛОВИЧА ОСТАПЕНИ

**Т.А. Макаревич, Т.М. Михеева, Р.З. Ковалевская, Б.В. Адамович,
Т.В. Жукова, А.А. Жукова, Н.В. Дубко, Л.В. Никитина, Е.В. Лукьянова,
В.С. Карабанович, Ю.К. Верес, О.А. Макаревич, И.В. Савич**

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, makarta@tut.by

Александр Павлович Остапеня – один из самых ярких представителей белорусской гидробиологической школы, созданной выдающимся ученым Георгием Георгиевичем Винбергом. А.П. Остапеня почти 45 лет возглавлял коллектив гидробиологов Белорусского государственного университета. Эти 45 лет жизни Александра Павловича в науке оставили заметный след в гидробиологии, в научных судьбах его соратников и учеников.

Основные направления научной деятельности и масштаб личности А.П. Остапени отражены в подготовленной его коллегами и учениками книге «Научное наследие А.П. Остапени» (2014; доступна для скачивания по адресу <http://bio.bsu.by/hydrobio/ostapenya.html>). В этой статье мы постарались представить главные вехи его научной биографии.

А.П. Остапеня родился 29 января 1939 г. в Минске в семье научных сотрудников. Отец, Павел Васильевич Остапеня, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки БССР, долгие годы возглавлял Белорусский НИИ санитарии и гигиены. Основные научные интересы Павла Васильевича лежали в области гидрохимии и гигиены водоснабжения, санитарной и гидрохимической характеристики природных вод. Мать, Каган Цецилия Абрамовна, гидрохимик, заведовала водным отделом того же института. Александр Павлович в свойственной ему манере шутил, что продолжает семейное «мокрое дело».

В науку А.П. Остапеня вошел очень рано. Начиная с первого курса обучения на биологическом факультете БГУ, участвовал в экспедициях по изучению водохранилищ и озер Беларуси. Летом 1957 г. вместе с Леонидом Михайловичем Сущеней, в ту пору ассистентом кафедры зоологии беспозвоночных БГУ, отправился на Рижский залив Балтийского моря для исследования первичной продукции и взвешенного органического вещества.

После окончания университета в 1961 г. А.П. Остапеня поступил в аспирантуру при кафедре зоологии беспозвоночных и под руководством Г.Г. Винберга начал исследования по оценке уровня концентрации сестона в озерных водоемах разного биолимнологического типа, определению энергетической ценности взвешенных веществ и водных беспозвоночных. В 1963 г. участвовал в 16-м и 17-м рейсах учебно-научного судна «Батайск», во время которых изучал распределение

взвешенного органического вещества в Северном море, проливе Ла-Манш, Атлантическом океане в районе о. Мадейра и юго-западной части Средиземного моря. В 1964 г. руководством Института биологии южных морей АН СССР (г. Севастополь) А.П. Остапеня был приглашен для участия в работе Первой советско-кубинской морской экспедиции. В составе экспедиции он выполнил ряд исследований по оценке калорийности планктона в водах Кубы и принял активное участие в организации Института океанологии Республики Куба. Александр Павлович любил вспоминать свой «кубинский период». Это было трудное, беспокойное (еще не отошел в историю Карибский кризис) время, но наполненное энтузиазмом кубинцев и верой в новую жизнь. Александр Павлович искренне симпатизировал кубинским коллегам и старался сделать все от него зависящее. Щедро делился опытом, лично подготовил для института двух молодых гидрохимиков.

В 1965 г. после возвращения из экспедиции А.П. Остапеня был зачислен в только что организованную Проблемную научно-исследовательскую лабораторию экспериментальной биологии БГУ на должность старшего научного сотрудника. В 1967 г. после перехода Г.Г. Винберга в Ленинград в Зоологический институт СССР А.П. Остапеня возглавил коллектив гидробиологов этой лаборатории, выделившийся позднее в самостоятельное подразделение – НИЛ гидроэкологии. Как показало время, А.П. Остапеня оказался достойным учеником своего Учителя. Благодаря усилиям Александра Павловича было сохранено и получило развитие научное направление – продукционная гидробиология, заложенное Г.Г. Винбергом.

В 1968 г. А.П. Остапеня с успехом защитил кандидатскую диссертацию «Калорийность водных беспозвоночных животных и энергетическая оценка взвешенного органического вещества в водоемах», а в 1989 г. – докторскую «Сестон и детрит как структурные и функциональные компоненты водных экосистем», где впервые обосновал и доказал положение о том, что сестон, представленный частицами взвешенного вещества, гетерогенного по составу, происхождению, возрасту и размерам, является единым структурно-функциональным блоком водных экосистем и играет ключевую роль в важнейших механизмах биотического круговорота. В 1996 г. А.П. Остапеня был избран член-корреспондентом НАН Беларуси, в 2005 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

В научной биографии А.П. Остапени особое место занимают морские исследования. С ранней юности он был увлечен морем. По приглашению ведущих научных центров СССР Александр Павлович неоднократно принимал участие в гидроэкологических исследованиях в различных зонах Мирового океана. В 1968–1969 гг. участвовал в 44-м рейсе

научно-исследовательского судна «Витязь» Института океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР. Выполнял исследования по оценке калорийности сетного планктона, калорийности и энергетических эквивалентов массы тела планктонных животных, пространственного распределения взвешенного вещества, биохимического потребления кислорода в экваториальной зоне Тихого океана. С ноября 1979 г. по февраль 1980 г. участвовал в 7-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» Института биологии южных морей АН УССР, во время которого занимался изучением взвешенного органического вещества в Средиземном море и Атлантическом океане в районе Северного тропического пояса.

Романтик в душе, А.П. Остапени был неизменным участником экспедиций Института зоологии АН БССР по изучению геотермальных источников Камчатки и Забайкалья, тундровых водоемов Чукотки.

В 1972 г. отряд гидробиологов, сформированный из сотрудников сектора гидробиологии БГУ, работал под руководством А.П. Остапени в составе второй Комплексной Волжской Экспедиции АН СССР, организованной с целью разработки научных основ единой системы охраны бассейна реки Волги от загрязнения.

Большой цикл исследований под руководством А.П. Остапени выполнен на крупнейших водотоках Беларуси: Припять, Западная Двина, Неман, Днепр, Свислочь. Основным направлением работ было изучение процессов формирования качества воды, выяснения механизмов самоочищения, оценка экологической устойчивости и изменений водотоков под влиянием антропогенной деятельности и природных факторов.

Сразу после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. под руководством и при непосредственном участии А.П. Остапени коллективом лаборатории на трех озерах в Гомельской области, различающихся своими биолимнологическими характеристиками и уровнями загрязнения, на протяжении десяти лет проводились углубленные гидроэкологические исследования, связанные с ликвидацией последствий радиационного загрязнения. Результатом исследований явилась количественная оценка процессов биотического круговорота, обуславливающих дезактивацию вод и восстановление природных особенностей загрязненных радионуклидами водоемов.

Как бы ни были широки интересы, главной темой научной биографии А.П. Остапени остается исследование закономерностей функционирования озерных экосистем, а главным полигоном этих исследований – Нарочанская группа озер. Основные направления и результаты полувековых исследований объединенного научного коллектива НИЛ гидроэкологии и Нарочанской биологической станции, работавшего под руководством А.П. Остапени, подробно рассмотрены в статье данного сбор-

ника, посвященной юбилейным датам НИЛ гидроэкологии и Нарочанской биостанции, которая с 2006 г. носит имя Г.Г. Винберга. Присвоение станции имени Учителя было давней мечтой А.П. Остапени, осуществилась она во многом благодаря его стараниям и авторитету.

Нарочанская биостанция всегда была притягательна для гидробиологов бывшего Советского Союза. На ее базе проводился целый ряд все-союзных симпозиумов, совещаний, конференций (1969 г. – Всесоюзный симпозиум по экологической физиологии водных животных, по плану МБП; 1972 г. – V Всесоюзное итоговое совещание участников работ по МБП и многие другие). С 1999 г. проводится периодическая (с интервалом 4 года) Международная конференция «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды». Идейным вдохновителем и организатором этой конференции был А.П. Остапеня. Юбилейную, V Международную конференцию, мы, его коллеги, посвящаем памяти Александра Павловича.

In memoriam of Alexander Pavlovich Ostapenya. T.A. Makarevich, T.M. Mikheyeva, R.Z. Kovalevskaya, B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, H.A. Zhukava, N.V. Dubko, L.V. Nikitina, E.V. Lukyanova, V.S. Karabanovich, J.K. Veras, O.A. Makarevich, I.V. Savich. The paper presents the main milestones of scientific biography of the outstanding belarusian hydrobiologist A.P. Ostapenya.

К ИСТОРИИ ОРГАНИЗАЦИИ И РАБОТЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

TO THE HISTORY OF ORGENIZATION AND WORK OF THE HYDROBIOLOGICAL STATIONS

К 50-ЛЕТИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ГИДРОЭКОЛОГИИ И 70-ЛЕТИЮ НАРОЧАНСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Т.М. Михеева, Б.В. Адамович, Т.В. Жукова, Р.З. Ковалевская

*Belarusian State University, Minsk, Belarus, mikheyeva@tut.by,
belaqualab@gmail.com, tvzhukova@tut.by*

Научно-исследовательская лаборатория гидроэкологии (НИЛ гидроэкологии) создана в январе 1965 г. по решению Государственного Комитета по Наукам и Технологиям (ГКНТ) и Совета Министров СССР для развития продукционно-энергетического направления в гидробиологии, разрабатывавшегося выдающимся гидробиологом-лимнологом, основателем и первым руководителем лаборатории, членом-корреспондентом АН СССР Г.Г. Винбергом, сыгравшем огромную роль в развитии гидробиологической науки и создавшим белорусскую школу продукционной гидробиологии, внесшей серьезный вклад в решение фундаментальных и прикладных проблем современной гидроэкологии.

С 1967 по 1991 г. лаборатория функционировала в качестве сектора гидробиологии под руководством ученика Г.Г. Винберга к.б.н. А.П. Остапени в структуре Проблемной НИЛ экспериментальной биологии. В 1991 г. сектор гидробиологии реорганизован в НИЛ гидроэкологии, которой до 2012 г. продолжал руководить ставший доктором, профессором и членом-корреспондентом НАНБ А.П. Остапеня. После внезапной кончины А.П. Остапени лабораторией заведовала ученица Г.Г. Винберга доктор биол. наук, доцент Т.М. Михеева, а с 2013 г. – ее ученик к.б.н. Б.В. Адамович.

Нарочанская биологическая станция (НБС) Белорусского государственного университета основана на оз. Нарочь (где до 1939 г. работала биологическая станция Варшавского университета) в 1946 г. по инициативе выдающихся советских гидробиологов Льва Александровича Зенкевича и Георгия Георгиевича Винберга. Первым директором НБС была

П.С. Невядомская (с 1948 по 1961 гг.). После нее станцией руководили выпускники факультета разных лет: А.И. Сергеев, И.А. Жук, Г.П. Шлешинский, Л.П. Кошеваров, А.Ф. Орловский. С 2002 г. директором НБС является д.б.н. Т.В. Жукова.

На станции были начаты системные гидроэкологические исследования, ведущую роль в которых, играет НИЛ гидроэкологии. НИЛ гидроэкологии и Нарочанская биологическая станция, по сути, представляют собой единый комплекс, научными исследованиями в котором в течение многих лет руководил А.П. Остапеня. В 2002 г. станция получила статус Учебно-научного центра, а в 2006 г. ей присвоено имя Г.Г. Винберга.

Основным направлением исследований в лаборатории и на НБС продолжало оставаться изучение продукционно-деструкционных процессов в водоемах разного типа на основе энергетического принципа количественных трофических взаимосвязей в экологических системах.

В результате многолетних режимных наблюдений за структурными и функциональными показателями продукционного процесса в разнотипных модельных водоемах – озерах Нарочанской группы создана уникальная база гидроэкологических данных. Эти материалы представляют большую научную и практическую ценность, поскольку только на их основе возможен достоверный анализ состояния водных экосистем, понимание механизмов их функционирования, а также прогноз изменений, обусловленных антропогенным воздействием. Фундаментальные и прикладные исследования, направленные на разработку актуальных вопросов экологии, получили мировое признание, а озеро Нарочь включено в список 100 наиболее изученных и важных в научном отношении озер Мира, подлежащих особой охране.

Получены весьма значимые научные результаты по многим аспектам функционирования водных экосистем:

оценена роль сестона и детрита в механизмах их функционирования;

изучена роль различных групп водных организмов в процессах самоочищения и формирования качества вод;

впервые в бывшем Советском Союзе были начаты работы по определению хлорофилла в планктоне континентальных вод. В настоящее время определение хлорофилла является общепринятым и широко используется в исследованиях по формированию качества вод как обычными, так и дистанционными (при помощи самолетов и спутников) методами;

получены принципиально новые материалы, характеризующие роль взвешенного органического вещества в процессах формирования качества вод и продуктивности водоемов;

разработан ряд методов исследования продукционных процессов, нашедших широкое применение в практике гидробиологических исследований, как на пресных, так и на морских водах;

изучен один из важнейших механизмов взаимодействия водной толщи и донных отложений – седиментация взвешенных веществ. Особое внимание уделено изучению биологических механизмов седиментации. Впервые разработана концепция участия биоты в седиментационном процессе;

выполнены многолетние исследования альгологического разнообразия в водоемах и водотоках республики, изучена структура и функционирование фитопланктона в разных экосистемах и условиях существования, сукцессия фитопланктонных организмов под влиянием антропогенных воздействий и в ходе эвтрофирования и деэвтрофирования озер, создан таксономический каталог альгофлоры Беларуси и определены краснокнижные виды водорослей;

впервые в Беларуси начаты исследования микроперифитона как самостоятельного блока водных экосистем. Обоснован концептуальный подход к изучению перифитона с точки зрения трофометаболического единства водорослей, бактерий, грибов, беспозвоночных и мертвого органического вещества (детрита);

накоплены материалы, составляющие уникальную базу данных, необходимую для понимания процессов, происходящих в загрязненных радионуклидами водоемах разного биолимнологического типа;

разработана система экологических показателей качества вод в озерах с использованием, так называемого метода «экспертной панели». Этот метод был разработан непосредственно для оз. Нарочь при выполнении международного научного исследования в рамках проекта INTAS-BELARUS в 1998–2000 гг.

С 1978 г. по единой программе ведется круглогодичный мониторинг озер Нарочь, Мястро и Баторино. С 1999 г материалы мониторинговых наблюдений и проводимых исследований ежегодно публикуются в «Бюллетене экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино». В «Бюллетене...» отражается современное состояние и наблюдаемые тенденции изменений экосистем озер.

Мониторинг Нарочанских озер позволил установить, что за последние 60 лет хорошо просматривается несколько этапов в эволюции структурной и функциональной организации экосистем. Был выделен ряд внешних факторов, в значительной мере определивших этапы эволюции экосистемы Нарочанских озёр и её современное состояние.

Проводимые НИЛ гидроэкологии и Нарочанской биологической станцией многолетние исследования на Нарочанских озерах позволили

получить фундаментальные научные знания для понимания процессов самоочищения и анализа современного состояния и прогноза дальнейшего развития экосистем озер, в том числе изменений, вызванных деятельностью человека. Данные отражающие многолетние тренды развития экосистем различных типов озер в результате антропогенной деятельности и глобальных климатических изменений могут рассматриваться как национальное достояние Беларуси. Полученные данные также необходимы для развития системы водного менеджмента и экологических программ, направленных на сохранение и восстановление уникальных особенностей Нарочанских озер, защиту биоразнообразия, улучшение качества воды. В результате проведенных исследований были установлены основные пути и количественно оценено поступление различных загрязнителей и биогенных элементов в оз. Нарочь. Эти материалы послужили научной основой для разработки и реализации практических мероприятий по защите озера от органического загрязнения в рамках программы «План комплексного использования и защиты водных и земельных ресурсов бассейна озера Нарочь». Исполнение положений этого плана позволило существенно снизить эвтрофирование озера, что подтвердело научные теории, положенные в основу разработанных мероприятий.

В целях сохранения и восстановления экосистем озер была принята вторая государственная «Программа экологического оздоровления озера Нарочь на 2005–2008 гг.», участие в которой также принимали гидроэкологи БГУ. Научная основа программы базировалась на анализе данных многолетнего мониторинга, а также на оценке достоинств и недостатков государственной программы оздоровления озера, реализованной в 80-х годах прошлого века. На сегодняшний момент наиболее актуальной является задача систематизации всей собранной научной информации в целях дальнейшего развития региона и разработки экологических программ с учетом опыта полученного в 1980-х и 2000-х годах.

Еще одним не менее важным аспектом является то, что проводимые исследования, являются, в том числе, научной базой для образования студентов, магистрантов и аспирантов, повышения квалификации преподавателей.

История организации и проведения многолетнего мониторинга оз. Нарочь учеными главного вуза страны, объединившая в себе обучение студентов и аспирантов, подготовку диссертационных работ и при этом эффективное участие в решении практических экологических задач, говорит о рациональности такого подхода и свидетельствует о возможности взаимопонимания и сотрудничества научной и образова-

тельной среды с государственными структурами в сфере охраны природы и водного менеджмента.

To 50-years anniversary of Research Laboratory of Aquatic Ecology and 70-years anniversary of Naroch Biological Station of Belarusian State University. T.M. Mikheyeva, B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, R.Z. Kovalevskaya. The history of organization and functioning are given. The main directions and aspects of scientific investigations are presented. Fundamental and applied results of many-years Naroch Lakes system studies on different stades of trophic evolution and perspectives of their future exploitation are pointed and propoused.

У ИСТОКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ (К 125-ЛЕТИЮ РАБОТЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ НА ГЛУБОКОМ ОЗЕРЕ (1891–2016))

Н.М. Коровчинский

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Москва, Российская Федерация, ntkor@yandex.ru*

Гидробиологическая станция на Глубоком озере начала свою работу в 1891 г. в период подъема жизни русского государства второй половины XIX века. У начала этого предприятия стоял профессор Московского университета А.П. Богданов и его ученик и помощник профессор Н.Ю. Зограф, последний явился непосредственным основателем биостанции.

Гидробиологическая станция на Глубоком озере была создана под эгидой Императорского Русского общества акклиматизации животных и растений. При начале работы ей отводилась роль экспериментально-акклиматизационной базы, а оз. Глубокому – роль модельного водоема. С 1905 г. работы на биостанции приобрели особенно планомерный и широкий характер: изучались морфометрия, батиметрия, температурный режим, гидрохимия, грунты, макрофиты, зоопланктон, зообентос, зарослевая фауна, причем биота водоёма изучалась не только качественно, но структурно и количественно. Стали выходить Труды Гидробиологической станции, ставшие тогда одними из главных регулярных гидробиологических публикаций.

С трудом пережив тяжелейший период революций и междоусобий 1917–1920 гг., биостанция вступила в новый этап своей деятельности. Сильно изменился состав научного коллектива, продолжались гидрохимические исследования, и в рамках нового тогда биоценологического направления проводилось интенсивное изучение перифитона (С. Дуплаков,

Г. Карзинкин). С.И. Кузнецовым были начаты новые очень детальные исследования бактериального населения толщи воды и грунта. На основании новой методики количественного учета было впервые показано, что роль бактерий в круговороте вещества и энергии в пресных водах очень велика.

1930-е годы можно назвать временем расцвета гидробиологических исследований, объединенных общим принципом балансового изучения водоемов, выдвинутого Л.Л. Россолимо. В рамках этого подхода начали развиваться продукционные исследования, в частности, первенство в определении первичной продукции оказалось принадлежащим Г.Г. Винбергу, проводившему опыты на Белом озере в Косине и оз. Глубоком.

Продукционные исследования на оз. Глубоком продолжились и в последующем, после того как в 1939 г. биостанция перешла в ведение Института эволюционной морфологии Академии наук, что было решающим моментом, спасшим ее от закрытия. Выстояла биостанция и в военные годы, пережила оккупацию, но с тяжелыми потерями: сгорело новое зимнее лабораторное здание, пропало все оборудование и библиотека. Заведовать ею стал в послевоенное время А.П. Щербаков, проводивший крупную серию детальных работ по изучению продуктивности отдельных ключевых сообществ оз. Глубокого: прибрежных макрофитов, перифитона, фито- и зоопланктона, зообентоса, зарослевой фауны беспозвоночных. Большое место в работе биостанции занимали также исследования по морфологии, росту, развитию и питанию рыб (С.Г. Крыжановский, В.В. Васнецов, Н.Н. Дислер и их сотрудники). Безусловным событием стало появление книги А.П. Щербакова «Озеро Глубокое. Гидробиологический очерк» (1967), вошедшей в ряд классических гидробиологических публикаций.

Новая ситуация наступила в 1960-х – начале 1970-х годов, когда водосбор оз. Глубокого подвергся гидромелиорации, изменившей его гидрологию и биоту, и когда здесь начал работу новый научный коллектив под началом д.б.н. Н.Н. Смирнова. С этого времени начались более детальные наблюдения за отдельными ключевыми элементами озерной экосистемы, прежде всего, зоопланктоном, зарослевой фауной, бентосом, фитопланктоном и бактериопланктоном. Наибольшее внимание уделялось зоопланктону, который изучался с точки зрения популяционной структуры, динамики численности и причин их определяющих (влияние хищников и конкурентные отношения). Существенный вклад внесло изучение роли рыб в озерной экосистеме. Были выяснены особенности питания отдельных видов, их пространственного распределения, миграций, влияние на планктонное сообщество.

С 1991 г. начались стандартные мониторинговые наблюдения зоопланктона (ракообразных и коловраток), продолжающиеся до настоящего времени. Был существенно уточнен качественный состав пелагических планктонных беспозвоночных. Целый ряд видов был исследован морфологически, эмбриологически и молекулярно-генетически.

На современном этапе значительное место в тематике глубоководной биостанции занимают также исследования донных отложений, проблемы трофической дифференциации водных беспозвоночных, альгологические исследования, вопросы пространственного распределения и миграций рыб, поведения амфибий и влияния рыбы-ротана (*Perccottus glenii* Dybowski) на экосистемы малых окрестных водоемов.

At the origins of homeland hydrobiology (to the 125-year anniversary of the Hydrobiological station on Lake Glubokoe (1891–2016)). N.M. Korovchinsky. The history of hydrobiological station “Lake Glubokoe» (Moscow area, Russia), the oldest freshwater biological station of the world founded in 1891 by professor of Moscow University N.Yu. Zograf, is overviewed. It was the place where a number of scientific innovations and directions were initiated (thorough investigation of lake, aquatic microbiology, productivity of aquatic communities, etc.). The modern directions of the biostation research work are considered as well.

ИЗ ИСТОРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПЕРВЫХ ПОДМОСКОВНЫХ БИОСТАНЦИЯХ

Н.Н. Колотилова

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, kolotilovan@mail.ru*

На рубеже XIX–XX вв. и в первые десятилетия XX века в Подмосковье был создан ряд биостанций. Их возникновение было необходимым этапом в развитии естествознания, в частности, в развитии эмбриологии, физиологии животных, этологии, гидробиологии, экологии; они были важны и для развития естественно-научного образования, обучения студентов, формирования экологического мировоззрения. Многие подмосковные биостанции были тесно связаны с Московским университетом, их истории посвящена экспозиция «Учебно-научные станции Московского университета» в Музее Землеведения МГУ (Снакин и др., 2011).

Первая пресноводная биостанция в России – Гидробиологическая станция на Глубоком озере (с 1916 г. – им. Н.Ю. Зографа) – была создана под Москвой в 1891 г. В этом году станция отметила свое 125-летие. Основателем станции был Н.Ю. Зограф, председатель Отдела ихтиоло-

гии Русского общества акклиматизации животных и растений, а первым заведующим вскоре С.А. Зернов, основоположник гидробиологии в России. В 1905–1913 гг. станцией руководил Н.В. Воронков. В этот период была проведена батиметрическая съемка озера, начато изучение температурного режима, гидрохимии, планктона. В 1930 г. станция перешла в систему Главного гидрометеорологического управления и была объединена с Косинской биостанцией. В разные годы на станции работали А.В. Румянцев, Г.С. Карзинкин, С.И. Кузнецов, С.Д. Муравейский, Г.Г. Винберг, Л.Л. Россолимо, А.П. Щербаков, А.М. Гиляров. В 1939 г. станция вошла в состав Института эволюционной морфологии АН СССР (Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН).

Косинская биостанция была основана профессором Московского университета Г.А. Кожевниковым в с. Косино (теперь – в черте г. Москвы). Еще в 1888 г. им были проведены первые гидробиологические исследования Косинских озер (Белого, Черного, Святого), а в 1908 г. организована биостанция Московского Университета. В 1922–1923 гг. биостанция была в ведении Московского общества испытателей природы (МОИП). По инициативе Г.А. Кожевникова она получила статус заповедника, одного из первых в стране. С 1923 г. станцией руководил Л.Л. Россолимо. В 1930 г. она была переименована в Лимнологическую станцию Госметеослужбы СССР и объединена со станцией на Глубоком озере. Здесь работали А.С. Разумов, Г.Г. Винберг, И.С. Ивлев, С.И. Кузнецов. Станция стала крупнейшим центром развития лимнологии, здесь создан ряд научных школ, заложены новые направления отечественной гидробиологии. Так, Г.Г. Винбергом проводились пионерные работы по определению первичной продукции, С.И. Кузнецовым изучалась роль бактерий в круговороте веществ в озерах. В 1941 г. станцию закрыли, позднее ликвидировали и Косинский заповедник.

Звенигородская биостанция (с 2001 г. им. С.Н. Скадовского), была основана в 1910 г. С.Н.Скадовским, в те годы студентом Московского университета. В ее организации помогали Г.А. Кожевников, С.А. Зернов, Н.В. Воронков, Н.К. Кольцов. Она была тесно связана с университетом Шанявского, в 1918–1933 гг. входила в состав Института экспериментальной биологии Наркомздрава, а в 1934 г. перешла к МГУ. С 1936 г. здесь проходят практику студенты МГУ. С.Н. Скадовским было положено начало новому научному направлению – гидрофизиологии, и важнейшей темой исследований на биостанции было влияние физико-химических факторов на жизнь водоема. За цикл лимнологических работ С.Н. Скадовскому была присуждена Ленинская премия (1929). В 1918–1925 гг. у д. Аниково (недалеко от Звенигорода) существовала биостанция генетиков, руководимая Н.К. Кольцовым, где работали

Н.И. Вавилов, С.С. Четвериков, Н.В. Тимофеев-Ресовский, Б.Л. Астауров, Н.П. Дубинин; две биостанции были тесно взаимосвязаны.

В 1919 г. по инициативе профессора Н.В.Богоявленского была создана Болшевская биологическая станция, первоначально служившая летней базой кабинета гистологии и эмбриологии I МГУ. На станции работали Н.В. Богоявленский, В.Н. Давыдов, С.И. Кулаев, была организована биологическая, практика студентов, велись генетические исследования (Б.Л. Астауров). В 1950-х годах станция была закрыта.

В 1923 г. Е.Е.Успенским, основателем кафедры микробиологии МГУ, была создана биостанция в с. Поповка вблизи Рублевской насосной станции. Она была связана с Биологическим институтом им. К.А. Тимирязева и с МГУ. Здесь проводились альгологические и гидробиологические работы, связанные с самоочищением воды. В 1938 г. Е.Е. Успенский был репрессирован, биостанция не сохранилась.

Снакин В.В. и др. Выставка к 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова: развитие сети учебно-научных станций Московского университета // Жизнь Земли. Сб. науч. тр. Музея Землеведения МГУ. М.: Изд-во Московского университета, 2011. С. 80–112.

On the history of ecological studies at the first biological stations of Moscow region. N.N. Kolotilova. The history of some biological stations of Moscow region (stations on the lake Glubokoe, in Kosino, Zvenigorod, Bolshevo, Popovka) is discussed. Most of them became important centers of ecological education and the development of ecology, limnology, microbiology etc.

ВКЛАД БИОСТАНЦИЙ В РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Н.В. Шадрин

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского
РАН», г. Севастополь, Россия, snickolai@yandex.ru*

На определенном этапе развития биологии и отдельных ее разделов появилась необходимость проведения регулярных исследований на водоемах, что дало толчок началу создания биостанций. Первая в мире морская биостанция была основана в 1843 г. в Остенде (Бельгия) П. Бенеденом (Pierre-Joseph van Beneden). Стали создаваться и другие морские биостанции (таблица).

**Таблица. Хронология создания первых морских
и пресноводных биологических станций**

Номер	Название, город, страна	Год создания
Морские		
1	Морская биостанция в Остенде (Бельгия)	1843
2	Морская биостанция в Кокарно (Франция)	1859
3	Биостанция в Аркашон (Франция)	1863
4	Морская биостанция в Мессине (Италия)	1868
5–6	Севастопольская биостанция (Россия)	1871
5–6	Биостанция в Вудс-холле (США)	1871
7–8	Биостанция в Роскове (Франция)	1872
7–8	Неаполитанская биостанция (Италия)	1872
Пресноводные		
1	Богемская на Почерницком пруду (Чехия)	1888
2	Плёнская биостанция (Германия)	1890
3	На озере Глубоком (Россия)	1891
4	На озере Балатон (Венгрия)	1892–1895?
5–6	На Великих озерах (США)	1893
5–6	Клермондская биостанция (Франция)	1893
7	Иллинойская биостанция (США)	1894
8–9	Бородинская на Бологовском озере (Россия)	1895
8–9	Эсбо-Лёфе (Финляндия)	1895

Пресноводные биостанции стали создаваться позже (таблица). При этом цели их создания отличались от таковых при создании морских. Цели создания морских биостанций были, прежде всего, зоологическими, говоря современным языком, для описания биоразнообразия. Основными целями создания пресноводных биостанций были экологические. В настоящее время в мире существует 1268 полевых биостанций, постоянно действующих в 120 странах (Tydecks et al., 2016). Их основные задачи: проведение мониторинга и полевых исследований, важны они и для образовательных целей. Однако не следует забывать о вкладе биостанций в выдвижение, проверку и развитие новых методов, подходов и теоретических концепций экологии. И этот их вклад в экологию только возрастает. «Понимание сложных экологических проблем зависит от биологических полевых станций» (Gene E. Likens, President Emeritus of the Cary Institute of Ecosystem Studies, 2016).

Балансовые подходы, в частности, балансово-энергетический, в настоящее время входят в число наиболее фундаментальных подходов современной экологии водоемов. Следует вспомнить, что их появление и развитие связано, прежде всего, с биологическими станциями. В 1908 г. по инициативе профессора Московского университета

Г.А. Кожевникова в Косине на берегу Белого озера была организована биологическая станция для проведения гидробиологических работ и практики студентов. В 1923 г. Косинскую биостанцию возглавил Л.Л. Россолимо – основатель советской лимнологической школы. Он выдвинул идею «балансового подхода» в изучении водных экосистем и поставил перед сотрудниками задачу найти метод реализации идеи. Основной вклад в реализацию и развитие этой идеи внесли работавшие на биостанции Г.Г. Винберг, В.С. Ивлев, С.И. Кузнецов. Г.Г. Винберг начал исследовательскую работу, первоначально на Болшевской биологической станции, на Звенигородской гидрофизиологической станции, затем был заведующим лабораторией Лимнологической станции в Косино (с 1934 г.). Предложил изучать баланс органического вещества, ввел термины «первичная продукция» и «деструкция», предложил способ определения продукционно-деструкционных процессов, дал первые оценки первичной продукции (1932). Тремя годами позднее Г. Райли, работавший под руководством Д. Хатчинсона на оз. Линслей Понд (штат Коннектикут, США), независимо от Винберга применил тот же метод для оценки первичной продукции. В.С. Ивлев до Косино работал на биостанциях на Глубоком озере и Звенигородской, внес основополагающий вклад в развитие энергетического взгляда на баланс органического вещества, предложил использовать коэффициенты эффективности энергии (K_1 и K_2). Работы Г.Г. Винберга и др. (1934) и В.С. Ивлева (Ivlev, 1934) создали возможность оценки калорийности организмов через оксикалорийные коэффициенты и расчета потоков энергии в экосистемах. Д. Хатчинсон знал об этих работах через сына В.И. Вернадского историка Г.И. Вернадского, с которым дружил. В.И. Вернадский писал о них сыну. Знаменитую работу Р. Линдемана «Трофико-динамический аспект экологии» (1942) поэтому в определенной степени можно считать развитием исследований Косинской биостанции. С.И. Кузнецов в 1931–1941 гг. заведовал лабораторией на лимнологической станции в Косино, оценил роль микробного населения воды и ила в процессах круговорота веществ в озере. Позднее под руководством Г.Г. Винберга одним из мировых лидеров в развитии и углублении балансовых подходов стала Нарочанская биостанция, эти работы биостанция продолжала под руководством А.П. Остапени.

Не менее существенен вклад пресноводных биостанций в формирование современных взглядов на динамику экосистем. Большой вклад в понимание сукцессий внес работавший на многих биостанциях С.Н. Дуплаков (1897–1932 гг.), который на Глубоком озере начал работать студентом (1916–1917 гг.), первой была работа по старению и развитию прудов. Работая на Косинской биостанции, он изучал сукцессию

перифитона. Развитие сукцессионного подхода привело к формулировке взгляда, который можно назвать Концепцией единственности устойчивого состояния экосистемы: каждая экосистема/сообщество имеет одну точку глобальной устойчивости (климакс), вокруг которой флуктуирует. Однако развитие экологии, прежде всего накопление многолетних данных стационарных наблюдений, показало, что различные водные экосистемы и сообщества могут находиться в альтернативных состояниях: концепция множественности устойчивых состояний экосистем. Наличие альтернативных устойчивых состояний экосистем показана для многих сообществ/экосистем (пресных и соленых озер, рек, лагун и т.д.), а также неизбежно следует и из общих положений теории диссипативных структур и синергетики. Говоря об истории создания и развития Концепции множественности устойчивых состояний экосистем, обычно рассказ начинают с 1960–1970 гг., но ее предшественники-предтечи были ранее. Предтечей такого взгляда можно считать Г.Г. Винберга (1928), который в результате изучения Попова пруда на Звенигородской гидрофизиологической станции сделал вывод, что сообщество пруда в 1925 и 1926 гг. находилось в совершенно различных состояниях. Переход из одного состояния в другое не был сукцессионным. А. Тенсли (1935), внедривший в науку понятие «экосистема», выдвинул концепцию поликлимакса: при сходном сочетании факторов среды растительность может существовать в нескольких климаксных состояниях. Многолетние исследования на Нарочанской биостанции позволяют, в частности, понять, как водная экосистема может переходить из одного состояния в другое. И все же в настоящее время продолжают существовать два взгляда на динамику экосистем: 1. Нет дискретных альтернативных состояний, все есть лишь плавные и непрерывные изменения, просто мы недостаточно часто проводим наблюдения; 2. В динамике экосистем существуют как непрерывные изменения, так и дискретные альтернативные состояния и их скачкообразная смена. Только длительные регулярные наблюдения на биостанциях способны сформировать адекватный взгляд, как и ответить на вопрос о соотношении в динамике экосистем детерминированности и случайности. При этом не следует забывать слова Г.Г. Винберга (1981) о том, что всё, что мы видим – лишь одна из реализаций всего эвентуально возможного.

Встает вопрос: почему маленькие пресноводные биостанции внесли непропорционально большой вклад в современную экологию водоемов? На взгляд автора, существует две причины этого. 1. Длительное общение – исследование конкретного водоема ведет к формированию с ним личностных отношений, которые позволяют лучше и глубже видеть – понимать, что происходит с водоемом. 2. В маленьком водоеме легче охва-

тить всю совокупность взаимосвязей. Не будем забывать, что «чем меньше водоем, тем глубже наука», – как любил говорить Г.Г. Винберг.

Contribution of the biostations into development of the aquatic ecosystem concepts. N.V. Shadrin. Development of biology gave impetus to the beginning of the creation of biological stations. Chronology of the establishment of the first biological stations is given. Small freshwater biological stations made a disproportionately large contribution to modern aquatic ecology (the energy balance approach, ecosystem dynamics).

ЗАХАВАННЕ І ЗБЕРАЖЭННЕ ПАМ'ЯЦІ АБ ГІДРАБІЁЛАГАХ: З ВОПЫТУ РАБОТЫ

І.Ф. Расашко, К.С. Усовіч

Гомельскі абласны аддзел ГА “Беларускае геаграфічнае таварыства»,

г. Гомель, Беларусь, geo_gomel@mail.ru

УА “Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Францыска Скарыны»,

г. Гомель, Беларусь, usovich@gsu.by

У ГДУ імя Ф. Скарыны з 9 сакавіка 1990 г. вядзе свой пачатак музей-лабараторыя Ф. Скарыны, у якім знаходзіцца значная колькасць дакументаў, фатаграфій, вучэбных і навуковых выданняў (у тым ліку з аўтографамі), Дыпламаў, Ганаровых грамат і іншых матэрыялаў. Рэгулярна праводзяцца выстаўкі, экскурсіі, культурна-масавыя мерапрыемствы. Апошнім з гэтых мерапрыемстваў (з 16 снежня 2015 г.) была дэкада біялагічнага факультэта – равесніка ўніверсітэта.

Сярод прадстаўленых матэрыялаў маюцца манаграфіі, вучэбныя выданні і артыкулы вучоных гідрабіёлагаў, гідраэколагаў ГДУ імя Ф. Скарыны і іншых ВНУ і навуковых устаноў. Некаторыя з гэтых выданняў падараваны музею-лабараторыі Ф. Скарыны супрацоўнікамі факультэта. Яны падкрэсліваюць значныя навуковыя і творчыя кантакты выкладчыкаў факультэта з іншымі калегамі. Мяркуючы па аўтографам на кнігах, асобных адбітках артыкулаў і аўтарэфератах дысертацый. Можна адзначыць падараваныя выданні рускіх, украінскіх, польскіх і аўтараў з іншых краін. Геаграфія ўстаноў вельмі шырокая: Брэст, Масква, Пецярбург, Кіеў, Далёкі Усход, Сібір, Сярэдняя Азія. Усё гэта садзейнічае абмену перадавым вопытам, культурнаму ўзаемаўзбагачэнню, пашырэнню кругагляду выкладчыкаў і студэнтаў.

У якасці прыкладу адзначым матэрыялы, якія перадала ў музей-лабараторыю дацэнт І.Ф. Расашко. Гэта выданні буйнога ўкраінскага гідрабіёлага, біягеографа, доктара біялагічных наук В.В. Палішчука,

кніга з серыі «Людзі беларускай навукі», прысвечаная памяці выдатнага біёлага-энцыклапедыста XX ст., члена-карэспандэнта АН СССР, заслужанага дзеяча навукі, д. б. н. праф. Г.Г. Вінберга. Яна займае адно з самых ганаровых месц у экспазіцыі музея-лабараторыі. У выданні ёсць памятныя артыкулы акадэміка НАН Беларусі і РАН Л.М. Сушчэні (з'яўляўся прэзідэнтам АН БССР і НАН Беларусі); акадэміка РАН А.Ф. Алімава, члена-кар. НАН Беларусі, д. б. н. прафесара А.П. Астапені. У асабістым артыкуле зборніка ён піша, што «ўсё маё жыццё было звязана з Г.Г. Вінбергам. У памяці засталася незабыўнае ўражанне аб самай першай лекцыі, якую Георгій Георгіевіч чытаў першакурснікам. Георгію Георгіевічу ўдалося вельмі ярка і даходліва паказаць, што такое біялогія, усю яе веліч як краевугольнага каменя светаразумення і прыродазнаўства... Лекцыя была прачытана з такім бляскам, што... выйшаў я збянтэжаны, натхнёны і перапоўнены пачуццём шанцавання ад таго, што я – студэнт біяфака». У адзначаным выданні ёсць успаміны іншых выдатных вучняў і калег Г.Г. Вінберга.

У фондах і экспазіцыі музея-лабараторыі Ф. Скарыны захоўваюцца патрэбныя ў вучэбным працэсе, навуковай рабоце і практычнай дзейнасці манаграфіі дактароў біялагічных навук Н.М. Хмялёвай і А.П. Голубева «Прадукцыя кармавых і прамысловых ракападобных» (Мн., 1984); Н.М. Хмялёвай з сааўтарамі, кандыдатамі біял. навук Н.М. Рошчынай і Т.А. Філюковай «Фотаперыядызм водных беспазваночных» (Мн., 1991); д.б.н. Н.М. Кручковай «Трафічныя ўзаемаадносіны зоа- і фітапланктона» (М., 1989); вучэбны дапаможнік д. б. н., прафесара Г.А. Галкоўскай «Папуляцыйная экалогія» (Мн., 2009). Ёсць таксама працы і інфармацыя аб вядомых беларускіх гідрабіёлагах: чл.-кар. НАН Беларусі В.П. Сяменчанку, дактарах біялагічных навук Л.В. Камлюк і Т.М. Міхеевай, У.М. Байчораву і В.Ф. Куляшу; кандыдатах біялагічных навук Б.В. Адамовічу, В.В. Вежнаўцу, Ю.Р. Гігіняку, Т.А. Макарэвіч, Т.М. Лаенка, В.І. Разлуцкім, А.В. Трыфанаву.

Маюцца матэрыялы і шэрагу гідрабіёлагаў ГДУ, якія прадстаўляюць школу Г.Г. Вінберга: І.П. Арабіна і І.Ф. Расашко. *І.П. Арабіна* скончыла біялагічны факультэт БДУ імя У.І. Леніна (1960), к.б.н. (1968). Больш чым чвэрць стагоддзя працавала дацэнтам біялагічнага факультэта ГДУ. Галіна навуковых інтарэсаў – заабэнтас водных экасістэм. Захоўваюцца яе публікацыі: «Бэнтас меліярацыйных каналаў Палесся» (у сааўтарстве з Б.П. Савіцкім, С.А. Рыдным, Мінск, 1988), «Скорасць росту і інтэнсіўнасць абмену ў некаторых прадстаўнікоў прэснаводнага бэнтасу» ў сааўтарстве з Л.А. Рубінавай (Даклады АН БССР, 1968), «Асаблівасці энергетычнага балансу

экасістэмы забалочанага вадаёма» ў сааўтарстве з М.М. Шалавянковым (часопіс «Экологія» АН СССР, 1979). *І.Ф. Расашко* скончыла біялагічны факультэт БДУ імя У.І. Леніна (1963), к. б. н. (1970), дацэнт (1982). Больш чым 40 гадоў працавала на біялагічным факультэце ГДУ. Падрыхтавала 2 кандыдаты біялагічных навук. Галіна навуковых інтарэсаў – прадуктыўнасць вод, забруджанне і ацэнка якасці вады, вывучэнне стану і функцыянавання водных экасістэм. Удзельнічала ў навуковых экспедыцыях па вывучэнні прадуктыўнасці прыбярэжных вод далёкаўсходніх мораў, адкрытых вод Японскага і Філіпінскага мораў, Ціхага акіяна; вадаёмаў Карэліі і Беларусі. Мае каля 300 навуковых і вучэбна-метадычных публікацый, у тым ліку: “Планктонныя супольніцтвы, выкарыстанне паказчыкаў іх структурнай арганізацыі пры біяіндыкацыі (на прыкладзе ракі Сож – буйнога прытока Дняпра)», у сааўтарстве з А.У. Кавалёвай (Гомель, 2004), “Важныя групы рэгіянальнай гідрафаўны» у сааўтарстве з К. Труш і А. Мажароўскай (LFPLAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Германія, 2015). Шмат кніг і дакументаў перадала ў музей.

Пераемнікамі старэйшага пакалення вучоных з’яўляюцца біёлагі, што працуюць у ГДУ (А.У. Кавалёва), або скончылі яго магістратуру. *А.У. Кавалёва* – выпускніца біялагічнага факультэта ГДУ імя Ф. Скарыны 1995 г., загадчык кафедры экалогіі геалага-геаграфічнага факультэта (з 2009 г.), к. б. н. (2002), дацэнт (2006). Навуковым кіраўніком яе была *І.Ф. Расашко*. Галіна навуковых інтарэсаў – біяразнастайнасць, ацэнка якасці вады розных водных экасістэм і інш.

У музеі-лабараторыі захоўваюцца аўтарэфераты кандыдацкіх дысертацый, абароненых у саветах АН БССР, НАН Беларусі, а таксама за мяжой: В.М. Муратава (1995), А.А. Свірыд (2000), В.М. Еўдакімава (2003), Р.А. Дзерангоўскай (2005), А.Л. Палаш (2005), А.А. Жукавай (2007), І.Ю. Гігіняк (2009), Л.У. Токман (Бранск, 2009), Т.П. Ліпінскай (2014) і іншых. Па большасці гэтых дысертацый ГДУ быў апаніруючай арганізацыяй, а яго выкладчыкі – экспертамі і афіцыйнымі апанентамі.

У цэлым наяўнасць у музеі-лабараторыі Ф. Скарыны ГДУ матэрыялаў аб выніках работы вучоных і педагогаў у галіне гідрабіялогіі, садзейнічае зберажэнню іх творчай спадчыны, набываючы навучэнцай і навуковай моладдзю глыбокіх ведаў, з’яўляюцца для іх узорам і прыкладам.

Conversation and preservation of the memory of hydrobiologists: from operational experience. I.F. Rossashko, K.S. Usovitch. The publication represents the practices accumulated by the museum and laboratory of Francisk Skorina Gomel State University on the issue of storage and use of materials about aquatic biologists to deepen the knowledge of students and postgraduates.

РЕАКЦИЯ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

REACTION OF LAKE ECOSYSTEMS TO CHANGE OF THE ENVIRONMENTAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS

STRUCTURE OF ASSOCIATED EPIPHYTIC INVERTEBRATES IN DEPENDENCE ON PATTERNS ALONG ENVIRONMENTAL GRADIENTS AND HYDROLOGICAL CONNECTIVITY OF COASTAL LAKES TO SEA

M. Bąkowska¹, K. Obolewski¹, A. Astel²

¹ *Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland, obolewsk@ukw.edu.pl*

² *Pomeranian University, Słupsk, Poland, astel@apsl.edu.pl*

The role of plant including reeds in proper water ecosystem functioning becomes more important than in the past (e.g. Wetzel 1964; Allan 1971; Kurashov et al. 1996; Lakatos et al. 1998; Kiss et al. 2003; Roberts et al. 2003; Obolewski et al. 2011). This applies especially to the recognition of their role in the coastal zone which is a barrier for the migration of contaminants towards lake deep. It is especially essential in case of coastal lakes being a transfer region connecting land and sea. These estuaries form a marginal filters, characterized by a variety of correlated biotic and abiotic factors (Telesh, 2004). Particularly noteworthy is macrophyte–periphyton complex having a strong impact on the neutralization of inflowing contaminants (Ye et al. 1997; Du Laing et al. 2006). Its role is not only limited to biogenic substances removal from waters but it also eliminates organic pollutants, heavy metals and pathogenic microorganisms.

Polish coast of the Baltic Sea is abound with shallow lakes possessing permanent connection with the sea (LSS), those which are contacting with salty water periodically as well as those which are completely isolated. Among of the entire coast, the Słowiński National Park is the only place where lakes of different salinity gradient appear: according to Venice salinity and hydroecology classification system Łebsko Lake is classified as mixo-/β-oligohalinic (lagoon - L), Gardno as limnetic/β-oligohalinic (coastal lake with periodically brackish water - CLB), while Smołdzińskie, Dołgie Wielkie and Dołgie Małe as limnetic (freshwater coastal lake - CLF).

The major aims of the study were: (1) estimation of the abundance of different fractions of epiphytic invertebrates on macrophytes in salinity gradient of

LSS's; (2) determination of the quantitative relationships between zooepiphytic formations, macrophytes and water quality parameters; (3) an exploration of the degree of periphyton variation in several types of LSS's. To accomplish the major aims of the study several additional questions were formulated: (1) Does complex eutrophication impact on epiphytic invertebrates communities inhabiting macrophytes? (2) Is it possible to use structural or quantitative characteristics of particular fractions of zooepiphytic associated connected with macrophytes as indicators of pollution in the coastal zone?

The basic parameters concerning the concentration of phosphorus and nitrogen forms as well as temperature, dissolved oxygen, hardness, salinity, electrolytic conductivity and pH in the samples of lake water are shown in Table 1.

Table 1. Basic statistics concerning physiochemical characteristics of water collected ($\text{mg L}^{-1} \pm \text{S.D.}$) lakes in gradient of connectivity wiht sea

Parameter	Dolgie Male	Dolgie Wlk.	Smoldzińskie	Gardno	Łebsko
Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	17.13 $\pm$ 8.10	17.88 $\pm$ 7.97	18.70 $\pm$ 4.79	18.59 $\pm$ 4.66	16.10 $\pm$ 9.05
pH	7.25 $\pm$ 0.19	7.51 $\pm$ 0.26	7.67 $\pm$ 4.79	8.14 $\pm$ 0.25	7.40 $\pm$ 0.33
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	154 $\pm$ 35	690 $\pm$ 44	865 $\pm$ 23	1809 $\pm$ 847	4191 $\pm$ 1913
DO	64.45 $\pm$ 7.52	65.59 $\pm$ 5.77	64.17 $\pm$ 2.65	65.74 $\pm$ 9.06	58.66 $\pm$ 12.48
PO ₄ -P	0.05 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.01	0.09 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.01	0.05 $\pm$ 0.01
NO ₃ -N	0.10 $\pm$ 0.01	0.10 $\pm$ 0.01	0.11 $\pm$ 0.01	0.13 $\pm$ 0.04	0.10 $\pm$ 0.02
NO ₂ -N	0.02 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.00	0.04 $\pm$ 0.03	0.04 $\pm$ 0.04
NH ₄ -N	0.16 $\pm$ 0.04	0.19 $\pm$ 0.02	0.20 $\pm$ 0.01	0.20 $\pm$ 0.05	0.17 $\pm$ 0.05
Chlorides	0.23 $\pm$ 0.06	0.35 $\pm$ 0.22	0.45 $\pm$ 0.10	0.70 $\pm$ 0.30	1.96 $\pm$ 0.96
Hardness	9.33 $\pm$ 0.52	9.28 $\pm$ 0.75	10.33 $\pm$ 1.15	12.52 $\pm$ 2.23	19.49 $\pm$ 3.62

Overall high density of microinvertebrates was Gardno Lake (CLB)>Łebsko Lake (L)>Dolgie Małe and Wielki (CLD)>Smoldzińskie Lake (CLF) while overall density of epiphytic macroinvertebrates have a hierarchical system: L> CLB> CLF> CLD (Table 2).

Table 2. Composition and density of invertebrates inhabiting reed in coastal lakes in gradient of connectivity wiht sea (P<0.01, *** P<0.001)**

Parameter	Dolgie Male	Dolgie Wlk.	Smoldzińskie	Gardno	Łebsko
Epiphytic microfauna (indiv.m^{-2})					
No of taxa***	12	16	16	17	13
Total density***	14199.6	7239.8	9307.8	24826.9	12942.0
α -diversity***	1.047	2.605	1.025	3.118	3.142
Epiphytic macrofauna (indiv.m^{-2})					
No of taxa	3	6	6	13	3
Total density***	9.4	38.5	24.3	287.6	1332.2
α -diversity***	1.408	2.069	0.615	2.376	3.357

The results showed that salinity gradient resulting from various hydrological connectivity of lakes with open sea may determine a different composition of zooperiphyton assemblages. Epiphytic microinvertebrates favors water of low salinity, while epiphytic macroinvertebrates well oxygenated waters. In the group of nutrients nitrites facilitate growth of microinvertebrates, while none of zooperiphyton groups favors presence of phosphates.

ACKNOWLEDGEMENTS: This study was supported financially by the National Science Centre, grant no.UMO-2012/07/B/ST10/04359.

BOTTOM ANIMALS' ACTIVITY INFLUENCING PHOSPHORUS FLUX IN OLIGOTROPHIC AND EUTROPHIC LAKES

N.A. Berezina¹, X. Cao², S.M. Golubkov¹, Y. Zhou²

¹ *Zoological Institute, Russian Academy of Science, St. Petersburg, Russia, nber@zin.ru*

² *Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, Hubei, P. R. China*

Phosphorus is probably the most studied plant nutrient in freshwater aquatic sciences. It is often found to be (and more often inferred as) the nutrient that limits the growth and biomass of algae in lakes. Phosphorus cycling may be defined as the transformation of nutrients from one chemical form to another, and/or as the flux of nutrients between diverse organisms and habitats in aquatic ecosystems. A lot of evidences that invertebrates as predatory and non-predatory can affect the internal phosphorus cycling and biomass of primary producers may be found in modern literature (Andersson et al., 1988; Devine, Vanni, 2002; Tarvainen et al., 2005; Ji et al., 2011). It remains unclear how the different groups of invertebrates contribute to this process and how can vary benthic fluxes spatially and in lakes of different trophicity.

We conducted this study in 2009–2010 basing on field estimation of benthic composition and biomass and laboratory measurement of mass-specific excretion rates of soluble reactive phosphorus (SRP, $\mu\text{mol mg dry mass}^{-1} \text{ h}^{-1}$) by different benthic taxa from two lakes, oligotrophic Lake Krivoe (North-western Russia) and eutrophic Lake Donghu (Central China). Also, we quantified possible spatial (in littoral and deep / central sites) and specific (between benthic taxa) differences in contribution of benthic invertebrates to the total phosphorus flux. Sum SRP flux rate mediated by benthic community ($\mu\text{mol P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) was calculated taking into account a daily flux rate and average biomass of each species at littoral and deep sites and relative proportion of different areas.

We found notable differences in the SPR excretion rates between taxa. Benthic crustaceans (oligotrophic) and aquatic insects (eutrophic lake) oc-

curred to be the most important contributors to the total SPR flux from sediments to water (70–90 % of the sum SPR by community). The mass-dependent excretion rate in amphipods (*Gammarus lacustris*, *Gammaracanthus loricatus*) from Lake Krivoe varied from 0.03 to 0.35 $\mu\text{g h}^{-1}$ in the body dry mass range 9–85 mg. In addition, crustacean amphipods occurred to be able affect the activity of the extracellular alkaline phosphatase increasing ten times its level in experimental exposure opposite to other benthic animals (chironomids and oligochaetes). These enzymes can catalyze hydrolyzing of organic phosphorus and are produced by bacteria and phytoplankton as a compensatory response to low ambient available soluble phosphorus in lakes. Thus, the high phosphatase activity may use as a biomarker of potential algal bloom and further eutrophication.

Obtained results showed that the phosphorus excretion by benthic invertebrate varied between 30 and 70 % of its direct flux from sediments to water in lakes. Combined excretion rates for all dominating taxa (amphipods, oligochaetes, chironomids, and mollusks) from oligotrophic (1) and eutrophic lake (2) were approximated by power functions:

$$\text{Exc}_1 = 0.48 \text{ DW}^{0.61}, n = 76, R^2 = 0.84 \quad (1),$$

$$\text{Exc}_2 = 0.97 \text{ DW}^{0.58}, n = 84, R^2 = 0.77 \quad (2),$$

where Exc (μgPh^{-1}) is excretion rate, DW (g) is individual dry mass of taxa at temperature 20°C.

In both compared lakes the highest rate of the P flux was recorded in littoral such as 52.6 (Krivoe) and 69.5 (Donghu) $\mu\text{molPm}^{-2}\text{day}^{-1}$, and the lowest (6.7 and 3.4 $\mu\text{mol P m}^{-2}\text{day}^{-1}$, respectively) in central sites. SPR release recorded in eutrophic lake was at least 20 times lower in central sites (> 3 m depth) than in the shallow and near shore sites. The spatial difference in the SPR-flux may be result of low benthic biomass due to temporary oxygen depletion in deep parts of lakes. This research showed that the benthic invertebrates contribute importantly due to excretion in phosphorus release from sediments to water in different lakes.

THE ROLE OF ALLOCHTHONOUS AND AUTOCHTHONOUS CARBON IN LAKE LADOGA – THE NEVA RIVER – NEVA ESTUARY SYSTEM

S.M. Golubkov¹, M.S. Golubkov¹, A.V. Tiunov²

¹*Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 199034,
Russian Federation, golubkov@zin.ru*

²*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation, a_tiunov@mail.ru*

It is well known, that in many water bodies local primary production is less than community respiration. This heterotrophy is sustained by supply of external (often terrestrial) resources in the form of dissolved and particulate organic carbon. The availability of two distinct sources of carbon (local primary production and external subsidies) allows uncoupling of primary and secondary production and may have major consequences for food web dynamics. However, there is an opinion that allochthonous carbon has a minor importance in grazing food webs due to its recalcitrance. Studies of the relative importance of allochthonous vs. autochthonous carbon resources for food webs revealed major but variable terrestrial subsidy of the lake and estuarine food webs (Pace et al., 2004; Van den Meersche et al., 2009). In particular, the role of allochthonous carbon in lake metabolism and food webs can be negligible in eutrophic waters (e.g., Jones, 1992). The Neva Estuary receives water from the Neva River, a relatively short canal (74 km) between Lake Ladoga and the Gulf of Finland. Recent investigations show that present stage of development of the Ladoga ecosystem is characterized by a high intensity of decomposition of suspended and dissolved organic matter discharged by the drainage area to the system (Petrova et al., 2010). Thus, the discharge of a large amount of organic carbon of terrestrial origin from Lake Ladoga to the Neva Estuary is quite expected. On the other hand, primary productivity and biomasses of autotrophic and heterotrophic organisms in the Neva Estuary are among the highest in the Baltic (Golubkov M., 2008; Golubkov S., Alimov, 2010). Intensive cyanobacteria blooms are observed in the middle part of the estuary in last decade.

The aim of the study was to evaluate the contribution of autochthonous vs. allochthonous carbon resources for community metabolism and benthic food webs in the terminal part of the Lake Ladoga – Neva River – eastern Gulf of Finland system: the Neva Estuary. We tested the hypothesis (1) that the contribution of allochthonous carbon leaching from watershed of the system may be important for benthic food webs even in highly eutrophic estuarine waters and (2) that autochthonous carbon produced during cyanobacteria blooms may be effectively utilized by zoobenthos. We ascertained the origin and utilization of organic carbon in the benthic and pelagic habitats in the Ne-

va Estuary by analyzing the metabolism in the pelagic zone and using stable isotope analysis (SIA) of C and N of zoobenthos and suspended matter (seston) consisting of phytoplankton and detritus, both brought by Neva River waters and formed in the estuary. Isotopic signatures ($\delta^{13}\text{C}$) of seston and most of the dominant species of zoobenthos in Neva Bay (upper part of the estuary) were similar to the signature of terrestrial carbon (-27‰) coming from watershed. Decomposition of organic matter (OM) in Neva Bay was twice higher than autochthonous OM (primary) production. In the lower part of the Neva Estuary, Middle estuary, $\delta^{13}\text{C}$ signature of seston was distinctly higher than in the Neva Bay. Especially high $\delta^{13}\text{C}$ value (-21‰) was registered in the local blooms of cyanobacteria. However, primary production in the middle part of the estuary was lower than the rate of decomposition of OM indicating considerable income of allochthonous OM to this part of the estuary. Most species of zoobenthos had $\delta^{13}\text{C}$ values similar to those of seston in hypolimnion that were notably lower than $\delta^{13}\text{C}$ values of cyanobacteria. The fraction of cyanobacteria in the zoobenthos diet estimated by SIA was only about 24 %. Therefore, OM created during cyanobacteria blooms was not very important as a food for zoobenthos.

The pelagic-benthic decoupling is possibly related to the changes in the phytoplankton composition. Diatoms that dominated phytoplankton before late 1990s are fast sinking species, whose primary production supply benthic community by fresh organic matter. In contrast, cyanobacteria, which dominate nowadays, are very slow sinking species with adaptation to floating and movement in the water column. As a result, their primary production decomposed mostly in pelagic zone. This was indicated by the four times higher concentration of cyanobacteria phycocyanine in the upper layer of water (epilimnion) as compared to the lower layer (hypolimnion) and considerably lower $\delta^{13}\text{C}$ values of seston in the epilimnion than in the hypolimnion. As a result, OM creating during cyanobacteria blooms was not very important as a source of food for zoobenthos. The study shows the importance of allochthonous OM in carbon cycling of the Neva Estuary.

SEDIMENTATION IN A DEEP LAKE: ROLE OF PHYSICAL PROCESSES AND ADAPTATION OF PHYTOPLANKTON

I. Ostrovsky

Israel Oceanographic and Limnological Research, Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory, Migdal 1485000, Israel, ostrovsky@ocean.org.il

Sedimentation is a major process for removal of particulate material and important determinant accounting for the stability of aquatic ecosystems. The fluxes of particulate material are affected by numerous physical, chemical, and biological processes. The resulting patterns of particle deposition to bottom sediments depend on lake thermal and chemical structure, and the hydrological regime.

Gross sedimentation rates (GSR) in Lake Kinneret (Israel), regularly monitored from 1999 up-to-date with sedimentation traps, showed noticeable temporal and spatial variability. In the lake center, the annual mean GSR ranged from 1.9 to 6.0 g m⁻²·d⁻¹. The accumulation rate of sediments at the lake centrum during the study averaged from 2.6 to 4.3 mm·yr⁻¹, in agreement with values obtained by sediment core dating. Organic matter content comprised 33-42 % of the sinking particulate matter in sediment traps located in the lake center and it was 1.5–2 folds lesser in peripheral stations.

Between 2003 and 2010 the annual GSR decreased about 3–4 fold at the lake center (Sta. A, 40 m). The decrease in GSR reflects changes in the rate of particulate organic matter (POM) export from the epilimnion downwards. The strong positive correlation between GSR and the annual water inflow ($r=0.75$, $P<0.01$) implies that the allochthonous material exported from the watershed affect the sedimentological processes. The organic matter sedimentation rate (OMSR) measured in the middle of the quiescent hypolimnion provides the reliable assessment of POM flux from the upper productive layer (Ostrovsky and Yacobi, 2010). The POM sedimentation declines from February until October and the ratio of this flux to primary production is the export ratio (ER) showing the proportion of primary production settled from the upper productive layer. Changes in the ER are related with the composition of phytoplankton and physical regime in the lake. During January–March (holomixis), large celled algae *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen dominate the phytoplankton and are hardly consumed by zooplankton. The high sinking velocity of *A. granulata* is a reason why high proportion of the phytoplankton reaches the lake bottom in still warm winter days when turbulent mixing is restrained. Increased turbulence that prevails throughout the well-mixed water column circulates the algal cells between the euphotic zone and the trap locations. The latter is the reason for the overestimation of sedimentation flux of the negatively buoyant *A. granulata* cells in the non-stratified water column (Yacobi and Ostrovsky, 2012). This accounts for the enlarged ER ratio during holomixis.

A drop in ER occurs promptly after thermal stratification has established and the lower part of the water column became physically separated from the upper productive layer. The ER decline is explained by a shift in dominance in algal community from large *A. granulata* to buoyant *Microcystis* sp., motile *Perridinium gatunense* Nygaard, and then to small slow-sinking phytoplankton throughout thermal stratification (Ostrovsky et al., 2014). High turnover rates characteristic of small algal species enhance nutrient recycling within the euphotic zone and may be the reason for the lowest rate of phosphorous loss from the epilimnion in July–November (Ostrovsky and Yacobi, 2010). The seasonal timing of minimal ER and the greatest retention of limiting nutrients in the epilimnion is an outcome of adaptation of planktonic communities to stratification, when nutrient losses from the upper productive stratum cannot be replenished.

The fate of algal material was traced by the examination of photosynthetic pigments in particles prevailing in water and traps. Chlorophyll *a* (Chl *a*) is universally found pigment in all oxygenic photosynthesizers (algae and cyanobacteria). Upon degradation Chl *a* yields an array of degradation products, which reflect diagenetic processing of phytoplankton. Analysis of the seasonal variation of the ratio between Chl *a* -degraded products and intact Chl *a* in sediment traps helps to elucidate the trophic efficiency by which algal material in the water column is utilized (Ostrovsky and Yacobi, 2010). This ratio displayed maximum values of 0.4–0.6 during holomixis and nearly zero values in August–October, when algal community consisted of small species that possess low settling velocity, are easily consumed by zooplankton, and thus can be readily recycled within the epilimnion (cf. low ER). The maximum values of the ratio during the holomixis are related with dominance of the large algae that populate the entire water column, such that a high proportion of their fragments may be maintained in the well-mixed turbulent water for a long time. Moreover, large individual cells may have better ability to survive in the deep non-stratified water column with limited light. In contrast, the ability to retain and recycle in the upper euphotic layer under nutrient limitation may confer special evolutionary advantage to buoyant, motile, or small algal populations in stratified water bodies.

Ostrovsky, I., Yacobi, Y.Z. (2010), Sedimentation flux in a large subtropical lake: Spatiotemporal variations and relation to primary productivity, *Limnol. Oceanogr.* **55**: 1918–1931.

Ostrovsky, I., Yacobi, Y.Z., Koren, N. (2014). Chapter 27. Sedimentation processes. In *Lake Kinneret: Ecology and Management* (Eds T. Zohari, A. Sukenik, T. Berman, A. Nishri). pp. 485–497. Springer, Dordrecht.

Yacobi, Y.Z., Ostrovsky, I. (2012). Sedimentation of phytoplankton: role of ambient conditions and life strategies of algae, *Hydrobiologia* **698**: 111–120.

MICROBIAL COMMUNITIES AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN SEPARATING LAKES AT THE WHITE SEA COAST

M.V. Umanskaya, S.V. Bykova, M.Yu. Gorbunov

Institute of ecology of Volga basin RAS, Togliatti, Russia, myugor1960@gmail.com

Formation of coastal lakes by separation from the sea occur on the territory of Fennoscandia due glacioclastic land elevation. Research of lakes separating from the sea at various stages of this process is of great interest for understanding the evolution of the ecosystems of coastal meromictic waterbodies. In July 2014, we studied three lakes in the vicinity of the White Sea biological station of Moscow State University, formed as a result of this process in recent times (Krasnova et al., 2015).

Two of the investigated lakes, Lake 1 (Trechtsvetnoe, Tricolor), and Lake 2 (Elovoe, Spruce) have significant freshwater inflow and as result, fresh surface layer down to the depth of 1.25 m and 0.5–0.75 m, respectively. Lake 3 (Kislo-Sladkoe, Sweet-and-Sour) has small catchment area, and therefore its surface layer is saltwater. During our study its salinity was about 13 ppm. The gradient of salinity in all lakes occupied depth range of 1–1.5 m. In Lake 3, it started from the surface layer. Thermocline was wider; in all three lakes it was located between 1.0 and 3.0 m depth.

Bottom layer of all three lakes was anaerobic, having reducing conditions and containing sulfides. However, only in Lake 1 the zone of redox potential gradient (the redoxcline) located within the salinity gradient. In the other two lakes it was located substantially below a depth of 2.6 in Lake 2 and 3.1 m in Lake 3. The area between the picno- and the redoxcline was over-oxygenated in Lake 2 and, in contrast, microaerobic in Lake 3. Thus, the vertical distribution of physical and chemical conditions in the lakes were quite contrasting.

Chlorophyll (Chl) *a* concentration in the surface layer and the epi-/ mixolimnion of all lakes was low, 1 to 6 nM. In the redoxcline zones significant subsurface maxima of Chl *a* were detected, with concentrations of 695, 35 and 138 nM in Lakes 1, 2 and 3, respectively. Less then 10 cm below the maxima of bacteriochlorophyll (BChl) *a* and «chlorobium-chlorophylls», BChls *c-e* of green phototrophic bacteria were located. Their total concentration reached 143 nM in Lake 3, 750 nM in Lake 2 and 6.9 µM in Lake 1. While in Lake 1 BChl *d* strongly dominate among «chlorobium-chlorophylls», in Lake 2 similar quantities of BChl *d* and Bchl *e* was detected, and in Lake 3 – all three «chlorobium-chlorophylls» were present in close concentrations. The presence of these Bchls in microaerobic zone, at depths of 2–3 m, as well as a high concentration of BChl *a* (0.7–0.8 nM) in the surface layer was a characteristic feature of Lake 3.

Deep chlorophyll maxima in lakes were caused by the dominance of different organisms: unicellular picocyanobacteria dominated in Lake 1, picoplanktonic phototrophic flagellates in Lake 2, and three forms of cryptomonads in Lake 3. The latter were not found in Lake 2, but one of their forms developed in Lake 1. Phototrophic flagellates similar to those developing in Lake 2, accompanied cryptophytes in their maximum in Lake 3, but were apparently absent in Lake 1.

The total bacterial number in the surface layer of the lakes was $2\text{--}3 \cdot 10^6$ cells·ml⁻¹. Their absolute maximum were located in the redoxcline zone. Their abundances in maxima were $23 \cdot 10^6$ cells·ml⁻¹ (Lake 3, 3.1 m), $38 \cdot 10^6$ cells·ml⁻¹ (Lake 2, 2.7 m) and $155 \cdot 10^6$ cells·ml⁻¹ (Lake 1, 1.9 m). From about 1/3 to a half of the bacterial cells in the peaks were green sulfur bacteria (Chlorobiaceae). Among them only green forms were revealed by microscopy in Lake 1. They also dominated in Lake 3, but some brown BChl *e*-containing Chlorobiaceae was also found, and in Lake 2 brown forms were dominant, accounting for about 60 % of all Chlorobiaceae. In Lake 1 this maximum was narrow and represented a typical «microbial plate»; in the other two lakes its width was 0.5–0.7 m. In all the lakes in the near-bottom layer the number of heterotrophic bacteria increases slightly again, and in Lakes 2 and 3 it became comparable to their numbers in the redoxcline maximum.

Ciliate communities of the lakes had different species composition and were highly heterogeneous vertically in each of the lake. We found no species common to all three lakes, and the Sorensen similarity index between complete species lists of the lakes was as low as 0.12–0.23. Development maxima confined to microaerobic zones, close to pigment maxima. In Lake 2 only one species, *Euplotes zenkewitchi* Burkovsky, was strong dominant in maximum at 2.6 m; in Lake 1 unidentified species of *Paramecium* dominate in the maximum at 1.6 m. In contrast, in Lake 3, the main peak was located at the depth of 2 m, at the upper border of microaerobic area, and a smaller one positioned at the area of cryptomonad development at 3–3.3 m. Species composition of both peaks was relatively similar, and dominance was weak.

Thus, the studied lakes appeared very dissimilar in many respects. While this may reflect rapid succession of their ecosystems in the process of losing connection to the sea, it is not less likely that differences in the community composition, first of all of ciliates, are related to random species establishment into the newly formed conditions.

VERTICAL DISTRIBUTION OF CILIATES AND PHOTOTROPHIC BACTERIA IN STRATIFIED GREEN LAKE NEAR POMARY WITH LOW SULFATE CONTENT

M.V. Umanskaya, S.V. Bykova, M.Yu. Gorbunov

Institute of ecology of Volga basin RAS, Togliatti, Russia, myugor1960@gmail.com

The territory of the Vyatka ridge considered a geographical province of karst lakes. Most of these lakes have a low mineralization of $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ type, and contain low levels of sulfates and chlorides. However the scanty lakes of this area with anomalous chemical content, highly mineralized with high concentration of sulfates and chlorides, attracts the greatest interest of researchers. Oddly enough, but detailed information about the features of chemical and physical limnology (detailed chemical composition, patterns of stratification etc.), as well as characteristics of biocenoses of typical, low-mineralized karst lakes is nearly almost absent.

The Green Lake (Vuver-Er) near settlement of Pomary (Rep. Mari El) is one of the many typical karst lakes in the region. We have studied it at July, 15 and September, 08, 2013. In the moment of our study the lake water was of $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ type with mineralization $230 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ in the surface layer and $330 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ in the bottom in July and September, respectively. The main gradient of mineralization was located between 4 and 6 m. Besides, the rise of the mineralization from 10 m depth to the near-bottom layer occurred in September. The thermocline occupied a wide depth range, from 2.5 to 7 m in July and from 5 to 9 m September, but the maximal temperature gradient ($5\text{--}6 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$) in both months was located between 5 and 6 meters.

In July, a significant deepwater maximum of oxygen concentration was located at the depth of 4 m; similar but much smaller maximum positioned at the depth of 8 m in September. Below the maximum, starting at the depth of 7.5 m in July and 8.5 m in September, the redox potential decreased sharply from $+350\text{--}450 \text{ mV}$ to $+120 \text{ mV}$, which indicates the transition from aerobic to weakly reducing conditions. However, the hydrogen sulfide concentration below the redoxcline was less than $10 \text{ }\mu\text{M}$, and below the maximum at a depth of 10 m it decreased slightly to the bottom. The principal reducing agent in this zone was Fe (II), with the concentration of $2.5\text{--}4.4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ at 10 m. It further increased more than order of magnitude in the bottom layer.

The transparency was high, 4.1--4.5 m, because the Chl *a* concentration in the lake epilimnion was only 2 and $0.9 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ in July and September, respectively. Below Chl *a* increased significantly, reaching maximum at 8.5 m, with concentration, respectively, 29 and $19 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. In both dates, BChl *a* maximum ($4.3\text{--}4.4 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) was located at the same depth, as well as the

maximum of BChl *d* ($44.6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) in July. In September, the peak of BChl *d* descended to the 9 m layer and its concentration increased to $56 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

The phytoplankton of deep chlorophyll maximum was dominated by filamentous cyanobacteria with a predominance of *Planktothrix rubescens* (De Candolle ex Gom.) Anagnostidis & Komárek. Along with this species two other forms with different cell sizes has been observed. Unicellular (*Synechocystis* spp.) and colonial (mostly *Aphanocapsa* spp.) picocyanobacteria formed their maxima above it, at depths of 4 and 7.5 m.

The species of purple sulfur bacteria (genera *Thiocapsa* and *Thiodictyon*), filamentous anoxygenic phototrophs (*Chloronema giganteum* Gorlenko et Pivovarova) and «*Chlorochromatium*» consortia of the green sulfur bacteria have been detected in the redoxcline of the lake. In July, two species of *Thiocapsa* and *Tdc. bacillosum* (Winogr.) Pfennig and Trüper were peaked at a depth of 8 m, while maxima of *Chl. giganteum*, which dominated by biomass, and «*Chlorochromatium*» positioned at 8.5 m. In September the peaks of all species descend 0.5 m down to the bottom, and the biomasses of *Chl. giganteum* and «*Chlorochromatium*» become comparable.

In July, two peaks of total ciliate abundance approximately equal by magnitude located at 6 m and 9 m layers, the peaks of biomass were at 6 and 8 m. In September common peak of the abundance and biomass was observed at 8.5 m, together with the maximum in the surface layer.

89 species of ciliates were recorded in 28 samples taken from the lake, but 25 of them were detected in a single sample. 38 species were present in the lake in both dates, although the number and distribution of some species changed significantly. For example, *Haplocaulus* sp., dominated in lake epilimnion in July, was replaced by *Pseudohaplocaulus infravacuolatus* Foissner and Brozek, and *Pseudohaplocaulus anabaenae* (Stiller) Warren, which, in July formed a significant part of the abundance and biomass at 6 and 7 m layers, almost disappeared in September. *Pelagothrix plankticola* Foissner et al., dominant by biomass at 8 and 9 m depth, more than tripled its numbers in September. In both dates a high number of small *Cyclidium glaucoma* (O.F.Müll.) concentrated at the depth of 9 m, and obligate anaerobic species of genera *Metopus*, *Caenomorpha* and *Plagiopyla* inhabited the area below.

Thus, despite the low content of sulfides in the anaerobic zone of the lake, communities of both phototrophic prokaryotes and ciliates are highly heterogeneous vertically. Characteristic features of the lake are the presence of filamentous anoxygenic phototroph *Chl. giganteum* that is uncharacteristic for high-sulfidic lakes, and also its coexistence with significant populations of filamentous non-heterocystous cyanobacteria.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ И АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЭКОСИСТЕМЫ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ОЗЕР И ЛАГУН КРЫМА

Е.В. Ануфриева, Н.Ю. Мирзоева, Н.В. Шадрин

ФГБУН «Институт морских биологических исследований

им. А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Россия, lena_anufrieva@mail.ru

Озера аккумулируют и отражают все влияния климатических изменений и человеческой деятельности на водосборный бассейн, атмосферу и другие элементы ландшафта. Гиперсолёные озера и лагуны Крыма являются ярким примером этого. Многолетняя климатическая изменчивость приводит к кардинальным изменениям: озера претерпевают существенные изменения водного баланса и солёности, их экосистемы переходят из одного альтернативного состояния в другое. Состояния характеризуются разной биотической и трофической структурой (Shadrin, Anufrieva, 2013). Многолетние наблюдения и слоистость донных осадков позволяют говорить о квазипериодической смене состояний озерных экосистем. Например, происходят переходы придонных слоев и донных осадков из окислительного в восстановительное (и обратно) состояние, что отражается в чередовании серых и черных слоев в колонках грунта.

В XX веке, наряду с климатической изменчивостью, важную роль стали играть антропогенные воздействия как целенаправленные, так и непреднамеренные. Рассмотрим ряд драматических примеров этого.

Локальная строительная активность. Херсонесская группа озер включала 4 гиперсолёных озера. В 70 гг. XX века все озера этой группы, кроме одного, были засыпаны при проведении дорожно-строительных работ. Озеро Донузлав было крупнейшим гиперсолёным водоемом Крыма, в 1960 г. судоходный канал соединил его с морем, гиперсолёное озеро превратилось в морской залив. В 1978 г. такая же история случилась с озером Панским. Озеро Тобечикское отделено от моря пересыпью, по которой проложили шоссе, за счет чего уменьшился обмен озера с морем. В результате с 1933 г. увеличилась общая солёность и доля сульфат-ионов в сумме ионов на 60–80 %. Дорога через пересыпь оз. Чокракского также привела к увеличению солёности, что усугубилось и созданием водохранилища в балке, впадающей в озеро с юга.

Северо-Крымский канал. В 1963 г. днепровская вода стала поступать в Северо-Крымский канал (СКК), использоваться для полива со сбросом дренажных вод в гиперсолёный на тот момент залив Азовского моря Сиваш. В 1985 г. в него сброшено 630 млн. м³, к 1997 г. солёность уменьшилась со 140–200 г/л до 17–20 г/л. В заливе сформировалась новая солоноватоводная экосистема, исчезло когда-то крупнейшее местообитание жаброногого рачка *Artemia*. К 1991 г. в Крыму было создано

крупное Межгорное водохранилище, заполненное водами из СКК. Началось просачивание из него пресной воды по балке в гиперсоленое оз. Кызыл-Яр, расположенное в 20 км ниже. Постепенно соли вымывались, и через 15 лет озеро стало полностью пресным. Другая балка из водохранилища спускается к бывшему гиперсоленому оз. Богайлы, соленость в котором опустилась до 12–15 г/л. В 2011–2013 гг. происходило просачивание пресной воды из Восточной ветки канала, что привело к резкому распреснению гиперсоленых озер Ачи и Кучук-Аджиголь. В последнем соленость упала до 5 г/л, существовавшее в нем сообщество исчезло, в планктоне появились и стали доминировать три вида восточно-азиатских циклопов-вселенцев (Anufriieva et al., 2014). В апреле 2014 г. Украина прекратила подачу днепровской воды в СКК, в заливе Сиваш и ряде озер начался рост солености. Например, в Сиваше к лету 2015 г. соленость с 19–21 г/л увеличилась до 55–75 г/л. Произошли существенные изменения в бентосе и планктоне, появились новые для Азово-Черноморского региона виды-вселенцы.

Чернобыльская катастрофа. 26 апреля 1986 г. на Чернобыльской атомной электростанции произошла авария – крупнейшая ядерная катастрофа XX века. В течение 10 дней, пока шли выбросы в атмосферу, в окружающую среду поступило 1,9 ЭБк радиоактивного материала. Радиоактивное загрязнение водных экосистем, в том числе и значительно удаленных, связано с выбросом в атмосферу и ветровым переносом радиоактивных продуктов и аэрозольных частиц. В мае 1986 г. на поверхность территории Крыма и Черного моря выпало 0,3 ПБк ^{90}Sr (Поликарпов и др., 2008). В послеаварийные годы радиоэкологическая ситуация в Крыму определялась вторичным радионуклидным загрязнением, в основном за счет поступления с СКК. Первые определения содержания послеаварийного ^{90}Sr в воде соленых озер Крыма были выполнены в 2013 г. на гиперсоленых озерах Перекопской группы (Mirzoyeva et al., 2015). В оз. Киятском, которое имело подпитку из СКК, концентрация послеаварийного ^{90}Sr в воде была в 21–22 раза больше, чем таковая в море. К осени 2014 г. концентрация послеаварийного ^{90}Sr в воде Киятского и Керлеутского озер уменьшилась в 2–3 раза, что объясняется прекращением подачи днепровской воды. В апреле 2016 г. было проведено сравнительное радиоэкологическое исследование соленых озер Керченской группы. Во всех озерах концентрация послеаварийного ^{90}Sr в воде была значимо выше, чем в море. В озере с бывшей подпиткой из канала (Акташское) она была в 5,4 раза выше, чем в Кояшском, где таковой не было.

Работа выполнена при частичной поддержке Otto Kinne Foundation (Е.В. Ануфриевой) и Российского фонда фундаментальных исследований – грант № 16-05-00134.

The impact of climate variability and anthropogenic activity on ecosystems of hypersaline lakes and lagoons in Crimea. E.V. Anufrieva, N.Y. Mirzoyeva, N.V. Shadrin. There are more than 50 hypersaline lakes and lagoons in Crimea. They are simultaneously affected by climate variability and human activities. The authors describe and analyze the most dramatic cases of their ecosystem changes.

ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЕПЛОПАДОВ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ В 2006–2015 ГГ.

Л.А. Базаркина

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, bazarkina.l.a@kamniro.ru

Озеро Азабачье расположено на восточном побережье Камчатского полуострова в нижнем течении р. Камчатка вблизи постоянно действующих вулканов Ключевской группы и Шивелуч, и в периоды их извержений, при преобладании ветров западного и северо-западного направлений, бассейн озера покрывается вулканическим пеплом. Актуальность исследований влияния вулканизма на гидробиологические процессы

в оз. Азабачье состоит в том, что в озере проходит нерест и нагул ценного промыслового объекта – азиатской нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.), молодь которой в пелагиали водоема питается преимущественно, планктонными ракообразными (*Cyclops scutifer* Sars, *Daphnia galeata* Sars, *Eurytemora kurenkovi* Borutzky и *Leptodora kindti* Focke). Предпочитаемой пищей *C. scutifer*, *E. kurenkovi* и *D. galeata* являются диатомовые водоросли, в основном *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.), а типичного хищника *L. kindti* — молодь дафний. И любые изменения химического состава озерных вод, численности кормового фито- и зоопланктона могут отразиться на биологических показателях молоди нерки и ее выживаемости в море.

С 2001 г. активность вулканических процессов возросла, но исходя из направлений пепловых шлейфов вулканов, извергающихся в 2004–2015 гг., только в 15 случаях бассейн озера подвергался пеплопадам, при этом толщина слоя пепла редко превышала 0,5 мм. Наиболее значимый пеплопад, по объему выпавшего пепла (15–18 мм), наблюдали при извержении вулкана Шивелуч в мае 2004 г., к второстепенным можно отнести выбросы пепла в мае 2006 г. (Безымянный, 4–5 мм), в октябре 2010 г. (Ключевской, <1 мм) и в марте 2012 г. (Безымянный, <1 мм).

Положительный эффект удобрения водоема вулканическим пеплом в 2004 г. проявился бурным цветением Bacillariophyta в летние месяцы 2004 г., когда количество *A. subarctica* достигло 1 млн кл./л. Увеличение численности планктонных ракообразных в 2004–2007 гг. от 63 до 130 тыс. экз./м³ способствовало повышению массы тела смолтов нерки в 2005–2007 гг. от 6,4 до 14,1 г. Подходы производителей нерки азабачинского стада к устью р. Камчатка в 2008–2010 гг. возросли от 500 до 1800 тыс. шт. особей.

Однако известно, что вулканический пепел, кроме необходимых для жизнедеятельности гидробионтов питательных элементов, содержит большое количество ядовитых веществ, которые в год пеплопада могут вызвать гибель рыб, ухудшение условий их воспроизводства и угнетение планктонных организмов. Так после пеплопада в мае 2006 г., в летне-осенние месяцы 2006 г. наблюдали резкое снижение среднегодовой численности диатомовых водорослей от 380 до 12 тыс. кл./л, по сравнению с 2004 г., вспышку цветения *Microcystis* sp. (Cyanophyta) (650 тыс. кол./л), образование у самок *D. galeata* деградированных и мертвых яиц в 2006 г. В 2007–2008 гг. в диатомовом планктоне произошла кратковременная смена доминанты: летом 2007 г. наиболее многочисленной была *Fragilaria*-complex (40 тыс. кл./л), осенью 2008 г. – *Asterionella formosa* Hass (50 тыс. кл./л). Активная вегетация *A. subarctica* (180 тыс. кл./л) началась только в октябре 2009 г. Тем не менее, в 2008 и 2009 гг. показатели плотности планктонных ракообразных (190 и 165 тыс. экз./м³) и массы тела покатной молоди нерки (17,3 и 13,0 г) значительно превышали среднемноголетние значения этих показателей за 1981–2005 гг. (92 тыс. экз./м³ и 9,6 г, соответственно). Вероятно, это было обусловлено многократным снижением встречаемости в пелагиали озера основного пищевого конкурента молоди нерки трехиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus* Linne) в 2005–2008 гг., в результате гибели ее личинок и мальков в литорали водоема под воздействием пепла в мае 2004 г.

Учащение пеплопадов (октябрь 2010 г., март 2012 г.) внесло хаотичность в динамику гидробиологических процессов в водоеме и вызывает затруднения при анализе некоторых аспектов функционирования экосистемы озера в 2011–2015 гг., которые возможно будут разрешены в последующие годы. Во всяком случае, высокий уровень развития кормовых ракообразных (160 тыс. экз./м³), размерно-весовых показателей покатной молоди нерки (11,0 г) и подходов производителей нерки популяции оз. Азабачье к устью р. Камчатка в последние пять лет (1,5–2,5 млн шт. особей) могут свидетельствовать об адаптации гидробионтов пелагиали водоема к воздействиям вулканического пепла.

Effect of volcanic ash falls on the state of ecosystem lake Azabachye in 2006-2015. L.A. Bazarkina. Based on the analysis of dynamics of hydro-biological processes in the lake Azabachye located near the constantly active volcanoes Klyuchevskoy group and Sheveluch, revealed positive and negative effects of ash falls for the ecosystem of the reservoir feeding, spawning sockeye salmon in 2006–2015.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

С.С. Барина¹, А.А. Протасов²

¹*Институт Эволюции, Хайфский Университет, г. Хайфа, Израиль,
barinova@research.haifa.ac.il*

²*Институт гидробиологии НАНУ, г. Киев, Украина, pr1717@ukr.net*

Озера и объекты поверхностного стока с замедленным водообменом, имеют важное значение в качестве источников и накопителей воды. Такие объекты, как водоемы-охладители, включены в технологические циклы. Важно оценить состояние экосистемы, а для этого понять взаимодействие показателей различного уровня. Существующие модели отсылают нас к принципам связи и взаимодействия различных частей экосистемы водоема, не показывая общей картины. Чаще всего для этого используются следующие подходы: 1) качество воды оценивается по рассчитанным ранее стандартам ПДК; 2) гидрохимические и некоторые гидробиологические показатели классифицируются в различных системах и в связи с различными видами пользования водой водоема; 3) проводится ряд статистических операций, сравнивающих взаимовлияния параметров, попарно или пакетно; 4) строятся графики с линиями трендов по отдельным параметрам или пакетно. Все эти пути не ведут к выявлению особенностей отдельных участков, районированию, которое является насущной задачей в анализе состояния, изменения и взаимосвязи отдельных параметров в водных экосистемах и решаются интуитивно каждым отдельным исследователем.

Целью настоящей работы было продемонстрировать возможности современных методов пространственного анализа распределения различных факторов, определяющих районирование в системах озерного типа.

Материалом для применения новых методов анализа послужили результаты наблюдений гидрохимических, гидрофизических и гидробиологических параметров в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС на 12 станциях в летний период 2014 г. Это был один из типичных летних периодов среди данных многолетнего монитора. Водоем-охладитель исследуется, начиная с 1998 г., практически с момента ввода его в эксплуатацию и слу-

жит модельным объектом техноэкосистемы АЭС. Существенным моментом в формировании экосистемы было заселение дрейссены с пиком ее численности в 2005–2006 гг. и последующим спадом и стабилизацией.

Для анализа и построений использовались программы: 1) ГРАФС (Новаковский, 2004) для сравнительной флористики и построений дендрограмм сходства и дендритов включения методом Варда по Эвклидовому расстоянию; 2) Statistica 12.0, метод взвешенной дистанции наименьших квадратов для построения 3D поверхностей и контурных плотов, метод 3D Wafer Plot. Строятся статистически выполняющиеся 3D графики по трем или плоские по двум параметрам, включающие интеграцию взаимосвязей и имеющих прогностические свойства. Отдельные пары параметров сравнивались в программе wessa.net путем расчета коэффициента корреляции Пирсона. Для выявления пакетов параметров, сходно влияющих на биотические компоненты, использовалась программа CANOCO, позволяющая также установить главные действующие параметры среды, виды-индикаторы и виды биосенсоры на эти параметры. Биоиндикационный подход также был использован для выделения основных групп, показывающих наиболее представленные группы в конкретных сообществах.

Выбранные методы и построения показали, что биоиндикация, коэффициенты Пирсона, плоты ССА и RDA, а также дендрограммы сходства сообществ и дендриты включения-пересечения их видового состава помогли только в выявлении основных взаимосвязанных параметров среды и биотической части экосистемы. Построения контурных плотов дало прямоугольные картины распределения проанализированных параметров в отношении двух или трех других выбранных параметров, наиболее похожие на плоскостное распределение по водоему-охладителю. Построенные 3D поверхности методом взвешенной дистанции наименьших квадратов показывают наиболее значимые величины зависимого параметра в отношении пары других, независимых, обладают прогностическими свойствами и могут дать весьма полезную информацию о связях биоты и среды в водоеме, однако, для районирования они также недостаточны, могут быть использованы только опосредованно. Весьма продуктивным оказался подход с построением Wafer Plots. Это возможно сделать по любому из выбранных параметров, если точки наблюдения расположены более или менее равномерно по акватории и имеют ГИС координаты. Плот повторяет контуры исследуемого объекта. На плоте выстраиваются обозначенные цветом ранги анализируемого параметра. Плоты по отдельным параметрам можно группировать и сравнивать, что приводит к выделению наиболее критичных зон на поверхности водоема и далее к пространственному районированию.

Примененные методы анализа позволили выделить определенные участки водоема-охладителя с характерными группировками фито- и зоопланктона, а также наиболее важными показателями среды.

Methodological issues of spatial zonation in lake ecosystems. S.S. Barinova, A.A. Protasov. We investigate various statistical methods that could help in the spatial zonation of lake-type reservoirs on the example of the Khmelnytsky nuclear power plant techno-ecosystem. It turned out to be the most promising method of wafer plots made in the program Statistica 12.0. Plots follow the contours of the lake and each plot in the parameters may be grouped and compared, resulting in the zoning of the lake water surface.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА САСЫК (УКРАИНА) ПО ДАННЫМ ФИТОПЛАНКТОНА

Е.П. Белоус¹, С.С. Баринова², Н.А. Иванова¹

¹*Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина,
bilous_olena@ukr.net, ivanova_N_A@ukr.net,*

²*Институт эволюции Хайфского университета, г. Хайфа, Израиль,
barinova@research.haifa.ac.il*

Первоочередное значение в мировом масштабе занимает проблема нехватки питьевой воды. Наряду с этим, водные ресурсы активно используются для орошения земель, что также обуславливает необходимость создания новых водохранилищ.

В начале 1980-х годов на юге Украины была осуществлена попытка опреснения солоноватоводного озера-лимана Сасык (Одесская область), которое должно было стать одним из звеньев водохозяйственного комплекса «Дунай-Днепр» и использоваться в системе орошения. Водоем был отделен от моря дамбой и соединен с Дунаем каналом Дунай-Сасык. Но даже значительный приток пресной воды по каналу не снизил минерализацию воды в водоеме до необходимого уровня, потому в 2000-х годах Сасык исключили из системы орошения.

Сейчас это один из самых больших водоемов Северо-западного Причерноморья: площадь Сасыка составляет 200–215 км², максимальная глубина – 3,2–3,6 м; водоем имеет грушевидную форму и простирается с севера на юг на 35 км с шириной от 3 до 12 км (Швебс, 1988).

Но из-за высокой минерализации (сейчас она колеблется в пределах 0,3–2,7 г/дм³), водоем нельзя использовать ни для водообеспечения населения, ни для орошения. Кроме того, рыбопродуктивность современ-

ного Сасыка не соответствует уровню пресного водоема, поэтому использовать его в рыбном хозяйстве нецелесообразно.

В наши дни назревает вопрос о будущем этого водоема – стоит ли его соединить с морем, либо лучше изменить подходы к его содержанию и использованию. Для этого необходимо провести полноценное исследование его экологического состояния. Поскольку последняя попытка проанализировать состояние водоема на основании данных фитопланктона была предпринята в 90-е годы прошлого столетия (Биопродуктивность..., 1990), этот вопрос представляет огромный интерес и актуальность. Таким образом, в данной работе мы поставили цель охарактеризовать современное экологическое состояние водохранилища Сасык на основании данных о его фитопланктоне с помощью метода биоиндикации.

Пробы фитопланктона собраны из поверхностного слоя (0,5 м) сетью Апштейна и батометром Руттнера, в общей сложности по 3 пробы с 17 станций наблюдения (51 проба) на протяжении двух дней июля 2013 г. Идентификация видового состава водорослей проведена в живом и фиксированном состоянии, количественный подсчет осуществлен в камере Нажотта.

Для биоиндикационных характеристик водорослей (Баринова и др., 2006) был проведен анализ следующих групп-индикаторов: трофности, органического загрязнения, содержания кислорода в воде, уровня pH, температурного режима, хлоридов.

Всего список водорослей, найденных в планктоне за исследуемый период, составил 130 видов (136 ввт), 90 % из них являлись индикаторными.

По результатам применения методов биоиндикации, воды водохранилища Сасык можно охарактеризовать как умеренные с точки зрения температурного режима, что полностью совпадает как с физико-географическим положением водного объекта, так и с реальными измерениями температуры. Относительно показателя минерализации воды характеризуются как пресные, а также слабощелочные, согласно активной реакции воды. По содержанию кислорода их можно отнести к средне обогащенным кислородом. Мы установили, что водоем средне загрязнен (на основании индикаторов органического загрязнения по Сладечку и Ватанабе), эвтрофный, в основном с умеренными концентрациями органически связанного азота. Вода в водохранилище Сасык относится к III классу качества.

Кроме того, в процессе работы нами созданы карты индикаторов, показывающие градиент распределения загрязнения вод в направлении от юго-востока (канал Дунай-Сасык) на северо-запад.

Данная работа будет продолжена и расширена, а также планируется сравнить полученные результаты с литературными данными на разных этапах становления водоема.

Characteristics of Sasyk waterbody (Ukraine) ecological state based on phytoplankton data. O.P. Bilous, S.S. Barinova, N.I. Ivanova. The water over the Sasyk Reservoir may be characterized as moderate in temperature, fresh-water, low acidic, low alkaline, standing to slow-moving, with a medium amount of oxygen, as well as medium polluted (Sládeček and Watanabe), III Class of water quality, eutrophic, mainly with moderate concentrations of organically bounded nitrogen.

ТОКСИН-ПРОДУЦИРУЮЩИЕ БЕНТОСНЫЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

**О.И. Белых, И.В. Тихонова, Е.Г. Сороковикова, С.А. Потапов,
А.В. Кузьмин, Г.А. Федорова, О.А. Тимошкин**

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия, belykh@lin.irk.ru

Цианобактерии (синезеленые водоросли) являются неотъемлемым компонентом водных экосистем. При наступлении благоприятных условий в водоемах цианобактерии (ЦБ) начинают быстро развиваться, формируя планктонные и бентосные цветения. Развитие токсичных цветений связывают с эвтрофированием водоемов и глобальным потеплением (Chorus, 2012). Самыми распространенными цианотоксинами являются гепатотоксичные микроцистины (МС). Среди 90 вариантов МС наиболее токсичный – МС-LR, его концентрация в питьевой воде не должна превышать 1 мкг/л (Chorus, 2012). Нейротоксичные сакситоксин (STX) и его 57 аналогов, называемые паралитическими токсинами моллюсков (PST), синтезируются динофлагеллятами в морях и пресноводными ЦБ (Wiese et al., 2010). Основной путь передачи PST – при употреблении морепродуктов, в пресных водоемах – через питьевую воду и во время купания.

Начиная с 2011 г. в прибрежной зоне оз. Байкал наблюдается массовое развитие нитчатых зеленых водорослей и цианобактерий, гибель эндемичных губок, сопровождаемая бурным ростом на их поверхности нитчатых цианобактерий.

Цель работы – поиск токсичных цианобактерий в биопленках оз. Байкал с помощью маркеров к генам синтеза PST (*sxtA*) и микроцистинов (*mcuE*), а также определение цианотоксинов методами иммуноферментного анализа и масс-спектрометрии. Отбор проб биопленок

с различных субстратов выполнен водолазами с глубины 10–15 м в сентябре 2015 г. в прибрежной зоне Южного Байкала. Всего отобрано 12 проб: по три с камней, губок *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1773) и *Baikalospongia* sp., по одной – со скалы, с растительного детрита и колоний *Tolypothrix distorta* Kütz. ex Bornet & Flahault. Для иммуноферментного анализа использовали наборы Microcystins-ADDA ELISA и Saxitoxin ELISA (Abraxis LLC, США). Определение PST и MC вариантов выполняли на масс-спектрометре с матричной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF). Выделение ДНК, ПЦР, клонирование, секвенирование и филогенетический анализ проводили, как описано ранее (Belykh et al., 2011). Микроскопический анализ проб обрастаний выявил 32 вида ЦБ, принадлежащих порядкам Synechococcales, Chroococcales, Oscillatoriales и Nostocales. В пробах доминировали *T. distorta* и *Symplocastrum* sp. В 10 биопленках выявлены последовательности гена *sxtA*, кодирующего синтез сакситоксина и его аналогов, которые принадлежали *T. distorta*. Гены синтеза MC присутствовали в шести образцах, однако продуцентов MC на уровне рода и вида идентифицировать не удалось в связи с отсутствием гомологов в БД. Иммуноферментный анализ выявил наличие STX в 11 пробах, MC – в восьми. Концентрация STX достигала 300 мкг/г сух. веса. Методом MALDI-TOF в цианобактериальных обрастаниях различных субстратов в оз. Байкал обнаружены восемь вариантов PST: STX, NeoSTX, GTX5, dcSTX, dcNeoSTX, dcGTX2/3, dcGTX1/4, doGTX2/3. Среди MC определены 9 вариантов: MC-YR, MC-LA, (Dha7)MC-YR, MC-LF, (L-MeSer7)MC-LR, (D-Asp3,Dha7)MC-HtyR, MC-RR, MC-HtyR, (Dha7)MC-YR. Концентрация MC в воде, отжатой с губки, составила 0,1 мкг/л.

Таким образом, впервые в биопленках, развивающихся на различных субстратах в оз. Байкал, включая губки, комплексом методов выявили цианобактерии, продуцирующие MC и PST. В настоящее время в связи с усилением антропогенной нагрузки на оз. Байкал наблюдается эвтрофирование мелководных заливов и прибрежных участков, и как следствие, повышение численности цианобактерий и появление очагов токсичных цветений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-54-44035, гос. заданий № 0345–2014–0004, № 0345–2014–0006.

Chorus I. 2012. Current approaches to cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries // Chorus I. (ed.) 147 pp. WaBoLu Umweltbundesamt. Dessau.

Wiese M., D'Agostino P., Mihali T. et al. 2010. Neurotoxic alkaloids: saxitoxin and its analogs // Mar. Drugs, 8: 2185–2211.

Belykh O., Sorokovikova E., Fedorova G. et al. 2011. Presence and genetic diversity of microcystin-producing cyanobacteria (*Anabaena* and *Microcystis*) in Lake Kotokel // Hydrobiologia. 671: 241–252.

Toxin-producing benthic cyanobacteria in Lake Baikal. O.I. Belykh, I.V. Tikhonova, E.G. Sorokovikova, S.A. Potapov, A.V. Kuzmin, G.A. Fedorova, O.A. Timoshkin. Cyanobacteria from surface of sick sponges, stone and bedrock in Lake Baikal were screened for the presence of saxitoxin and microcystins using ELISA. In sequel, eight paralytic shellfish toxin and nine microcystin variants were identified using a MALDI-TOF. PCR and sequencing detected *sxtA* gene and *mcyE* gene in biofouling dominated by *Tolypothrix distorta*.

ОПЫТ ОЦЕНКИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Б.П. Власов, И.А. Рудаковский, Т.В. Архипенко, А.Ю. Сивенков
Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, vlasov@bsu.by

Контроль глобальных и локальных изменений природной среды, протекающих под влиянием антропогенного воздействия, требует проведения оперативного мониторинга – регулярных наблюдений с целью разработок экспертных оценок и прогноза изменений на основе материалов космической съемки Земли. В ходе выполнения задания в рамках программы Союзного государства «Разработка космических и наземных средств обеспечения потребителей России и Беларуси информацией дистанционного зондирования Земли» разработана методика дешифрирования техногенных изменений водоемов, проведена оценка геоэкологической информативности космических снимков, выявлены космогеоэкологические индикаторы проявлений и закономерности пространственно-временных трансформаций водных объектов, оценено состояние аквальных геосистем по данным дистанционного зондирования. Объектами исследования послужили техногенные водоемы – Солигорское водохранилище и карьерные водоемы различного типа.

Современная дистанционная аппаратура использует аэрокосмические методы и технологии дистанционного зондирования параметров водной среды. К таким параметрам относятся вариации гидрооптических характеристик, определяющие содержание основных компонентов минерального состава воды, мутность воды, тип, площадь и характер зарастания водоемов, зоны техногенного загрязнения акватории. Эти гидроэкологические показатели являются приоритетными в системе современного дистанцион-

ного экологического мониторинга техногенных водоемов. Основу метода составляет определение флуктуации коэффициентов рассеяния и поглощения света, изменения их концентраций. В целом, технология цифровой обработки изображений данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) включала следующие операции: импорт изображений из формата TIFF; объединение многоканальных данных в единый файл и выбор оптимального варианта синтеза; слияние изображений с различным разрешением; фрагментирование; автономная классификация.

Комплекс исследований по разработке автоматизированной технологии дешифрирования для оценки геоэкологического состояния водоема базировался на применении разновременных космических снимков, полученных многозональными сканирующими системами высокого и среднего разрешения.

Для оценки динамики морфологических изменений элементов котловины и береговой линии водохранилища использованы оцифрованные космические снимки Белорусского космического аппарата (БКА) и топографические карты местности. Анализ полученных результатов за 1984–2014 гг. позволил выявить: сокращение площади акватории за счет заиления и зарастания водноболотной растительностью верховья водоема, изменения конфигурации береговой линии, появление заливов в результате провалов и оползневых процессов, новых искусственных водоемов, созданных в результате в местах развития процессов заболачивания под действием подъема уровня грунтовых вод.

Для выявления основных дешифровочных признаков высшей водной растительности акватории водохранилища был выполнен сравнительный анализ результатов полевого дешифрирования и космических снимков БКА. Использование зональных снимков, полученных в различных спектральных диапазонах электромагнитного спектра, позволяет сформировать спектральный образ объектов. Исследования показали, что по снимкам в красной зоне (0,63–0,69 мкм) дешифрируются общие границы распространения и вид надводной растительности. На снимках в ближней инфракрасной зоне (0,75–0,84 мкм), лучи которой практически не проникают в воду, наиболее четко разделяются подводные и надводные объекты, поэтому снимки целесообразно использовать для дешифрирования островов и береговой линии на момент съемки. Однако более эффективным оказалось использование цветных синтезированных изображений, на которых находят отображение все особенности спектральных различий объектов. Анализ цветных синтезированных изображений, а также результатов их компьютерной обработки позволил выявить основные дешифровочные признаки высшей водной растительности акватории водохранилища. Водно-болотная растительность (сплавнины) формируется в зоне сплошного за-

болачивания и заиления ложа в верхней части водоема. Дешифрируются в весенний период по розовато-серому слабовыраженному пятнистому рисунку и по буро-бордовому пятнистому рисунку в раннеосенний период. Ярко желтый мелкопятнистый рисунок на фоне сплавины соответствует единичным кустарникам и сухой прошлогодней осоково-тростниковой растительности. Надводная и прибрежноводная растительность распознается в весенний период по светло-серому с розоватым оттенком цвету и мелкозернистому рисунку изображения и по ярко-розовому цвету в раннеосенний период. Надводная растительность вокруг островов и на мелях четко распознаётся на фоне водной поверхности по дисперсным пятнам ярко-розового цвета.

В результате комогеоэкологического мониторинга водоемов создана информативная база данных ДЗЗ, полученных с отечественного *БКА* и зарубежных спутников оптико-электронными съемочными системами в видимом и ближнем ИК диапазонах.

Experience of lakes hydroecological condition assessment according to remote sensing. B.P. Vlasov, I.A. Rudakovski, T.V. Arkhipenko, A.J. Sivenkov. Space information will help to solve important challenges in the conduct of space monitoring of the geological environment and in creating maps of the areas of extraction of mineral resources in the Republic of Belarus.

ОЦЕНКА ОБЩЕЙ СТАБИЛЬНОСТИ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ Р. ДНЕПР В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО И ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Г.П. Воронова¹, Б.В. Адамович²

¹*Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, belniirh@tut.by*

²*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, lakes@bsu.by*

Река Днепр на территории Беларуси подвергается значительному антропогенному и техногенному воздействию. Суммарная концентрация лимитирующих загрязняющих веществ к соответствующему ПДК в 9–16 раз превышает норматив для рыбохозяйственных водоемов (Куцко, Воронова, Адамчик, 2003). Значительная часть реки на территории республики загрязнена аммонийным азотом (33 %), нитритами (100 %), минеральным фосфором (33 %), органическим веществом (56 %), медью (100 %), цинком (77 %), марганцем и фенолами (100 %). Наиболее высокая степень загрязнения воды химическими компонентами – 4 и 5 класс качества (загрязненные и грязные воды) отмечена на участках реки, рас-

положенных ниже промышленных городов Орши, Могилева и Речицы (Куцко, Воронова, Адамчик, 2003).

Оценку стабильности или устойчивости гидробиоценозов р. Днепр на территории Беларуси к внешним воздействиям проводили на сообществах зоо-, фитопланктона и макрозообентоса по 5 показателям – численности, биомассе, суточной и удельной продукции, индексу видового разнообразия при использовании безразмерного индекса стабильности (S) и коэффициента вариабельности (V) (Федоров, Соколова, 1973).

Анализ интегрированных показателей стабильности показал, что наименьшей устойчивостью к воздействию обладают планктонные и бентосные сообщества на участках реки, расположенных ниже промышленных городов Орши, Могилева, Речицы в зоне действия сточных вод, где коэффициенты стабильности возросли по отношению к относительно чистым створам в 1,4–1,8 раза, а в отдельных случаях в 3,5 раза, до 0,64–0,84 (S) и до 0,86–1,09 (V).

Выявлен ряд экологических критериев оценки устойчивости гидробиоценозов к антропогенному воздействию и загрязнению, которые проявляются на уровне изменений в структурно-функциональной организации сообществ:

- смена доминант в фитопланктоне на группы водорослей, приспособленных жить в загрязненной среде, увеличение в сообществе доли зеленых и синезеленых водорослей (до 50–60 % биомассы);
- замена в зоопланктоне длинноциклических видов на короткоциклические, обладающих высокой скоростью популяционного роста (коловратки, мелкие кладоцеры); отношение численности Cladocera к Rotifera ниже 0,05, свидетельствует о критическом уровне загрязнения для жизнедеятельности ракообразных;
- увеличение в зообентосе доли олигохет и моллюсков из рода Viviparus (до 40–50 % численности), приспособленных жить на загрязненных органическим веществом грунтах;
- упрощение структуры экосистемы и связанное с этим возрастание амплитуды флуктуаций численности и биомассы планктонных организмов (фитопланктона), выраженных в виде отношения летней биомассы организмов к зимней;
- частота изменений статических и функциональных показателей сообществ во времени, выраженные в виде безразмерных коэффициентов S и V. Величина этих показателей выше 0,60 свидетельствует о значительном эвтрофировании и загрязнении водотока, приводящего к неустойчивости системы, её переструктуризации и переходу в новое состояние.

Куцко Л.А. Качество воды реки Днепр в условиях антропогенного и техногенного воздействия / Л.А. Куцко, Г.П. Воронова, Г.Г. Адамчик // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. Минск, 2003. Вып. 19. С. 223–229.

Федоров В.Д., Соколова С.А. Опыт оценки устойчивости водной экосистемы / В.Д. Федоров, С.А. Соколова. // Гидроб. журнал. 1973. т. 9, № 2. С. 11–15.

Evaluation of the overall stability of hydrobiocenoses of the Dnieper River in the conditions of anthropogenic and technogenic impact. G.P. Voronova, B.V. Adamovich. The ecological stability to anthropogenic and technogenic influence of water ecosystem of Dnieper River was investigated. A number of ecological criteria allowing to estimate a condition of plankton and benthic communities and a degree of anthropogenic pressure on the river were revealed.

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ КАК ИСТОЧНИК НЕЗАМЕНИМЫХ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ – ПРОТЕКТОРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

М.И. Гладышев

Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия, glad@ibp.ru

Согласно современным данным, одной из основных причин сердечно-сосудистых заболеваний является недостаток в пище полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейства омега-3, являющихся биохимическими предшественниками эندогормонов – омега-3 эйкозаноидов, регулирующих расширение кровеносных сосудов, препятствующих слипанию тромбоцитов и снижающих артериальное давление. Для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний Всемирной организацией здравоохранения, рядом национальных медицинских фондов США и Западной Европы рекомендовано ежедневное потребление 0,5–1 г омега-3 ПНЖК, а именно эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК) и докозагексаеновой кислоты (ДГК). Из всех организмов к синтезу больших количеств ЭПК и ДГК способны только некоторые виды водорослей (диатомеи, перидинеи, криптофиты), поэтому водные экосистемы играют уникальную роль в Биосфере: они являются основным источником ЭПК и ДГК для большинства животных, в том числе – для всеядных обитателей суши, включая человека.

ПНЖК, синтезированные микроводорослями, переносятся по трофическим цепям к организмам высших трофических уровней – беспозвоночным и рыбам. Рыба является главным пищевым источником ЭПК и ДГК для человека. Показано, что, несмотря на развитие аквакультуры, природные водоёмы были и останутся основным поставщиком рыбо-

продукции. Однако природные водные экосистемы существенно различаются по способности к продуцированию ПНЖК. Во многих водоёмах доминируют сине-зелёные водоросли (цианобактерии) не способные к синтезу ПНЖК, и рыба, населяющая такие водоёмы, содержит сравнительно мало ПНЖК. Проведённый нами биохимический аудит показывает, что в зависимости от конфигурации пищевой цепи и трофического типа экосистемы водоёма, содержание ЭПК и ДГК в рыбах может варьировать в пределах двух порядков. Необходимо провести специальные исследования природных водоёмов, чтобы выяснить, в каких экосистемах может быть достигнут максимальный уровень продуцирования незаменимых для человека ПНЖК. Кроме того, необходимо изучить риски, связанные с антропогенным воздействием на природные водоёмы, которое приводит к доминированию цианобактерий и снижению продуцирования ПНЖК. К таким факторам антропогенного риска относятся эвтрофирование (повышенная нагрузка фосфора и азота), потепление климата и загрязнение. Необходимо определить действенные меры по охране водоёмов, являющихся наиболее ценными продуцентами ПНЖК, и найти способы повышения данной продукции. Показано, что одним из таких способов может являться биоманипуляция трофическими цепями. Таким образом, управление природными водными экосистемами является перспективной технологией повышения производства ЭПК и ДГК, по меньшей мере, столь же важной, как промышленные микробные биотехнологии и аквакультура.

Aquatic ecosystems as the source of essential polyunsaturated fatty acids – protectors against cardio-vascular deceases for humans. M.I. Gladyshev. According to contemporary data, one of the main causes of cardiovascular deceases is a deficiency of polyunsaturated fatty acids (PUFA) of omega-3 family in diet as biochemical precursors of endohormones – omega-3 eicosanoids, which regulate vasodilation, prevent platelet aggregation and decrease blood pressure. To prevent cardiovascular deceases, World Health Organization and a number of national health foundations from USA and Western Europe recommend daily personal consumption of 0.5–1 g of omega-3 PUFA, namely eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic fatty acids. Among organisms, only some taxa of algae (diatoms, cryptophyts, peridinales) can synthesize large amounts of EPA and DHA; thereby aquatic ecosystems play the unique role in Biosphere as the main source of EPA and DHA for most animals, including omnivorous terrestrial species and humans.

PUFA, synthesized by microalgae, are transferred through trophic chains to organisms of progressively higher trophic levels – invertebrates and fish. Fish are the main source of EPA and DHA for humans. As demonstrated in spite of an increase of aquaculture, natural waterbodies will remain the principal source of fish production. However, natural aquatic ecosystems differ in their ability to produce PUFA. In many water bodies, cyanobacteria (blue-green algae) are dominant spe-

cies, which are not capable of synthesis of PUFA; hence, fish inhabiting such water bodies have comparatively low PUFA contents. A biochemical audit, done in our study, revealed that depending on a configuration of food chain trophic type of ecosystem, EPA and DHA in different fish species can vary about two orders of magnitude. It is necessary to make an inventory of diverse aquatic ecosystems concerning their ability to produce EPA and DHA, and to increase protection of water bodies, which give high levels of these nutrients, essential for humans. Besides, it is necessary to study potential hazards of anthropogenic impacts on natural water bodies, which result in a dominance of cyanobacteria and decrease of production of PUFA. These hazards are eutrophication (increase of phosphorous and nitrogen load), climate warming and pollution. It is essential to determine efficient ways of protection of water bodies, which are most valuable producers of PUFA and to find methods to increase this production. As demonstrated, one of such methods can be a biomani-pulation with trophic chains. Thus, manipulation by natural aquatic ecosystems is believed to be promising environmental technology to increase production of essential PUFA, and its importance is nearly similar to that of microbial biotechnology and aquaculture.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК У БИОТЫ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

А.П. Голубев¹, С.С. Третьякевич², А.С. Хомич¹, В.Л. Борисенко³

¹*Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь, agliv@rambler.ru*

²*Департамент по ядерной и радиационной безопасности МЧС Республики Беларусь,
г. Минск, Беларусь, Tretyakevich@gosatomnadzor.gov.by.*

³*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, г. Хойники,
Беларусь, V.borisenko@mail.ru*

Авария на ЧАЭС (26.04.1986) привела к значительному радиоактивному загрязнению экосистем прилегающих водоемов. За 30-летний послеаварийный период уровень радиоактивного загрязнения большинства проточных водоемов зоны ЧАЭС снизился практически до естественного (доаварийного) уровня. Однако в ряде малопроточных водоемов он остается еще весьма высоким. Объективная оценка последствий хронического воздействия радиационного фактора для биоты водоемов зоны ЧАЭС возможна лишь на основе надежных данных по величинам поглощенных доз (ПД) ионизирующей радиации для организмов биоты.

Нами разработана модель для расчетов ПД при внутреннем облучении у биоты водоемов зоны ЧАЭС от всего комплекса природных и техногенных радионуклидов, присутствующих в них. В их числе космоген-

ные радионуклиды (^3H , ^{14}C), примордиальные (находящиеся в земной коре) радионуклиды (^{40}K , $^{235+238}\text{U}$, ^{232}Th) с продуктами их распада (^{226}Ra , ^{210}Bi , ^{210}Po , ^{210}Pb) и техногенные («бомбовые» и «чернобыльские») радионуклиды (^{90}Sr , ^{131}I , ^{134}Ce , ^{137}Cs , а также ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am и др.)

Модель апробирована для легочного моллюска большого прудовика *Lymnaea stagnalis* из непроточного оз. Персток – самого загрязненного водоема в белорусском секторе зоны ЧАЭС. На этом основании рассчитана динамика вклада отдельных радионуклидов в общую величину ПД для *L. stagnalis* в период с 1986 по 2015 гг., а также сделана прогнозная оценка изменений ПД до 2036 г.

В многолетней динамике радионуклидного загрязнения зоны ЧАЭС и создаваемых им дозовых нагрузок для биоты выделяют три этапа: **I. Начальный иодно-нептуниевый этап**, обусловленный, преимущественно, короткоживущими радионуклидами (^{131}I , ^{239}Np и др.) с периодом полураспада не более нескольких недель; **II. Промежуточный этап**, обусловленный радионуклидами с периодом полураспада около года (^{144}Ce , ^{106}Ru , ^{134}Cs и др.); **III. Современный стронций-цезиевый этап**, обусловленный преимущественно β -изотопом ^{90}Sr и γ -изотопом ^{137}Cs (оба с периодом полураспада около 30 лет), начался в конце 1980-х гг.

Уровни ПД от комплекса природных радионуклидов за расчетный период (1986–2015 гг.) изменялись незначительно – в среднем $31 \mu\text{Гр}\cdot\text{сут}^{-1}$. В 1986 г. суммарный уровень ПД для *L. stagnalis* достигал $2505 \mu\text{Гр}\cdot\text{сутки}^{-1}$, при этом свыше 60 % ПД обеспечивали короткоживущие «чернобыльские радионуклиды» (^{131}I , ^{136}Sr и др.) с периодом полураспада до года.

В 1996 г. ПД снизилась до $1549 \mu\text{Гр}\cdot\text{сут}^{-1}$, что обусловлено в первую очередь, распадом комплекса короткоживущих радионуклидов. При этом вклад изобар $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ и $^{137}\text{Cs}/^{137}\text{Ba}$ в ПД превышал 95 %. В 2006 г. ПД несколько возросла – до $1626 \mu\text{Гр}\cdot\text{сут}^{-1}$. Это объясняется переходом к этому времени до 90 % пула «чернобыльского» ^{90}Sr из так называемых «топливных частиц», недоступных для использования гидробионтами, в легко усваиваемую для них водорастворимую форму. В 2015 г. суммарная ПД для *L. stagnalis* снизилась до $358 \mu\text{Гр}\cdot\text{сутки}^{-1}$, в которой ПД от изобары $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, накапливающейся, преимущественно, в раковине моллюсков, составил $91 \mu\text{Гр}\cdot\text{сут}^{-1}$.

Наряду со снижением активности всего комплекса «чернобыльских» радионуклидов, в последние 2 десятилетия в ближней зоне ЧАЭС отмечен быстрый рост активности α -изотопа ^{241}Am (период полураспада – 433 года) – дочернего продукта β -распада ^{241}Pu (период полураспада – 14,4 года). В 2015 г. уровень ПД от ^{241}Am , составлял $34 \mu\text{Гр}\cdot\text{сут}^{-1}$ при суммарном ПД – $358 \mu\text{Гр}\cdot\text{сут}^{-1}$.

К 2036 г. суммарное значение ПД для *L. stagnalis* в оз. Персток понизится до $58 \mu\text{Гр}\cdot\text{сут}^{-1}$. При этом вклад комплекса естественных радионуклидов составит 55 %, а техногенных, преимущественно ^{241}Am и других актинидов, – 45 %. Согласно расчетам, активность ^{241}Am в непроточных водоемах ближней зоны ЧАЭС будет возрастать до 2060 г. Это дает все основание утверждать о наступлении уже в обозримом будущем *IV-go* (актинидного) этапа эволюции радионуклидного загрязнения зоны ЧАЭС.

The perennial dynamics of dose loads changing in biota from water bodies within the zone of radioactive contamination of Chernobyl atomic station. A.P. Golubev, S.S. Tretyakevich, A.S. Khomich, V.L. Borisenko. In 2015 absorbed dose (AD) of ionizing radiation for *L. stagnalis* reached $358 \mu\text{Gy}\cdot\text{day}^{-1}$. Among them AD from the isobar $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ reached $291 \mu\text{Gy}\cdot\text{day}^{-1}$, from ^{41}Am – $34 \mu\text{Gy}\cdot\text{day}^{-1}$ and from natural radioisotopes (^3H , ^{14}C , ^{40}K , ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th , etc.) – $31 \mu\text{Gy}\cdot\text{day}^{-1}$. According to forecasts, by 2036 the total ID will decrease to $58 \mu\text{Gy}\cdot\text{day}^{-1}$ with the investment of natural radioisotopes equals appr. 56 %, technogenic ^{41}Am – 29 %, and isobar $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ – 15 %.

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ОЗЕРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛАРУСИ

Н.Д. Грищенко, Б.П. Власов

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, natabal@yandex.by

На протяжении последнего столетия озера Беларуси подвергаются сильной антропогенной трансформации, которая проявляется в первую очередь в изменении природно-экологического и ресурсного потенциалов, утрата которых на фоне низкой способности озер к самоочищению приносит серьезные экологические и экономические потери, особенно в использовании водных, энергетических, рекреационных и рыбных ресурсов водоемов. Природоохранные мероприятия и реализация комплексной государственной программы управления водными ресурсами не в полной мере позволяют снизить отрицательное воздействие хозяйственной деятельности на водоемы.

В рамках задания ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» в НИЛ озероведения БГУ разработаны принципиальные схемы технологий восстановления ключевых озерных бассейнов Беларуси (озера Болойсо, Вечера, Кагальное, Лесковичи, Лукомское, Люхово, Лядно, Мено, Новято, Свитязь, Червоное), нарушен-

ных при антропогенном эвтрофировании, техногенном воздействии и изъятии ресурсов, искусственном изменении гидрологических характеристик, селитебном и рекреационном воздействии. Предложенные мероприятия включают ряд внешних (экологическое обустройство водосборов, регулирование стока, контроль источников биогенных веществ на водосборе и др.) и внутренних мер (аэрация, осаждение фосфора, удаление донных отложений, биоманипуляции и др.).

Структура исследований включала выявление и анализ причин, показателей и последствий изменения озерных бассейнов в результате антропогенного воздействия (таблица); полевые лимнологические исследования, отбор проб и образцов, создание банка данных и их анализ, разработка принципиальных схем технологий восстановления озер.

Таблица. Основные виды воздействий на озера Беларуси, требующие восстановительных мероприятий

Воздействие на озера	Причины	Последствия для озер
Эвтрофикация	биогенная нагрузка из точечных и рассеянных источников	увеличение зарастания, «цветение» водорослей, снижение рыбных запасов (Болойсо, Лесковичи, Мено, Кагальное, Новято, Лукомское)
Химическое загрязнение	поступление опасных загрязняющих веществ с промышленными и сельскохозяйственными стоками	кислородное истощение, замедление процессов самоочищения (Люхово, Лядно, Лукомское, Червоное)
Биологическое загрязнение и загрязнение органическими веществами	нагрузка органическими и биологическими веществами из антропогенных (сточные воды) и естественных (болотные гуминовые воды, автохтонная биомасса) источников	кислородное истощение, гибель рыбы (Лесковичи, Червоное)
Ацидофикация	кислотные дожди с соединениями SO_2 и NO_x , окислы серы от окисления пирита	снижение pH среды, нарушение карбонатного равновесия, поступление тяжелых металлов, снижение биоразнообразия (Свитязь, Люхово)

Воздействие на озеро	Причины	Последствия для озер
Засоление	увеличение испарения в результате орошения, сток с засоленных почв	сокращение площади озера, уменьшение объема стока, снижение перемешивания (Вечера, Червоное)
Тепловое загрязнение	увеличение температурной стратификации и испарения с водной поверхности в результате сбросов ТЭС и промышленных стоков	снижение перемешивания, тяжелые металлы, нарушение карбонатного равновесия, цветение водорослей, снижение биоразнообразия, рыбных запасов (Лукомское)

Исследования базировались на комплексе теоретических и натуральных географических методов изучения озер и водосборов, современные приборные и аналитические методы гидрологического, гидробиологического, гидрохимического и геохимического анализа, балансовых расчетов, моделирования и аналогий, сравнительно-географического и др.

Полученные результаты предназначены для использования в практике рационального природопользования Беларуси для принятия грамотных управленческих решений по оптимизации функционирования и развития озерных бассейнов.

Development of basic restoration technologies schemes for human destroyed lakes of Belarus. N.D. Hryshchankava, B.P. Vlasov. The reasons and consequences of lakes change as a result of human impact are established. Restoration technologies for lakes destroyed by human eutrophication, resources mining, artificial change of hydrological characteristics, built-up, industrial and recreational influence, including a number of external and internal measures, are offered.

ВЛИЯНИЕ ДАМПИНГА В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ НА ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CLADOCERA)

Н.Е. Демерецкиене

Департамент морских исследований, г. Клайпеда, Литва, n.demereckiene@aaa.am.lt

Материалом для исследований акватории дампинга в юго-восточной части Балтийского моря послужили пробы зоопланктона, собранные за период с 1998 по 2009 г. Сбор зоопланктона осуществлялся в системе мониторинга на станциях дампинга и фоновой I, весной в апреле-мае и летом в июле-августе.

Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) – многочисленная группа животных-фильтраторов – отзываящиеся на любые изменения в условиях существования. В эту группу входят планктонные ракообразные с разными экологическими возможностями и потребностями. Так, весной группа Cladocera представлена подонидами – *Evadne nordmanni*, *Podon intermedius* и *Podon leuckartii*, а также *Eubosmina maritima* в минимальном количестве. Доминировала холоднолюбивая морская подонида – *E. nordmanni*. Среди подонид это абсолютный доминант. По наблюдениям было установлено увеличение численности и биомассы рачка при увеличении температуры морской воды, на это также указывают другие авторы (Dippner et al., 2000). Однако, анализируя среднюю численность и биомассу *E. nordmanni*, установлено их увеличение от дампинга к фоновой станции I весной и летом, избирательность рачка в выборе места обитания дальше от очага загрязнения очевидна. Данный вид доминирует весной среди ветвистоусых ракообразных, что было отмечено и другими авторами (Мордухай-Болтовской, Ривьер, 1987), но малочислен летом, его численность и биомасса уменьшаются от весны к лету. Другие виды весной малочисленны.

Так, весеннее сообщество ветвистоусых ракообразных (Cladocera) было самым малочисленным в акватории дампинга юго-восточной части Балтийского моря. Их доли от общей численности составляли 2 % на каждой станции (веслоногие 5 и 7 %). Однако, биомасса ветвистоусых была выше чем веслоногих ракообразных. Распределялась биомасса между станциями в похожем порядке с несколькими пиками. В последние годы начиная с 2005 г. по 2009 г. произошло снижение биомассы, которое предопределила динамику снижения биомассы Cladocera.

Летом среди видов Cladocera встречались те же подониды в небольших количествах. Однако, во время исследований была замечена схожесть протекающих процессов у морских подонид (*P. intermedius*, *P. leuckartii* и *E. nordmanni*) на фоновой станции I, совсем по-разному они протекали на постоянно загрязняемой станции, что может свидетельствовать о влиянии негативных процессов на гидробионты на стан-

ции дампинга. Планктонные ракообразные весьма чувствительные организмы и жить во взмученной мелкодисперсной взвесью воде не приспособлены (Горбунова, 1986; Пирогов, Зинченко, 1987). Однако, не они составляли основную часть летнего комплекса ветвистоусых ракообразных, а два вида – мирный фильтратор *E. maritima* и каспийский вселенец *Cercopagis pengoi*. Следует отметить, что *E. maritima* самая многочисленная летняя кладоцера (16–20 % от общей численности зоопланктона) среди всех планктонных ракообразных (42–44 %), доминирующая по численности среди Cladocera, тогда как *C. pengoi* не доминировал по численности, а по биомассе вид-вселенец доминировал не только среди Polyphemoidea, а также среди группы Cladocera. С появлением нового хищника *C. pengoi* произошли изменения в структурах зоопланктона. В видовой структуре ранее доминирующие виды перешли в субдоминирующие. *C. pengoi* увеличил биоразнообразие местной фауны, удлинил пищевую цепь и стал выгодным объектом для питания ихтиофауны.

Cladocera в летний период преобладала над остальным зоопланктоном в отличие от весны, ее доля повысилась до 27 % на фоновой станции I и до 30 % на станции дампинга. Пики численностей Cladocera соответствовали пикам численностей доминирующего вида – *E. maritima*. У летнего сообщества Cladocera наметились тенденции увеличения численности благодаря высоким показателям в 2007 г. Биомасса Cladocera по годам и станциям распределялась по-разному. Отмечено резкое увеличение биомассы на станции дампинга в 2001–2003 гг. и на фоновой станции I в 2003 г., которое соответствовало резкому увеличению вселенца *C. pengoi*. В целом, летняя биомасса ветвистоусых ракообразных повторяла распределение биомассы *C. pengoi*. Тенденции снижения биомассы Cladocera – неблагоприятный признак качества жизни гидробионтов. Cladocera весьма чувствительные организмы, отзывающиеся на любое изменение в их среде обитания (температура и соленость воды, обеспеченность пищей, наличие загрязнителей разной природы и т. д.). Не случайно именно в этой группе животных больше всего видов-индикаторов (Gieskes, 1971; Чернина, Старцева, 1991; Иванова, 1997).

В целом, на фоне сезонного роста численности и биомассы и смены доминирующих видов от весны к лету, тем не менее замечены негативные процессы снижения численности и биомассы и только летом наблюдается некоторое увеличение численности ветвистоусых ракообразных.

Impact of dumping in the Baltic sea on Cladocera. N.E. Demereckiene. Cladocera varied group of animals. It respond to changes in the environment. It is small in spring and in summer numerous. Summer is dominated by two types. *E. maritima* dominates in abundance. *C. pengoi* is dominated by biomass.

СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

О.Ю. Деревенская, Н.М. Мингазова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия,
oderevenskaya@mail.ru*

Озера на урбанизированных территориях, как правило, испытывают сильное антропогенное воздействие, приводящее к их загрязнению и эвтрофированию. Возникает необходимость проведения мероприятий, направленных на восстановление утраченных качеств. Изменения, происходящие в экосистемах в ходе этих процессов, остаются недостаточно изученными, в том числе и трансформации в сообществах зоопланктона.

В связи с актуальностью темы интерес представляют многолетние наблюдения за состоянием озер системы Кабан в г. Казани и изменениями в сообществах зоопланктона на разных этапах их загрязнения и восстановления.

Система озер Кабан состоит из трех водоемов, два из которых соединены между собой протокой. Озера Нижний и Средний Кабан ранее использовались для питьевого водоснабжения города, но из-за поступления промышленных и бытовых сточных вод, уже к 1970-м годам были сильно загрязнены. С целью улучшения качества воды в озерах был разработан проект оздоровления, реализованный муниципальными службами в 1981–1995 гг. В соответствии с проектом, большая часть промышленных сточных вод, ранее сбрасываемых в озера, была отведена на очистные сооружения, выполнена очистка дна от загрязненных донных отложений, построен канализационный коллектор, организована временная проточность, благоустроены берега.

Однако, полностью нагрузку на озеро устранить не удалось, до настоящего времени в них сбрасывают ливневые сточные воды с прилегающих территорий, а также условно-чистые термальные воды ТЭЦ. Озера имеют важное рекреационное значение, являются элементом зеленого каркаса города. На оз. С. Кабан проводятся соревнования международного уровня по гребле, собирающие большое количество участников и зрителей.

Целью наших исследований было выявление изменений в сообществах зоопланктона озер в процессе проведения оздоровительных мероприятий, непосредственно после их завершения, а также спустя 25–30 лет в условиях продолжающегося антропогенного воздействия.

Исследования были выполнены в период с 1989 г. по 2014 г. и показали, что оздоровительные мероприятия, выполненные в 1984–1995 гг. существенно улучшили экологическое состояние озер Нижний и Средний Кабан. Снизилась концентрации токсичных веществ, повысилось

качество воды, произошло восстановление сообществ зоопланктона. Отклик сообществ на снижение уровня загрязнения проявился в увеличении числа видов, количества видов-доминантов с включением в доминирующий комплекс представителей всех групп зоопланктона. Снижение уровня загрязнения, как фактора, сдерживающего развитие зоопланктона, вызвало увеличение его численности и биомассы. При этом в оз. Н. Кабан увеличилась доля Cladocera, а в оз. С. Кабан – Copepoda и Cladocera. Усиленное развитие этих групп зоопланктона вызвало соответствующие изменения таксономических показателей, основанных на соотношении величин численности и биомассы основных групп зоопланктона; увеличился средний вес зоопланктона. Снижение степени загрязнения вызвало уменьшение в сообществе доли организмов-индикаторов β -м-, β - α -мезосапробных вод и увеличении олиго- и α -мезосапробных и снижение значений индекса сапробности. Увеличение числа доминирующих видов, видового богатства отразили увеличившиеся значения индекса Шеннона.

Таким образом, подобный комплекс оздоровительных мероприятий можно рекомендовать для восстановления водоемов, загрязненных промышленными сточными водами. Однако, последующее наблюдение за этими водными объектами показало, что при сохранившейся достаточно высокой антропогенной нагрузке, однократного проведения оздоровительных мероприятий недостаточно. В замкнутые водоемы, расположенные на урбанизированных территориях, в составе ливневых, поверхностных, аварийных сточных вод, поступает большое количество взвешенных веществ, нефтепродуктов, тяжелых металлов, что приводит к загрязнению воды и донных отложений, отрицательно влияет на сообщества гидробионтов. Для поддержания состояния экосистемы через 15–20 лет требуется повторное проведение оздоровительных мероприятий.

Zooplankton communities of lakes within different types of anthropogenic impact. O.Y. Derevenskaya, N.M. Mingazova. Lakes in Kazan (Russia) have been heavily polluted by industrial and domestic sewage. Rehabilitation measures have resulted to an improvement in the ecological status of the lakes, the restoration of the zooplankton communities. Repetition of improving measures needed to maintain ecosystem status in conditions of anthropogenic impact.

ПОТОКИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО ТИПА

Т.В. Жукова, Ю.К. Верес

УНЦ «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» БГУ, г. Минск,
Беларусь, tvzhukova@tut.by, veres.julia.naroch@gmail.com

Карбонатный цикл является одним из наиболее значимых и сложных циклов в функционировании водных экосистем. Глобальный неуклонный рост концентрации углекислого газа в атмосфере является одной из причин климатических изменений. Это обстоятельство заставило обратить внимание и на процессы регионального масштаба для оценки ранее неучтенных природных и антропогенных источников и поглотителей, определяющих газообмен атмосферы с водоемами.

Основной объем исследований в области гидросферы сосредоточен, в силу глобальности процессов, на изучении газообмена между атмосферой и Мировым океаном. Сведения об обменных процессах в пресных водоемах не столь многочисленны. Однако, по некоторым оценкам ежегодно эмиссия диоксида углерода озерами мира достигает $513 \cdot 10^{12}$ г CO_2 (Cole et al., 1994), т.е. озера должны учитываться в региональных бюджетах углерода, особенно в озерных ландшафтах.

Важнейшими составляющими карбонатного цикла являются концентрации в воде карбонатного и гидрокарбонатного ионов, в также растворенного в воде диоксида углерода. Метод оценки составляющих карбонатного цикла основан на следующем: в воде измеряется температура, минерализация, величина pH и общая щелочность. Расчетным путем определяются концентрация диоксида углерода (CO_2) и его парциальное давление ($p\text{CO}_2$), концентрации карбонатных (CO_3^{2-}) и гидрокарбонатных (HCO_3^-) ионов, общего растворенного неорганического углерода (TCO_2). Для расчета элементов карбонатной системы используются константы диссоциации угольной кислоты (Иванов и др., 2006; Моисеенко, Орехова, 2011). Параметром, определяющим направление и интенсивность обмена CO_2 через поверхность раздела «водная поверхность–атмосфера», является парциальное давление CO_2 в воде ($p\text{CO}_2$). Разница между парциальным давлением газа в атмосфере и его равновесным парциальным давлением в воде приводит к возникновению потоков газа (поглощение, либо эмиссия) между водой и атмосферой.

Исследования проведены во время вегетационного сезона 2012 г. на разнотипных озерах Нарочанского региона: мезотрофное с признаками олиготрофии оз. Нарочь мезотрофное оз. Мястро, эвтрофное оз. Баторино, высокоэвтрофное оз. Большие Швакшты, а также слабоацидное с чрезвычайно низкой минерализацией воды оз. Белое. Озера заметно

различаются по гидрохимическим параметрам и составляющим карбонатной системы, характеристики которых представлены в таблицах 1–2.

Таблица 1. Гидрохимические параметры Нарочанских озер

Озеро	Общая щелочность, мМоль/дм ³	Минерализация		pH
		мкС	‰	
Нарочь	2,13±0,07	254±19	0,139±0,010	8,39±0,14
Мястро	2,77±0,08	339±37	0,184±0,020	8,47±0,08
Баторино	3,22±0,13	382±51	0,206±0,027	8,54±0,12
Б. Швакшты	2,73±0,27	308±26	0,167±0,014	8,82±0,24
Белое	0,06±0,08	28±6	0,019±0,003	6,62±0,50

Таблица 2. Элементы карбонатной системы в Нарочанских озерах

Озеро	[CO ₃ ²⁻],	[HCO ₃ ⁻]	[CO ₂]	TCO ₂	pCO ₂ , мкатм
	мкМоль/дм ³				
Нарочь	26,1±10,2	2063±79	22,7±9,9	2112±80	487±174
Мястро	45,6±11,5	2661±60	20,5±5,1	2727±59	477±77
Баторино	64,0±19,2	3056±87	20,2±6,9	3140±95	474±124
Б. Швакшты	101,3±43,1	2488±311	10,0±7,7	2599±314	227±151
Белое	0,040±0,077	58,9±75,6	22,7±26,9	81,7±96,8	538±609

На основании разницы парциального давления CO₂ в воде (pCO₂) и атмосферном воздухе рассчитаны направление и интенсивность потенциальных обменных нетто-потоков CO₂ через поверхность раздела «вода-атмосфера». Для оценки этого потока использованы материалы станции фоновое мониторинга «Березинский заповедник» о концентрации диоксида углерода в атмосферном воздухе и классическое уравнение связи парциальной плотности и парциального давления газа (Тимофеев, Васильев, 2003).

Рассчитать абсолютные величины нетто-потоков CO₂ через поверхность раздела «вода – воздух» для исследованных озер затруднительно. Эти оценки должны основываться на более корректном измерении парциального давления в надводном слое атмосферы каждого из озер с использованием поправки на ветровую и волновую активность. Эмпирические коэффициенты, приводимые в литературе, существенно различаются между собой и мало пригодны для подобных оценок.

Нами была предпринята попытка оценки в некоторой степени условной величины указанных потоков на основании разности концентраций CO₂ в воде и атмосфере при допущении идеальных погодных усло-

вий (таблица 3). Эта оценка представляется целесообразной с целью сравнения изученных озер между собой и попытки найти связь скорости «условной эмиссии» с продукционным потенциалом.

Таблица 3. Потоки CO₂ (мкМ/м²·сут) через границу раздела «вода-атмосфера»

Месяц	Нарочь	Мястро	Баторино	Б. Швакшты	Белое
апрель	92,5	—	—	—	—
май	19,5	19,1	-1,1	-31,0	192,3
июнь	-13,6	-8,7	-2,9	-33,2	-27,0
июль	-22,9	-11,5	-15,3	-47,0	-47,7
август	2,2	1,5	1,9	-35,8	-5,9
сентябрь	29,1	9,7	2,6	-43,1	-18,5
октябрь	32,5	32,5	52,4	24,4	-5,0
Примечание: величина со знаком минус обозначает сток в воду (поглощение), положительная – поток в атмосферу (эмиссия)					

Таким образом, в относительно низкотрофных озерах (озера Нарочь, Мястро) в начале и в конце вегетационного сезона наблюдается эмиссия CO₂ в атмосферу, а в середине сезона, при максимальных уровнях продукционно-деструкционных процессов, наблюдается сток CO₂ из атмосферы в воду. При повышении трофического статуса (оз. Баторино) в течение большей части вегетационного сезона наблюдается ситуация, близкая к равновесной. При дальнейшем повышении трофии (высокоэвтрофное оз. Большие Швакшты) для большей части вегетационного сезона характерен значительный сток CO₂ из атмосферы в воду. Оз. Белое в исследованном ряду является исключением вследствие аномально низкой минерализации и подкисленной реакции водной среды.

Показана связь обменных потоков диоксида углерода через поверхность раздела «вода-атмосфера» с продукционно-деструкционным потенциалом озер (коэффициент парной корреляции r между величиной потока и скоростью потенциального фотосинтеза равен -0,61, для потока и скорости аэробной деструкции $r = -0,69$).

Carbon dioxide fluxes in lakes of different trophic state. T.V. Zhukova, Y.K. Veras. It was conducted the evaluation of carbon dioxide fluxes (uptake or emission) through the “atmosphere-water» border in lakes of different trophic state (from mesotrophic to highly eutrophic). It was established the link between flux level and trophic state of the lake.

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЗЕР ВОЖЕ И ЛАЧА

В.В. Законнов

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
п. Борок, Ярославская обл., Россия, zak@ibiw.yaroslavl.ru*

В работе представлена характеристика донных отложений системы проточных, мелководных озер Воже и Лача по материалам экспедиции 2015 г. Показано, что за 40-летний период между гидрологическими съемками не произошло существенных изменений структуры дна озер.

Исследования проведены на основании материалов грунтовых съемок, выполненных Институтом озероведения АН СССР в 1972–1974 гг. (139 ст. на оз. Воже и 103 ст. на оз. Лача), (Курочкина, 1979) и Институтом биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН в 2015 г. (114 и 93 ст., соответственно).

Цель работы – дать объективную картину состояния донного яруса экосистемы озер Воже и Лача и выявить его изменения по результатам мониторинга.

Водосборный бассейн озер представляет собой озерно-ледниковую равнину. Территория пересечена густой сетью речных долин, местами заболоченных (15 %), (Веселова, 1979). Залесенность составляет 77 %, сельскохозяйственные угодья – около 8 %. Понижения рельефа дна тесно связаны с карстовыми явлениями, поэтому в южной части оз. Воже расположена древняя карстовая ложбина с глубиной 5 м, вдоль юго-западного и северо-восточного берегов оз. Лача – серия современных карстовых воронок с глубиной до 4 м.

Таблица. Основные характеристики озер

Озеро	Площадь водосбора, км ²	Отметка уровня, м БС	Объем, км ³	Площадь, км ²	Длина, км	Ширина, км	Средняя глубина, м	Коэффициент водообмена
Воже	5870	122	0,6	418	48	9	1,4	3,5
Лача	12130	118	0,5	345	33	10	1,6	7,4

Как и прежде, плоское, столообразное дно оз. Воже на 60 % занято крупнозернистыми наносами: валунами, галькой, гравием, песком и переходным к илам – илистым песком, который формирует слой до 5 см на бело-голубой глине. Преобладающие ветры южных румбов и стоковые течения перемещают взвешенное вещество в направлении истока р. Свидь и далее через оз. Лача в р. Онегу. При этом, уменьшается прозрачность до 50 см. Ложбина озера и слабовыраженная долина р. Пра-онеги занесена серым и оливковым мелкоалевритовым илами (около

40 %). Источником их формирования является речная взвесь и продукция высшей водной растительности. Накопление донных отложений носит временный характер и зависит от направленности и интенсивности гидродинамических процессов, связанных с размывающим действием ветровых и стоковых течений.

В оз. Лача основную (центральную) площадь дна занимают серые и оливковые илы (80–88 %). Граница илистых отложений обрамлена средне-зернистыми песками с хорошей сортировкой частиц ($S_o < 2$) от уреза до глубины 1 м. Процессы седиментации в озере преобладают над переносом. Скорость накопления иловых отложений на основании данных по стратиграфической колонке составляет 0,2–0,4 мм/год.

Исследования показали, что за 40-летний период между гидрологическими съемками не произошло существенных изменений структуры дна озер Воже и Лача.

Новая дополнительная информация, а также сведения по стратиграфии кернов будут использованы при реконструкции озер, в связи с их интенсивной зарастаемостью макрофитами.

Курочкина А.А. Донные отложения // Гидрология озер Воже и Лача (в связи с переброской северных вод в бассейн р. Волги). Л.: Наука, 1979. С. 250–283.

Веселова М.В. Природные условия бассейна озер // Гидрология озер Воже и Лача (в связи с переброской северных вод в бассейн р. Волги). Л.: Наука, 1979. С. 5–17.

Bottom sediments in the system of Vozhe and Lacha lakes. V.V. Zakonov. The characteristic of bottom sediments in the system of open shallow lakes Vozhe and Lacha is presented based on the materials of the expedition of 1915. It is shown that no considerable changes were found in the bottom structure of the lakes between hydrobiological surveys over a 40-year period.

ТРЕНДЫ В ПЛАНКТОННОМ СООБЩЕСТВЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 70-ЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ)

Е.А. Зилов, Л.С. Крашук, К.А. Онучин, Е.В. Пислегина,
О.О. Русановская, С.В. Шимараева

НИИ биологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»,
г. Иркутск, Россия, director@bio.isu.ru

С февраля 1945 г. и по настоящее время учёные НИИ биологии Иркутского государственного университета выполняют уникальный проект долговременного экологического мониторинга озера Байкал. Регулярный еженедельный круглогодичный отбор проб (фитопланктон с глубин 0, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 250 м, зоопланктон из слоев 0–10, 10–25, 25–50, 50–100, 100–150, 150–250 м) осуществляется на «пелагической стационарной станции № 1. Она расположена в Южном Байкале, напротив поселка Большие Коты (51°52'48" с.ш., 105°05'02" в.д., расстояние 2,7 км от берега, над глубиной 800 м.).

Результаты проведенного мониторинга говорят о том, что в планктоне глубоководной зоны озера Байкал в настоящее время происходят изменения.

В фитопланктоне:

возрастает численность мелкоклеточных космополитных видов, массовых в конце лета–осенью (*Monoraphidium pseudomirabile* (Korschik.) Hindak et Zagorenko, *Koliella longiseta* (Vischer.) Hind., *Chrysochromulina parva* Lackey, *Dynobryon cylindricum* Imh., *Dynobryon sociale* Ehr., *Rhodomonas pusilla* (Bachm.) Javor.);

уменьшается численность крупноклеточных эндемичных видов, вегетирующих подо льдом (*Gymnodinium baicalense* Antip., *Aulacoseira scvorzowii* Edlund, Stoermer, Taylor, *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen, *Stephanodiscus meyeri* Genkal et Popovsk., *Cyclotella baicalensis* (K. Meyer) Skv.).

В зоопланктоне:

растёт численность не эндемиков – кладоцер *Daphnia* (*Daphnia*) *longispina* Müller, *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris* Müller, и летне-осенних коловраток (*Conochilus unicornis* Rouss., *Synchaeta stylata* Wierzejski, *Synchaeta grandis* Zacharias, *Asplanchna priodonta* Gosse, *Asplanchna hericki* Guerne, *Collotheca mutabilis* Hudson и др.),

снижается численность эндемичных подледных коловраток (*Synchaeta pachypoda* Jaschnov, *Synchaeta pachypoda* Kutikova et Vassiljeva, *Synchaeta prominula* Kutikova et Vassiljeva, *Notholca grandis* Vor., *Notholca intermedia* Vor.).

Причины этих изменений имеют комплексный характер, включая как глобальные, так и локальные механизмы.

Trends in planktonic community of lake Baikal (basing on 70 years of observations). E.A. Silow, L.S. Krashchuk, K.A. Onuchin, E.V. Pislegina, O.O. Rusanovskaya, C.V. Shimaraeva. There are some trends in the state of plankton community of Baikal according to the data of 70 years of weekly observations. There are (1) trends of increase of number of small-celled summer non-endemic phytoplankton species and summer cosmopolite species of rotifers and cladocers; (2) trends of decrease of under-ice endemic species of large-celled algae and rotifers.

НАКОПЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ ВАНАДИЯ И МОЛИБДЕНА В ГИДРОБИОНТАХ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ МОЛДАВСКОЙ ГРЭС

**Е.И. Зубкова¹, А.А. Протасов², Л.И. Билецки¹, Л.Н. Унгурияну¹,
Н.Н. Зубкова¹, Л.Н. Тихоненкова¹, Е.Н. Филипенко¹, А.А. Силаева²**

¹Институт зоологии АН Молдовы, г. Кишинев, elzubcov@mail.ru

²Гидробиологический Институт НАН Украины, г. Киев, Украина

Уровень накопления металлов в гидробионтах – один из важнейших показателей при биомониторинге металлов в водных экосистемах. Уровень накопления металлов в водных растениях и животных имеет особую значимость как для оценки миграции химических веществ в водоемах и водотоках, так и для оценки качества воды и состояния водных экосистем в целом. Общеизвестно, что молибден и ванадий – это металлы сателлиты теплоэлектростанций, их динамика отражает количество и качество сжигаемого на станции топлива. На примере Кучурганского водохранилища исследовали динамику молибдена и ванадия в воде, иловых отложениях, водных растениях, массовых видах рыб.

В последние годы интенсифицировались процессы зарастания Кучурганского водоема водными растениями. Среди макрофитов, наиболее распространен рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), заросли которого периодически покрывает до 80 % водного зеркала, а по всей береговой линии – постоянные заросли тростника (*Phragmites australis*) и другие макрофиты (Е.Н. Филипенко и др., 2013). Видовые особенности растений, содержание металлов в воде и иловых отложениях, обеспечивают довольно широкий диапазон колебаний концентраций металлов в исследованных видах. Уровень накопления металлов в водных растениях определяется и интенсивностью процессов метаболизма растений, установлена и сезонность процессов накопления металлов в водных растениях (Е. Zubcov и др., 2013). Диапазон колебания содержания металлов в исследованных **водных растениях** варьирует в довольно широком диапазоне. Для тростника *Phragmites australis* (стебель с листьями) этот

диапазон составляет соответственно для ванадия и молибдена 16–39 и 4,2–18,9 мкг/г абс. сух. массы, для рдеста *Potamogeton crispus* – 7,8–13,7 и 2,8–12,6 мкг/г, для рдеста *Potamogeton perfoliatus* – 8,2–12,5 и 2,2–9,5 мкг/г а, для роголистника – *Ceratophyllum demersum* – 7,2–16,5 и 2,2–11,5 мкг/г, для водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* – 20,8–32,9 и 44,8–22,9 мкг/г абс. сух. массы. Указанные концентрации несколько выше таковых в 1991–1995 гг., но они ниже тех, что были в 80-е годы прошлого столетия (Зубкова, 1998).

Представителям **донных беспозвоночных (зообентос)** принадлежит особая роль в миграции химических элементов в водоемах и водотоках. Использование донных беспозвоночных в качестве организмов-индикаторов, аккумулирующих химические элементы, приоритетно, так как они являются конечным или промежуточным звеном трофических цепей. Продолжительность жизненного цикла основной массы макрозообентоса превышает несколько месяцев, поэтому они могут быть использованы в качестве показателей произошедших изменений химического состава воды и донных отложений за тот или иной промежуток времени (Toderas et al., 1997; Zubcov, 2001; Atli., Canli., 2010, Зубкова, Зубкова, 2013).

Для изучения динамики накопления металлов в массовых видах донных беспозвоночных мы исследовали Chironomidae, Mysidae и моллюсков (*Dreissena polymorpha* из Bivalvia, *Theodoxus fluviatilis*, *Viviparus viviparus* из Gastropoda). Особая роль в миграции металлов принадлежит моллюскам-фильтраторам, среди которых особняком стоит дрейссена *D. polymorpha*. Диапазон колебаний концентраций ванадия и молибдена в исследованных донных беспозвоночных очень большой: для *D. polymorpha* он составляет 3,2–170 и 4,8–48,1 мкг/г абс. сух. массы, для *V. viviparus* – 3,3–57,2 и 2,8–20,4 мкг/г, для *Lithoglyphus naticoides* – 5,5–26,5 и 2,6–11,3 мкг/г, для Mysidae 4,0–8,5 и 5,0–7,9 мкг/г для Chironomidae 5,1–65,1 и 5,6–24,6 мкг/г абс. сух. массы, соответственно. Такой диапазон обусловлен целым комплексом факторов, в первую очередь, размерно-возрастными параметрами гидробионтов. Ранее была установлена зависимость уровня накопления металлов в донных беспозвоночных от массы их тела (Toderas et al., 1997), кроме того уровень накопления зависит и от параметров среды обитания, и от интенсивности метаболизма донных беспозвоночных, что было установлено в модельных опытах. *D. polymorpha* принадлежит первое место среди исследованных нами моллюсков по величине концентрации металлов, как в мягких тканях, так и в пересчете на абсолютно сухую массу тела. В любом случае, исследованные нами представители донных беспозвоночных являются

мощными биоаккумуляторами металлов – коэффициент биологического накопления ванадия и молибдена достигает величин в 10^5 – 10^6 .

Благодарность – Часть материала получена в процессе реализации молдо-украинского двустороннего проекта 14.820.18.02.01/U и институционального проекта AQUASYS 15.817.02.27A.

Accumulation and migration of vanadium and molybdenum in aquatic organisms from Cuciurgan cooling reservoir of the Moldovan Power Station. E.I. Zubcova, A.A. Protasov, L.I. Biletschi, L.N. Ungureanu, N.N. Zubcova, L.N. Tihonenkova, E.N. Philipenko, A.A. Silaeva. The results of the investigation of accumulation of two heavy metals – vanadium and molybdenum – in aquatic plants and zoobenthos from the Cuciurgan cooling reservoir of the Moldovan Power Station are presented.

ПРОБЛЕМЫ ЛИМНОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СВЕТЕ НАРАСТАЮЩЕГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

А.В. Измайлова, В.Г. Драбкова

Институт озераведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, ianna64@mail.ru

В настоящее время в Институте озераведения РАН идет работа над серией книг по озерам России, задуманной как обобщение накопленной многоплановой лимнологической информации, в том числе за период активного антропогенного влияния на водные экосистемы. В 2015 г. вышла монография по европейской части России, в 2016 г. готовится аналогичная работа по ее азиатской части. Несмотря на присутствующую неоднородность лимнологической информации, собранные сведения позволяют выявить основные закономерности распределения озер по территории РФ, показать общие черты и различия водоемов, расположенных в разных природных условиях, осуществить оценку экологической нагрузки на озерные экосистемы. Кроме того, проведенная работа позволяет провести оценку современной лимнологической изученности территории России и выявить основные связанные с ней проблемы в свете нарастающего антропогенного воздействия на водные ресурсы, имеющего различную направленность в разных частях страны.

За прошедшее столетие в оценке озерных экосистем мы последовательно прошли несколько этапов. В первой половине и еще в середине XX в. важнейшим направлением развития лимнологической науки являлось изучение роли физико-географических и гидрологических факторов в формировании озерных экосистем. Уже с середины XX в. началось

постепенное смещение внимания к определению контролируемых показателей состава и свойств водной среды, обеспечивающих ее сохранность в состоянии, пригодном для антропогенного использования водных объектов. И, наконец, на рубеже XX–XXI вв. основное внимание стало уделяться изучению процессов, обеспечивающих устойчивое функционирование водных экосистем, позволяющее предотвратить их деградацию. За последние десятилетия в этой области были достигнуты значительные успехи. Происходила разработка критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов, активно развивались биоиндикационные методы, обещающие на основе видового состава сообществ и обилия его компонент дать интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекающих в водном объекте, активно внедрялись методы математического моделирования. В то же время проведенный анализ лимнологической изученности России позволил выявить ряд следующих проблем:

1. Основные исследования в настоящее время сконцентрированы на небольшом количестве водных объектов (стационарные наблюдения, мониторинг ряда озер и пр.), в то время как расширения географии работ практически не происходит. Напротив, в силу, прежде всего финансовых причин, объемы экспедиционных работ по изучению водоемов различных регионов на порядок уступают аналогичным исследованиям, имевшим место еще в середине XX века. Вместе с тем лимнологическая изученность страны остается очень низкой, особенно в ее северной части.

2. В настоящее время значительное ухудшение экологического состояния водоемов происходит в ранее благополучных регионах, как европейский северо-восток и азиатский север. Оно связано с активным развитием здесь отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности, в том числе нефтегазовой, и постоянным расширением географии разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. В то же время северные экосистемы, в силу своей упрощенности, являются наиболее чувствительными и наименее устойчивыми практически к любым загрязнениям. При современном низком уровне лимнологической изученности северных регионов усиливающееся антропогенное воздействие на их водные экосистемы внушает значительное опасение и при недостаточном к нему внимании может принять необратимый характер.

3. Низкой лимнологической изученностью характеризуется и ряд центральных регионов страны, где озерный фонд очень невелик и представлен преимущественно малыми водоемами. К тому же за последние полстолетия произошло еще большее его снижение. Развитие системы

ООПТ, часто включающей наиболее интересные водные объекты, хоть и обеспечивает их определенную защиту, но в недостаточной степени. Создание охраняемых водных объектов требует их лимнологического обоснования, а также разработки соответствующих охранных мер. В то же время в реалии на большинстве объектов еще на уровне паспортизации отсутствуют какие-либо лимнологические исследования.

4. Очень мало внимания уделяется и изучению вопросов изменчивости водных ресурсов озер, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, в то время как озера таких регионов часто являются важнейшим источником водоснабжения. В этой связи обращает на себя внимание недостаточное внимание исследований последних лет к данным системы регулярных наблюдений на озерах Госкомгидромета.

Limnological research problems in the Russian Federation in light of increasing anthropogenic impact on water resources. A.V. Izmailova, V.G. Drabkova. Major regional problems in limnological research shortage in the Russian Federation are addressed.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ УРОВНЯ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ОЗ. АРАХЛЕЙ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

М.Ц. Итигилова

*ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита,
Забайкальский край, imts49@mail.ru*

Оз. Арахлей (52°12'; 112°50', 965 м над у.м.) является самым крупным (59 км²), глубоководным (17 м), мезотрофным водоемом из группы Ивано-Арахлейских озер. Стационарные исследования на озерах начаты с 60-х годов XX-го века и продолжаются лабораторией водных экосистем ИПРЭК СО РАН. Выявлены циклические сукцессии озерных экосистем, определяемыми значительными колебаниями уровня без изменения их минерализации в условиях ультраконтинентального климата Забайкалья (Шишкин, 1969; 1993) и это дает возможность прогноза состояния экосистем для их использования в разные климатические периоды. Сообщество зоопланктона является одним из индикационных показателей состояния озерных экосистем. Для удобства нами взяты количественные значения только июльского зоопланктона. Нами рассмотрена динамика численности, биомассы зоопланктона, средней индивидуальной массы, смена состава доминирующих групп, соотношение таксономических групп, в зависимости от динамики уровня воды озера.

За период наших исследований с 1962 г. по настоящее время выявлена динамика гидрологических параметров и в том числе уровня оз. Арахлей. За данный период наблюдалось два цикла развития уровня. В 1962 г. был максимальный подъем уровня до 222 см и затем он снижался в 1982 г. до 37 см. Следующее повышение уровня началось в 1983 г. и в 1991 г. достигло максимальных величин до 223 см и в 2009 г. уровень упал до 58 см (Обязов, 2013). Исследования зоопланктона проводились как в маловодные, так и в многоводные годы (Мишарина, 1967; Горлачев, 1974; Итигилова, 1991; 2013; Итигилова, Афолина, 2005; 2006) (таблица).

Таблица. Динамика уровня, численности, биомассы, средней массы зоопланктона оз. Арахлей по годам

Год исследований	Уровень, см	Зоопланктон		
		N, тыс./м ³	B, г/м ³	w, мг
1964	188	9,6	0,04	0,0042
1965	154	6,8	0,04	0,0059
1967	113	162,0	1,14	0,0070
1974	149	44,7	0,27	0,0060
1979	43	404,5	0,60	0,0015
1981	37	427,9	1,30	0,0030
1989	211	69,2	1,90	0,0275
1995	160	110,9	1,79	0,0161
1997	151	101,7	1,30	0,0128
1998	135	160,6	1,70	0,0106
1999	129	199,5	0,80	0,0040
2000	119	181,6	1,50	0,0083
2005	104	401,2	2,14	0,0053
2009	58	299,4	3,10	0,0104

Видовой состав зоопланктона оз. Арахлей включал более 50 видов. Доминировали в июле по численности коловратки родов *Conochilus*, *Keratella*, *Kellicottia* и младшие возрастные стадии *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888). При уменьшении уровня до 37–58 см численность коловраток составляла 96 %, веслоногих – 4 %, ветвистоусых – 0,2 % от общей численности, биомасса коловраток – 65 %, веслоногих – 32 %, ветвистоусых – 3 % от общей биомассы. При увеличении уровня до 211 см структура сообщества меняется, и численность коловраток снижается до 11 %, а веслоногих увеличивается до 78 %, ветвистоусые – до 11 %. Биомасса ракообразных повышается до 89 %, а биомасса коловраток понижается до 11 %. Также наблюдается увеличение величин отношения $B_{\text{crust}}/B_{\text{rot}}$ в многоводные годы.

Таким образом, зоопланктон является индикатором качества вод. При уменьшении уровня воды озера наблюдается тенденция повышения суммарной численности и биомассы зоопланктона и уменьшение величины средней индивидуальной массы особи в сообществах. В маловодные годы по численности в зоопланктоне доминировали коловратки, но в многоводные холодные годы (1964, 1965, 1989) доминировали веслоногие ракообразные.

Long-term dynamics zooplankton due to climate change of water level on the example of Arahley lake (Transbaikalia). M.Ts. Itigilova. Zooplankton is an indicator of water quality. With a decrease in the water level of the lake there is a tendency to increase in the total number and biomass of zooplankton and the decrease in the average individual weight of individuals in the community. In dry years zooplankton was dominated by rotifers, but in cold and wet years it was dominated by copepods.

ХЛОРФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В ОЗЕРНЫХ ОСАДКАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.С. Колпакова

ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, Россия, kolpelen@yandex.ru

Присутствие хлорфенольных соединений (ХФС) в окружающей среде обусловлено как антропогенными, так и природными источниками. Приоритетными специфическими источниками ХФС на территориях северных стран и регионов с развитым лесопромышленным комплексом являются локальные участки почвы, загрязненные от долговременного применения в прошлом пентахлорфенолята натрия (ПХФН) в качестве биоцида (Stockholm Convention, UNEP/POPS/POPRC.9/6, 2013). В то же время, известно, что в компонентах окружающей среды ХФС могут образовываться в процессе ферментативного биосинтеза (Gribble, 2004). Широкий спектр ХФС включает высоко- и низкохлорированные фенолы и их производные (хлорированные метокси- и гидроксифенолы), отличающиеся по токсичности и липофильности. Эти ионогенные соединения в разной степени способны сорбироваться на твердых частицах органического вещества, что влияет на их биодоступность и подвижность в природных средах. Самый токсичный из группы хлорфенолов – пентахлорфенол (ПХФ), будучи полувolatileм соединением, способен к перемещению в окружающей среде на большие расстояния (Toxicological profile, 2001).

В работе представлены результаты мониторинговых исследований по содержанию и компонентному составу ХФС в донных осадках малых пресноводных озер южных районов Архангельской области, в разной степени удаленных от источников, связанных с применением ПХФН.

Данные по содержанию ХФС в озерных осадках получены газохроматографическим методом с последовательным извлечением легко- и трудноэкстрагируемых соединений.

Установлено, что в донных осадках озера, находящегося под долгосрочным влиянием в прошлом специфического источника загрязнения, спустя 17 лет после прекращения использования биоцида доминирующее положение в общем количестве ХФС занимал пентахлорфенол (до 72,6 %). Наряду с ПХФ были найдены и другие соединения, преимущественно высокохлорированные три- и тетрахлорфенолы и метоксифенолы. Присутствие этих соединений обусловлено как процессами микробиального окислительно-восстановительного дехлорирования ПХФ, так и ферментативным биосинтезом. В целом концентрации ХФС составляли от 75 до 329 нг/г.

В донных осадках озер, расположенных на территории Кенозерского национального парка, ПХФ был найден на уровне от 2 до 3 нг/г. Присутствие этого антропогенного соединения в столь малых количествах в осадках озер на удалении от специфических источников загрязнения обусловлено атмосферным переносом. Концентрации ХФС в озерных осадках оказались ниже – от 4 до 129 нг/г, а в общем содержании повсеместно преобладали уже низкозамещенные соединения (до 97,7 %). В составе ХФС чаще всего встречались дихлорфенолы (2,3-, 2,4-, 2,6- и 3,5-ДХФ) – природные метаболиты, а также продукты восстановительного дехлорирования высокозамещенных хлорфенолов по разным типам замещения (Field, 2007). Профиль обнаруженных высокозамещенных соединений, доля которых не превышала 14 %, представлен трихлорфенолами и метоксихлорфенолами.

Следует отметить, что во всех исследованных озерных осадках в значимых количествах (до 69 нг/г) были определены конечные продукты восстановительного дехлорирования ПХФ – низкозамещенные 2- и 4-хлорфенолы, что свидетельствует об активном протекании процессов анаэробной микробиальной деградации.

Важным можно считать тот факт, что обнаруженные ХФС преимущественно были трудноэкстрагируемыми, что наряду с выявленными количествами позволяет предполагать сохранение этих соединений в осадках еще неопределенно длительное время.

Chlorine phenolic compounds in lake sediments of Arkhangelsk region.
E. Kolpakova. The wide range and the profiles of chlorophenol compounds in bottom sediments of small lakes suggest that the formation of its levels and composition is influenced by a specific source of pollution, atmospheric transport, natural biochemical and enzymatic processes.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА СЕВАН С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА ЭВТРОФИРОВАНИЯ

К.В. Кренёва¹, Р.М. Арутюнян², С.В. Кренёва³

¹*Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия, kreneva@ssc-ras.ru*

²*Ереванский Госуниверситет, г. Ереван, Армения, rouben_a@hotmail.com*

³*Азовский филиал ММБИ КНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия, sofia@ssc-ras.ru*

Дестабилизация экосистемы прибрежной части оз. Севан вследствие интенсификации рекреационной нагрузки и антропогенного вмешательства в регулирование водного баланса привели в настоящий момент к некоторому ухудшению качества вод. Затопление земель, используемых в сельском хозяйстве, привело к повышению концентрации биогенов на литорали западной и южной части озера. В ранне-осенний период 2015 г. были проведены исследования микрозоопланктона прибрежной зоны оз. Севан и оценка её состояния с использованием синэкологического индекса эвтрофирования (ИНЭК) (Кренева, 1993). Анализируя и оценивая рассчитанные значения ИНЭК по шкале (Кренёва и др., 2002), можно отметить, что в среднем, полученные значения индекса укладываются в диапазон «загрязнённых, мезотрофных вод, с появлением первых признаков нарушения стабильности биоценоза». Это соответствует результатам оценки, проводимой ранее в 1990 г., когда после некоторой стабилизации, состояние озера оценивалось как мезотрофное (Парпаров, 1984). Однако прибрежная часть озера по качеству воды не является однородной. Наиболее благополучна, по значению индекса, северо-западная часть литорали, сложенная гравийно-галечным материалом (ИНЭК 2-4).

На юго-восточном берегу озера, поднятие уровня привело к затоплению сельскохозяйственных угодий, здесь индекс наиболее неоднороден. Часть прибрежных вод также относится к мезотрофным (ИНЭК 2–3), но и на этих участках наблюдается «цветение» микроводорослей. Максимальные значения индекса здесь относятся уже к диапазону «грязных, эвтрофных вод, с признаками угнетения других групп гидробионтов». В месте впадения р. Гаварагет, ИНЭК достигает 12. Наиболее

загрязнёнными являются кутовые части литорали М. и Б. Севана (ИНЭК от 7 до 24).

Рассмотрим значения других показателей, позволяющих скорректировать диагноз по комплексному сочетанию признаков, используемых в шкале. По общей картине развития микрозоопланктонного сообщества, в исследуемый период состояние литорали оз. Севан соответствует уровню мезотрофных вод (таблица). Исключение составляют только показатели плотности цилиатоценоза. Даже средние значения этого показателя уже соответствуют уровню эвтрофных вод, а максимальные, в Б. Севане, достигают пороговых значений, характерных для данной стадии антропогенной сукцессии (Кренёва и др., 2002). В М. Севане ситуация несколько лучше – здесь высокие показатели численности инфузорий и ИНЭК наблюдаются на затопленном, кутовом участке акватории. Рост плотности инфузорий опережает рост ИНЭК относительно шкалы, что говорит о преобладании эвтрофирующего влияния на водоём над токсическим. Исключение составляет район впадения р. Гаварагет. Здесь сильно снижена плотность коловраток относительно плотности инфузорий, а ИНЭК опережает значения количественных показателей относительно шкалы, что говорит о преобладающем влиянии токсического эффекта.

Видовое разнообразие инфузорий, по сравнению с исследованиями 2009 г. (Жариков, 2010) было несколько ниже. Но наряду с мелкими формами, в настоящий период присутствовали виды, относящиеся к средней и крупной размерной группе, такие как *Vorticella campanula* Ehrenberg, 1931; *Spatidium* sp.; *Pelagostrombidium* sp. По трофической специализации, в М. Севане доминировали альгофаги и бактериофаги, но по направлению к Б. Севану увеличивалась доля бактериофагов. Дополнительным признаком повышения эвтрофированности литорали озера можно считать то, что на большей части исследованной акватории наблюдалось активное развитие сине-зеленых водорослей pp. *Anabaena* и *Aphanizomenon*. В кутовой части Б. Севана «цветение» можно было наблюдать «невооруженным глазом».

Используя вышеперечисленные данные, можно сделать вывод о том, что в настоящее время, биоценоз прибрежных вод южной и юго-западной части оз. Севан находится в дестабилизированном состоянии. Высокий уровень развития низших организмов и трофическая специализация доминирующих видов инфузорий являются характерными для активно проходящих процессов биологического самоочищения водоёма. Процессы самоочищения затруднены вследствие поступления дополнительного органического и токсического загрязнения со стоком рек, многочисленных для данного района.

**Таблица. Динамика количественных показателей микрозоопланктона
в оз. Севан в сентябре 2015 г.**

Микрозоопланктон	Малый Севан	Большой Севан
Инфузории (N., экз./л)	192–4087/2028	378–9353/3834
Коловратки (N., экз./л)	96–2754/734	162–2538/756
ИНЭК	2–12/5	2–24/8
Кол-во видов инфузорий	2–6/4	3–10/6

Assessment of the status of the coastal part of lake Sevan with an index of eutrophication. K.V. Kreneva, R.M. Arutyunyan, S.V. Kreneva. The studies of the coastal water quality of lake Sevan by using one of the methods a rapid assessment of the state of hydrobiocenosis - index of anthropogenic eutrophication (INEK). The range of fluctuation of the index corresponds to the level of mesotrophic waters.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА В КОНЦЕ XX - НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ И ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

**Е.А. Курашов, М.А. Барбашова, Д.С. Дудакова, Л.Л. Капустина,
А.Г. Русанов, Е.В. Протопопова, Н.В. Родионова,
М.С. Саладина, Д.Г. Алешина**

*Институт озераедения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, evge-
ny_kurashov@mail.ru*

Регулярные исследования всех основных биологических сообществ (фитопланктон, макрофиты, перифитон, бактериопланктон, зоопланктон, макро- и мейобентос), крупнейшего в Европе озера Ладжского показали, что характер изменения его экосистемы в последней трети XX и начале XXI веков носит сложный характер. В 1970-х и 1980-х годах интенсивно развивалось антропогенное эвтрофирование озера. Закономерным завершением этого процесса стала трансформация всей озерной экосистемы в более эвтрофное состояние (достижение мезотрофного статуса) только к концу XX-го века и дестабилизация функционирования экосистемы, что было зафиксировано по изменению мейобентоса открытой зоны Ладжского озера. Период экосистемной дестабилизации (1998–2004 гг.) характеризовался образованием в профундальных биотопах Ладоги скоплений диапаузирующих копеподитов планктонных циклопов из-за внутренней интоксикации экосистемы озера, последовавшей вслед за разрушением консервативной высокомолекулярной фракции РОВ. Также для этого пе-

риода были выявлены следующие наиболее важные статистически значимые тенденции:

а) для прибрежной зоны: увеличение бактериальной численности, увеличение концентрации органического вещества, увеличение плотности олигохет;

б) для деклинальной зоны: увеличение концентрации общего фосфора, уменьшение концентрации кислорода, увеличение численности и биомассы олигохет, амфипод и всего бентоса;

в) для профундальной зоны: уменьшение бактериальной численности; увеличение концентрации общего фосфора; уменьшение концентрации органического вещества, увеличение плотности олигохет;

г) для ультрапрофундальной зоны: уменьшение концентрации лабильного органического вещества; увеличение концентрации хлорофилла; уменьшение концентрации кислорода, увеличение численности и биомассы олигохет и всего бентоса, увеличение концентрации общего фосфора.

Начало постмезотрофного периода (с 2007 г.) состояния экосистемы озера маркируется прекращением образования скоплений диапаузирующих копеподитов планктонных циклопов в донных биотопах профундали и возвращением структуры и количественного развития мейобентоса к той, которая наблюдалась в олиготрофный период состояния экосистемы озера.

Проведенные в последующие годы исследования всех сообществ открытой зоны Ладожского озера не выявили никаких тенденций ухудшения качества озерной среды. Более того, полученные данные говорят о стабильном состоянии озера и, даже, об улучшении качества его вод. Изменения биоценозов литоральной зоны озера происходят под воздействием трех групп факторов: 1) естественные природные изменения (климатические факторы, колебания уровня); 2) антропогенные факторы (загрязнение, эвтрофирование, механическое воздействие); 3) биологические трансформации (биоинвазии). Факт натурализации в Ладожском озере в последние годы новых чужеродных видов из числа наиболее агрессивных инвазивных видов ракообразных, делает реальной угрозу новых серьезных экосистемных перестроек в литоральной зоне крупнейшего европейского озера.

Настоящий постмезотрофный период развития Ладожского озера характеризуется тем, что эволюция экосистемы приобрела «гистерезисный» характер, а возвращение экосистемы в менее трофное состояние сопровождается формированием новых специфических черт и характеристик основных сообществ водоема, что определяет совершенно новый этап в развитии экосистемы Ладоги.

Объединяя данные всех гидробиологических сообществ, на основании исследований 2007–2015 гг. можно заключить, что трофический статус центральной части акватории озера в целом оценивается как сла-

бомезотрофный (при олиготрофном характере гипolimниона), северной – как олиготрофный, западной – как мезотрофный, южной части (Свирская и Волховская губы) – как слабоэвтрофный.

Воды Ладожского озера могут быть охарактеризованы как «чистые» и «очень чистые» за исключением отдельных акваторий в районе «горячих точек», где загрязнение и эвтрофирование могут вызывать определенные локальные нарушения состояния озерной среды.

В настоящее время вектор развития экосистемы озера и его притоков определяется, в основном, естественными факторами природной среды в конкретных климатических условиях.

Transformation of Lake Ladoga ecosystem in the late XX – early XXI centuries and its current state. E.A. Kurashov, M.A. Barbashova, D.S. Dudakova, L.L. Kapustina, A.G. Rusanov, E.V. Protopopova, N.V. Rodionova, M.S. Saladina, D.G. Aleshina. Regular surveys of all major biological communities (phytoplankton, macrophytes, periphyton, bacterial plankton, zooplankton, macro - and meiobenthos) in the largest European Lake Ladoga revealed the main trends in its ecosystem transformation in the last third of the 20th and early 21st centuries. By and large, the current state of the lake may be characterized as favourable.

ОТКЛИК ЭКОСИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ НА ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА: ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОБИОНТОВ

В.И. Лазарева, Е.Г. Пряничникова, А.И. Цветков

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок,
Россия, lazareva_v57@mail.ru*

С 1960-х годов в северном полушарии отмечают повышение температуры воздуха и воды водоемов. В европейской России последние 30 лет темп увеличения температуры (Т) воздуха за каждое десятилетие составляет 0,49–0,53 °С, воды в Рыбинском водохранилище – 0,89 °С (Литвинов, Законнова, 2011). При потеплении климата в водных экосистемах наблюдают трансформацию циклов биогенных элементов, увеличение растворенного органического вещества, снижение прозрачности и содержания кислорода (O₂) в гипolimнионе. Дефицит растворенного кислорода – важный фактор, влияющий на состав и структуру водных сообществ, в первую очередь донных. Как следствие потепления летний дефицит O₂ периодически (чаще ночью) в Западной Европе регистрируют даже в мелководных озерах (Wilhelm, Adrian, 2008).

С 1954 г. на умеренно эвтрофном Рыбинском водохранилище ИБВВ РАН проводит регулярные (каждые 2 недели) наблюдения за состоянием сообществ и гидрофизическим режимом. До 2010 г. недостаток растворенного O_2 летом обнаруживали крайне редко. Так, в августе 2007 г. в период развития цианобактерий содержание O_2 в придонном слое воды снижалось до 4.5 мг/л только в <10 % проб. Впервые тотальное ухудшение летнего кислородного режима зарегистрировано в аномально жаркое лето 2010 г., когда T воды у дна достигала 25°C. Летом 2011–2015 гг. обнаруживали снижение O_2 <4 мг/л (<50 % насыщения) в слое 1–2 м над дном при обычном прогреве придонных вод (18–19°C) на более 50 % точек отбора проб, только на 40 % станций его содержание было >5 мг/л (ПДК_{рыбхоз} 6 мг/л). Наиболее мощный слой (1–7 м над дном) с O_2 1–4 мг/л почти ежегодно регистрировали в озеровидной части водохранилища в июле–августе пятнами вдоль затопленного русла рек Волги, Мологи и Шексны. В большинстве случаев дефицит наблюдали в течение ~2 нед, на отдельных участках 1–3 мес. В последующие пять лет процесс развивался по пути увеличения слоя воды с недостатком O_2 .

В августе 2012–2015 гг. на глубоководных участках вдоль русла Волги в Угличском и Ивановском водохранилищах ежегодно наблюдали дефицит O_2 . В средней части мезотрофного Угличского водохранилища низкое содержание O_2 (<4 мг/л, <40 % насыщения) отмечали ниже крупных населенных пунктов и в устьевом створе крупных притоков в слое 1–3 м над дном. В эвтрофном Ивановском водохранилище по руслу Волги на протяжении более 50 км регистрировали сильный дефицит O_2 (<3 мг/л и <20 % насыщения) в слое 1–7 м над дном, в придонном горизонте наблюдали полную аноксию. В этом водоеме еще в 1990-х годах зона аноксии летом занимала до 35 % объема водной массы (Кременецкая, 2007). По данным съемки в августе 2015 г. ниже плотины Рыбинской ГЭС в Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском и Саратовском водохранилищах заметного снижения O_2 в придонном горизонте вод не выявлено.

От дефицита растворенного O_2 сильнее всего страдали бентосные организмы (моллюски и ракообразные). Так, летом 2010 г. в водохранилищах донные ветвистоусые рачки встречались в 2–5 раз реже, чем в предыдущие годы. Не были найдены крупные *Sida crystallina* (Müller), ранее их отмечали в 10–50 % проб. Выявлено резкое снижение интенсивности размножения дрейссенид, численность велигеров уменьшилась в 3–10 раз. В последующие годы снизилась биомасса взрослых моллюсков: в августе 2013 г. живые моллюски обнаружены лишь в 17–20 % обследованных станций глубоководной части водохранилищ.

Во всех трех водохранилищах зарегистрировано снижение среднего количества зоопланктона в 1 м^3 и под 1 м^2 на участках с заметным ($\text{O}_2 < 4 \text{ мг/л}$) дефицитом кислорода у дна, что вызвано уменьшением слоя воды, пригодного для обитания оксифильных организмов-фильтраторов (Cladocera, Calanoida). Летом 2013 г. по руслу Волги в Иваньковском и Угличском водохранилищах на глубине $> 7 \text{ м}$ ($\text{O}_2 1\text{--}3 \text{ мг/л}$), количество рачков снижалось в 3–11 раз относительно их концентрации в слое 0–7 м. Отмечено резкое снижение (в 2–15 раз) их обилия в многолетнем ряду наблюдений (2005–2013 гг.). Численность ракообразных наиболее сильно (до 10 раз) снижалась на участках с массовым развитием цианобактерий. В Рыбинском водохранилище на глубине $> 7 \text{ м}$ ($\text{O}_2 4\text{--}6 \text{ мг/л}$) концентрация ракообразных была вдвое ниже, чем в слое 0–7 м. Достоверного уменьшения их количества в ряду многолетних наблюдений не выявлено. Вклад ракообразных планктона в общую фильтрацию вод водохранилищ составляет $\sim 60 \%$, дрейссенид $\sim 40 \%$ (Лазарева и др., 2013). Снижение их обилия сказывается на самоочищающей способности их экосистем. На сегодня наиболее тяжелая ситуация сложилась в Иваньковском водохранилище, наилучшая – в Волге ниже Рыбинской ГЭС.

Response of upper Volga reservoirs ecosystem to climate warming: changes of oxygen regime and its impact on hydrobionts. V.I. Lazareva, E.G. Pryanichnikova, A.I. Tsvetkov. Oxygen reductions ($< 4 \text{ mg/l}$) in the water at the bottom layer 1–7 m observed in the Upper Volga reservoirs during summer of 2010–2015. As a result, decreased the density of benthic crustaceans and molluscs Dreissenidae, as well as filter feeders of zooplankton (Cladocera and Calanoida).

ВЛИЯНИЕ ВОДОСБОРНЫХ РЕК НА СОСТОЯНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗ. НАРОЧЬ

**Т.П. Липинская, М.Д. Мороз, Е.А. Сысова, Н.Н. Майсак,
В.П. Семенченко**

*ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»,
г. Минск, Беларусь, tatsiana.lipinskaya@gmail.com*

Состояние водосбора оз. Нарочь является одним из решающих факторов, воздействующих на прибрежную экосистему озера. В оз. Нарочь впадает 17 ручьев и одна р. Скема. Данные водотоки аккумулируют значительную часть различного рода веществ из водосбора, которые затем поступают в прибрежную зону озера, являющуюся в определенной степени буферной зоной. Как результат, это воздействует на сообщества прибрежной зоны озера. Для определения нагрузки на прибрежную зону озер используют целый ряд различного рода индикаторов, как химического, так и биологического свойства. Химические индикаторы – это концентрация биогенных элементов (растворенный азот и фосфор), биологические индикаторы – структура прибрежных сообществ, видовой состав и численность чувствительных к загрязнению организмов.

Целью данного исследования являлась оценка влияния водосборных водотоков на состояние прибрежных сообществ оз. Нарочь на основании химических и биологических индикаторов.

Материалы и методы. Материалом для данного исследования послужили сборы макрозообентоса, зоо- и фитопланктона, который был собран в течение 2015 г. Было выбрано пять водотоков (р. Скема, ручьи Черевки, Антонисберг, Урлики, Купа), впадающих в оз. Нарочь и имеющих различную степень антропогенной нагрузки на свои водосборы. Пробы отбирали на самом водотоке, в устье водотока и в литоральной зоне оз. Нарочь недалеко от места впадения изучаемого водотока. Сбор биологического материала проводили стандартными гидробиологическими методами. Параллельно для каждого створа были определены гидрохимические показатели воды (содержание нитратов, фосфатов и ионов аммония) фотометрическим методом, используя мультифотометр HANNA 83000. Были определены и другие показатели воды: температура, электропроводность, pH и содержание растворенного кислорода.

Результаты и обсуждение. Фитопланктон. За изученный период, численность фитопланктона была наибольшей весной, достигала минимума в летний период и вновь увеличивалась осенью. Численность фитопланктона в весенний период была максимальной на створах в устье руч. Купа ($3,3$ млн кл./дм³) и на створе в озере рядом с руч. Урлики ($4,3$ млн кл./дм³). Следует отметить, что количество фитопланктона на

большинстве створов в устье водотоков было выше, чем на озерных створах, за исключением руч. Урлики. Это можно объяснить высоким содержанием фосфатов в водотоках за счет весеннего перемешивания водных масс и рециклинга фосфора. В летний период численность фитопланктона варьировала в пределах 237,5 тыс. кл/дм³ (руч. Черевки) – 544 тыс. кл/дм³ (озерный створ р. Скема). На большинстве озерных створов численность водорослей была выше, чем в устье соответствующих водотоков, за исключением руч. Антонисберг. Осенью численность водорослей варьировала от 220 тыс. кл/дм³ (озерный створ руч. Купа) до 1,5 млн кл/дм³ (устье р. Скема).

Зоопланктон: Численность зоопланктона на створе в устье водотоков в весенний период была выше (за исключением руч. Черевки), чем на озерных створах, что соответствует высокой численности фитопланктона на данных створах. Причем, в устье р. Скема численность зоопланктона была наибольшей. Следует отметить, что на большинстве створов доминировали представители Rotifera по численности, за исключением створов ручьев Антонисберг и Купа, где доминировали представители Cladocera. Летом численность зоопланктона была выше, чем весной. Наибольшее количество зоопланктона было на озерном створе руч. Урлики и в устье руч. Купа. На большинстве створов доминировали представители Cladocera. В осенний период наблюдали сходную картину по численности зоопланктона, что и летом. В чистых водотоках численность зоопланктона была низкой по сравнению с загрязненными водотоками (ручьи Урлики и Купа). Следует отметить, что мы не исследовали на прямую степень загрязнения данных водотоков, а можем судить только по косвенным данным.

Макрозообентос. Наименьшее количество видов было отмечено в целом в водотоках. Наиболее богатыми в видовом отношении оказались устья изученных водотоков, что можно было ожидать заранее, учитывая эффект экотона. Количество видов весной было больше на озерных створах и варьировало в пределах от 19 (руч. Черевки) до 29 (руч. Урлики). В целом, осенью количество видов на створах было выше (40–55 видов), чем весной, а в устьях водотоков выше, чем на озерных створах. Численность бентоса была выше осенью, чем весной, а на озерных створах выше, чем в устьях.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что наибольшее влияние на прибрежную зону оз. Нарочь оказывают ручьи Купа и Урлики.

Impact of catchment rivers on the state of Lake Naroch littoral communities. T.P. Lipinskaya, M.D. Moroz, E.A. Sysova, N.N. Maisak, V.P. Semchenko. Assessment of catchment rivers impact on the state of littoral communities (phyto-, zooplankton and macrozoobenthos) of Lake Naroch was done. The study

showed that Kupa and Urliki streams had the greatest impact on the state of littoral communities of Lake Narochn.

ЛЕТНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ПРИ РЕГИОНАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

А.С. Литвинов, А.В. Законнова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
п. Борок, Ярославская обл., Россия, litvinov@ibiw.yaroslavl.ru*

По материалам многолетних наблюдений дана характеристика термического режима Рыбинского водохранилища в летний период.

В работе проанализированы характеристики термического режима Рыбинского водохранилища за летний период 1976–2014 гг. Для анализа изменений температуры воздуха и воды использовали материалы Рыбинской гидрометеорологической обсерватории и стандартных рейсов, выполняемых сотрудниками лаборатории гидрологии и гидрохимии Института биологии внутренних вод РАН.

На побережье водохранилища в период потепления отмечена устойчивая тенденция повышения среднегодовой температуры воздуха со скоростью 0,55°C/10 лет, июля – 0,81°C/10 лет.

В водохранилище за начало лета принято время появления устойчивой стратификации при среднедекадных температурах воды на водомерных постах 13–14°C (Буторин и др., 1975). Накопление тепла в водохранилище происходит, в основном, начиная с первой декады июня при средней температуре воды 15,4°C. Наибольший прогрев водной массы отмечается в третьей декаде июля. В начале августа теплосодержание вод начинает уменьшаться (таблица).

**Таблица. Характеристики температуры воды Рыбинского
водохранилища в летний период 1976–2014 гг.**

Характеристика	Июнь			Июль			Август		
	Декада			декада			декада		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Средняя	15,4	17,1	18,4	19,5	20,8	21,1	20,6	19,1	17,3
Наибольшая	21,6	24,3	25,1	25,4	26,9	25,9	25,6	23,9	20,2
Год	1995	1998	1999	1999	2010	2010	2010	2010	2007
Наименьшая	10,6	9,2	12,6	13,7	15,1	16,0	17,6	14,8	14,5
Год	1985	1982	1983	1976	1987	1978	1978	1998	1986

Сравнение среднедекадной температуры воды водохранилища до потепления (1947–1975 гг.) и в период потепления (1976–2014 гг.) показало, что во второй период максимальный прогрев сместился на 3-ю декаду июля со средней температурой на $1,0^{\circ}\text{C}$ выше, чем в первый, что свидетельствует об увеличении продолжительности летнего сезона. Это подтверждается и ростом числа декад с температурой воды $\geq 20^{\circ}\text{C}$ (2-я декада июля на 32 %, 1-я декада августа – 36 %).

Средняя температура воды за июнь–август составила $18,8^{\circ}\text{C}$ (норма $18,1^{\circ}\text{C}$), что на $0,5^{\circ}\text{C}$ выше, чем в первый период. Размах ее колебаний от $15,4$ (1976 г.) до $21,9^{\circ}\text{C}$ (2010 г.). Выделяются 6 лет, когда ее значения выше 20°C (1988, 1999, 2010–2011 и 2013–2014 гг.).

Особенности межгодовых летних температурных условий в водохранилище можно проследить по аномалиям, рассчитанным относительно принятой в настоящее время климатической нормы (1961–1990 гг.). Установлено, что средняя за июнь–август температура воды водохранилища была выше нормы, начиная с 1995 г. (в 2003 г. отмечена отрицательная аномалия минус $0,4^{\circ}\text{C}$) по настоящее время.

Оценены линейные тренды изменения температуры воды за каждый месяц и средней за июнь–август. В период потепления отмечена тенденция повышения средней температуры воды с максимальной скоростью роста в июле – $0,89^{\circ}\text{C} / 10$ лет.

В последнее десятилетие ранние сроки очищения водохранилища ото льда способствовали более раннему установлению летней термической стратификации и большему прогреву эпилимниона (5–8 м). В Волжском плесе (ст. Коприно) 21 мая 2013 г. температура поверхностного слоя воды составила $15,3^{\circ}\text{C}$, придонного – $9,0^{\circ}\text{C}$, в Главном плесе (ст. Наволок) 31 мая 2007 г. – $19,9$ и $9,9^{\circ}\text{C}$, соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-05-00346).

Буторин Н.В., Курдина Т.Н., Бакастов С.С. Температура воды и грунтов Рыбинского водохранилища. Л.: Наука, 1982. 221 с.

Summer temperature conditions in the Rybinsk reservoir under global climate warming. A.S. Litvinov, A.V. Zakonnova. The characteristic of the thermal regime in the Rybinsk Reservoir is given on the basis of the data of long-term monitoring.

ХОД, ХАРАКТЕР И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ЛЕБА В МЕСТЕ ЕЕ ВПАДЕНИЯ В ОЗЕРО ЛЕБСКО В АСПЕКТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, А ИМЕННО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

Я.С. Лукашевич

Университет им. Адама Мицкевича, г. Познань, Польша, janluk@amu.edu.pl

В бассейне Балтийского моря такое повсеместное явление, как образование ледяных покровов на реках в зимний период, связано с особенностями умеренного климата.

Интенсивность и продолжительность ледовых явлений и их природа особенно сильно зависят от климатических условий в долине реки, а основным фактором, определяющим происхождение и ход ледовых явлений, является температура воздуха.

Изменения температуры воздуха непосредственно влияют на продолжительность ледовых явлений, и соответственно на генетический тип льда. Анализ многочисленных наблюдений показал, что феномен льда не является полностью изученным показателем климатических изменений (Мэгнюсон и др., 2000). Ледовые явления имеют существенное воздействие на изменение гидрологического режима реки. Они влияют на течение реки, а также на скорость движения вод в русле реки (Гжесь, 1991). Кроме того, данные явления существенным образом влияют на функционирование речной системы и водной экосистемы, что проявляется в недостатке пропускной способности рек по причине возникновения ледового покрова. Экстремальные условия оледенения на реках являются причиной изменения течения рек, а также нарушения жизненных циклов различных организмов, проживающих в них (Аллан, 1998). Широкий спектр воздействия ледовых явлений является предметом изучения как в Польше, так и за ее пределами.

В работе представлены ход и продолжительность отдельных фаз оледенения реки при ее впадении в оз. Лебско. Отрезок реки, на котором производились исследования, находится на территории Словинского национального парка в зоне, недоступной для антропогенного воздействия, что имеет непосредственное влияние на качество полученных результатов, поскольку антропогенный фактор играет значительную роль в подобных исследованиях (Гжесь, Павловски, 2014). Главной целью исследования является составление полной характеристики хода ледовых явлений на фоне изменения температуры воздуха.

Выводы: На основе исследований и анализов, можно сделать вывод о том, что на р. Леба существовали все возможные формы и виды генетического льда в течение 1960–2013 гг. Из всех возможных форм

и видов льда на реке чаще всего появлялись береговой лед на протяжении 582 дней, что составляет 38,3% от всех наблюдаемых форм в течение 53 лет. Второй наиболее распространенной формой был ледяной покров – 289 дней (19 %). Третьей наиболее распространенной формой была шуга – 278 дней (18,3 %). Льдины – 125 дней (8,2 %). В исследуемом периоде ледовый затор имел место в течение 62 дней (4,1 %), шугавой затор – 12 дней (0,8 %). Климатические изменения, происходящие в береговой зоне Балтийского моря и проявляющиеся в росте температуры воздуха, в значительной степени способствуют сокращению длительности ледовых явлений на реке. Современные ледовые явления по срокам появляются позже и заканчиваются намного раньше. Исследования показали значительное сокращение дней с ледовыми явлениями на р. Леба. Этот спад особенно сильно проявляется после 1987 г., когда количество отмеченных ледовых явлений уменьшилось почти вдвое. Непосредственной причиной данного явления послужило увеличение средней температуры воздуха в зимний период. Полученные результаты подтверждаются ранее проведенными исследованиями. Существенное увеличение температуры воздуха в последние годы в прибрежной зоне Балтийского моря было подтверждено исследованиями Й. Филипяка (2004), которые показали, что во второй половине XX века в Поморье наблюдалась плюсовая температура, в том числе зимой. К. Кожуховски (2000, 2011) при анализе изменения температуры воздуха на территории Польши в 1959–1968 и 1989–1998 гг. установил, что происходит развитие океанизма климата, который влечет за собой смягчение зимы. На отрезках реки без антропогенного вмешательства наблюдается большее количество дней с ледовым покровом.

The course and nature of the ice phenomena in lower reaches of the Leba River at the mouth of this river to the Łebsko lake in the context of the climate changes, with special emphasis on changes of the air temperature. J. Łukaszewicz. This article presents the variability and a changeability of the ice phenomena on the Leba River based on the data recorded in the water gauge station in Miłoszewo during the period from 1960 to 2013. The work aims to characterize and analyze the ice phenomena and risks associated with them occurred in the climate changes on the southern Baltic Seashore zone.

**ДИНАМИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ОЗЕРА СКУРЧА (АБХАЗИЯ) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Н.М. Мингазова¹, Р.С. Дбар², В.М. Иванова¹, Д.Ю. Мингазова³,
Э.Г. Набеева¹, Ф.З. Валиуллина¹, Р.Р. Мингалиев¹**

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия,
nmingas@mail.ru*

²*Институт экологии Республики Абхазия, г. Сухум, Республика Абхазия*

³*Королевский Мельбурнский технологический университет, г. Мельбурн, Австралия*

Последствия антропогенного воздействия могут носить положительный характер в случае мероприятий по улучшению состояния и экологической реабилитации озер. Лабораторией оптимизации водных экосистем КФУ в 2009–2015 гг. проводилось изучение состояния оз. Скурча в Республике Абхазия в условиях гидротехнического эксперимента.

Озеро Скурча располагается в Очамчирском районе Абхазии на левом берегу р. Кодор, в его нижнем течении. Площадь озера составляет 104 га, глубина – 27 м. Имеет неправильную лопастную форму, соединяется с Черным морем небольшим каналом. От моря отделяется узкой приморской полосой. Образовано на месте старого карьера по добыче песчано-гравийных материалов в заболоченной местности. В 1990-х гг. здесь был лиман, вследствие добычи гравия водоем сильно углубился и из-за отсутствия пресной воды и отсутствия водообмена стал загрязняться органическими веществами. Это привело к сероводородному заражению озера и дефициту кислорода.

В 2009–2011 г. оз. Скурча характеризовалось большим содержанием сероводорода, отсутствием кислорода с глубин 2 м и солоноватыми водами, представляя своего рода модель Черного моря. Не имело рыбохозяйственной ценности. В 2011 г. для распреснения озера был прорыт искусственный канал длиной 380 м к восточному безымянному рукаву р. Кодор, длиной 5 км; с ноября 2011 г. в озеро начала поступать речная вода. Вследствие этого в озере появился кислород, его содержание стало отмечаться до глубин 8–10 м, при этом насыщение кислородом поверхностных слоев воды достигает 185 % (15,22 мг/л), в придонных слоях 10 % (2,4 мг/л). Дефицит кислорода отмечается с глубин 8 м.

Общая минерализация /соленость меняется по глубинам в пределах 5–17 г/л, при рН от 8,5 на поверхности и 7,2 у дна. Озеро имеет хлоридно-натриевый тип воды, поступающие в него воды р. Кодор имеют гидрокарбонатно-кальциевый тип воды с малой минерализацией.

В 2013 г. для захода суден с моря был углублен канал между озером и Черным морем (с 1,5 до 3 м), следствием чего явилось поступление со-

ленной воды со стороны моря и увеличение солености воды (засоление) озера. Изменение гидрохимических условий повлекло изменение состава зообентоса оз. Скурча. В 2009–2010 гг. были обнаружены преимущественно пресноводные виды. В августе 2011 г. (до пропуска вод р. Кодор) обнаружены пресноводные (53 %) и солоноватоводные виды (37 %).

В 2012 г. отмечена заметная смена бентофауны – 39 % солоноватоводных видов, 15 % – пресноводных), для 46 % данные не обнаружены. При поступлении вод р. Кодор видовой состав зообентоса изменился. Появились свойственные речной фауне поденки и веснянки, характерные для солоноватых вод полихеты (*Hediste diversicolor* O.F. Müller, 1776), отмечались пресноводные крабы *Potamon tauricum* (Czerniavsky, 1884).

В 2013 г. был углублен канал связи оз. Скурча с морем, что способствовало захождению соленых морских вод с Черного моря, параллельно с пропуском пресных вод. После поступления морских вод, на восточном берегу у морского канала было отмечено множество элиминированных особей пресноводных крабов. В 2014–2015 гг. были обнаружены только солоноватоводные виды, что указывает на то, что бентофауна озера заменилась за этот период с пресноводной на солоноватоводную. Резкая смена бентофауны за короткий период подтверждается также анализом материала по индексу видового сходства Жаккара. Крайне низкие значения индекса указывают на отсутствие сходства видов.

Всего за период 2009–2015 гг. обнаружено 55 видов, наибольшее количество групп зообентоса было обнаружено в 2014 г. (таблица).

Таблица. Встречаемость таксонов зообентоса в оз. Скурча по годам

Таксоны / Периоды	Типы	Классы	Отряды	Семейства	Роды	Виды
2009-2010 гг. – период стагнации	2	3	4	4	7	8
2011-2012 гг.- период приточности вод р. Кодор	2	4	10	21	26	28
2013-2015 гг. – период приточности и углубления канала, связующего с морем	3	5	10	19	21	23
За все годы	3	6	13	29	40	55

Мониторинг состояния оз. Скурча показывает, что в озере идет сильный процесс трансформации бентофауны в результате действия фактически двух разноректорных мероприятий: 1) пропуска вод р. Кодор с целью распреснения (с 2011 г.) – это привело к снижению электропроводности, насыщению придонных слоев кислородом, снижению содержания серово-

дорода; 2) захода морских вод Черного моря при углублении морского канала (с 2013 г.) – изменился характер водообмена, повысилась соленость придонных слоев воды, появились условия для обитания эвригалинных видов зообентоса, что привело к вытеснению пресноводных видов.

Dynamics of Skurcha lake (Abkhazia) hydrochemical and hydrobiological parameters under the influence of hydraulic experiment. N.M. Mingazova, R.S. Dbar, V.M. Ivanova, D.Y. Mingazova, E.G. Nabeeva, F.Z. Valiullina, R.R. Mingaliyev. The article contains information about modifying parameters of Skurcha Lake under the influence of hydraulic experiment. In 2009 the high content of hydrogen sulphide in the lake was detected. In 2011 while passing the waters of the river Kodor the oxygen content and biodiversity in the lake were increased. In 2013 the channel which had connected the lake with the Black Sea, has led to an increase in water salinity and replacing of freshwater fauna by the brackish water fauna.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕХ БЛИЗКИХ ВИДОВ КОЛОВРАТОК – НЕДАВНИХ ВСЕЛЕНЦЕВ В ОЗЕРО ГЛУБОКОЕ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.А. Мнацаканова

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, Mnatsakan@yandex.ru

Наблюдения за видовым составом коловраток оз. Глубокого (Московская обл.) ведутся начиная с 1897 г. В середине 1960-х гг. на водосборе оз. Глубокое была проведена мелиорация, которая существенно изменила гидрологический и гидрохимический режим озера, что отразилось на видовом составе зоопланктона, в том числе пелагических коловраток. Коловратки семейства *Gastropodidae* не встречались в оз. Глубоком до мелиорации. Впервые представитель этого семейства, *Gastropus stylifer* Imhof, 1891 был обнаружен в 1973 г. В.Ф. Матвеевым. С тех пор этот вид развивается в планктоне ежегодно; его численность часто достигает высоких значений. Затем в 1976 г. был зарегистрирован вид *Ascomorpha ecaudis* Perty, 1850 и в 1977 г. – *Ascomorpha saltans* Bartsch, 1870. Оба этих вида встречаются в планктоне регулярно, но не достигают сколько-нибудь значительной численности. Ещё два вида, *Gastropus hyptopus* (Ehrenberg, 1838) и *Ascomorpha ovalis* (Bergendahl, 1892), были обнаружены нами в пелагической части озера в 2009 и 2010 гг., соответственно; их популяции развиваются каждый год, зачастую достигая высокой численности. По-видимому, начавшееся в 1960-х гг. изменение условий жизни в водоеме открыло новые экологические ниши, которые постепенно заполняются новыми видами.

Указанные виды представляют собой группу функционально сходных видов. Как и все представители семейства Gastropodidae, они обладают челюстным аппаратом виргатного типа, т.е. одинаковым способом питания – высасывание содержимого из прочных створок водорослей, преимущественно динофлагеллят. Конкуренция за пищу между такими видами должна быть особенно напряженной. Согласно принципу конкурентного исключения Гаузе, ослабление конкуренции может достигаться путем расхождения в пространстве, во времени или по пищевым предпочтениям. Все указанные виды встречаются в планктоне одновременно, в тёплое время года. По пищевому спектру они также вряд ли различаются. С целью оценки возможного расхождения в пространстве мы изучили вертикальное распределение трёх недавних вселенцев *G. stylifer*, *G. hyptopus* и *A. ovalis*, ставших массовыми в планктоне.

Материалом послужили результаты батометрических ловов, относящиеся ко второй половине лета, когда уже полностью сформировался термоклин, и все три популяции достаточно длительное время существуют в планктоне.

Популяция *G. stylifer* всегда занимает верхние слои эпилимниона выше скачка температуры. Средняя глубина обитания *H* располагается в разные годы на глубинах от 2,5 до 6,1 м (таблица). Напротив, основная часть популяции *G. hyptopus* располагается ниже зоны скачка температуры при средней глубине обитания от 6,1 до 8,2 м. Расхождение между значениями *H* для этих видов составляет от 2,1 до 5,3 м в разные годы. Таким образом, эти виды заметно расходятся по вертикали.

Таблица. Средняя глубина обитания *H* (м) для популяции каждого вида, рассчитанная как средневзвешенная величина («вес» – доля численности вида на данном горизонте от общей численности вида в столбе воды), в разные годы

Виды	16.08.2009	10.9.2010	8.07.2011	10.08.2012	9.08.2014
<i>G. stylifer</i>	2,5	2,9	6,1	2,6	4,1
<i>G. hyptopus</i>	7,8	6,1	8,2	7,1	6,9
<i>A. ovalis</i>	–	6,5	3,7	4,3	4,3

Третий вид *A. ovalis* вселился позже двух других в 2010 г. В год вселения его средняя глубина обитания примерно совпадала со средней глубиной обитания *G. hyptopus*, а в 2014 г. – с глубиной обитания *G. stylifer* (табл.). В другие годы между этим видом и двумя другими имело место расхождение по глубине *H*, причем в 2011 г. этот вид располагался выше двух других, а в 2012 г. – между ними. Это показывает, что этот вид не занимает определенного места в пространстве относительно двух

других близких видов того же семейства. Возможно, это связано с тем, что он контролируется факторами, отличными от тех, которые контролируют два первых вида (заметим, что он принадлежит к другому роду).

The vertical distribution of three related species of rotifers, recent invaders to Glubokoe Lake (Moscow Region). E.A. Mnatsakanova. In the Glubokoe Lake, species of family Gastropodidae appeared in the 1970s after reclamation of the surrounding marshlands was carried out. *Gastropus stylifer* and *G. hyptopus* consistently separate along depth, which conforms to the Gause competitive-exclusion principle, but *Ascomorpha ovalis* do not always separate from the two.

ТЕОРИЯ КОНКУРЕНЦИИ: ОТ «БЕЗРЕСУРСНЫХ» КЛАССИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ К РЕСУРСНОЙ ТЕОРИИ И ЕЕ СОВРЕМЕННОМУ РАЗВИТИЮ

Л.В. Полищук

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
биологический факультет, кафедра общей экологии, г. Москва, Россия,
leonard_polishchuk@hotmail.com*

Не будет преувеличением сказать, что все развитие экологии в XX веке прошло под знаком теории конкуренции. Уже самые первые экологические модели, разработанные американским экологом и демографом Альфредом Лоткой и итальянским математиком Вито Вольтерра и затем подвергнутые экспериментальной проверке, на материале водных организмов, российским экологом Георгием Францевичем Гаузе, ставили перед собой задачу понять, какие характеристики видов определяют исход конкурентной борьбы и как в ходе конкурентных взаимоотношений формируется структура сообщества. Однако, хотя конкуренция происходит за ресурс (имеющийся в недостатке), классические модели не включали ресурс в явном виде. Обилие ресурса учитывалось косвенно, через плотности популяции видов-конкурентов и понятие емкости среды. Это приводило к внутренним противоречиям теории; например, теория предсказывала устойчивое сосуществование видов-конкурентов при определенной комбинации параметров, а эксперименты Гаузе демонстрировали принцип конкурентного исключения, согласно которому два вида-конкурента не могут занимать одну и ту же экологическую нишу. Дальнейший прогресс был связан с развитием ресурсной теории конкуренции, в которой, как ясно из ее названия, ресурс или ресурсы присутствуют в явном виде, а ключевой характеристикой видов-конкурентов является пороговая концентрация ресурса (обычно пищи). В ресурсной

теории принцип конкурентного исключения получил свое полное обоснование, выраженное максимой: у кого пороговая концентрация ниже, тот и победитель. Понятно, что в конкуренции n видов за общий ресурс победитель может быть только один – тот, у которого пороговая концентрация наименьшая. Это полностью подтверждает принцип конкурентного исключения Гаузе. В докладе будут рассмотрены следующие вопросы: (а) структура классической модели Вольтерры-Лотки, (б) действительно ли эксперименты Гаузе подтвердили классическую теорию?, (в) структура ресурсной теории конкуренции (графическая модель Дэйвида Тилмана), (г) подтверждение ресурсной теории в экспериментах Тилмана по конкуренции между видами диатомовых водорослей, (д) современные направления развития теории конкуренции.

The theory of competition: from non-resource classic models to resource-based theory and its modern developments. L.V. Polishchuk. The theory of competition is one of the great achievements of ecology in the 20th century. The following issues are going to be discussed: (a) the structure of the Volterra-Lotka classic competition model; (b) do the Gause experiments corroborate the classic model? (c) the structure of the resource-based competition theory (Tilman's graphical model); (d) Tilman's experiments with diatom algae to confirm the resource-based theory; (e) recent developments in the theory of competition.

СУКЦЕССИЯ ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ АЭС: 18 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЙ

**А.А. Протасов, А.А. Силаева, Т.Н. Новоселова, Ю.Ф. Громова,
И.А. Морозовская**

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина, labtech-hb@ukr.net

Водную часть техноэкосистемы Хмельницкой АЭС (ХАЭС, мощность каждого из двух энергоблоков 1000 МВт) исследовали при функционировании одного (1998–2001 гг., I период сукцессии и исследований). Почти одновременно с введением второго энергоблока (2004 г.) произошло (2002–2003 гг.) вселение *Dreissena polymorpha* (II период, 2005–2010 гг.). Через 10 лет вселилась *D. bugensis* (III период, 2012–2015 гг.). Хмельницкая АЭС расположена в северо-западной части Украины, имеет водоем-охладитель (ВО) площадью около 20 км² и объемом около 120 млн. м³. Кроме ВО в состав техноэкосистемы входят подводящий и отводящий каналы, специальные технические водные объекты.

В I период фитопланктон был богат: 73–104 низших определяемых таксона (НОТ) из 8 отделов водорослей и достаточно обилен (10,3–92,9 млн. кл/дм³, 3,9–150,2 мг/дм³). Во II период отмечалось поступательное снижение видового богатства. С 2006 г. из состава фитопланктона последовательно выпадали Cryptophyta, Ochrophyta, Miozoa, Charophyta и Cyanobacteria. К осени 2008 г. в фитопланктоне насчитывалось всего 9 НОТ, количественные показатели снизились до 0,5 млн. кл/дм³ и 0,3 мг/дм³. С 2009 г. в обратной последовательности наблюдалось восстановление таксономического богатства. На современном этапе показатели развития фитопланктона находятся на уровне 2001 г.

Для развития зоопланктона были характерны значительные колебания. В I период количество НОТ было небольшим (около 40), показатели обилия составляли 97,0–172,2 тыс. экз/м³ и 1,7–6,0 г/м³, структура доминирования была нестабильной. В начале II этапа видовое богатство увеличилось (более 60 НОТ). В дальнейшем отмечено снижение видового богатства с минимальным значением (26) в сентябре 2008 г. Количественные показатели в течение II периода изменялись в пределах 1–2 порядков (19,9–360,8 тыс. экз/м³; 0,3–11,3 г/м³). В годы III периода уровень развития зоопланктона возрос.

Количество НОТ зообентоса в отдельные сезоны составляло 30–82. Вселение дрейссены определило возрастание видового богатства, увеличение численности – в 2,9 раза и биомассы – в 7,2 раза (в среднем за 2005–2010 гг.). Биомасса «мягкого» зообентоса была относительно стабильной (в среднем 8 г/м²), при этом максимальное развитие беспозвоночных отмечено в период стабилизации развития *D. polymorpha* в донной подсистеме (2008–2010 гг.), а не в период вспышки её численности (2005–2006 гг.). Структура доминирования определялась развитием личинок хирономид и олигохет. Появление *D. bugensis*, которая на второй год обитания в ВО стала преобладать по показателям обилия двух видов дрейссенид, не повлияло на общую тенденцию снижения таксономического богатства и показателей обилия зообентоса в III периоде. Характерной особенностью зообентоса ВО является высокий уровень его развития на «техногенных» участках (подводящий канал, район выхода отводящего канала в ВО).

За период исследований в экосистеме наблюдалось явление контуризации, связанное с вселением и массовым развитием мощного фильтратора – дрейссены. Особую роль сыграли биотопы техногенной перифитали (бетонная облицовка плотины, подводящего канала). Запас дрейссены здесь составлял несколько тысяч тонн. Признаки этого процесса, например, значительное повышение прозрачности воды, были

отмечены уже на 2–3 год после вселения моллюска, существенные изменения в пелагической подсистеме были отмечены только на 5–6 год. Продукция нитчатых макроводорослей существенно возросла по сравнению с I периодом, разовый запас превышал 3000 т., что было больше в 70 раз. К моменту вселения второго вида дрейссенид популяция *D. polymorpha* находилась в состоянии стабилизации на низком уровне численности. Предположение о возможной вспышке численности *D. bugensis* в первый период после вселения её не подтвердилось. В планктонной подсистеме произошло снижение обилия.

Инвазивный процесс в техноэкосистеме происходил постоянно. За период исследований отмечено 13 видов гидробионтов-инвайдеров. Вселение дрейссены и, в меньшей степени *Najas marina*, привело к возникновению биопомех, массового развития достигла губка *Eunapius carteri*. Некоторые инвайдеры встречались непродолжительное время, другие натурализовались, но не достигали массового развития.

Таким образом, сукцессионные процессы в техноэкосистеме определяются не только техногенными, природными абиотическими, но и биотическими факторами. Результат влияния последнего отмечался со смещением во времени в несколько лет относительно пика развития дрейссены, причем в контурной и пелагической подсистемах эти временные отрезки были различными.

The succession of NPP technoecosystem: 18 years of observations.
A.A. Protasov, A.A. Sylaeva, T.N. Novoselova, Yu.F. Gromova, I.A. Morozovskaya. Many years researches of Khmelnitsky NPP technoecosystem showed that for all groups of hydrobionts were characterized a sufficiently high level of development. Several stages of succession factors of which were a technogenic and biogenic impacts were established.

ХАРАКТЕР УГОДИЙ ВОДОСБОРА МАЛЫХ МЕЛКОВОДНЫХ ОЗЕР И ФАКТОРЫ УЯЗВИМОСТИ ИХ ЭКОСИСТЕМ

А.Л. Рижинашвили

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербургский филиал Института истории
естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,
railway-ecology@yandex.ru*

Малые мелководные озера – весьма многочисленная и наиболее уязвимая к антропогенному воздействию категория водных объектов на земном шаре. Основную опасность для этих водоемов представляет глобальное явление эвтрофирования и, в частности, «зарастание» зеркала макрофитами. Это связано с относительно большой площадью литорали, хорошей прогреваемостью и освещаемостью водных масс таких озер. Как хорошо известно в лимнологии, характер угодий и ландшафтов водосбора определяет потенциальную возможность естественного и антропогенного воздействия на озеро, как то: уровень поступления определенных биогенных элементов, терригенного гумуса, загрязняющих веществ и т.д. Для разработки прогноза эвтрофикации водоема представляется необходимым сравнительный анализ озер, имеющих разную степень антропогенного преобразования их водосборов. При этом важно учитывать региональную специфику системы «водоем – водосбор». Вместе с тем, далеко не все озерные регионы изучены достаточно хорошо. Это относится, например, даже к Карельскому перешейку на северо-западе Ленинградской области.

Цель настоящей работы – выявление факторов уязвимости экосистем водоемов, имеющих хозяйственно освоенный водосбор. Были исследованы лимнологические и гидрохимические показатели, состав флоры макрофитов четырех малых озер (с площадью 0,04–0,40 км², средняя глубина 1,5–2 м), расположенных во Всеволожском районе Ленинградской области. Два озера (Паскоярви, Кивиярви) находятся в лесных урочищах, тогда как два других (Троицкое, Юшкеловское) – в садоводческих массивах. Ранее эти водоемы никем не изучались; данные по ним отсутствуют и в рыбохозяйственных, и водных кадастрах территории.

По ведущим гидрохимическим переменным, отражающим ландшафтные и зональные особенности озер, наши водоемы вполне определено (хотя по электропроводности и с некоторой трансгрессией) можно разделить на две обособленные группы. В одну группу попадают озера населенных ландшафтов (Троицкое и Юшкеловское), имеющие низкие цветность и окисляемость воды, сравнительно большую минерализацию воды, довольно высокую величину рН (с заходом в щелочную область): в другую – полностью противоположные им по характеристикам «лесные» озера (Паскоярви и Кивиярви). В ионной композиции первой груп-

пы озер содержание основных для данной географической зоны ионов (HCO_3^- и Ca^{2+}), а также Na^+ , в два и более раза превышает их концентрацию в водах лесных озер. Это свидетельствует о сочетанном сельскохозяйственном и бытовом воздействии на водоемы садоводств (Ca^{2+} может поступать из окультуренных почв, а Na^+ – компонент моющих средств). Выглядит необычным, что в лесном оз. Паскоярви содержание всех форм биогенов (и азота, и фосфора) достаточно велико. Водное зеркало озер Юшкеловское и Троицкое в сильной степени занято плавающими формами макрофитов. В ряду озер (Кивиярви – Паскоярви – Троицкое – Юшкеловское) увеличивается степень освоения земель водосборов под населенные пункты и, как мы полагаем, исходя из состава макрофитов, возрастает азотная нагрузка. Некоторые авторы связывают уровень азотной нагрузки с долей сельхозугодий на водосборе, а уровень поступления фосфора как раз со степенью урбанизации водосбора (Moss et al., 2013). В нашем случае населенные пункты на водосборе представляют собой садоводства, существующие здесь в основном уже 50 лет, в которых достаточно широко используются удобрения, и почвы их хорошо окультурены. В этой связи не удивительно, что населенный пункт по отношению к оказываемой им биогенной нагрузке выступает не как урбанизированная территория, а как аналог пашни.

Оказывается возможным выделить факторы уязвимости экосистем озер. В Троицком озере наступает плавающая растительность, которая может угнетать другие группы автотрофов. В Юшкеловском озере серьезный угрожающий фактор – придонный дефицит кислорода летом и, очевидно, зимой, что может приводить к заморам. Кроме того, водоем также зарастает погруженной растительностью. В «лесных» озерах фактором уязвимости является скрытый резерв фосфатов, который может запустить продукционные процессы в случае, например, уменьшения цветности воды.

Работа выполнена в рамках инициативного проекта (руководитель к.б.н. А.Л. Рижинашвили) совместно с Ресурсным центром Санкт-Петербургского государственного университета «Космические и геоинформационные технологии».

The land-use of catchments of small shallow lakes and the factors of vulnerability of their ecosystems. A.L. Rizhinashvili. The key limnetic parameters of four lakes are analysed. Two of the lakes are located on the territory of allotment gardens, the other two are in the forest-covered areas. There is a «hidden» source of nutrient load (primarily as phosphates) in the lakes with a largely unexploited catchment. Intensive overgrowth by vegetation (floating forms) is occurred in the lakes with a catchment occupied by allotment gardens.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОПУЛЯЦИИ ЛОТОСА КОМАРОВА *NELUMBO KOMAROVII* GROSSH. В СРЕДНЕМ ПРИАМУРЬЕ РОССИИ

Т.А. Рубцова, К.В. Прокопьева

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
г. Биробиджан, Россия, ecolicarp@mail.ru*

Одним из редких, уникальных и охраняемых видов растений является лотос Комарова *Nelumbo komarovii* Grossh., произрастающий на Дальнем Востоке России. Он распространен в пределах Амурской области, Хабаровского и Приморского краев, Еврейской автономной области (ЕАО) на равнинах бассейна среднего и нижнего течения р. Амур, в старицах рек Бурея, Тунгуска, Уссури, на Приханкайской низменности и острове Путятин. На территории ЕАО выявлены шесть озер природного происхождения, в которых произрастает лотос Комарова, они имеют природоохранный статус. Целью наших исследований является определение современного состояния и динамики популяций лотоса, влияние на них природных факторов. Исследования проводятся с 2011 г., они носят комплексный характер. В исследованиях использовались следующие методы: полевой экспедиционный (стационарный, детально-маршрутный), глазомерной съёмки, описаний пробных площадей, сравнительного анализа, картографический, геоинформационный. Исследование основано на сочетании данных космической съёмки разной периодичности и пространственного разрешения с результатами полевых наблюдений и измерений. Основу мониторинга составило определение площади распространения популяций, которая вычислялась с помощью GPS, проводилась координатная съёмка точек по периферии популяции, площадь которой занята растениями лотоса. Затем точки заносились в программу ArcView GIS 3.3 и строился полигон с привязкой к координатам точек, где площадь распространения популяции или полигона вычислялась программой автоматически.

Состояние популяций исследуемого вида зависит от ряда факторов, таких как температура воды, наличие и мощность донных илистых отложений, химический состав воды и глубина водоемов. При изучении температурного режима было установлено, что средняя температура воды в исследуемых водоемах в начале августа находилась в пределах оптимума и составляла в среднем +25°C. В озерах отмечена повышенная мутность и цветность, вода слабокислая (pH=6,3). Обнаруженные химические элементы (Pb, Co, Mn, Fe, Cu, Ni, Zn, Cd) во всех водоемах не превышают предельно допустимую концентрацию и не являются ограничивающими факторами для развития лотосов. Из всех лимитирующих факторов изменялись преимущественно глубина водоемов, сила падения

воды и, как следствие, мощность отложений ила. Наряду с этим выявлен тот факт, что водоемы, в которых произрастает лотос, расположены на разной высоте и расстоянии от р. Амур, её притоков и проток. Популяции лотосов в озерах, которые находятся на меньшей высоте и ближе к р. Амур и её притокам, получили наибольший урон от катастрофического наводнения 2013 г. в период максимальной водности, так как они были затоплены полностью, в чем мы убедились, анализируя космоснимки, показывающие разлив Амура и его притоков.

На основе проведенных исследований можно сделать некоторые выводы. На территории ЕАО, расположенной в Среднем Приамурье, существуют шесть природных озер, в которых выявлен лотос Комарова. Мониторинг популяций лотоса в 2011–2015 гг. показал отрицательную динамику развития растений во всех водоемах после катастрофического наводнения 2013 г. Суммарная площадь популяций в 2014 г. составила 166468,37 м², что на 22 % меньше чем в 2013 г., в 2015 г. она была 164561,71 м², т.е. уменьшилась на 23 %. При анализе площади распространения популяции лотосов в период после катастрофического наводнения 2013 г. было выявлено, что в 2014 г. самый высокий показатель установлен в оз. Лебединое (Октябрьский район) – 144734,37 м², что меньше на 1,3 %, чем в 2013 г., а в 2015 г. – 141938,89 м² (меньше на 3,2 %). В озерах Лебединое (Биробиджанский район), Безымянное-1 и Длинное отмечены минимальные показатели площади распространения популяции. Именно в этих озерах колебания уровня воды, сила водотоков были наиболее значительны, а также уровень воды в озерах и реках Амур, Тунгуска был одинаковым. Таким образом, из всех изученных природно-антропогенных факторов именно резкое повышение и понижение уровня воды, сильный водоток являются наиболее значимыми для изменений в популяциях лотоса. Как показали исследования, в наиболее благоприятном экологическом состоянии находится популяция лотоса Комарова в оз. Лебединое Октябрьского района ЕАО.

Influence of natural factors on the population of Komarov lotus *Nelumbo komarovii* Grossh. in the Middle Priamury of Russia. T.A. Rubtsova, K.V. Prokopyeva. The results of original research of Komarov lotus *Nelumbo komarovii* Grossh. in the Middle Amur region of Russia. The influence of the catastrophic floods in 2013 in the Middle Amur region on the ecological state populations of lotuses.

ОБ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

**С.Б. Селянина, М.В. Труфанова, Л.Н. Парфенова, О.Н. Ярыгина,
Т.И. Пономарева, Н.М. Кокрятская**

ФГБУН ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, Россия, smssb@yandex.ru

Актуальность исследования биогеохимических процессов, протекающих в водоемах Субарктического и Арктического регионов, определяется, прежде всего, нестабильностью их экологического состояния в условиях изменения климата. Согласно данным межправительственной группы экспертов по изменению климата (Cubasch et al., 2001) арктический регион является наиболее чувствительным к внешним естественным и антропогенным воздействиям. В течение тысяч лет арктическая тундра накапливала органическое вещество, являясь стоком углерода для атмосферы (Walter et al., 2006). Потепление в высоких широтах способствует таянию вечной мерзлоты, при этом законсервированная в криолитозоне органика начинает поступать в глобальный кругооборот, что приводит к нарушению локальных и региональных биогеохимических циклов химических элементов.

Водосборные территории Севера России характеризуются высокой заболоченностью из-за постоянного переувлажнения и низких годовых температур, причем доля торфяных и торфянистых почв возрастает с повышением широтности (Единый госреестр почвенных ресурсов России, 2014). Это существенно влияет на состав водотоков, поскольку общеизвестно, что 60–80 % органического вещества поступает в водоемы в растворенном виде с почвенными стоками (Cole et al., 2006).

Вместе с тем, состав и свойства (в частности, содержание и состав органического вещества) природных матриц торфяно-болотных экосистем, функционирующих в условиях западного сегмента Севера России, остались без должного рассмотрения. Имеющиеся в научной литературе данные по составу органического вещества подобных систем относятся преимущественно к районам с умеренно-континентальным, переходным к южному, южным климатом.

Поэтому, нами на примере Иласского болотного массива, грядово-мочажинный и озерковый комплексы которого относится к верховому типу, исследован макрокомпонентный состав торфяных природных матриц. Все исследованные образцы (до глубины залегания 2 м) характеризуются низкой степенью разложения и, соответственно, низким содержанием гуминовых веществ, низкой зольностью и пониженной битуминозностью. Очень малая величина насыпной плотности (а, следова-

тельно, высокая пористость) позволяет ожидать высокой сорбционной способности этих матриц по отношению к различным веществам природного и техногенного происхождения, что требует, однако, дополнительных исследований.

Для оценки состава органического вещества применялся оптимизированный метод изучения группового химического состава торфяных полимерных матриц, сформированных в условиях западного сегмента Севера России (Селянина и др., 2015). В полученных данных обращает на себя внимание высокое содержание групп соединений, потенциально растворимых в водных средах. Общее содержание гидролизующихся соединений и фульвокислот составляет около 75 % от массы органического вещества. Вместе с тем, доля углеводов в них (включая трудногидролизующиеся соединения, т.е. целлюлозу) не превышает трети. Интересен также тот факт, что гуминовые соединения на 80 % состоят из фракции с низкой молекулярной массой и, соответственно, с лучшей растворимостью в водных средах – фульвовых кислот. Можно констатировать, что водорастворимая часть представлена преимущественно полифенолами.

Отчетливо прослеживается снижение степени разложения с повышением широтности, что сопровождается уменьшением доли как конденсированной, так и гумифицированной части. Осушение территорий, обеспечивающее лучшую аэрацию торфяного слоя, оказывает действие аналогичное потеплению климата.

Таким образом, выявлены специфические особенности биодegradации органического вещества природных матриц в условиях холодного климата, которые необходимо учитывать при описании переноса органических веществ и протекания биогеохимических процессов западного сегмента Севера России.

Работа выполнена при поддержке УрО РАН (проект №15-2-5-36) и ФАНО РФ.

About estimation of influence of natural and anthropogenic factors on the composition and properties of organic matter of lacustrine-boggy ecosystems. S.B. Selyanina, M.V. Trufanova, L.N. Parfenova, O.N. Yarygina, T.I. Ponomareva, N.M. Kokryatskaya. A significant difference between the processes of biodegradation of organic matter in the lacustrine-boggy ecosystems of different climate zones was searched out, as well as under anthropogenic impact. Global warming as well as development of high-latitude areas leads to a distortion of local and regional biogeochemical cycles of chemical elements.

**ВЛИЯНИЕ ВОДОСБОРА НА МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
ЗООПЛАНКТОНА МАЛЫХ ЛЕСНЫХ ОЗЕР
О. ВАЛААМ (ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО), 1997–2015 гг.**

А.Б. Степанова

РГГМУ, Санкт-Петербург, Россия, ab-stepanova@yandex.ru

Исследование взаимодействий в системе озеро-водосбор позволяет получить количественные оценки влияния различных характеристик ландшафта на превращения вещества и энергии в озерах. В Карелии насчитывается более 60 тыс. озер, 98 % из них относятся к малым и имеют площадь менее 1 км², многие из них представляют собой водоемы, связанные с болотными массивами или заболоченными лесами. Биологическое разнообразие сообществ гидробионтов в таких водоемах, как правило, низкое, однако часто они характеризуются высокими биомассами зоопланктона.

Из девяти малых лесных озер о. Валаам, было выбрано три с заболоченным водосбором, они расположены на восточном побережье острова. Основные задачи данного исследования: 1) анализ механизмов влияния водосбора на гидрохимические параметры озер; 2) выявление взаимосвязей между важнейшими гидрохимическими параметрами и структурными показателями зоопланктона. Работа выполнена на базе Учебно-научной станции РГГМУ на о. Валаам, в ее основу положены ряды данных по лимнологическим показателям за период с июня по сентябрь 1997–2015 гг. Водосборы озер были выделены на основе цифровой модели рельефа. Описания их растительного покрова и почв выполнены в ходе реализации научного проекта станции «Оценка пространственной неоднородности микроландшафтов о. Валаам». Основные показатели озер приведены в таблице, для прозрачности воды, рН и электропроводности приведены среднемноголетние значения.

Как видно из таблицы, для оз. Германовское характерны крайне низкие значения рН, здесь в 1998 г было отмечено экстремально низкое значение – 4,1. Это обусловлено влиянием сфагнового переходного болота на его водосборе (9 % площади). В этом водоеме и в оз. Витальевское так же крайне небольшая глубина фотической зоны, обусловленная низкими значениями прозрачности воды.

Оз. Германовское характеризуется высокой стабильностью биомассы зоопланктона (среднемноголетнее значение – 0,9 мг/л), связанной с развитием эврибионтного вида *Ceriodaphnia quadrangula*. Он формирует в среднем около 70 % от летней численности сетяного зоопланктона, причем, максимальные доли этого вида отмечены при крайне низких значениях рН. В водоеме отсутствует рыба, при этом в связи с экстре-

мальными значениями pH численность личинок *Chaoborus flavicans* относительно невелика, а основные конкуренты за ресурсы – представители р. *Daphnia* полностью отсутствуют. Трофические условия для этого вида крайне благоприятные: кроме бактериопланктона, здесь активно вегетирует *Cryptomonas erosa* (считается оптимальным пищевым ресурсом для р. *Ceriodaphnia*).

Таблица. Основные лимнологические показатели и ряд структурных характеристик водосборов озер

Название озера	F _{зеркала} , га	h _{мах} , м	F _{вод} , га	ΔF	F _{болота} , %	SD, м	μS, мкСм/см	pH
Антониевское	2,8	3,5	58,0	21	4	1,2	39,8	6,3
Витальевское	0,6	1,5	50,2	105	< 1	0,7	63,9	6,6
Германовское	1,0	3,6	27,8	28	9	0,8	37,6	5,1

Для оз. Витальевское, напротив, отмечены существенные (на два порядка) перепады биомассы зоопланктона от 9,3 мг/л (июнь 2006 г.) до практически полного отсутствия организмов зоопланктона в сентябре. Основным доминантом здесь является *Daphnia longispina*. Для водоема так же характерны вспышки численности представителей рода *Asplanchna* (до 210 экз./л). Резкие перепады численности, отмеченные во все годы исследования, связаны с присутствием в планктоне *C. flavicans* с общей численностью до 1,6 экз./л (июнь 2010 г.). В начале лета личинки представлены младшими возрастами и не могут полностью контролировать численность дафний, однако к концу лета они полностью выедают всех ракообразных.

Оз. Антониевское отличается крайне нестабильным составом доминант и перепадами численности и биомассы, однако их масштаб существенно меньше, чем в оз. Витальевское. Исследования так же показали, что водоем сфагновых болот оз. Германовское отличается не только высокой стабильностью биомассы, но и значительным по сравнению с другими озерами видовым богатством.

Influence of catchment area on interannual variability of zooplankton of Valaam island small forest lakes (Ladoga Lake), 1997–2015. A.B. Stepanova. Comparative analysis of differences in species composition, abundance and biomass dynamics of zooplankton of three small forest lakes with the watershed wetlands are discussed. Lakes differ from the values of major hydro-chemical parameters. This is due to significant differences in the structural characteristics of their catchments areas.

АНТРОПОГЕННОЕ ЭВТРОФИРОВАНИЕ ЛИТОРАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ

И.В. Томберг, М.В. Сакирко, Н.А. Онищук, О.А. Тимошкин

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия, kaktus@lin.irk.ru

Озеро Байкал – крупнейший в мире пресный водоем, находящийся под эгидой ЮНЕСКО. Охрана его водных и биологических ресурсов стратегическая задача, регламентируемая законом о Байкале. Однако в результате как естественных (климатических) причин, так и существенного увеличения антропогенной нагрузки в настоящее время в мелководной части озера наблюдаются серьезные изменения, которые характеризуются как кризисные (Кравцова и др. 2012; Тимошкин и др. 2014; Timoshkin et al. 2016).

Для определения причин данной проблемы Лимнологическим институтом были организованы комплексные гидробиологические, гидрохимические и микробиологические исследования литорали по всему периметру озера. Установлено, что на юге озера проблема эвтрофирования наиболее остро стоит в заливе Листвяничный, где с 2011 г. обнаружено загрязнение биогенными элементами и массовое развитие чуждых для открытого Байкала водорослей, в том числе, нитчатой макроводоросли рода *Spirogyra*. В последние годы (2011–2016 гг.) *Spirogyra* в заливе регистрируется круглогодично практически при 100 % проективном покрытии каменистого субстрата дна. Концентрации минерального азота в воде прибрежной зоны залива составляют 0,1–0,35 мг N/дм³, что в 1,5–3 раза выше, чем в водах соседней бухты Б. Коты. Источником биогенных элементов является пос. Листвянка – крупный туристический центр на берегу залива. Количество отелей, гостевых домов, кафе и ресторанов приближается к сотне, однако к центральной канализации подключены единицы. Концентрации минеральных форм азота и фосфора в воде рек, протекающих по поселку и впадающих в залив, увеличиваются к устью в разы, по сравнению с их содержанием в воде выше поселка (таблица).

Увеличение интенсивности развития водорослей наблюдается в районе поселков Голоустное, Култук, Максимиха и Хужир – крупных туристических центрах, не имеющих централизованной системы сбора и очистки сточных вод. В безледный период здесь штормами выбрасывает на берег валы водорослей (до 90 кг/м² сырой биомассы), осенью преимущественно спирогиру. Однако более сложная ситуация наблюдается на севере озера в районе г. Северобайкальска. Недоочищенные сточные воды города сбрасываются в р. Тья в 2,5 км выше устья, и с ее водами поступают в Байкал. Содержание фосфатного фосфора в сточных водах составляет 6–6,5 мг P/дм³, аммонийного азота около 2 мг N/дм³ и нитратного азота 4–4,5 мг N/дм³. Наблюдаемые concentra-

ции многократно превышают значения, разрешенные для сброса в водоохранной зоне озера. В результате в прибрежной полосе озера наблюдаются гигантские скопления водорослей, приуроченные к устью р. Тья, а также к десятикилометровой прибрежной зоне, простирающейся на запад от устья. Общая биомасса выброшенных на берег гниющих водорослей на этом участке только в сентябре-октябре 2013 г. составляла не менее 1,4 тыс. т.

Таблица. Содержание минеральных форм азота (мг N/дм³) и фосфатов (мкг P/дм³) в воде рек на территории пос. Листвянка в 2015 г.

Место отбора		Зима*		Весна*		Лето*		Осень*	
		ΣN**	P	ΣN	P	ΣN	P	ΣN	P
р. Крестовка	выше поселка	0,04	2	0,02	3	0,11	5	0,05	5
	устье	0,50	5	0,29	16	0,15	5	0,18	4
р. Каменушка	выше поселка	0,18	16	0,27	11	0,07	17	0,11	19
	устье	2,75	88	0,81	32	1,53	100	1,03	60
р. Большая Черемшанка	выше поселка	0,56	3	0,38	13	0,26	5	0,32	2
	устье	2,58	26	1,64	41	2,51	56	2,58	47
р. Малая Черемшанка	выше поселка	0,04	3	0,14	2	0,07	1	0,03	3
	устье	1,43	32	1,17	61	2,07	64	1,59	47
*-приведена средняя концентрация за сезон при ежемесячном отборе									
**- суммарное содержание аммонийного, нитратного и нитритного азота									

Исследования в сентябре 2015 г. показали, что популяция *Spirogyra* с большой скоростью распространяется вдоль побережья озера, активнее всего в зоне влияния населенных пунктов, в местах скоплений туристов и хозяйственных построек. Озеро Байкал – олиготрофный водоем, обитатели которого адаптировались к дефициту питательных веществ. Однако увеличение поступления фосфора и азота ведет к разрушению естественного баланса сообществ-эндемиков озера и снижению качества воды.

Anthropogenic eutrophication of the Lake Baikal littoral zone. I.V. Tomberg, M.V. Sakirko, N.A. Onischuk, O.A. Timoshkin. This paper presents 5-year results of hydrochemical and hydrobiological studies of the littoral zone of Lake Baikal. Elevated anthropogenic impact caused significant increase of the biomass of the alga *Spirogyra*, atypical of Lake Baikal.

УСТОЙЧИВЫЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Ф. Троянская

ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, Россия, troyanskaya.antonina@yandex.ru

Хлорорганические соединения (ХОС) входят группу стойких органических загрязнителей (СОЗ), как целевых, так и непреднамеренного производства, которые подлежат регулированию согласно Стокгольмской конвенции о СОЗ (<http://chm.pops.int>), ратифицированной в России в 2011 г. Устойчивость, способность к биоаккумуляции и глобальному переносу обеспечивают их распространение и накопление в окружающей среде.

Приоритетным антропогенным источником ХОС в мировом масштабе является лесопромышленный комплекс, исторически связанный с долговременным применением в прошлом хлорфенольных биоцидов. Так использование пентахлорфенолята натрия (ПХФН) в Архангельской области привело к формированию источников вторичного загрязнения по типу «горячих точек» хлорароматическими компонентами ПХФН, включая СОЗ – гексахлорбензол (ГХБ), полихлорированные диоксины (ПХДД) и фураны (ПХДФ) (Тroyanskaya, 2007). Кроме антропогенных ХОС в наземных и водных экосистемах присутствуют хлорорганические соединения, образующиеся в результате естественных термических (лесные пожары и т.д.), а также энзиматических процессов (Gribble, 2001). Многие из них высокотоксичны и обладают биоцидными свойствами. Малые озера являются эффективными ловушками гидрофобных ХОС, поступающих с загрязненных территорий воздушными и водными потоками, а также отражают глобальные природные процессы, происходящие в окружающей среде.

В работе приведены результаты мониторинговых исследований в 2009–2013 гг. донных осадков малых пресноводных озер, не подверженных антропогенному влиянию, расположенных на территории Кенозерского национального парка на юго-западе Архангельской области

Содержание липофильных хлорорганических соединений ($\log_{10}K_{OW}>3$) определяли по неспецифичному обобщенному показателю ЭОХ (экстрагируемый органически связанный хлор) (DIN 38414, 2004). Концентрации ЭОХ в алеврито-пелитовых озерных илах исследованных мелководных и слабопроточных озер варьировали в широком диапазоне от 830 до 12300 нг С1/г. В осадках озер, не подверженных прямому антропогенному влиянию, уровни содержания ЭОХ формируются преимущественно в результате естественного продуцирования и деградации по механизмам окислительно-восстановительных реакций, активно протекающих в наземных и водных компонентах озерных экосистем.

Фракция ЭОХ_{уст}, отражающая содержание ХОС с наибольшим биоаккумуляционным потенциалом ($\log_{10}K_{OW}>5$) и представляющая наибольший риск для окружающей среды, составляла от 7,9 до 34,4 % в общем составе ЭОХ.

При диапазоне концентраций гексахлорбензола от 3,9 до 16,9 нг/г вклад ГХБ в ЭОХ_{уст} не превышал 10,7 %, в то время как в озерных осадках под прямым влиянием территорий, загрязненных ПХФН, на долю ГХБ в составе ЭОХ приходилось до 30,4 % (Троянская, 2014). Концентрации ГХБ оказались более высокими по сравнению с менее устойчивым ионогенным пенахлорфенолом, найденным в количестве от 1 до 5 нг/г.

Концентрации ПХДД и ПХДФ в токсическом эквиваленте варьировали от 3,6 до 21,4 пг/г и были сопоставимы с уровнями загрязнения осадков северных рек под прямым влиянием указанного специфического источника. Выявлено характерное распределение конгенеров ПХДД и ПХДФ с преобладающим вкладом ПХДД в суммарную эквивалентную токсичность осадков и доминированием 2,3,7,8-тетрахлордibenзодioxина, предполагающие связь загрязнения с применением ПХФН. Атмосферный перенос сухим и влажным выпадением является основным путем поступления СОЗ от вторичных источников, существующих на территории региона.

Persistent chlorinated organic compounds in the lakes ecosystems of Arkhangelsk region. A.F. Troyanskaya. The levels of lipophilic bioaccumulated chlorinated organic compounds in the sediments of the small lakes not subjected to anthropogenic influence are determined using sum parameters EOX, EOX_{pers}. POPs in the sediments are caused by the atmospheric transfer from the territory contaminated by sodium pentachlorophenolate.

СУКЦЕССИЯ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛАНДШАФТА И ГЕНЕЗИСА ОЗЕРНОЙ КОТЛОВИНЫ

А.В. Черевичко

Псковское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, г. Псков, Россия, acherevichko@mail.ru

Лимнологическими исследованиями показана важная роль ландшафтов в формировании водных экосистем. Поэтому перспективно развитие ландшафтного подхода к изучению водоемов и их сообществ. Это позволяет целостно охарактеризовать особенности водных сообществ, в том числе зоопланктона, с учетом специфики водосбора и генезиса территории.

Псковская область занимает Северо-Западную часть Восточно-Европейской равнины. Современный облик рельефа территории создан Валдайским ледником и характеризуется хорошей сохранностью ледниковых и водно-ледниковых форм рельефа, молодостью гидрографической сети. Изучение вопросов генезиса и эволюции озер Псковской области было выполнено в 60–70-е гг. прошлого века (Лесненко, Абро-сов, 1973).

Цель работы: определить особенности структурной организации и направления сукцессий зоопланктона озер разных ландшафтов Псковской области. Характер и направление сукцессии озерных экосистем, как правило, изучают методом сравнения ряда разнотипных водоемов, имеющих приблизительно одинаковый возраст и происхождение, но различных по скорости сукцессии в системах озеро/водосбор (Трифонова, 1990). При этом трофический тип озера понимают как этап эволюции – стадию сукцессии экосистемы.

В основу работы положены результаты исследований (автора и фондовые материалы Псковского отделения ГосНИОРХ), характеризующие зоопланктон трех относительно крупных водоемов разных ландшафтов Псковской области: Алё (площадь 13,2 км², холмисто-моренная возвышенность), Жижицкое (площадь 58,6 км², зандровая равнина) и Полисто (31,6 км², озерно-ледниковая равнина), а так же ряда малых озер (площадь менее 0,3 км²) указанных ландшафтов (Заозерие, Круглое, Долгое, Кашино, Плотночно и др.).

По показателям зоопланктона наибольшей трофностью отличаются озера, расположенные среди зандровых равнин. Видовое разнообразие, удельное число доминантов и количественное развитие зоопланктона, соотношение таксономических групп в общей биомассе сообщества, коэффициент трофии – все эти показатели соответствуют таковым для эвтрофных водоемов. Более глубокие озера, расположенные на холмисто-моренной возвышенности, по структурным показателям зоопланктона

можно отнести к мезотрофным водоемам, а по величине коэффициента трофии – к слабозвтрофным водам. Структурные показатели зоопланктона остаточных озер озерно-ледниковых равнин не однозначны и свидетельствуют об их дистрофикации.

В целом, выявлено, что олиготрофно-эвтрофная сукцессия озер идет быстрее на зандровых ландшафтах, чем на холмисто-моренных. В условиях озерно-ледникового рельефа для остаточных озерных котловин уже с мезотрофной стадии развития может начаться дистрофикация водоема. Состав и структура зоопланктона и, соответственно, направление сукцессии сообществ непосредственно зависят от ландшафта и генезиса территории и, в свою очередь, могут служить одним из индикаторов сукцессионной стадии водной экосистемы.

Dependence of lakes zooplankton succession on terrain and lake basin genesis. A.V. Cherevichko. Particular qualities of zooplankton structure in some large and small lakes of different landscapes of the Pskov region (Russia) were studied. It was revealed that zooplankton structure and its succession rate were determined by the type of relief and terrain genesis.

**БИОГЕОХИМИЯ ЦИКЛА УГЛЕРОДА В ВОДНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ:
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ**

**Л.С. Широкова¹, И.С. Иванова¹, С.А. Игловский¹, М.Ю. Гофаров¹,
Р.М. Манасыпов¹, С.А. Забелина¹, Эммануэль Жерар³,
Лена Лекур³, О.С. Покровский^{1,2}**

¹ *Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН,
г. Архангельск, Россия, LShirocova@yandex.ru,*

² *Géosciences Environnement Toulouse (GET) Обсерватории Миди-Пиреней
(Observatoire Midi-Pyrénées), Тулуза, Франция*

³ *Institut de physique du globe de Paris (IPGP), Институт физики Земли, Париж,
Франция*

Известно, что ведущая роль в глобальных изменениях природной среды принадлежит процессам биогеохимического цикла углерода. Тундровые ландшафтные комплексы имеют важнейшую климаторегулирующую функцию на биосферном уровне, однако она до сих пор не учитывается должным образом при составлении глобальных моделей климатических изменений и углеродного баланса. В частности, в районах Большеземельской и Малоземельской тундры характерной ландшафтной особенностью является обилие озер. Эти малые водные объекты, покрывающие до 80 % площади водосборов, своим происхождением обязаны мерзлотным процессам, происходящим в почве: в результате вытаивания мерзлоты образуются депрессии, западины, отрицательные формы рельефа, со временем приводящие к образованию термокарстовых озер.

Проведенные рекогносцировочные полевые работы в Большеземельской тундре в районе г. Нарьян-Мара, включающие в себя гидрохимические, микробиологические и гидробиологические исследования, продемонстрировали экспоненциальную зависимость физико-химических параметров среды от размера водного объекта (торфяные просадки, лужи, маленькие озера, сформировавшиеся термокарстовые озера). В ходе работы, посвященной изучению биогеохимических особенностей термокарстовых озер в процессе их развития, был проанализирован элементный состав вод термокарстовых озер с различной площадью поверхности. Выявлены несколько групп химических элементов, которые отражают развитие изученных водоемов. Общая тенденция происходящих изменений заключается в снижении растворенного органического углерода (РОУ), Fe и концентраций многих малоподвижных микроэлементов в процессе развития экосистемы озера и увеличении его размера, которая, скорее всего, связана с выщелачиванием торфа на границе озера и гетеротрофным поглощением РОУ в толще воды. Сущест-

венного фракционирования редкоземельных элементов между водой озер, рек и субстратов (мха и торфа) не обнаружено. Полученные результаты находятся в качественном согласии с наблюдениями на севере Западной Сибири.

На примере лабораторных опытов с субстратами из термокарстовых озер Большеземельской тундры и гетеротрофных бактерий были промоделированы процессы деградации растворенного органического вещества, полученного выщелачиванием торфа различной глубины залегания при различных температурах. Микроэлементы продемонстрировали разное поведение в зависимости от бактериальной активности. Биологически-ускоренная трансформация железо-органических коллоидов приведет к их обеднению растворенным органическим углеродом и обогащению железом; это может вызвать дополнительный вынос этого важного микронутримента в речные и прибрежные воды Арктического бассейна. Кроме того, проведенные лабораторные эксперименты в микроскопах позволили оценить влияние цианобактерий на поведение растворенного органического углерода и микроэлементов в термокарстовых озерах в ходе таяния вечной мерзлоты в условиях массового развития фитопланктона. В целом, комплексные экспериментальные работы по выявлению роли бактерий в миграции углерода и металлов в различных субстратах тундры позволили выявить основные физико-химические и биотические факторы, контролирующие биогеохимические процессы тундровых и субарктических водных ландшафтов.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 15-17-10009 «Эволюция экосистем термокарстовых озер Большеземельской тундры в контексте климатических изменений и антропогенной нагрузки: натурные наблюдения и экспериментальное моделирование».

Biogeochemistry of carbon cycle in aquatic ecosystems of Bolshezemelskaya tundra: experimental approach and field studies. L.S. Shirokova, I.S. Ivanova, S.A. Iglovsky, M.Yu. Gofarov, R.M. Manasypov, S.A. Zabelina, Emmanuelle Gerard, Lena Lecourt, O.S. Pokrovsky. On-site bio-geochemical and hydrochemical studies of lakes, depressions, thaw ponds, rivers and underground waters revealed complex picture of main hydrochemical parameters depending on the nature of substrate (peat versus mineral deposits), the proximity to the large river (Pechora) and to the arctic coast, and the stage of lake development.

II

СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ. АВТОТРОФНЫЙ УРОВЕНЬ: ФИТОПЛАНКТОН, ФИТОПЕРИФИТОН, МАКРОФИТЫ, МИКРОФИТОБЕНТОС

STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF LAKE ECOSYSTEMS. AUTHOTROPHIC LEVEL: PHYTOPLANKTON, PHYTOPERIPHYTON, MACROPHYTES, MICROPHYTOBENTHOS

INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE BIOTIC INTERACTIONS AND REGIMES IN ECOSYSTEM OF SHALLOW SALINE LAKE

M.S. Golubkov

Zoological Institute RAS, St. Petersburg, Russian Federation, golubkov_ms@mail.ru

Macroalgae/macrophyte-dominated ecological regime is often considered as highly desirable state of shallow lake ecosystem in ecological management of eutrophic waters due to higher water quality (clear water, low cyanobacteria biomass, etc.) as compared to phytoplankton-dominated ecological regime. However, mechanisms of establishment of this regime especially in naturally driven ecosystem are not fully understood.

Studies were conducted in August 2004, and in April, August and December 2005 on Lake Tobechikskoe. It is one of the largest saline lakes of Crimea Peninsula (Black Sea). The lakes of this type form from marine lagoons and are characteristic waterbodies along the sandy coasts of Black Sea. They feed by sea-water and are separated from the sea by spits. The lake is shallow with an average depth of about one meter.

The periodic domination of benthic macroalgae or phytoplankton was related to climatic fluctuation and correlates with the index of North Atlantic Oscillation (NAO). The Positive NAO index shows a stronger than usual subtropical high pressure center and a deeper than normal Icelandic low and corresponds to cyclonic windy and rainy conditions. The negative NAO index phase shows a weak subtropical high pressure and a weak Icelandic low and results in anti cyclonic conditions and relatively sunny weather in the temperate zone of Europe. In stormy years wind resuspension in spring is high and

as a result the water transparency is low in European shallow lakes. This leads to light limitation of benthic algae growth at the bottom of the lakes. In 2004 this index was positive in 2005 – negative; due to this in 2005 annual air temperature was higher in comparison of 2004. It led to almost double increase of water salinity in 2005. As a result predatory *Gammarus aequicauda* disappeared from the top trophic level of lake ecosystem. It promoted great population growth of large grazer *Artemia urmiana* in plankton. Strong negative relationships between primary production of phytoplankton and biomass of *A. urmiana* were found in Lake Tobeichiskoe showing top-down effect of *A. urmiana*. This factor in combination with competition for nutrients between phytoplankton and bottom filamentous algae is supposed to be responsible for establishment of macrophyte-dominated ecological regime in Lake Tobeichiskoe in 2005. Therefore, climatic fluctuation may be one of the main factor bring to regime shifts in ecosystem of shallow saline waterbodies.

This study was supported by a grant by the Russian Foundation for Basic Research (№ 14-04-00207 A).

CHAOS IN PLANKTON COMMUNITIES OF THE NAROCH LAKES

**A.B. Medvinsky¹, B.V. Adamovich², E.V. Lukyanova², T.M. Mikheyeva²,
N.I. Nurieva¹, N.P. Radchikova³, A.V. Rusakov¹, T.V. Zhukova⁴**

¹*Institute of Theoretical & Experimental Biophysics, Pushchino, Russia,
medvinsky@iteb.ru*

²*Biology Faculty, Belorussian State University, Minsk, Belarus,
belaqualab@gmail.com*

³*Belorussian State Pedagogical University, Minsk, Belarus,
nataly.radchikova@gmail.com*

⁴*Naroch Biological Station, Belorussian State University, Naroch, Belarus,
tvzhukova@tut.by*

Irregular oscillations of population abundance were hypothesized to be at least partially driven by an intrinsic mechanism (such as deterministic interactions between species) known as “deterministic chaos» (Solé, Bascompte, 2006). Recent attempts to find chaotic regimes in the wild have been resulted in the conclusion that a great majority of populations live at a boundary between chaotic and regular dynamics, i.e. on the edge of chaos (Turchin, 2003). We report here (see also Medvinsky et al., 2015) that chaos can emerge far away from the edge of chaos. Namely, we show that the plankton dynamics in the Naroch Lakes exhibit chaos with the horizon of predictability of around 2.5 months, and the dominant Lyapunov exponent equals approximately 0.4, thus lying out of the narrow interval between -0.1 and +0.1 characteristic of living at the edge of

chaos. We also demonstrate that the second order Renyi entropy of the plankton biomass fluctuations can be considerably greater than the values of the dominant Lyapunov exponents. It implies that the qualitative description of the chaotic plankton dynamics in the Narocho Lakes requires a four- or higher dimensional phase space. In other words, interspecific interactions across trophic levels (for example between fish, zooplankton, phytoplankton and bacterioplankton) can significantly contribute to the emergence of chaos far away from the edge of chaos.

Medvinsky A.B., Adamovich B.V., Chakraborty A., Lukyanova E.V., Mikheyeva T.M., Nurieva N.I., Radchikova N.P., Rusakov A.V., Zhukova T.V. (2015) Ecological Complexity, v. 23, p. 61-67.

Solé R.V., Bascompte J. (2006) Self-Organization in Complex Ecosystems. Princeton: Princeton University.

Turchin P. Complex Population Dynamics: A Theoretical/Empirical Synthesis. Princeton: Princeton University.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 16-31-00403 мол_а)

USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) MODEL TO PREDICT HARMFUL ALGAL BLOOM (HAB) DEVELOPMENT

T. Nguyen-Quang, K. Hushchyna, K. McLellan, M. Nadeem

Dalhousie University, Nova Scotia, Canada, tri.nguyen-quang@dal.ca

In many watercourses around the world including in the United States and Canada, harmful algae including blue-green algae (or cyanobacteria) were recently blooming and surprisingly increasing at a large scale without any good understanding or explanation about their causes and effects. The algal growth has been normally explained by relationships between nutrient levels, water temperature, and other physical conditions such as light intensity, wind effects and flow circulation. An optimal combination of all these factors could lead to a blooming pattern and a large scale proliferation of harmful algal species.

Field experiments are extremely necessary to elucidate various factors that affect algal blooms and their proliferation. However, factors that can be determined in field experiments are limited, costly and time consuming. Moreover, these factors cannot represent their combining effects on the algal growth. Therefore, we would use the mathematical approach to deal with the coupling effects of governing parameters in the bloom occurrence and proliferation. We determine the key factors which govern the algal dynamics and

establish an algal response model which can effectively simulate the timing and magnitude of algal blooms.

The mathematical approach we used is the Artificial Neural Network (ANN) to model the nonlinear relationships between environmental factors and algal blooms in Mattatal Lake (*ML, Canada*). Inspired by the biological nervous system and artificial intelligence (McCulloch and Pitts, 1943), the ANN applied in our simulation consists of a large number of simple processing elements that are variously called neurons or nodes. Each neuron (node) is connected to other nodes by means of direct communication links, each with an associated weight function. These functions represent information being used the net to solve the problem. We suggest the back-propagation multi-layer neural network, including three layers: input layer (Data observations), hidden layer(s) (intermediate nodes) and output layer (conclusions). Good input can substantially improve model performance.

Our study is based on a set of five main parameters for the input sets: 1) Total Phosphorus (TP); 2) Nitrates; 3) Dissolved Oxygen (DO); 4) Water temperature; and 5) pH. The only output Y in this first step model is the quantity of Chlorophyll-a, representing the growth of algae. Five input nodes represented by variables $X_i=1$ to 5 stand for these five main parameters. The design of this experiment used random sampling to cover all equation surfaces. Data collected in two years will be summarized in the input table and will be used to design the ANN model. In fact, we did use a data set with more than hundred points to train and validate the model. The below table is an example showing different values among dataset under the form of inputs/output we used for our simulation by ANN.

Table. Example of input and output data used in the ANN model

Inputs X_1 to X_5					Output
Total phosphorus (mg/l)	Nitrate + Nitrite (mg/l)	pH	DO (mg/l)	Temperature ($^{\circ}$ C)	Chlorophyll-a (μ g/l)
0,858	0.26	7.18	10.39	17.47	1.60
0,066	0.16	7.18	10.38	17.42	1.56
...	...	...	...	...	...
0,198	0.44	7.15	10.97	17.40	3.11

In this research, we present some preliminary predictive results of the mathematical simulation based on data we obtained from two years 2015–2016 on ML. The simulation results show that when TP is increased, the concentration of Chlorophyll-a slowly increases. For example once the value of TP surpasses 0.25 mg/l, the concentration of Chlorophyll-a increases fairly sharply. Once the TP value is over 0.7 mg/l, the Chlorophyll-a value plateaus

at 90 $\mu\text{g/l}$. Nitrates do not have as fast an effect on the Chlorophyll-a as TP does. The concentration of Chlorophyll-a increases slowly until the value of Nitrate is 0.6 mg/l. At this point, the value of Chlorophyll-a increases at a steeper slope until Nitrate reaches 1.6 mg/l. If the temperature goes beyond 30 °C, the Chlorophyll-a decreases and tends to zero when temperature reaching 35°C. When the temperature decreases to the low values less than 11°C, there is a sharp decrease in the value of Chlorophyll-a. As the value of DO is increased, the Chlorophyll-a concentration slowly decreases. Once the value of DO surpasses 8 mg/l, Chlorophyll-a starts to increase with DO. When the pH value exceeds 7, the Chlorophyll-a concentration sharply increases. This increase stopped once the pH reaches the value of 9, and once that value is exceeded, the Chlorophyll-a concentration slightly decreases to a plateau of 80 $\mu\text{g/l}$. As both TP and DO are increased, the concentration of Chlorophyll-a increases as well.

We can conclude that mathematical models therefore have many advantages for studying coupled effects with parameters that are more realistic: nutrients, light and temperature. Acquiring sufficient data is as important in both developing predictive models as well as making accurate predictions. Microalgae dynamics modelling is considered an effective tool for complementing the limitations of field and laboratory experiments, and is an approach that can be used at a minimal cost. However, we need to continue more sampling next several years for a complete database of ML as well as to build other independent databases in other lakes for the good external validations of the model, and for a more advanced model of the prediction and prevention of HAB problem.

THE HIGHER WATER VEGETATION OF THE KUCHURGAN RESERVOIR – THE COOLING POND OF THE MOLDAVIAN POWER STATION

E.N. Philipenko

T.G. Shevchenko Transnistria State University, 25th October Street 128, MD 3300, Tiraspol, Pridnestrovie, Republic of Moldova, zoologia_pgu@mail.ru

In the period of 2010–2012 we have defined in the water an riparian flora of the Kuchurgan cooling pond 66 species of higher plants, belonging to 25 families, up to the present day the list was supplemented with up to 100 species (37 families). Among the water flora is represented by 14 species from 10 families: Ceratophyllaceae (*Ceratophyllum demersum* L.), Hydrocharitaceae (*Hydrocharis morsus-ranae* L., *Vallisneria spiralis* L.), Butomaceae (*Butomus umbellatus* L.), Lemnaceae (*Lemna minor* L., *Lemna trisulca* L.), Najadaceae (*Najas marina* L.), Poaceae (*Phragmites australis* (Cav.)), Potamogetonaceae (*Potamogeton crispus* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L.), Salviniaceae (*Salvinia natans* (L.) All.), Typhaceae (*Typha latifolia* L.), Haloragaceae (*Myriophyllum spicatum* L.).

Out of the 14 species of water macrophytes, according to the classification of V.M. Katanskaya (1981), 8 species refer to the submerged hydrophytes, 3 species to the floating hydrophytes (freely-floating and with floating leaves) and 3 species to the halophytes (with rising above the water level stems and leaves).

Among the macrophytes of the Kuchurgan reservoir considerable massive development was observed in the spring period (first and second decades of May) of the curly pondweed *P. crispus*.

The intensity of the overgrowing achieves levels that it creates a barrier not only for the normal water exchange of the pond, but also to the passing of the motorboats. The overgrowth of the curly pond weed is observed in considerable proportions on the open water areas of the lower and upper parts of the reservoir – about 80 % of the water surface. In winter period the curly pondweed dies and falls in large quantities to the bottom of the cooling pond stimulating its eutrophication.

In the spring period the shore of the pond is overgrown in-between the reeds and reedmace the dominant forms are the spiked water-milfoil *M. spicatum*, soft hornwort *C. demersum*, as well as fennel pondweed *P. pectinatus* which occupy the most parts of the water volume; and only the inflorescence of the hornwort appear above the water level. In the summer period an active part in the overgrowing of the pond is played by the soft hornwort, fennel pondweed, spiked water-milfoil and tape grass *V. spiralis*, and with a small participation the perfoliate pondweed *P. perfoliatus*.

In August in the riparian sides of the reservoir, among the thick portions of the reeds, there appear a number of “windows» which are overgrown by the floating fern *S. natans* introduced into the Red List of Pridnestrovye. At this period of the year there is an active growth of the common frogbit *Hydrocharis morsus-ranae* and lemna: *L. minor* and *L. trisulca*.

Dominating among the hard leaf surface vegetation of the Kuchurgan reservoir is the common reed *Phr. australis*. The degree of the distribution of the reed on the bank line of the reservoir is not uniform. The more dense are the upper levels of the reservoir, which is the narrowest part of the reservoir and is wholly overgrown with reeds. The width of the overgrowths achieves about 1000–1500 meters.

The lower levels of the reservoir, especially its shore line is covered with reeds in a reduced proportion than in the upper and in a higher proportion than the middle parts. The width of the overgrowth is an average of 35–40 meters. The density of the overgrowth of the shore line by the common reed in average for the whole reservoir is about 50–70 plants/m². Within the reed parts there are portions of small area of the broadleaf cattail *T. latifolia* with a surface up to 40 square meters. The cattail portions do not play a considerable role in the overgrowing of the reservoir.

According to the space photos provided by the Google Maps a map was drawn by us of the Kuchurgan reservoir with the overgrowth zones of the vegetation with hard leaves. With the help of the application program MATLAB the obtained map was processed and the surface of the overgrowth was calculated. The computer data provided that the surface of the common reed overgrowth of Kuchurgan reservoir is 498 ha, that is 19 % of the total surface of the reservoir-cooling pond.

EFFECT OF SALT STRESS ON PROLINE ACCUMULATION, MEMBRANE STABILITY AND PHOTOSYNTHETIC ABILITY IN INVASIVE SPECIES *ELODEA CANADENSIS* (MICHX.)

M. Savicka, A. Petjukevičs, A. Batjuka, N. Škute

Daugavpils University, Daugavpils, Latvia, marina.savicka@du.lv

A wide range of environmental stresses (such as high and low temperature, drought, alkalinity, salinity, UV stress and pathogen infection) are potentially harmful to the plants. Human activities can induce salt accumulation in irrigated soils, the discharge of high salinity waters and fluctuating salinities in aquatic ecosystems. According to the climatic models, global warming will lead to a sea-level rise and logically will enhance sea water intrusion into coastal marshes and will increase water salinization. Water salinization affects the physiological and biochemical processes, productivity and viability of plants.

Widespread waterweed *Elodea canadensis* (Michx.) is the only established species of the genus *Elodea* being a successful invader in different water bodies and streams of Latvia. The task was to research oxidative processes in aquatic plant model (*E. canadensis*) under different salinity levels (0 (control), 10, 25, 50 or 100 mM NaCl). The chlorophyll degradation and membrane stability in the salt stressed plants were positively related to NaCl concentration in the water. Chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and total chlorophyll concentrations in the salt stressed leaves significantly dropped, depending on salt treatments except total carotenoids content. The chlorophyll degradation in both cultivars was progressively correlated with maximum quantum yield of PSII (Fv/Fm). Proline might play a critical role in protecting plants under stress. Preliminary study of proline accumulation under salt stress showed that content of proline increased and remained high with increasing salinity levels. Possibly the membrane disruptions induced by moderate salinity were alleviated by proline in *E. canadensis*. However, the electrolyte leakage significantly increased after long-term 100 mM NaCl stress exposure, despite of high proline content.

This study has been supported by the National Research Programme 2014-2017 „EVIDEnT» sub-project 1.4. “Functioning of food-webs».

THE LINEAR MODELS (ARIMA) IN THE INVESTIGATION OF LONG-TERM SESTON DYNAMICS

**T.V. Zhukova¹, N.P. Radchikova², T.M. Mikheyeva³,
A.B. Medvinsky⁴, B.V. Adamovich³**

¹*Naroch Biological Station, Belarusian State University, Naroch, Belarus,
tvzhukova@tut.by*

²*Moscow State University of Psychology and Education,
Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow,
Russia, nataly.radchikova@gmail.com*

³*Belarusian State University, Minsk, Belarus*

⁴*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Pushchino, Russia,
medvinsky@iteb.ru*

The Naroch lakes are the system that consists of three different trophic water bodies with a common catchment area and are the object of long-term hydro-ecological monitoring observations. The hydro-ecological observations conducted at various stages of the evolution of Naroch lakes ecosystem (1978–2012) including harsh external influences (the implementation of environmental rehabilitation program and the invasion of mass-scale reproduction of the Ponto-Caspian water-filtering mollusk, the zebra mussel *Dreissena polymorpha* Pallas) allow estimating the dynamics of seston concentration as one of the key components of water ecosystem. The dynamics obtained could be used for the evaluation of the occurred changes. It could be also used as the basis for prediction of numerical parameters of ecosystem functioning.

To determine the pattern of seston concentration dynamics and for the prediction of seston concentration an autoregressive integrated moving average model (ARIMA) was used. Fourier analysis was applied to determine the seasonal component.

The results of the calculation of mean absolute relative error (mean absolute value of relative error) for different time periods enable us to determine the best fitted linear models. It turned out that for 1990 – 2012 and for 1985 – 1999 forecast for Lake Batorino and Lake Myastro the models with intervention at 1990 have the least error values and, thus, appear to be the best. Similar analysis for Lake Naroch shows that for 1990/91 – 2012 and for 1985 – 1999 forecast the best model is also the model with intervention, and besides, the year of intervention (1990/1991) does not matter.

The advantage of models with intervention in 1990 for Lake Maystro practically vanishes when only the data for the last ten years are taken into account. For this time period the models that contain only seasonal component are as effective as the models with seasonal component and intervention. The models that assume the existence of a trend are characterized by significantly less predictive power because they give higher errors.

The data also show that for the last ten years all models are of equal effectiveness for Lake Naroč. In this way, to describe the dynamics of seston concentration in Lake Naroč it is equally plausible to use models only with seasonal component and models with seasonal component and intervention.

Only for Lake Batorino for the mentioned above period (from 2003 till 2012) the models with intervention appeared to be the best. The models that assume only seasonal component give greater errors. This could be interpreted as the evidence of continuing influence of harsh intervention the main response to which occurred in 1991. This could be also interpreted as the evidence that different ecosystems have different response time to interventions. Lake Batorino is the first lake in the system and, therefore, was affected earlier than the other lakes by nutrient load decrease and *Dreissena* invasion. Since Lake Batorino is the smallest lake among all three Naroč lakes and has the shortest period of water exchange it may be supposed that its long-lasting reaction to intervention is connected with its initially observed eutrophic status, and, as a result, a longer period of stabilization after the intervention.

In such a way, the results of time series analysis show that the intervention characterizes each of the Naroč lakes: besides the natural seasonal fluctuations there was relatively strong disturbance that led to quick decrease not only in seston concentration but in seston fluctuation variance as well. The main response to this event occurred in 1991 for Lake Batorino and Lake Myastro, and in 1990 and 1991 for Lake Naroč.

Sufficiently high error values for all models even for short time intervals (2003–2012) and additional analysis of multiple-step ahead forecast show that even the best linear model could not give the prediction with acceptable accuracy even for one step ahead. This allows us to conclude that ARIMA models give a opportunity to characterize changes the lake functioning but they are ineffective for prediction purposes.

ФИТОПЛАНКТОН И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕР ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ (РОССИЯ)

О.П. Баженова

*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина,
г. Омск, Россия, olga52@bk.ru*

В пределах Омской области располагается среднее течение р. Иртыш, часто эту территорию называют Омское Прииртышье. Северная часть региона относится к лесной зоне, обилие озер и сосновых боров способствуют созданию здесь зон отдыха, охотничьих угодий и пр. Расположенные здесь озера подвергаются повышенной рекреационной нагрузке. В связи с планируемым развитием туризма в регионе антропогенная нагрузка на озера будет возрастать, что может привести к неблагоприятным экологическим последствиям.

Цель работы – оценить экологическое состояние некоторых озер лесной зоны Омского Прииртышья по показателям фитопланктона.

Пробы фитопланктона отобраны в 2013–2015 гг. в шести озерах: Данилово, Ленево, Щучье, Шайтан, Петровское, Черное. Обследованные озера значительно различаются по ряду показателей. Трофический статус озер, установленный по биомассе фитопланктона, колеблется от олиготрофно-мезотрофного до политрофного. Оз. Петровское по происхождению относится к старичным и сильно эвтрофировано, вблизи него находится крупное село. Происхождение остальных озер неясное, вероятно, они являются просадочно-суффозионными. Оз. Шайтан в процессе естественного эвтрофирования достигло «цветения» воды и выраженного заболачивания. Озера Данилово, Ленево, Щучье интенсивно используются в рекреации, и только оз. Черное, расположенное в труднодоступной таежной местности, избежало антропогенного воздействия.

Фитопланктон обследованных озер богат и разнообразен, в его составе найдено 328 ВРФ из 9 отделов: Cyanoprokaryota – 44, Euglenophyta – 23, Dinophyta – 10, Cryptophyta – 2, Chrysophyta – 19, Bacillariophyta – 37, Xanthophyta – 5, Chlorophyta – 149, Streptophyta – 39. Впервые найдены в регионе 31 ВРФ, среди них преобладают Chrysophyta (6 ВРФ) и Streptophyta (13 ВРФ).

В таксономической структуре фитопланктона озер, за исключением оз. Черного, лидируют зеленые водоросли. Ярко выраженный хлорофитный характер фитопланктона соответствует типичным эвтрофным лесным озерам. Наименьшее видовое богатство фитопланктона характерно для олиготрофно-мезотрофного оз. Черного, наибольшее отмечено в оз. Ленево, которое после нескольких лет интенсивной рекреации скачком перешло из олиготрофного в эвтрофное состояние (Баженова,

2015). Низкий уровень видового богатства характерен для высокоэвтрофного заболоченного оз. Шайтан (таблица).

**Таблица. Таксономический состав фитопланктона
лесных озер Омского Прииртышья**

Отдел	Число видовых и внутривидовых таксонов					
	Петровское	Шайтан	Данилово	Ленево	Щучье	Черное
Cyanoprokaryota	29	18	20	27	29	8
Euglenophyta	19	7	6	8	5	2
Dinophyta	3	0	3	9	1	2
Cryptophyta	1	1	1	2	2	0
Chrysophyta	8	0	5	15	3	6
Bacillariophyta	6	6	9	31	7	12
Xanthophyta	4	0	0	0	1	1
Chlorophyta	90	32	44	96	83	9
Streptophyta	4	3	12	19	12	9
Всего	164	67	100	207	143	49

Во всех озерах, кроме оз. Черного, летом отмечается высокая численность цианобактерий, среди которых найдены потенциально токсичные виды. Критического уровня численности (20 млн кл./л) эти виды достигают в оз. Петровское.

Таким образом, с возрастанием трофического статуса и антропогенной нагрузки видовое богатство фитопланктона в озерах увеличивается, а при достижении высокой степени эвтрофирования и ярко выраженном «цветении» цианобактериями – уменьшается. Обилие потенциально токсичных видов цианобактерий требует особого внимания при планировании туризма. Большинство озер в регионе находятся в состоянии естественного эвтрофирования, но в последнее время под влиянием деятельности человека, и особенно рекреации, этот процесс значительно ускорился, что требует описания структуры и функционирования экосистем в изменившихся условиях. Для расчета допустимой рекреационной нагрузки рекомендуется оценить экологическое состояние водоема и направление происходящих в нем процессов.

Phytoplankton and ecological status of Omsk Priirtyshye forest area lakes (Russia). O.P. Bazhenova. The author makes an ecological state assessment of the forest lakes of Omsk Priirtyshye on phytoplankton indicators. Lakes phytoplankton is abundant and varied. With growing anthropogenic load the abundance and species wealth of phytoplankton increases and then decreases in the lakes. The high level of recreational load and the abundance of potentially toxic cyanobacteria require special attention to tourism planning.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИТОПЛАНКТОНА В ОЗЕРАХ ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА

Е.Ю. Воякина

ФГБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической
безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, katerina.voyakina@gmail.com

Изучение планктонных сообществ – одно из важных направлений гидробиологии. Структурно-функциональные показатели фитопланктона широко используются для индикации состояния водных экосистем. В работе рассматриваются особенности сезонной динамики пространственного распределения структуры фитопланктона и хлорофилла *a* в озерах о. Валаам.

Валаамский архипелаг расположен в северо-восточной части Ладожского озера. Площадь архипелага – 36 км². Работа проводилась на 11 озерах о. Валаам, в большинстве своем сохраняющих естественный режим функционирования. Озера различаются по ряду лимнологических параметров. Площади исследованных озер варьировали от 0,3 до 80,5 га, максимальные глубины от 1,7 до 19,0 м. Максимальные градиенты были характерны для рН (от 4,0 до 8,6) и цветности (от 40 до 296 Pt-Co°).

Интегральные пробы фитопланктона отбирали батометром через 0,5–1,0 м в зависимости от глубины станции, фиксировали кислым раствором Люголя. Параллельно отбору проб проводили исследования основных лимнологических параметров. В ряде озер в июле-августе 2011 и 2013 гг. были проведены исследования суточной динамики вертикального распределения структуры фитопланктона и хлорофилла.

В фитопланктоне озер Валаамского архипелага было обнаружено 306 таксонов рангом ниже рода из девяти отделов. Структура фитопланктона существенно варьировала от озера к озеру.

Озера о. Валаам, расположенные на небольшой территории в пределах одного ландшафта значительно различались по видовому составу, соотношению таксономических групп водорослей и уровню вегетации фитопланктона. Численность фитопланктона колебалась от 0,1 до 676,6 млн кл./л, биомасса – от 0,1 до 105,2 мг/л. В большинстве озер по численности доминировали синезеленые, а по биомассе – рафидофитовые водоросли. Наибольшее значение рафидофитовые имели в полигумсном оз. Витальевское. В кислых озерах зеленые водоросли создавали основную биомассу на протяжении всего периода исследования. В большинстве озер в планктоне чаще всего доминировали виды: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Born. Et Flah., *Limnithrix planctonica* (Woiosz.) Meffert., *Planktolynghya limnetica* (Lemmerm.) Komark.-

Legn. & Cronberg, *Gonyostomum semen* (Ehr.) Diesing. В кислотных озерах активно вегетировали виды родов *Cryptomonas* Ehr. и *Chroomonas* Hang., а также *Elakatothrix genevensis* (Reverd.) Hind., *Oocystis lacustris* Chod.

За период исследования в 2011–2015 гг. концентрация хлорофилла *a* варьировала в озерах в широком диапазоне (от 0,87 до 109,2 мкг/л), среднемноголетнее значение было равным 25,0 мкг/л.

Содержание различных видов хлорофиллов в озерах Валаама, значительно варьировало как от озера к озеру, так и в течение сезона. Показано, что в течение периода исследования в большинстве озер значительно различаются данные, полученные для проб из поверхностных горизонтов и интегральных, что, безусловно связано с прогревом воды и температурной стратификацией. За период исследования минимальные значения хлорофилла *a* были отмечены в поликислотном оз. Германовское, максимальное – в оз. Витальевское.

Подробные исследования динамики вертикального распределения структурно-функциональных параметров проводили в июле-августе на трех озерах Валаамского архипелага (оз. Сисиярви, Игуменское и Черное). Концентрация хлорофилла в ходе суточного эксперимента изменялась на всех горизонтах наблюдения. В оз. Сисиярви в это время в планктоне доминировали цианобактерии, в основном *Aphanizomenon flos-aquae* и виды рода *Anabaena*. В течение суток концентрация хлорофилла *a* варьировала от 0,48 до 7,83 мкг/л.

В августе в стратифицированных озерах Игуменское и Черное в планктоне доминировал *Gonyostomum semen*. В течение суток по столбу воды концентрация хлорофилла *a* изменялась в очень широком диапазоне: от 2,11 до 34,84 мкг/л (оз. Игуменское) и от 1,02 до 22,82 мкг/л (оз. Черное). Максимальные значения были отмечены в придонных горизонтах.

Features of spatio-temporal and vertical distribution of structure and functional phytoplankton characteristics in lakes of the Valaam archipelago.

E.Ju. Voyakina. The study was focused on the structure of phytoplankton of lakes of Valaam islands. The phytoplankton biomass varied from 0,1 to 105,2 g m⁻³ in the different lakes. Raphidophyta was the dominant group of phytoplankton in the majority of lakes. The chlorophyll *a* concentration varied over a wide range (0,87 до 109,2 mkg/l). Vertical structure of phytoplankton was investigated in some lakes.

ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МАЛЫХ ОЗЕРАХ О. ВАЛААМ

Е.Ю. Воякина¹, И.В. Семадени²

¹ФГБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, katerina.voyakina@gmail.com

²РГГМУ, г. Санкт-Петербург, Россия, faikersaionji@gmail.com

Данные по первичной продукции и деструкции широко используют для оценки трофического статуса водоема, степени эвтрофирования и качества природных вод. В работе рассматриваются особенности продукционно-деструкционных процессов малых озер о. Валаам. Валаамский архипелаг расположен в северной глубоководной зоне Ладожского озера, наименее подверженной влиянию вод притоков. Работа проводилась на 11 малых озерах о. Валаам, сохраняющих естественный режим функционирования. Озера различаются по основным морфометрическим и гидрохимическим параметрам. Их площади изменяются в пределах от 0,3 до 80,5 га.

Для определения продукции и деструкции использовали скляночный метод в кислородной модификации. Измерения проводили непосредственно в водоеме на мониторинговых станциях с максимальной глубиной. Кислородные склянки экспонировались от поверхности до дна на горизонтах прозрачности в течение 24 часов. В разных озерах могло быть от трех до восьми горизонтов прозрачности.

Для всех озер о. Валаам были выявлены широкие диапазоны, как скорости фотосинтеза, так и показателей деструкции. Среднемноголетние значения A_{opt} ($1,14 \pm 0,08$ мгО₂/л·сут) и максимальной деструкции ($1,19 \pm 0,07$ мгО₂/л·сут) для всех озер были высокими.

За весь период исследования скорость фотосинтеза была наименьшей в кислых мезотрофных озерах (Германовское, Антониевское, Симняховское), наибольшей – в олигоацидно-нейтральных эвтрофных озерах Лещевое, Никоновское и Оссиёво. В целом за весь период исследования максимальные значения первичной продукции были характерны для оз. Оссиёво ($1,8$ мгО₂/л сут).

Минимальные значения деструкции также наблюдались в оз. Германовское, максимальные – в полигумусном оз. Витальевское. Значительная межгодовая динамика деструкционных процессов была характерна для озер Симняховское, Игуменское и Лещевое. Озера Германовское, Антониевское, Сисиярви отличались значительной межгодовой стабильностью деструкции.

В большинстве случаев (более 90 %) максимальные скорости фотосинтеза приходились на слой воды от поверхности до одной прозрачности, в то же время высокие значения этого параметра встречались

и в придонных горизонтах. Интенсивнее всего процессы деструкции происходили в слое от поверхности до двух прозрачностей (более 80 %), что в большинстве исследованных озер соответствует слою воды до двух метров.

Для исследованных озер характерны высокие концентрации биогенных элементов, особенно в придонных горизонтах. Было показано, что в этих озерах нет лимитирования продукционных процессов содержанием биогенных элементов.

За период исследования (1998–2015 гг.) для всех озер отношение A/R варьировало от 0,52 до 1,35 (оз. Черное). Среднее значение A/R для всех озер было 0,91. В наибольшей степени скорость фотосинтеза превышала деструкцию в мезогумусном олигоацидном оз. Черное, и, наоборот, деструкция превалировала над продукцией в полигумусном олигоацидо-нейтральном оз. Витальевское. В целом за период исследования для всех озер о. Валаам было показано, что в продукционно-деструкционных процессах большее участие принимает аллохтонное органическое вещество.

По индексу трофического состояния (ИТС) в большинстве своем озера Валаамского архипелага относятся к мезотрофным с чертами эвтрофии.

Processes of primary production and destruction in small lakes of the Valaam archipelago. E.Ju. Voyakina, I.V. Semadeni. The processes of primary production and destruction in small lakes of the Valaam archipelago are discussed. The study was carried out on 11 small lakes of the Valaam. long-term average values A_{max} ($1,14 \pm 0,08 \text{ mgO}_2/\text{l}\cdot\text{day}$) and maximum destruction ($1,19 \pm 0,07 \text{ mgO}_2/\text{l}\cdot\text{day}$) were high for all lakes. It was shown that most of the lakes are mesotrophic water bodies with the characteristics of eutrophic (ITS 60–68).

ХЛОРОФИЛЛ «А» КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.Н. Ерина, Л.Е. Ефимова

Московский государственный университет, г. Москва, Россия, tamiblack@yandex.ru

Содержание фотосинтетических пигментов в природных водах является не только косвенным показателем фотосинтетической активности и биомассы фитопланктона, но и общепризнанной характеристикой трофического статуса водоема. При этом использование хлорофилла для оценки состояния искусственных водоемов представляется более обоснованным, чем содержание биогенных элементов. Из-за высокого содержания соединений азота и фосфора в речных системах, формирующих водохранилища, согласно большинству классификаций их часто относят к эвтрофному и даже гипертрофному типу (Даценко, 2004). Однако показано, что при сходном содержании биогенных веществ биомасса фитопланктона и концентрация хлорофилла, как ее косвенная характеристика, позволяют относить такие водоемы к различным трофическим типам (Корнева, Соловьева, 1996).

Объектом настоящего исследования стало Можайское водохранилище – крупнейший водоем Москворецкой системы водоснабжения г. Москвы. Водохранилище было заполнено в 1961 г., имеет полезный объем 220 млн м³. Коэффициент водообмена водоема составляет 1,78 год⁻¹.

В течение летнего периода 2011–2015 гг. проводили отбор проб для последующего определения хлорофилла «а» в различных районах водохранилища. За это время было отобрано и проанализировано около 900 проб воды. Определение проводили стандартным спектрофотометрическим методом в соответствии с ГОСТ 17.1.4.02-90. Одновременно проводили определение содержания растворенного в воде кислорода, общего и минерального фосфора, температуры, электропроводности и прозрачности воды. Проведенные работы и последующие анализы позволили подробно изучить внутрисезонную сукцессию фитопланктона.

Содержание хлорофилла «а» в Можайском водохранилище изменяется от десятых долей мкг/л в весенний период до 150 мкг/л и более в период активной вегетации синезеленых водорослей. При этом максимальными значениями в начале лета характеризуются верховья водохранилища, где велика подпитка биогенными веществами, способствующая развитию фитопланктона. Однако при возникновении благоприятных условий «цветением» может быть охвачен весь водоем. Так, в 2011 и в 2015 гг. в результате сочетания гидрометеорологических условий в водоеме возникали резкие вспышки «цветения», прозрачность воды не

превышала 0,4 м, а средняя концентрация хлорофилла «а» в фотическом слое водохранилища составляла около 80 мкг/л.

При этом вследствие ежегодно возникающей устойчивой плотностной стратификации водоема в летний период содержание хлорофилла крайне неоднородно в вертикальном разрезе. Максимальные значения наблюдаются в поверхностном слое (а в случае подавления развития фитопланктона у поверхности вследствие высокого уровня инсоляции – на горизонте 2–3 м), второй максимум часто наблюдается на верхней границе слоя температурного скачка. Ниже термоклина наблюдается резкое снижение концентрации хлорофилла «а».

Содержание растительного пигмента в водоеме в среднем за вегетационный период составляет 10–40 мкг/л, что позволяет охарактеризовать его как эвтрофное. При этом в годы с отсутствием всплеск «цветения» оно близко к мезотрофному, а в периоды активной вегетации фитопланктона достигает гипертрофного состояния.

Данные оценки совпадают с имеющимися в литературе (Бульон, 1983), что позволяет использовать хлорофилл «а» как объективный показатель биологической продуктивности Можайского водохранилища.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-05-06108 а.

Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ: гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 252 с.

Корнева Л.Г., Соловьева В.В. Структура и распределение фитопланктона водохранилищ Волги // Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки природных вод. Ярославль: Яросл. гос. техн. ун-т, 1996. С. 50–53.

Бульон В.В. Первичная продукция водоемов. Л.: Наука, 1983. 150 с.

Chlorophyll «a» as the Mozhaisk reservoir ecological state indicator.
O. Erina, L.E. Efimova. Detailed observations of chlorophyll «a» content in the water of the Mozhaisk reservoir in 2011–2015 vegetation period shows that its trophic state classified as eutrophic. In summer with active growth of blue-green algae it could be hypertrophic.

МИКРОФИТОБЕНТОС В ЛИТОРАЛИ ОЗЕР НАРОЧЬ И МЯСТРО

А.А. Жукова

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, anna_eco@tut.by

Озера Нарочь и Мясстро входят в систему Нарочанских озер и представляют собой полимиктические водоемы ледникового происхождения. Озера являются природным ядром Национального парка «Нарочанский», имеют важное хозяйственное и рекреационное значение. Достаточно высокая прозрачность воды и большая площадь мелководий определяют хорошие условия для развития бентических продуцентов (Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино, 2015).

Цель работы: оценка структурных и продукционно-деструкционных показателей микрофитобентоса в прибрежных биотопах литорали озер Нарочь и Мясстро.

Пробы собирали в типичных участках литорали, свободных от зарослей макрофитов (таблица 1). Температура воды в период исследования составляла 20–25 °С.

Таблица 1. Описание станций отбора проб на озерах Нарочь и Мясстро

Показатель	Нарочь	Мясстро
Трофический статус водоема	олиго-мезотрофный	мезотрофный
Время проведения исследований	июнь-август 2003–2004	июнь-июль 2011–2012
Тип донного грунта	песок, слегка заиленный песок	
Глубина в месте отбора проб, м	0,5–1,5	0,5–0,6
Плотность донного грунта, г/см ³	1,6–1,9	1,6–1,8
Влажность донного грунта, %	25–29	23–30
Содержание органического вещества в донном грунте, % в сухой массе	0,6–1,1	0,4–1,9

Из каждого биотопа собирали по 10 образцов донного грунта, верхний 1-см слой снимали плоским шпателем и объединяли в интегральную пробу. Перемешанную интегральную пробу разделяли на несколько частей для определения структурных показателей. Хлорофилл определяли в навесках донных отложений естественной влажности (в 3–6 повторностях) спектрофотометрическим методом с экстракцией пигментов в 90-% ацетоне, учитывая вклад феопигментов. Для более полного извлечения пигментов применяли предварительное растирание навески донного грунта в ацетоне. Всего за время исследования в оз. Нарочь обработано 9 интегральных проб, в оз. Мясстро – 11. Продукцию и деструкцию микрофитобентоса определяли методом склянок в кислородной модифика-

ции по разнице изменения содержания кислорода в системе «вододонные отложения» и в придонной воде. Склянки с озерной водой и трубки, содержащие слой придонной воды с донными отложениями, экспонировали в озере на глубине отбора проб или в больших пластиковых емкостях, заполненных озерной водой, при световых и температурных условиях, близких к *in situ*.

Основу видового богатства донной альгофлоры на исследованных станциях составляют диатомовые водоросли (60–86 % от общего числа видов), реже встречаются зеленые водоросли (около 20 %) и цианопрокариоты (4–10 % общего числа видов). Всего в составе микрофитобентоса оз. Нарочь было выявлено 134 вида водорослей (Макаревич, Котова, Грицук, 2004), оз. Мястро – 64 (Жукова, Луцинская, Кость, 2012).

Данные о содержании хлорофилла в донных отложениях и продукционно-деструкционных показателях микрофитобентоса (таблица 2) позволяют предположить, что, несмотря на сходство биотопов, в олигомезотрофном оз. Нарочь условия для развития донных микрофитоценозов более благоприятны в сравнении с мезотрофным оз. Мястро.

Таблица 2. Показатели микрофитобентоса в литорали озер Нарочь и Мястро

Показатель, размерность	Нарочь	Мястро
Содержание хлорофилла*, мг/м ²	67,3±24,9 (38,6–104,1)	26,2±8,2 (14,9–37,4)
Содержание хлорофилла в орг. в-ве, %	0,52±0,15 (0,36–0,75)	0,37±0,11 (0,22–0,52)
Валовая первичная продукция, г О ₂ /(м ² ·сут)	0,91±0,92 (0,06–2,22)	0,61±0,22 (0,34–0,91)
Деструкция, г О ₂ /(м ² ·сут)	0,35±0,14 (0,21–0,61)	0,53±0,25 (0,22–1,02)
САЧ, мг С/мг хлорофилла*	(0,6–28,8)	6,4±4,3 (1,2–13,2)
Р/В-коэффициент, сут ⁻¹	–	0,04±0,03 (0,01–0,09)
Примечание: в таблице приведены средние значения ± стандартное отклонение (минимальное – максимальное значения) для интегральных проб; *хлорофилл-а без поправки на феопигменты (доля феопигментов составляет 23–53 % для оз. Нарочь и 15–62 % для оз. Мястро)		

В целом, по структурным и функциональным параметрам микрофитобентос оз. Мястро был схож с таковым оз. Нарочь, отличаясь несколько менее интенсивным уровнем развития. Полученные данные позволяют оценить вклад бентических микроводорослей в суммарную первичную продукцию озерных экосистем на современном этапе их развития.

Microphytobenthos in littoral zone of lakes Naroch and Myastro.
H.A. Zhukava. The investigations of microphytobenthos in littoral zone of lakes Naroch and Myastro have been conducted in summer 2004–2005 and 2011–2012 respectively. They resulted in defining of chlorophyll content in upper layer of bot-

tom sediments and tracing the changes in community's production and destruction parameters. The comparative analysis of the obtained data has showed that more favorable conditions for microphytobenthos are in less trophic lake Naroch.

ТРОСТНИК В ЛИТОРАЛИ ОЗ. НАРОЧЬ

А.А. Жукова, А.Ю. Панько, Д.В. Крюк

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
darkpankar@gmail.com*

Воздушно-водные макрофиты являются одними из самых активных продуцентов органического вещества в биосфере (Wetzel, 1983). При наличии большой площади мелководных участков в водоемах воздушно-водные растения оказывают значительное влияние на гидрохимический режим, качество воды, формируют существенную долю в суммарной первичной продукции экосистемы.

Озеро Нарочь – мезотрофно-олиготрофный полимиктический водоем, облик и функционирование которого во многом определяют макрофиты. Обширная литоральная зона, занимающая около половины площади озера, и высокая прозрачность создают благоприятные условия для развития водной растительности. В прибрежной зоне литорали наибольших величин плотности и биомассы достигают заросли тростника (Жукова и др., 2005). Тростник произрастает вдоль береговой линии, в некоторых местах заходя вглубь озера на расстояние до 200 м от уреза воды. Заросли не сплошные, они образуют участки различной плотности и густоты, занимая около 20 % зоны от уреза воды до глубины 2 м (Жукова и др., 2009).

Целью данной работы была оценка ростовых показателей и массы тростника в зарослях разной плотности в прибрежной части литоральной зоны оз. Нарочь.

Исследование проводили на базе Учебно-научного центра «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» в июле 2016 г. Была обследована береговая линия на участке от биостанции до санатория «Нарочь» (около 4 км), для проведения укосов тростника выбирали биотопы с различной плотностью зарослей. Стебли тростника срезали на уровне грунта, в каждом биотопе при помощи рамки площадью 0,25 м² собирали от 3 до 11 укосов в зависимости от плотности зарослей (так, чтобы общее количество стеблей, собранных в биотопе было ≥ 30). Глубина на исследованных участках колебалась в пределах 0,3–0,5 м. В собранных пробах измеряли количество стеблей, их длину и диаметр (в нижней части), сырую и воздушно-сухую массу укосов (таблицы 1, 2).

Таблица 1. Масса тростника в зарослях различной плотности

№ пробы	Плотность зарослей* в биотопе, экз./м ²	Сырая масса (I), г/укоc*	Воздушно-сухая масса (II), г/укоc*	(I)/(II)
1	48 (28–84)	898,3 (360–1770)	212,7 (140–264)	0,24
2	78 (48–104)	1075 (840–1220)	477,3 (360–586)	0,44
3	37 (20–60)	243,3 (185–355)	127,3 (78–200)	0,52
4	123 (68–216)	640 (570–725)	265,7 (222–303)	0,42
5	126 (68–216)	1533,3 (1425–1650)	656,7 (630–680)	0,43
6	16 (8–40)	39,1 (20–65)	16,8 (5–30)	0,43
7	30 (20–32)	178,3 (130–250)	131 (85–200)	0,73
8	15 (12–20)	105 (60–195)	65,7 (35–95)	0,63
Примечание: в таблице приведены средние значения (минимум-максимум); * в каждом биотопе плотность подсчитывали в 20 рамках; ** укусы с 0,25м ² в 3–12 повторностях в зависимости от плотности зарослей в биотопе				

Таким образом, в зависимости от плотности зарослей, масса тростника в укусах существенно различалась, при этом средняя масса одного стебля в биотопах составила 35,0 г/экз. в сырой массе (15,5 г/экз. в воздушно-сухой массе).

Таблица 2. Ростовые показатели тростника в зарослях разной плотности в прибрежной части литорали оз. Нарочь

№ пробы	Количество стеблей в выборке, экз.	Длина тростника, см	Диаметр стебля у основания, см	Доля молодого подроста, % от общего количества
1	38	188±58 (84–290)	0,70±0,22 (0,35–1,1)	18,4
2	68	221±54 (102–294)	0,74±0,19 (0,25–1,3)	1,5
3	33	163±38 (93–221)	0,53±0,08 (0,35–0,7)	0
4	55	202±35 (124–271)	0,59±0,12 (0,30–0,8)	0
5	106	249±31 (165–305)	0,70±0,13 (0,40–1,0)	0
6	41	96±32 (35–168)	0,32±0,11 (0,15–0,6)	41,5
7	42	174±39 (85–272)	0,64±0,14 (0,35–1,0)	11,9
8	30	175±45 (68–268)	0,62±0,17 (0,30–1,0)	20,0
Примечание: в таблице приведены средние значения ± SD (минимум-максимум)				

Средняя длина стеблей тростника различалась по биотопам, при этом в зарослях более высокой плотности отдельные стебли обладали большими размерами и массой. Доля молодого подроста в отдельных укусах составляла до 20 %, и в среднем для изученных биотопов была 8,7 %.

Полученные данные позволяют судить об особенностях распространения тростника на обследованном участке литорали, могут быть исполь-

зованы при расчете продуктивности тростника, а также площади растительного субстрата для перифитона в оз. Нарочь.

Reed in littoral zone of Naroch lake. .A. Zhukava, A.Y. Panko, D.V. Kryuk. The assessment of reed growth and weight parameters was undertaken in July 2016 in the shallow water biotopes in the littoral zone of Naroch lake. The obtained results can be extrapolated to calculate reed production in the lake's ecosystem and reed surface available for periphyton development.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МАКРОФИТЫ ОЗ. МАЛОЕ ЛЕБЯЖЬЕ

Г. КАЗАНЬ

Н.Р. Зарипова, Н.М. Муратова, И.Г. Нурмухаметов, А.И. Яруллина

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия,
gut_medi@mail.ru*

Озеро Малое Лебяжье, располагается в Кировском районе г. Казани Республики Татарстан на территории лесопарка «Лебяжье» (ООПТ местного значения). Озеро с 2008 г. подпитывается из артезианской скважины, наполненность водой колеблется, площадь зеркала озера около 9 га, средняя глубина 1,55 м.

Оз. Малое Лебяжье является популярным объектом рекреации, вследствие чего водная и прибрежная растительность подвергается антропогенному воздействию. Площадь прибрежных участков и зоны уреза воды с отсутствием растительного покрова составила 2890 м², из них 64 м² – места подходов к воде, 2826 м² – пляжи. Выявлено около 30 мест несанкционированного разведения костров, из них 6 кострищ располагается в пляжной зоне. Площадь тропинойной сети составляет около 1900 м².

Состав флоры озера М. Лебяжье нами изучался в 2008 г. и в 2015 г. Выявлено 32 прибрежных и водных макрофитов, состоящих из 20 родов и 14 семейств. В их числе только цветковые растения (Magnoliophyta), хвощеобразные (Equisetophyta) не выявлены. Ведущими семействами по числу видов являются Роaceae – 5 видов, Cyperaceae и Polygonaceae – по 4 вида. Еще в семействе Typhaceae 3 вида, в 5 семействах по 2 вида (Primulaceae, Rosaceae, Potamogetonaceae, Juncaceae, Lemnaceae), по 1 виду – 5 семейств.

На озере отмечено 7 гидрофитов (*Ceratophyllum demersum* L., *Elodea canadensis* Michx., *Lemna minor* L., *L. trisulca* L., *Persicaria amphibia* (L.) S.F. Gray, *Potamogeton pectinatus* L., *P. perfoliatus* L.), 5 гелофитов (*Alisma plantago-aquatica* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha*

angustifolia L., *T. latifolia* L., *T. laxmannii* Lepech.) и 10 гигрогелофитов (*Rumex maritimus* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Polygonum lapathifolium* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Juncus compressus* Jacg., *Carex acuta* L., *C. hirta* L., *C. pseudocyperus* L., *Calamagrostis arundinacea* L., *Alopecurus aequalis* Sobol.). Таким образом, водная флора представлена 22 видами. Заходящие в воду гигрофиты и гигромезофиты представлены 7 и 3 видами соответственно (всего 10 видов).

В динамике состав водной флоры сохраняется, меняется только состав береговой, которая по последним исследованиям составляет 62 вида, из которых 3 гелофита, 8 гигрогелофитов, 12 гигрофитов, 5 гигромезофитов, 17 мезофитов, 2 ксеромезофита. Влияние антропогенного фактора сказывается на изменение состава коренной флоры. Соотношение рудерального компонента к сумме видов растений коренных местообитаний (прибрежного, земноводного, влажно-лугового и лесо-лугового) составляет 26 % и 74 % соответственно.

Выделяются очень часто встречаемые макрофиты, являющиеся фоновыми: *T. angustifolia*, *Phr. australis*, *Phalaris arundinacea*, *P. pectinatus*, *C. demersum*. Среди редких видов выявлены *T. laxmannii* Lepech. (внесен в список редких и уязвимых таксонов Красной книги Республики Татарстан, 2008). При изучении в 2015 г. *Carex bohemica* не выявлено. Вероятно, основной причиной этого является высокая рекреационная нагрузка на береговой территории. *T. laxmannii* отмечается только на северо-западной части озера, на прибрежном участке с наименьшей рекреационной активностью в сообществе с *T. angustifolia* и в небольшом понижении со стоячей водой, где с *Al. plantago-aquatica* является эдификатором.

Заросли высокотравных гелофитов оз. М. Лебяжье имеют поясной характер с прерыванием в местах подходов к озеру. В программе Google Earth была вычислена площадь зарослей в 2009 г. – 9560 м², 2011 г. – 6036 м² и 2015 г. – 8085 м². Площадь монодоминантных зарослей *Phr. australis* после обмеления водоема во время продолжительной засухи 2010 г. уменьшились на 30 %. Заросли высокотравных гелофитов, составляющие узкий прерывистый пояс с преобладанием *T. angustifolia* потеряли в среднем 14 % площади. Наиболее чувствительными к продолжительному обмелению оказались участки зарослей *T. angustifolia*, подверженные сильному воздействию рекреации (вытаптывание на подходах к воде), такие заросли уменьшились на 24 %. На отдельном участке северной стороны озера при значительном снижении рекреации, несмотря на обмеление водоема, зафиксировано увеличение зарослей рогоза с 1237 м² до 1870 м² в течение 6 лет и частичное восстановление травяного покрова в местах подхода к воде.

Вследствие сформированной разветвленной тропиной сети происходит деградация травяного покрова, для прекращения трансформации и для возможности восстановления растительности рекомендуется регулирование антропогенной нагрузки. Для уменьшения влияния рекреации рекомендуется установка настилов, мусорных контейнеров, организация специализированных мест с мангалами.

Influence of antropogenic and climatic factors on macrophytes of small Lebiashie lake, Kazan. N.R. Zaripova, N.M. Muratova, I.G. Nurmukhametov, I.A. Yarullina. In 2008 and 2015 in the flora of the lake M.Lebyazhye 32 species were identified (20 genera and 14 families belonging to Magnoliophyta). Aquatic flora was represented by 22 species, entering the water hygrophytes and hygromesophytes were represented with 7 and 3 species, respectively.

МАКРОФИТЫ ЛАДОЖСКИХ ЗАЛИВОВ О. ВАЛААМ

Н.В. Зуева, Ю.А. Зуев

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, nady.zuyeva@ya.ru*

Ладожская литораль, важная, а потому привлекательная для исследователя зона, располагается до глубин 8,4 м (Литоральная..., 2011). Благодаря работам д.б.н. И.М. Распопова (1961, 1968, 1985 и др.), имеется много сведений об одном из важнейших компонентов литоральной биоты – макрофитах.

Последние годы на Валаамском архипелаге Ладожского озера изучение растительного покрова заливов проводится на учебно-научной станции РГГМУ «Валаам». Начиная с 2011 по 2015 год, в конце июля и начале августа – периоде максимального развития макрофитов, были обследованы заливы разных частей архипелага. Исследования проводились по общепринятой методике (Катанская, 1981). В том числе при обследованиях использовалось водолазное оборудование, что дало возможность проследить изменение характера зарастания по глубине, от уреза воды до внешних границ растительных группировок.

В данную работу включены данные о 6 заливах и бухтах архипелага. Заливы Невод, Мельничный и Дивная бухта расположены в юго-восточной его части, бухты Малая Никоновская и Московская – в северо-западной, а Золотая бухта находится на северо-востоке.

Таксономический список макрофитов изученных заливов складывается из 56 видов растений относящихся к 5 отделам. Большую часть из них (93 %) составляют представители отдела Magnoliophyta, причем на

долю Magnolipsida приходится 30 видов (54 %), а Liliopsida – 22 вид (39 %). Кроме цветковых, в списке присутствует по 1 виду растений из отделов: Charophyta, Bryophyta, Equisetophyta и Lycopodiophyta.

Наибольшее видовое богатство и разнообразие макрофитов присуще бухтам Московская и Малая Никоновская. Число видов в каждом из них составляет 36, а индекс Шеннона равен 5,1 и 5,0 соответственно, что не удивительно, так как это две самые крупные акватории из обследованных. В заливах Невод и Мельничный количество видов не превышает 30. В бухте Дивная было зафиксировано небольшое число видов – 18 и относительно невысокое видовое разнообразие (4,1 бит), хотя она глубоко врежется в сушу и имеет сложную форму с плесами и кутами, благоприятную для развития водных растений. Минимальные же значения двух этих характеристик выявлены в бухте Золотая: 6 видов и 1,8 бит. Столь низкие значения объясняются в первую очередь тем, что год наблюдений здесь – 2015, характеризуется низким уровнем воды. Поэтому, после его падения, на урезе воды еще не успели сформироваться заросли прибрежно-водных растений. Подобная ситуация наблюдалась в бухте Дивная в 2003 г., когда из-за очень низкого уровня Ладоги на этой акватории было обнаружено лишь 3 вида гидрофитов. Эта акватория в дальнейшем исключена из анализа, ввиду того, что здесь необходимо продолжение исследований в годы с более высоким уровнем.

Общими для исследованных заливов оказались 9 видов макрофитов. Значения индекса сходства Жаккара при сравнении всех акваторий изменялись 0,4 до 0,6, то есть сходство их достаточно велико. Максимальное значение подобия наблюдается для близко расположенных заливов Невод и Мельничный. При анализе экологических групп растений видно, что гидрофиты лидируют по количеству видов, их 20. Следующая многочисленная группа – истинно-водные растения (гидрофиты), включает 17 видов. Остальные 19 видов – это гигрогелофиты и гелофиты.

Подробные работы, проведенные в бухте Малая Никоновская в 2015 г. с использованием водолазного оборудования, позволили выявить нижнюю границу зоны обитания макрофитов в этом заливе. Так, представители вида *Elodea canadensis* встречаются до глубины 10 м, а отдельные водоросли рода *Nitella* – до 12 м.

Нужно отметить, что прозрачность воды (видимость белого диска) в этой бухте летом 2013 г. изменялась в диапазоне от 2,5 м до 4,5 м, в 2014 г. от 2,7 до 4,4, а в 2015 г. составляла 2,4–4,9 м.

Таким образом, выявленная глубина обитания макрофитов превышает известную границу литорали в Ладожском озере (8,4 м) и составляет здесь более чем 2 глубины максимальной летней прозрачности воды.

Macrophytes of Valaam Island Ladoga Lake gulfs N.V. Zuyeva, Y.A. Zuyev. Macrophytes of six Valaam island's gulfs and bays had been explored. Taxonomical list of macrophytes of investigated bays consists of 56 plant species which belong to 5 divisions. A comparison of water areas in species richness and plant diversity had been carried out. Maximum depth of the lower border of the macrophytes' distribution in surveyed area had been revealed. It is 10–12 meters.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ВАЛОВАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МАКРОФИТОВ В СИБИРСКИХ ВОДОЕМАХ

Е.А. Иванова, Н.А. Гаевский, Е.И. Вразовская, Н.И. Шевченко

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия, elenivalg@mail.ru

Широкому распространению флуоресцентных методов для определения концентрации хлорофилла «а» и фотосинтетической активности водорослей и цианобактерий способствовали относительная легкость и быстрота измерения флуоресценции в сочетании с наличием коммерческих флуориметров. В настоящее время для определения валовой первичной продукции (ВПП) высших водных растений (макрофитов) используют метод РАМ флуориметрии (в нашей работе – Imaging-RAM max1, Walz, Германия), основанный на регистрации световой кривой «rapid light curve» фотосинтетического транспорта электронов (ETR) (Genty et al., 1989). Световая кривая содержала 12 точек (возбуждающий свет от 0 до 700 мкмоль квантов $\times$ м $^{-2}\times$ с $^{-1}$, время светового воздействия при заданной интенсивности – 20 с). ETR (мкмоль $\bar{e}\times$ м $^{-2}\times$ с $^{-1}$) рассчитывали по формуле:

$$ETR = Y(II) \times I_{PAR} \times ETR_{factor} \times 0,5,$$

где $Y(II)$ – квантовая эффективность реакционного центра ФС2, определяемая как $Y(II) = (F'm - F')/F'm$; $F'm$ – максимальный уровень флуоресценции в момент действия насыщающего светового импульса; F' – уровень флуоресценции в момент, предшествующий световому импульсу; I_{PAR} – плотность светового потока в области ФАР, выраженная в мкмоль квантов $\times$ м $^{-2}\times$ с $^{-1}$; ETR_{factor} – определяет долю квантов возбуждающего света, поглощенную пигментами листа; 0,5 – множитель, определяет часть поглощенных листом квантов света, участвующих в возбуждении реакционного центра ФС2; ETR_{factor} определяли на основе концентрации хлорофиллов a и b (мг $\times$ м $^{-2}$) в листьях макрофитов и удельного показателя поглощения (k_{680}) хлорофиллов a и b в клетках в области красного

максимума хлорофилла *a* ($k_{680}a=0,0065 \text{ м}^{-2}\times\text{мг}$, $k_{680}b=0,0009 \text{ м}^{-2}\times\text{мг}$) (Lichtenthaler, Wellburn, 1983).

Потенциальную ВПП рассчитывали с учетом их ETR_{max} :

$$\text{ВПП} = \text{ETR}_{\text{max}} \times (3600/4) \times 32 \times 10^{-3}, \text{ гO}_2 \times \text{час}^{-1} \times \text{м}^{-2},$$

где коэффициенты: 3600 – час, выраженный в секундах, 4 – квантовый расход для образования 1 моля кислорода, 32 – молекулярная масса кислорода.

Целью работы являлось определение потенциальной ВПП разных видов макрофитов, произведенной за час, с помощью РАМ флуоресценции. Работы проведены в 2013–2014 гг. на разнотипных водоемах: эвтрофном малом водохранилище Бугач и олиготрофном горном оз. Ойское.

Потенциальная ВПП макрофитов разных экологических групп значительно изменялась (таблица).

Таблица. Потенциальная ВПП листьев некоторых видов макрофитов

Вид	ВПП, $\text{гO}_2 \times \text{м}^{-2} \times \text{час}^{-1}$		
	Средняя	Min	Max
<i>Carex rostrata</i> Stokes	0,29	0,18	0,40
<i>Sparganium hyperboreum</i> Laest. ex Beurl	1,18	0,91	1,46
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	0,21	0,13	0,32
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	0,045	0,041	0,051
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	0,32	0,31	0,34
<i>Phragmites australis</i> Trin. ex Steud.	0,94	0,8	1,08

Наиболее высокие показатели ВПП отмечены у растений *S. hyperboreum*, длинные листья которых стелются по поверхности воды. Высокая фотосинтетическая активность также выявлена у растений *Ph. australis*. Среди видов погруженных рдестов самые низкие значения были у *P. perfoliatus*. Значения ВПП у *C. rostrata* и *E. fluviatile* не имели значимых различий. Изученные виды по совокупности фотосинтетических показателей могут быть охарактеризованы следующим образом: рдесты тенелюбивые растения с низким порогом светового насыщения и подверженные ингибированию даже при низких интенсивностях света. Хвощ и осока в несколько раз превосходят по показателям рдест пронзеннолистный, но нижний порог насыщения фотосинтетического электронного транспорта и заметное фотоингибирование у осоки не позволяют получить высоких показателей ETR_{max} , ежеголовник и тростник среди изученных видов оказались наиболее продуктивными и наиболее светолюбивыми видами.

Potential gross primary production of some species of macrophytes in the siberian water body. E.A. Ivanova, N.A. Gaevskii, E.I. Vrasovskaya, N.I. Shevchenko. Productivity characteristics of some species of the macrophytes in the mountain oligotrophic Oiskoe lake and eutrophic Bugach reservoir were studied. Photosynthetic parameters of the macrophytes leaves were compared with PAM-fluorimetry. High primary productivity was noted for *Sparganium hyperboreum* and *Phragmites australis*.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ, ФОРМИРУЮЩИХ СЛИЗИСТЫЕ ПЛЁНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК

О.В. Калюжная, В.Б. Ицкович

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия, kaluzhnaya.oks@gmail.com

Известно, что фильтрующие воду организмы являются биоиндикаторами экологического состояния водной среды. Губки (тип Potifera) – прикрепленные к субстрату многоклеточные животные, способные прокачивать через систему каналов до 24000 л воды на 1 кг массы тела в день. Поэтому такие неблагоприятные изменения условий обитания, как антропогенные загрязнения, повышение температуры, эвтрофикация, влияние видов-интродуцентов, могут приводить к болезням губок и их гибели.

В последние годы в оз. Байкал, крупнейшем мировом резервуаре пресной воды, повсеместно наблюдались различные поражения и болезни эндемичных губок, такие как обесцвечивание тканей, появление микробных плёнок и некротических участков на поверхности губки. Одними из распространенных поражений ветвистой губки *Lubomirskia baicalensis* являлись слизистые обрастания красновато-коричневого цвета, полностью или частично покрывающих тело губки. Образцы губки *L. baicalensis* с участками тканей, покрытыми слизистыми обрастаниями, были собраны в ходе экспедиционных работ в сентябре 2014 г. в районе о. Ольхон (западное побережье оз. Байкал) с глубины 10 м. С использованием световой микроскопии (Olympus CX22) было установлено, что обрастания сформированы нитчатыми цианобактериями. Для молекулярной идентификации цианобактерий была выделена суммарная ДНК из слизистых плёнок и проведена амплификация фрагментов 16S рРНК с использованием цианобактериальных праймеров:

PLG1.1: 5-ACGGGTGAGTAACGCGTRA-3 и

PLG2.1: 5-CTTATGCAGGCGAGTTGCAGC-3 (Urbach et al., 1992).

С помощью секвенирования клонотеки генов 16S рРНК установлено, что слизистые плёнки на поверхности губок сформированы цианобактериями порядка Oscillatoriales: представителями родов *Tychonema*, *Phormidium* и *Leptolyngbya*. Отмечено, что 44 из 86 идентифицированных последовательностей принадлежали роду *Tychonema*.

Порядок Oscillatoriales объединяет нитчатые формы цианобактерий, способные склеиваться между собой и образовывать слоистые плёнки, или маты, благодаря слизистым чехлам, покрывающим трихомы. Виды родов *Phormidium* и *Leptolyngbya* широко распространены в различных морских и пресноводных экосистемах. Представители рода *Tychonema* – это холодолюбивые стенотермные микроорганизмы, обитающие, в основном, в северных широтах. Примечательно, что по количеству последовательностей 16S рРНК в сообществе цианобактериальных обрастаний *L. baicalensis*, виды рода *Tychonema* являются доминирующими (около 50 % проанализированных клонов).

Процессы обрастания слизистыми плёнками хорошо известны для сообществ коралловых рифов, где интенсивное развитие цианобактерий и болезнь «черной ленты» приводят к разрушению тканей кораллов и их гибели. Слизистые плёнки на поверхности байкальских губок, наряду с другими нарушениями и болезнями губок в Байкале, свидетельствуют о неблагоприятной экологической обстановке, сложившейся в ряде районов озера, по всей видимости, вследствие комплексного влияния климатических и антропогенных факторов на экосистему Байкала. Необходимы дальнейшие исследования причин заболеваний байкальских губок и их связи с климатической динамикой и экологической обстановкой в Байкальском регионе.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы VI.50.1.4 (0345-2014-0002) «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии на примере рыб, губок и ассоциированной с ними микрофлоры» при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований № 14-04-00527-а, № 14-44-04165p_сибирь_a.

Molecular identification of cyanobacteria forming mucous membrane on the surface of Baikalian sponge. O.V. Kaluzhnaya, V.B. Itskovich. Sequencing of the 16S rRNA gene revealed that the slimy film on the surfaces of the sponge *Lubomirskia baicalensis* consist of Oscillatoriales cyanobacteria belonged to the genera: *Tychonema*, *Phormidium* and *Leptolyngbya*. Wherein, 44 of the 86 identified sequences belong to the genus *Tychonema*. It is suggested that in Lake Baikal cyanobacterial fouling of the sponge may caused by changes of the environmental conditions of the sponge habitat, in particular, temperature increase and eutrophication of coastal areas of the lake near the settlements.

ФИТОПЕРИФИТОН В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ, РОССИЯ)

С.Ф. Комулайнен

Институт биологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия,
komsf@mail.ru

Антропогенная трансформация экосистем в результате урбанизации стала повсеместным явлением, а города – принципиально новым и наиболее преобразованным типом ландшафта.

Малые водоемы – существенный компонент экосистемы г. Петрозаводска. Исследования фитоперифитона были выполнены на пяти водоемах. Озера Четырехверстное, Ламба (Сулажгора) и Второе Денное – это водоемы естественного генезиса. Вторая группа – это бывшие карьеры. На первом (т.н. Каменный Карьер) ранее добывались кварцито-песчаники, оз. Ламба (Соломенное), возникло на месте песчаного карьера.

Структура фитоперифитона в исследованных водоемах сформирована относительно небольшим количеством видов. Всего в фитоперифитоне пяти исследованных водоемов выявлен 81 таксон водорослей рангом ниже рода, относящихся к 53 родам, 36 семействам, и 5 отделам: Euglenophyta – 1, Cyanophyta – 12, Dinophyta – 1, Bacillariophyta – 50, Chlorophyta – 17.

Реально структуру фитоперифитона определяют 10 видов (*Woronichinia naegeliana*, *Melosira varians*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, *Cocconeis placentula*, *Eunotia pectinalis*, *E. robusta*, *Epithemia zebra*, *Frustulia saxonica*, *Gomphonema parvulum*), доминирующих по численности, и 7 видов (*M. varians*, *T. flocculosa*, *C. placentula*, *E. zebra*, *E. pectinalis*, *Oedogonium* sp., *Cladophora glomerata*), формирующих биомассу фитоперифитона в отдельных водоемах.

Диапазон варьирования количественных показателей фитоперифитона в конце биологического лета (август) достигал нескольких порядков. Численность изменяется от $1,31 \cdot 10^3$ до $1600 \cdot 10^3$ кл.·см⁻², а биомасса – от 0,01 до $11,3 \cdot 10$ мкг·см⁻² субстрата.

Кластерный анализ выявил две группы водоемов. В первую входят озера Второе Денное и две Ламбы с высокой цветностью и низкой прозрачностью. Это определяет низкое видовое богатство и низкую плотность фитоперифитона. Здесь отмечено доминирование *T. flocculosa* и *E. pectinalis*. Причем на долю этих двух ацидофильных, галофобных диатомовых водорослей типичных для альгофлоры болот и так называемых «черных ламб» с низкими значениями pH, приходится более 40 % от

суммарной численности. Своеобразие фитоперифитона Второго Денного озера – доминирование планктонных видов *M. varians* и *W. naegeliana*.

Второй кластер включает озера Четырехверстное и Каменный Карьер. Фитоперифитон здесь более разнообразен, отмечены высокие количественные характеристики. Видовое богатство в оз. Четырехверстном в августе формировали диатомовые водоросли (71,4 %). Среди них по численности доминируют типичные прикрепленные формы (*C. placentula* и *Achnanthes minutissima*), а также виды, которые успешно обитают не только в обрастаниях, но и в литоральном планктоне (*M. varians* и *Fragilaria capucina*). Максимальная численность (1600 кл.·см⁻²) отмечена при доминировании *C. placentula*, а максимальная биомасса (2,9 мкг·см⁻²) – при доминировании *Cl. glomerata*. В перифитоне оз. Каменный Карьер при доминировании диатомей отмечено заметное снижение роли ацидофильных и галофобных видов. Зеленые и синезеленые водоросли менее разнообразны и объединяют 6 видов или 16,2 % всей альгофлоры перифитона озера. Однако именно зеленые нитчатые водоросли, среди которых также доминирует *Cl. glomerata*, при оптимальной освещенности формировали биомассу фитоперифитона, которая достигала максимального (5,0 мкг·см⁻²) значения.

Все пять исследованных водоемов расположены в черте города и, несомненно, подвергаются загрязнению промышленными и бытовыми стоками. Поэтому состав, распределение и структура фитоперифитона в водоемах города определяются не только их морфологическими, гидрологическими особенностями, но также характером и интенсивностью антропогенного воздействия. В первую очередь это относится к водоемам искусственного происхождения, а также к оз. Четырехверстному, которое долгое время использовалось для водоснабжения комбината валяльной обуви. Здесь наблюдается увеличение разнообразия галофильных и донных видов. Тенденция антропогенной трансформации альгофлоры включала также ее бореализацию и космополитизацию, за счет снижения роли арктоальпийских видов. Наиболее высокие индексы отмечены в покрытой макрофитами литорали озера Четырехверстное и Каменный Карьер.

Характерным для водоемов импактных зон является также увеличение концентрации тяжелых металлов в тканях водорослей. Среди исследованных озер наиболее заметное увеличение концентрации меди отмечено в Каменном Карьере и Сулажгорской Ламбе, цинка в оз. Четырехверстном и Каменном Карьере, кадмия в оз. Четырехверстном, а свинца в Каменном Карьере.

Phytoperiphyton in some water bodies of Petrozavodsk city (Republic of Karelia, Russia). S.F. Komulaynen. The study of phytoperiphyton in five water

bodies located in the Petrozavodsk city included the analysis of their taxonomy composition and ecology. The paper is discussed the main principles of the phytoperiphyton formation in water bodies. Differences in the phytoperiphyton structure of the water bodies were revealed. Analysis of the species composition of the phytoperiphyton structure of the water body has shown human-induced pollution.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ЛАГУНЫ БУССЕ (О. САХАЛИН)

Н.В. Коновалова

Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, г. Южно-Сахалинск, Россия, odontella@mail.ru

Лагуна Буссе расположена на юге острова Сахалин, в южной части Муравьевской низменности. Она соединена протокой Аракуль с опресненными водоемами – озерами Вавайскими и Чибисанскими. Лагуна сообщается с заливом Анива через узкий пролив Сулова (Лагуны Сахалина, 2002).

Исследования проводили с мая по ноябрь 2014 г. и в феврале 2015 г. Пробы отбирали батометром с поверхностного и придонного горизонтов на шести станциях. Количественный учет проводили в счетных камерах Нажотта, объемом 0,055 мл и типа «Пенал» объемом 1 мл.

За период исследований в лагуне Буссе было обнаружено 314 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей из 14 классов: Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae, Chlorodendrophyceae, Conjugatophyceae, Pyramimonadophyceae, Trebouxiophyceae, Cyanophyceae, Dictyochophyceae, Ebriophyceae, Euglenophyceae, Coccolithophyceae и Rhaphidophyceae. По числу видов лидировали динофитовые водоросли (180 таксонов) и диатомовые (94). Остальные классы были представлены одним–семью видами.

Количество видов в разные сезоны колебалось от 86 до 130. Наибольшее количество видов было зарегистрировано в мае и июне (130 и 128, соответственно), наименьшее – в августе (87) и сентябре (86).

В видовом составе в лагуне преобладали морские виды, составлявшие 50–63 % от общего количества видов. Немалую долю в разнообразие видового состава вносили пресноводные виды (до 20 %) и пресноводно-солонатоводные (до 15 %).

Во все периоды исследований встречались следующие виды: *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz., *Navicula transitans* var. *derasa* f. *delicatula* Heim, *Nitzschia sigma* (Kützing) W. Smith, *Odontella*

aurita (Lyngbye) C. Agardh, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, *Pleurosigma angulatum* (Queck.) W. Smith, *Rhizosolenia setigera* Brightwell, *Thalassionema nitzschoides* (Grunow) Mereschowsky, *Gyrodinium spirale* (Bergh) Kofoid & Swezy, *Plagioselmis prolunga* Butcher ex G. Novarino, I.A.N. Lucas, & S. Morrall.

В сезонной динамике количественных показателей фитопланктона средние величины численности изменялись в пределах 14,79–105,19×10³ кл./л, биомассы – 42,25–553,11 мг/м³ (таблица). Максимальные значения были зарегистрированы в сентябре. Средняя численность за весь период исследования составила 46,08×10³ кл./л, биомасса – 176,13 мг/м³.

Таблица. Средние значения численности (N) и биомассы (B) фитопланктона лагуны Буссе с мая 2014 по февраль 2015 гг.

Период исследований	N, ×10 ³ кл./л	B, мг/м ³
май, 2014	72,98	336,36
июнь, 2014	32,01	63,23
июль, 2014	17,42	42,25
август, 2014	44,83	119,05
сентябрь, 2014	105,19	553,11
октябрь, 2014	56,26	144,61
ноябрь, 2014	14,79	84,48
февраль, 2015	25,17	65,97

Было выделено два подъема численности и биомассы – в мае и сентябре. Первый из них, майский, был обусловлен вегетацией диатомеи *Rh. setigera*, второй – массовым развитием динофитовой *Prorocentrum micans* Ehrenberg.

Индекс видового разнообразия Шеннона позволил оценить степень видовой сложности каждого ценоза в отдельности. Низкое значение индекса (0,68) соответствовало ценозу с одним доминирующим видом по численности, такая ситуация наблюдалась в сентябре, когда активно развивался *P. micans*. Наибольшей степенью сложности и увеличением значений индекса разнообразия до 1,99–2,53 отличались ценозы в ноябре 2014 г. и феврале 2015 г. В ноябре в сообществе преобладали *A. senarius*, *P. micans*, *Paralia sulcata*, *Plagioselmis prolunga*. В феврале – *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Navicula vanhoeffenii* Gran, *Paralia sulcata*, *Plagiogrammopsis vanheurckii* (Grunow) Hasle, *Thalassiosira nordenskioeldii* Cleve, *Eutreptiella* sp., *Pronoctiluca pelagica* Fabre-Domergue, *Rhodomonas salina* (Wislouch) D.R.A. Hill & R. Wetherbee.

Таким образом, за период исследования с мая 2014 г. по февраль 2015 г. в лагуне Буссе было обнаружено 314 видов фитопланктона. Максимальные количественные характеристики были зарегистрированы в мае и сентябре.

The phytoplankton of Busse lagoon (Island Sakhalin). N.V. Konovalova. During the research of Busse lagoon it was discovered 314 species of phytoplankton. The most intensive peak of abundance has been noted in May and in September 2014.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ВОЛГА, РОССИЯ)

Л.Г. Корнева, В.В. Соловьева, И.В. Митропольская

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия,
korneva@ibiw.yaroslavl.ru*

Прогнозирование состояния водных экосистем и определение принципов их управления невозможно без проведения непрерывного экологического мониторинга. Результаты мониторинга – эмпирическая основа для совершенствования теории развития биологических сообществ. Начиная с 1954 г. в Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (Борок) проводятся систематические наблюдения за состоянием фитопланктона Рыбинского водохранилища – второго по величине (площадь 4550 км²) в каскаде волжских водохранилищ. Исследования осуществляют на шести стандартных станциях, расположенных в Главном и Волжском плесах водохранилища, в отдельные годы – по всей акватории водоема (обычно 11–22, до 76 станций). Современное изменение климата, проявляющееся в увеличении приземной температуры воздуха и количества атмосферных осадков (Груза и др., 2008), способствует росту температуры воды в водоемах, изменению их гидрологического и гидрохимического режимов, что влияет на уровень трофии пресноводных экосистем (The Impact..., 2010). В Рыбинском водохранилище отчетливо прослеживается многолетнее увеличение температуры и минерализации вод (Литвинов, Рощупко, 2003; Законнова, Литвинов, 2005, 2009). В предыдущих наших исследованиях было показано, что многолетнее изменение средневегетационной суммарной биомассы фитопланктона Рыбинского водохранилища положительно сопряжено с температурой воды и отрицательно с количеством атмосферных осадков, уровнем воды и скоростью ветра (Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища, 1999; Корнева, 2015). Непрерывный рост концен-

трации хлорофилла в водохранилище свидетельствует о продолжающемся увеличении трофии водоема (Пырина, 2000; Литвинов и др., 2014). Цель данного исследования выявить закономерности изменения ценотических показателей фитопланктона Рыбинского водохранилища в ходе эвтрофирования и изменения климата.

Анализ изменения структурных показателей фитопланктона водохранилища за более чем полувековой период (1950-е – 2010-е годы) показал: (а) многолетнее увеличение суммарной биомассы фитопланктона, относительной биомассы (%) синезеленых водорослей (цианобактерий) и криптоноад; (б) увеличение удельного богатства и обилия золотистых водорослей, обилия безгетероцистных синезеленых, общего удельного богатства и обилия мелкоразмерных видов; (в) увеличение летнего пика в сезонной динамике биомассы; (г) снижение числа диазотрофных видов, ценотического разнообразия, выравненности и соотношения минимальной и максимальной биомассы, как меры устойчивости экосистемы; (д) изменение соотношения морфо-функциональных групп фитопланктона (по: Reynolds et al., 2002) в направлении: $B \rightarrow D + C \rightarrow S_1 \rightarrow Y$, т.е. от видов, характерных для мезотрофных хорошо перемешиваемых водоемов, к видам, ассоциированным с высокотрофными водами, толерантным к световому дефициту и способным к фаготрофии; (е) внедрение в состав доминирующих видов аллохтонных галофильных диатомей, выдерживающих высокое содержание легкоусвояемого органического вещества: *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge и *Actinocyclus normanii* (W. Gregory ex Greville) Hustedt.

Увеличение обилия и разнообразия фитофлагеллят (криптофитовых и золотистых), способных к фаготрофии, можно рассматривать как признак начального этапа гетеротрофной фазы планктонной сукцессии Рыбинского водохранилища. Повышение вклада миксотрофов в формирование общей биомассы фитопланктона – свидетельство общей направленности метаболических процессов экосистемы водоема, выражающейся в высоком соотношении бактериальной и первичной продукции фитопланктона, превалировании деструкционных процессов над продукционными, увеличении численности гетеротрофного бактериопланктона (Копылов, Косолапов, 2008).

Обнаружено значительное сходство в многолетних изменениях структурных показателей фитопланктона водохранилищ Волги, Оби, Енисея, Ангары, Артемовки и Вислы.

Long-term changes of phytoplankton in the Rybinsk Reservoir (the Volga River, Russia). L.G. Korneva, V.V. Solovyova, I.V. Mitropolskaya. Long-term studies of the structural characteristics of phytoplankton in the Rybinsk Reservoir in the conditions of eutrophication and climate change have been carried out in 1950th

to 2010th. The study revealed the following phenomena: (a) an increase in total biomass of phytoplankton and relative biomass (%) of blue-green algae (cyanobacteria) and cryptomonads; (b) increase in species richness and abundance of golden algae and non-heterocystous cyanobacteria; (c) increase in total species richness per samples; (d) increase in abundance of small-sized species; (e) elevated magnitude of summer peak in the seasonal dynamics of biomass; (f) a decrease in number of diazotrophic species; (g) decline of coenosis diversity, evenness and ratio of minimum to maximum biomass as a measure of ecosystem stability; (h) change in the ratio of morpho-functional groups of phytoplankton in a direction: B → D + C → S1 → Y, i. e. from species characteristic of mesotrophic, well mixed waters, to the species associated with high trophic level waters, tolerant to light deficiency and capable for phagotrophy.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО МЕТАБОЛИЗМА ПРЕСНОВОДНЫХ МАКРОФИТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Ю.В. Крылова¹, Е.А. Курашов^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
Россия, juliakrylova@mail.ru

² Институт озераведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,
evgeny_kurashov@mail.ru

Низкомолекулярные органические соединения (вторичные метаболиты) (НОС) водных макрофитов играют очень важную роль в различных процессах в водных экосистемах, часто определяя состав и развитие водных биоценозов через межвидовые и внутривидовые взаимодействия. Кроме этого, многие из этих соединений представляют собой ценный природный ресурс для практического использования в различных отраслях (медицина, фармакология, пищевая промышленность, косметология и т.д.).

В отношении высших водных растений такая научная область как метабономика, когда метаболические профили используют для получения информации об изменениях метаболизма, связанных с внешними факторами окружающей среды, в том числе вызывающими патологические процессы, продолжает оставаться практически неизученной. Очень мало информации о том, как другие сообщества гидробионтов влияют на компонентный состав низкомолекулярных метаболических профилей (НМП) водных макрофитов, закономерности биосинтеза НОС и его изменчивость в зависимости от природных и антропогенных факторов.

Целью данной работы было: при помощи газовой хромато-масс-спектрометрии изучить, идентифицируя до химической формулы, ком-

понентный состав НМП водных растений в литоральном экотоне водоемов бореальной зоны и оценить изменчивость НМП ряда видов водных макрофитов в зависимости от природных и антропогенных факторов.

Полученные результаты показали, что изменчивость компонентного состава НОС водных макрофитов (таблица) из разнотипных водоемов различных географических регионов зависит от трофического типа водоема, географического района произрастания растений, от уровня антропогенной нагрузки, биологического окружения (например, воздействия растительных беспозвоночных, наличия других водных растений и цианобактерий).

Таблица. Изменчивость компонентного состава НОС некоторых видов водных макрофитов, оцененная по индексам сходства Жаккара (J, над чертой) и Сьёренсена-Чекановски (Ks, под чертой), из различных местообитаний, их общее число и преобладающие соединения (1-2 место по значимости)

Вид / число НОС / основные НОС	Значения индексов сходства (J / Ks)	Места произрастания растений
<i>Myriophyllum spicatum</i> L. / 33–100 / гексадекановая и гексадеценная кислоты	0,22–0,56 / 0,36–0,73	Водоемы Астраханской обл., Черное море у п.Сергеевка и Днестровский лиман (Одесская область, Украина), Ладожское озеро, озера Карельского перешейка
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith / 129–150 / линоленовая и гексадекановая кислоты	0,40–0,57 / 0,57–0,73	Ладожское озеро, озера Карельского перешейка, Ярославская обл.
<i>Potamogeton natans</i> L. / 111–143 / манол, гексадекановая кислота	0,26–0,83 / 0,42–0,98	Озера Карельского перешейка, пойменные озера Астраханской обл.
<i>P. perfoliatus</i> L. / 54–136 / фитол, линоленовая и гексадекановая кислоты	0,26–0,56 / 0,41–0,72	Ладожское и Онежское озера, озера Карельского перешейка
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Gray / 73–103 / гексадекановая, линолевая кислоты, манол	0,43–0,57 / 0,6–0,72	Ладожское озеро
<i>Nymphaea alba</i> L. / 72–154 / гексадекановая, линоленовая кислоты, эфир линоленовой к-ты, манол	0,15–0,34 / 0,27–0,51	Водоемы Астраханской обл., озера Карельского перешейка

Компонентный состав НМП макрофитов в конкретном водоеме остается практически постоянным год от года, если не происходят серьез-

ные изменения в водной экосистеме. Если экосистема меняется (например, ее трофический статус, или происходит ее загрязнение), это влечет за собой изменения в компонентном составе НОС и их содержании. Эти изменения интегрально отражают степень изменения озерной среды.

В работе показано, что систематические ежегодные исследования НМП макрофитов в одну и ту же фазу вегетации можно рассматривать как важный метод диагностики стабильности водных экосистем.

Variability of freshwater macrophytes low molecular weight metabolism under the influence of natural and anthropogenic factors. J.V. Krylova, E.A. Kurashov. It is shown that the variability of low molecular weight metabolome of freshwater macrophytes depends on the trophic type of water body, geographic region of plant growth, level of the anthropogenic pressure and biological environment. New method for diagnosis of stability of aquatic ecosystems is proposed.

МАКРОФИТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОЗЕРА ЧЕРСТВЯТСКОЕ

С.Э. Латышев, Л.М. Мержвинский, Ю.И. Высоцкий

УО ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Беларусь, sergey5940333@tut.by

Озеро Черствятское расположено в Ушачском районе Витебской области в 15 км на северо-восток от районного центра Ушачи. Площадь озера 9,35 км², длина – 6,9 км, длина береговой линии – 19,2 км, площадь водозабора 152 км². Наибольшая ширина водоема составляет 2,5 км, наибольшая глубина – 4,3 м, объем воды – 20,7 млн. м³ (Дзісько і інш., 1994).

По комплексной классификации О.Ф. Якушко оз. Черствятское относится к эвтрофному типу (Власов и др., 2004; Якушко, 1981). На момент обследования прозрачность воды составляла 1 м. Изучение высшей водной растительности было произведено 14–15 августа 2015 г. Описание макрофитной растительности осуществлялось по общепринятым методикам В.М. Катанской и И.М. Распопова (Распопов, 1985; Катанская, 1981).

Представителями полосы воздушно-водной растительности являются *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Scolochloa festuacea* (Willd.) Link, *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Acorus calamus* L., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Typha angustifolia* L., *Typha latifolia* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult.

Полоса растений с плавающими на поверхности воды листьями представлена фрагментарно. Представителями данной полосы на оз. Черствятское являются *Nuphar lutea* (L.) Sm., *Nymphaea candida*

J. Presl & C. Presl, *Potamogeton natans* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Lemna minor* L.

Представителями полосы погруженной растительности являются *Potamogeton lucens* L., *P. perfoliatus* L., *P. pectinatus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Stratiotes aloides* L., *Sparganium emersum* Rehmann, *Batrachium circinatum* (Sibth.) Spach. Доминирующим представителем полосы погруженной растительности оз. Черствятское является *Myriophyllum spicatum* L.

Полоса водных мхов и харовых водорослей в оз. Черствятское не выражена. Основной причиной является низкая прозрачность воды в водоеме. Единственным обнаруженным представителем данной полосы является *Chara* sp.

Таблица. Площадь ассоциаций, их продуктивность и общая продукция высших растений оз. Черствятское

Ассоциация	Площадь, га	Продуктивность, г/м ²	Фитомасса, т
<i>Phragmites australis</i>	45	1700	765
<i>Phragmites australis</i> – <i>Nuphar lutea</i>	2,7	1000	27
<i>Typha angustifolia</i>	1,75	800	14
<i>Eleocharis palustris</i>	0,15	160	0,24
<i>Scolochloa festucacea</i>	0,1	320	0,32
<i>Nuphar lutea</i>	6,4	300	19,2
<i>Nuphar lutea</i> + <i>Nymphaea candida</i>	1,7	360	6,12
<i>Potamogeton natans</i>	0,6	200	1,2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	34	180	61,2
<i>Potamogeton lucens</i>	5,2	120	6,24
<i>Potamogeton lucens</i> + <i>Myriophyllum spicatum</i>	2,5	140	3,5
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	1,8	100	1,8
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,03	60	0,018
<i>Stratiotes aloides</i>	1	340	3,4
<i>Chara</i> sp.	0,01	10	0,001
Всего:	102,94	–	909,24

Площадь макрофитной растительности оз. Черствятское составляет 109,24 га, или 11,68 % от общей площади водоема. За вегетационный период макрофитная растительность озера продуцирует 909,24 т воздушно-сухого веса. Представители воздушно-водной полосы домини-

руют по занимаемой площади и формируемой продукции. Гелофиты занимают площадь 49,7 га и продуцируют 805,56 т воздушно-сухого веса, что составляет 48,2 % от общей площади и 88,6 % от общей продукции макрофитной растительности.

Дзісько, Н.А. Блакітная кніга Беларусі: Энцыклапедыя / Н.А. Дзісько і інш. Мн.: БелЭн, 1994. 415 с.

Власов, Б.П. Озера Беларуси: Справочник / Б.П. Власов, О.Ф. Якушко, Г.С. Гигевич, А.Н. Рачевский, Е.В. Логинова. Минск: БГУ, 2004. 284 с.

Якушко, О.Ф. Озероведение / О.Ф. Якушко. Изд. 2-е, перераб. Мн.: Выш. шк., 1981. 223 с.

Распопов, И.М. Высшая водная растительность больших озёр Северо-Запада СССР / И.М. Распопов. Л.: Наука, 1985. 196 с.

Катанская, В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. / В.М. Катанская. Л.: Наука, 1981. 187 с.

Macrophyte vegetation in Cherstvyatskoye Lake. S.A. Latyshev, L.M. Merzhvinsky, Ju.I. Vysotsky. In August 2015 the description of macrophyte vegetation according to methods of W.M. Katanskaya and I.M. Raspopov was conducted. The area of macrophyte associations, their productivity and fitomass were determined.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

П.А. Лозовик

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, lozovik@nwpi.ksc.karelia.ru

В водных объектах протекают три группы процессов, в результате которых меняются качественные показатели воды, и они отражают функционирование водных экосистем: трансформация лабильных веществ, круговорот биогенных элементов, продукционно-деструкционные процессы

Трансформация лабильных веществ (органических (ОВ), P, N, Fe, Si и др.) приводит к их удалению из водной среды (захоронению в донных отложениях, биохимическому окислению до CO₂ и H₂O).

Для оценки степени трансформации лабильных веществ в лимнологии используется понятие удерживающей способности озер:

$R = \frac{C_{пр} - C_{оз}}{C_{пр}}$, где C_{пр}, C_{оз} – концентрация вещества в приточных водах

и в озере соответственно. Для R_{общ} Фолленвайдером, Диллоном и Ригле-

ром получены эмпирические уравнения связи R с периодом водообмена озер. В предположении, что трансформация лабильных веществ подчиняется кинетике реакций первого порядка, удалось теоретически получить уравнение связи R с константой скорости трансформации и периодом водообмена озер (Лозовик и др., 2011): $R = \frac{k\tau}{1+k\tau e^{-1/\tau}}$. Польза последнего уравнения в том, что по нему, зная R и τ , можно рассчитать k . Используя данные по химическому балансу озер удалось получить k для ряда водоемов Карелии: $k_{OB} - 0,14-0,74 \text{ год}^{-1}$, $k_{Робщ} - 0,14-0,63 \text{ год}^{-1}$, $k_{Si} - 0,05-1,23 \text{ год}^{-1}$, $k_{Feобщ} - 0,21-1,30 \text{ год}^{-1}$. Основное отличие констант наблюдается для больших и малых озер, что обусловлено различием в них температурного режима.

Для оценки продукции и деструкции ОВ в водных объектах предложен новый кинетический метод, основанный на кинетике БПК и показателях содержания и трансформации автохтонного ОВ (Лозовик, 2013). Этот метод основан на том, что результатом протекания продукционно-деструкционных процессов является образование автохтонного ОВ.

Общая деструкция ОВ вычисляется по БПК_{полн} и константе скорости потребления O_2 (K): $D_{общ} = \text{БПК}_{полн}(1 - e^{-K})$. Продукция (P) и деструкция автохтонного ОВ ($D_{авт}$) рассчитывается по уравнениям: $P = \rho_{авт} \text{ХПК}(e^{k_{авт}} - 1)$, $D_{авт} = \rho_{авт} \text{ХПК}(1 - e^{-k_{авт}})$, где $\rho_{авт}$ – доля автохтонного ОВ, ХПК – химическое потребление кислорода, $k_{авт}$ – константа скорости окисления автохтонного ОВ.

Деструкцию аллохтонного ОВ ($D_{алл}$) можно определить по разности общей деструкции и деструкции автохтонного ОВ: $D_{алл} = D_{общ} - D_{авт}$.

Новообразование ОВ и выделение O_2 в водную среду в результате протекания продукционно-деструкционных процессов можно установить по разности продукции и деструкции автохтонного ОВ:

$$\text{Новообр. ОВ} + O_2 = P - D_{авт} = \rho_{авт} \text{ХПК}(e^{k_{авт}} + e^{-k_{авт}} - 2).$$

На основании опытов по кинетике БПК удается получить БПК_{полн} и K . Долю автохтонного ОВ можно установить либо по эмпирической формуле $\rho_{авт} = 0,62 \text{ХПК} / \text{Нит} - 0,35$, либо по адсорбции аллохтонного ОВ на ДЭАЭ-целлюлозе в динамическом режиме (Лозовик, Мусатова, 2013). $k_{авт}$ можно вычислить по фиксированному значению константы трансформации аллохтонного ОВ ($k_{алл}$) ($0,0013 \text{ сутки}^{-1}$ для периода открытой воды, $0,0007 \text{ сутки}^{-1}$ для зимнего сезона): $k_{авт} = \frac{\rho K - k_{алл}}{\rho_{авт}} + k_{алл}$, либо по соотношению $k_{авт}/k_{алл} = 10$: $k_{авт} = \frac{\rho L}{0,9\rho_{авт} + 0,1}$ (Лозовик, 2013).

Опыты по кинетике БПК проводятся при двух температурах (10 и 20°C), что позволяет получить температурный коэффициент скорости

потребления O_2 , с использованием которого удается установить сезонную продукцию и деструкцию ОВ в водных объектах с учетом их среднесезонной температуры.

После интегрирования сезонных значений продукции и деструкции можно установить их годовые значения. На основании проведенных экспериментальных исследований на водных объектах Карелии установлено, что годовая продукция в олиготрофных озерах составляет 6–14 mgO_2/l в год, в мезотрофных – 14–22, в эвтрофных – 30–94 mgO_2/l в год. Полученные значения в некоторых случаях существенно отличаются от величин, установленных по модели Винберга.

Transformation of labile compounds and production-destruction processes in lake ecosystems. P.A. Lozovik. Transformation of labile compounds in lake ecosystems may be described using chemical balance of the lakes (Lozovik et al., 2011). Organic matter production (P) and distraction (D_{tot}) may be estimated by kinetic model (Lozovik, 2013). It is obtained that organic matter production in oligotrophic lakes of Karelia contained 6–14 mgO_2/l per year, in mezotrophic – 14–22, in eutrophic – 30–94 mgO_2/l per year.

АЛЬГОФЛОРА СТАРИЧНЫХ ВОДОЕМОВ, ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ БОБРОВ

Т.А. Макаревич, В.В. Белоус, Т.А. Гурчунова

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, makarta@tut.by

Строительная и кормодобывающая деятельность бобров существенно преобразует околотовные и водные экосистемы. В связи с устойчивым ростом численности речного бобра это становится серьезной экологической проблемой. В настоящее время активно изучается влияние деятельности бобра на прибрежные экосистемы, на рыбное население, амфибий, зоопланктон. Однако практически отсутствуют данные о влиянии средообразующей деятельности бобра на альгофлору.

В данном сообщении представлены результаты исследования альгофлоры двух старичных водоемов на юге Беларуси, трансформированных деятельностью бобров. Пробы фитопланктона, перифитона, переувлажненной почвы заболоченных берегов отобраны в июле 2014–2015 гг.

Старица Ров в пойме р. Чаква (приток р. Горынь, Столинский район, Брестская обл.). Небольшой водоем вытянутой формы (максимальная ширина около 30 м, максимальная глубина около 3 м; прозрачность 0,5 м), дно заиленное, высокая степень зарастаемости

макрофитами. Преобладают *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Lemna minor* L., *Potamogeton lucens* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Stratiotes aloides* L. На водоеме обитаемая бобровая хатка, в прибрежной части поваленные бобрами деревья, мелководье засорено ветками. Берега местами подтоплены и заболочены.

Альгофлора старицы Ров характеризуется высоким видовым богатством и таксономическим разнообразием. За период исследования выявлено 110 видов водорослей. Обнаруженные виды принадлежат к 57 родам, 41 семейству из 15 порядков, 11 классов и 7 отделов. Наиболее богато представлен отдел Bacillariophyta (48 видов; 44 % общего числа видов). Второе место по значимости в формировании видового богатства принадлежит зелёным водорослям (36 видов из 20 родов), третье – цианопрокариотам (16 видов из 12 родов). В перифитоне выявлено почти в 2 раза больше видов водорослей, чем в планктоне (91 и 56 соответственно). Большинство видов в альгофлоре старицы (около 70 %) являются контуробионтными (обрастатели, донные, почвенные) и эвритопными формами, типичные планктонные виды составляют около 30 %.

Величины плотности и биомассы фитопланктона составили (15,3–32,5) млн кл./л и (9,32–12,6) мг/л, что соответствует эвтрофным водоемам.

Старица р. Сож (Гомельский район) – небольшой мелководный водоем овальной формы (примерно 80×50 м; максимальная глубина около 2 м; прозрачность 0,3 м). Бобры покинули водоем, но остались следы их деятельности: норы по берегам, поваленные деревья, мелководье засорено ветками, берега в значительной степени подтоплены и заболочены. Преобладает надводная растительность (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Butomus umbellatus* L., *Equisetum fluviatile* L.), погруженные макрофиты развиты слабо (*M. verticillatum*).

В альгофлоре старицы выявлено 146 видов водорослей, принадлежащих к 61 роду, 44 семействам из 18 порядков, 13 классов и 8 отделов. Таксономическая структура альгофлоры старицы р. Сож близка к структуре альгофлоры старицы Ров. Основной вклад в формирование видового богатства вносят отделы Bacillariophyta (62 вида; 42 % общего числа видов), Chlorophyta (53 вида; 36 %) и Cyanophyta (цианопрокариоты – 21 вид; 14 %). Так же как и в старице Ров, видовое богатство водорослей перифитона, значительно выше, в сравнении с планктоном (125 против 64 видов), а в биотопической структуре альгофлоры преобладают контуробионтные и эвритопные виды (около 70 % общего числа видов).

Уровень количественного развития фитопланктона соответствует эвтрофным водоемам. Величины плотности и биомассы укладывались в пределы (15,6–33,3) млн кл./л и (4,5–8,5) мг/л.

Таким образом, результаты исследования показали, что для альгофлоры старичных водоемов, трансформированных деятельностью бобров, характерно:

- высокое видовое богатство и таксономическое разнообразие;
- бóльшая значимость перифитона, в сравнении с фитопланктоном, в формировании альгофлоры водоема;
- преобладание контуробионтных форм водорослей над типично планктонными.

Эти особенности альгофлоры являются следствием средообразующей деятельности бобра, в результате которой возрастает гетерогенность среды, увеличивается количество субстрата для перифитона (строительный материал, околководная растительность как трофический ресурс, повышенная зарастаемость макрофитами).

Algoflora of oxbow ponds transformed with beavers' activity.
T.A. Makarevich, V.V. Belous, T.A. Gurchunova. Algoflora of oxbow ponds transformed with beaver activity is characterized by high species richness and taxonomic diversity, high periphyton importance in the formation of algoflora compared with phytoplankton, prevalence of periphytic and benthic algae over typically planktonic forms.

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ХЛОРОФИЛЛА В ПЛАНКТОНЕ КРУПНОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.М. Минеева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, п. Борок, Россия,
mineeva@ibiw.yaroslavl.ru*

Определение фотосинтетических пигментов в планктоне Рыбинского водохранилища (Верхняя Волга, Россия) ведется в ИБВВ РАН с середины XX века стандартным спектрофотометрическим методом на шести постоянных станциях (Фитопланктон..., 1999; Экологические проблемы..., 2001; Сигарева и др., 2016). В 2009 г. мы начали использовать флуоресцентный метод в модификации, разработанной в Красноярском университете (Гольд и др., 1986; Гаевский и др., 1993). Метод позволяет определять суммарное количество хлорофилла *a* ($\Sigma\text{Хл}$) непосредственно в природной воде по его содержанию у диатомовых, синезеленых и зеленых водорослей ($\text{Хл}_{\text{Вас}}$, Хл_{Cyan} , Хл_{Chl} , соответственно). Полученные данные продолжают и дополняют ряды многолетних наблюдений, позволяющих контролировать состояние и развитие пресноводной экосистемы.

В мае-октябре 2009–2014 гг. преобладающие концентрации $\Sigma\text{Хл}$ (~ 42 % общего числа наблюдений) составили 10–30 мкг/л. Максимальные величины были выше 50 мкг/л в 2009, 2012 гг. и выше 100 мкг/л в 2010, 2011, 2013, 2014 гг. Такие высокие концентрации в единичных случаях регистрировались в водохранилище и раньше (Минеева, 2004), но в последние годы их доля существенно выросла.

Содержание $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ достигало 18–92 мкг/л, Хл_{Cyan} – 25–130 мкг/л, Хл_{Chl} – 1–4 мкг/л. Наиболее часто встречаемые концентрации $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ ограничены 10 мкг/л, в массиве значений Хл_{Cyan} преобладали величины до 30 мкг/л. Доля $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ в суммарном фонде хлорофилла в основном колебалась в пределах 30–50 %, возрастала до 60–70 % в 2010 г. и снижалась до 25–27 % в 2013 г. Доля Хл_{Cyan} весной и в начале лета не превышала 20–30 %, а в июле-сентябре увеличивалась до 90 % и более. В отдельные периоды и $\text{Хл}_{\text{Вас}}$, и Хл_{Cyan} могли составлять весь фонд $\Sigma\text{Хл}$. В сезонной динамике $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ прослеживались весенний, летний и осенний подъемы, в сезонной динамике Хл_{Cyan} – летний подъем, во время которого отмечались максимальные величины. Последние были существенно выше, чем концентрация $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ (в июле-сентябре 2009 и 2011–2014 гг. превышение могло быть 10-кратным). Относительное количество Хл_{Chl} составляло не более 3–13 %.

Анализ связи содержания суммарного хлорофилла с факторами среды показал, что в наибольшей степени развитие фитопланктона в водохранилище зависело от присутствия фосфора ($R^2 = 0,75$). Умеренное

воздействие оказывали температура воды, электропроводность, отражающая общую минерализацию, и содержание азота ($R^2 = 0,27-0,46$). Ранжирование $X_{\text{ЛСян}}$ и $X_{\text{ЛВас}}$ по градиенту температуры выявило температурный интервал, наиболее благоприятный для вегетации водорослей соответствующих отделов. Для синезеленых водорослей этот интервал составляет 20–25 °С, для диатомовых – от 5 до 20 °С. Известно, что температурный оптимум синезеленых водорослей выше, чем оптимум диатомовых (Butterwick et al., 2005), для которых широкий температурный диапазон объясняется развитием холоднолюбивых форм весной и осенью, теплолюбивых – летом.

Многолетняя динамика хлорофилла в Рыбинском водохранилище носит циклический характер, связанный с гидроклиматическими особенностями и водностью лет наблюдения (Минеева, 2004; Пырина и др., 2006). Хлорофилл как физиологический показатель является наиболее чувствительным маркером изменений внешней среды. За более чем 50-летний период наблюдений в разные фазы водности при преобладании антициклонального типа погоды создавались условия, дающие толчок интенсивному развитию фитопланктона. В эти годы, наиболее типичными из которых были 1972 и 1981, содержание хлорофилла возрастало, затем постепенно снижалось, но оставалось в целом на более высоком уровне, чем в предыдущий период, отражая повышение трофии водоема.

В 2011–2014 гг. отмечен резкий подъем $\Sigma X_{\text{Л}}$ с абсолютным (64–75 % общего числа наблюдений) преобладанием величин, свойственных эвтрофным и высоко эвтрофным водам. Стимулом послужили условия аномально жаркого лета 2010 г., когда температура водной толщи была выше 25 °С. Известно, что повышение температуры служит эвтрофирующим фактором, способствуя повышению внутренней фосфорной нагрузки, а также более обильной и продолжительной вегетации синезеленых водорослей (Jeppesen et al., 2005). Полученные данные демонстрируют пример отклика экосистемы на изменение термического режима водоема.

Chlorophyll *a* seasonal and interannual dynamics in plankton of the large plain reservoir. N.M. Mineeva. Using fluorescence method the study of seasonal and interannual dynamics of chlorophyll at the Rybinsk Reservoir (Upper Volga, Russia) was carried out in 2009–2014. Contribution of the diatoms, blue-green and green algae in the total amount of pigment was estimated. The sharp rise in chlorophyll concentration have been found after abnormally hot year, 2010.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ В УСЛОВИЯХ ГОМОТЕРМИИ

Н.М. Минеева¹, В.Ф. Мухутдинов²

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, п. Борок, Россия,
mineeva@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Российский научно-исследовательский институт комплексного использования
и охраны водных ресурсов, г. Екатеринбург, Россия, muhutdinov1@rambler.ru*

С использованием погружного флуориметра Fluoroprob bbe Moldaenke в августе 2015 г. выполнено зондирование распределения фитопланктона (содержания хлорофилла, Хл *a*) в водной толще Иваньковского, Угличского и Рыбинского водохранилищ (Верхняя Волга, Россия). В условиях гомотермии для 25 станций выявлено несколько типов вертикального распределения Хл *a*.

Плавное снижение в толще воды наблюдалось на участках с глубиной 5–8 м в верхней части водохранилищ, где толщина фотосинтезирующего слоя составляла $2,4 \pm 0,2$ м, а показатель вертикального ослабления ФАР – $1,26 \pm 0,02$ м⁻¹. При среднем для фотического слоя содержании $25,0 \pm 6,3$ мкг/л хлорофилл вносит ощутимый вклад в поглощение ФАР (47 ± 9 %).

Для большинства более глубоких (9–17 м) русловых участков Иваньковского и Угличского водохранилищ отмечено резкое снижение содержания Хл *a* на определенной глубине, которая коррелирует с глубиной станции ($r=0,89$). Для этих участков характерна высокая ($44,1 \pm 4,0$ мкг/л) концентрация Хл *a* в эвфотной зоне, составляющей в среднем $2,3 \pm 0,1$ м, увеличение показателя вертикального ослабления ФАР до $1,30 \pm 0,02$ м⁻¹ и рост вклада Хл *a* в поглощение ФАР до 66 ± 4 %. В нижней части Угличского водохранилища содержание Хл *a* в эвфотной зоне было выше 70 мкг/л, в верхних 6–7 м, оно плавно снижалось а глубже практически не менялось. Вклад Хл *a* в ослабление ФАР превышал 90 %.

Равномерное вертикальное распределение Хл *a* наблюдалось против устья малой реки (р. Кашинка) в Угличском водохранилище и на стандартных станциях Рыбинского с глубинами от 6 до 14 м. Содержание Хл *a* в столбе воды составляло 44 мкг/л в первом случае и $20,8 \pm 2,9$ мкг/л во втором, различия между поверхностным и придонным слоями не превышали 10 %. Глубина фотосинтезирующего слоя на этих станциях была самой низкой ($2,1 \pm 0,1$ м). Показатель вертикального ослабления ФАР ($1,26 \pm 0,01$ м⁻¹) был таким же, как на станциях первой группы, но роль фитопланктона в ослаблении ФАР снижалась до 38 ± 6 % за счет взмучивания терригенной взвеси со дна, вызвавшего ухудшение световых условий.

Участки водохранилищ с различным вертикальным распределением хлорофилла характеризовались специфической динамикой вод. На станциях с плавным снижением Хл *a* по глубине, расположенных в верхней части водохранилищ, гидродинамическая структура определяется относительно постоянными по скорости и направлению стоковыми течениями. Гидродинамический режим речных участков с резким снижением содержания Хл *a* характеризуется сложной системой течений и круговоротов в зависимости от взаимодействия сбросных расходов верхних и нижних гидроузлов и стока притоков. Здесь формируется устойчивая поперечная циркуляция вод, вектор которой определяется направлением ветра. На участках, прилегающих к ГЭС, течения быстро возникают и прекращаются в зависимости от суточных сбросов воды. В результате изменения сбросных расходов в русловой зоне образуются волны попуска, приводящие к реверсивности течения на значительном расстоянии от ГЭС. Равномерное распределение фитопланктона против впадения малой реки, вероятно, связано с образованием в этом района локальных вихрей (Поддубный и др., 2003; Экологические проблемы..., 2001). На стандартных станциях Рыбинского водохранилища равномерное распределение Хл *a* является следствием ветрового перемешивания (скорость ветра в период наблюдения достигала 10 м/с и более). При штилевой погоде скопления синезеленых водорослей в верхних слоях воды сохраняются до нескольких суток (Минеева, 2004).

Использование погружного флуориметра впервые для водохранилищ Верхней Волги позволило выявить три типа вертикального распределения фитопланктона (по хлорофиллу) в условиях гомотермии, связанные с гидродинамическими особенностями акваторий.

Chlorophyll distribution in the Upper Volga Reservoirs under homothermic conditions. N.M. Mineeva, V.F. Mukhutdinov. Vertical distribution of phytoplankton (chlorophyll-a, CHL) was investigated in August 2015 at 25 stations in Ivankovo, Uglich, and Rybinsk reservoirs (Upper Volga, Russia) using the submersible fluorometer Fluoroprob bbeMoldaenke. Three types of CHL vertical distribution were identified under homothermy. Gradual CHL decline in the water column at the upper site of reservoirs; a sharp decline at a certain depth of the majority of river sections; uniform distribution opposite the mouth of a small river (river Kashinka in Uglich Reservoir), as well as at the open lake-like sites of the Rybinsk reservoir under the wind mixing.

ФИТОПЛАНКТОН РОДНИКОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ПРИПЯТСКИЙ»

Т.М. Михеева¹, Е.В. Лукьянова¹, А.А. Свирид²

¹Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, mikheyeva@tut.by,

²БГПУ им. М. Танка, г. Минск, Беларусь, sviridanna.61@mail.ru

Родники как естественные выходы на земную поверхность подземных вод, используемых для питья, формируют уникальные экологические системы со специфическим составом биоты. В Беларуси разработана концепция охраны родников и рационального использования их ресурсов, ведутся исследования для составления государственного кадастра и организации мониторинга (Гигиняк и др., 2003, Байчоров и др., 2014). Актуальным является изучение в родниках всех групп гидробионтов, в том числе и водорослей, сведения о которых все чаще появляются в научной литературе (Орлова, 2013, Орлова, Шабает, 2015).

Таблица. Некоторые показатели родников

Родник	Температура при отборе проб (°C)	рН (по [6], собств. данные 2009, 2010 гг.) /тип родника/ дебит (л/с)/ ван- на	Общая мине- рализация по [6] (мг/дм ³)	Группа воды по [6])
Родник 2 сероводородный у ручья Бычок [6]	9; 8,5	5,83; 7,23; 5,98 /лимнокрен и гелокрен, кап- тирован дере- вянным срубом /0,07/ гл. 0,4 м.	Низкая (56,333)	Гидрокарбонатно- кальциевая с запа- хом сероводорода
Родник 1 у Крушинного канала	9; 12	5,42; 6,44; 5,75 /лимнокрен /0,01/ диаметр 0,3 и гл. 0,4 м.	Низкая (40,859)	Гидрокарбонатно- кальциевая. Питьевая
Родник 4 в со- сновом лесу у д. Симоновичи	12; 14	5,12; 5,55; 5,82 /лимнокрен /0,01/ диаметр 0,5 и гл. 0,3 м	Средняя (170,821)	Сульфатно- хлоридная кальцево- натриевая. Питьевая вкусная
Родник 3, капти- рованный железо- бетонным коль- цом у дороги Лельчицы-Туров	нет дан- ных; 17	6,3; нет данных; 6,88 / выходы поземных вод подтоплены (ниже по тече- нию ручья – бобровая пло- тина)/ гл. 0,78 м	Низкая (70,585)	Гидрокарбонатно- кальциевая

В четырех постоянно действующих родниках на территории Национального парка «Припятский» вдоль дороги Лельчицы-Туров (Власов

и др., 2011, Михеева и др., 2016), пробы фитопланктона (объемом 0,5 л) отбирали в июле-августе 2009 г. и 2010 гг. (таблица).

При количественной обработке осадочных проб фитопланктона родников обнаружено всего 23 вида, из них наибольшим числом были представлены эвгленовые водоросли – 6 видами, что вызывает некоторое удивление, поскольку они предпочитают не столь чистые воды, которыми обычно характеризуются родники. Каждый родник отличается достаточно выраженной специфичностью по составу обитающих в них организмов фитопланктона. Число видов в родниках находилось в пределах 3–9. В сероводородном роднике отмечено наибольшее число видов (9) с преобладанием диатомовых и ни один из них не отмечен в трех других родниках, равно, как и в каждом из трех родников не было общих представителей, наименьшее (3) – в роднике 4.

Новыми для флоры республики в родниках оказались 3 вида: *Gloeotheca subtilis* Skuja (цианобактерии), *Ochromonas mutabilis* Klebs (золотистые) и *Desmodesmus insignis* (West & G. S. West) E. Hegewald (зеленые хлорококковые).

По эколого-географическим характеристикам (Баринова и др., 2006) большая часть встреченных видов относятся к группам неизвестной приуроченности (39,2–74 %) и космополитам (56,5 %). Индифферентными к галобности, индикаторами стояче-текучих вод являются по 34,8 % видов. Несколько меньшая часть видов относится к группам планктонно-бентосные и бентосные (по 30,4 %), индифферентные к ацидификации (по 26,1 %), эвритермные (21,7 %), индикаторы стоячих вод (17,4 %), галофилы, мезогалобы, алкалифилы (8,7 %).

По численности клеток в составе планктонных комплексов наблюдается как монодоминирование (*Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) J. Komárková-Legnerová & G. Cronberg – родник 2 и *Pseudokephyrion* Pascher sp. – родник 1), так и, практически, в равных долях совместное доминирование 2–3 видов с наличием 1–3 сопутствующих.

Количественное развитие фитопланктона в родниках низкое, что свойственно родникам вообще, а не только родникам парка. Величины общей численности организмов и клеток в каждом роднике имеют лишь небольшие различия. Численность организмов в трех из них составляла от 10 до 660 тыс./л и только в роднике у Крушинного канала – достигла 1,6 млн/л, численность клеток – от 40 до 660 тыс./л, а в самом Крушинном канале – 1,9 млн/л. Это говорит о развитии в родниках преимущественно одноклеточных организмов. В трех родниках развивались водо-

росли только какого-то одного отдела. Например, в роднике у Крушинного канала – это золотистые (*Ochromonas mutabilis* или *Pseudoekephyrion* sp.), в роднике в сосновом лесу у д. Симоновичи – зеленые (хлорококковые): *Desmodesmus insignis* и *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson, в роднике 3 – эвгленовые (*Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg и *Euglena gracilis* Klebs).

Более смешанный состав и большая степень разнообразия относительного участия других групп водорослей прослеживается только в сероводородном роднике, в котором на 40–66 % доминировали диатомовые в сопровождении эвгленовых и криптофитовых и даже цианобактерий (*Planktolyngbya limnetica*). В одной из проб, отобранной в роднике у Крушинного канала, был также отмечен представитель цианобактерий *Gloeotheca subtilis*. В то же время в планктонной пробе из родника в сосновом лесу у д. Симоновичи не обнаружено при камеральной ее обработке ни одного планктонного вида водорослей, а в осадке отмечены виды рода *Pinnularia* Ehrenberg, *Gonatozygon brebissonii* De Bary, *Ulothrix variabilis* Kützing.

Общая биомасса фитопланктона родников находилась в пределах от 0 до 2,54 мг/л. Самые низкие значения были получены для родника 4, наибольшая биомасса отмечена в роднике 3. Биомассу определяли водоросли из тех же отделов и те же виды, которые указывались и для величин численности организмов и клеток во всех родниках.

Таким образом, представленные в сообщении данные по видовому составу и количественному развитию фитопланктона родников НП «Припятский», показали чрезвычайно высокую степень их специфичности, что делает экосистемы родников особенно интересными и оправдывает появившееся внимание к ним природоохранных организаций и ученых-исследователей.

1. Гигиняк Ю.Г., Байчоров В.М., Мороз М.Д., Голубев А.П. Концепция охраны родников и рационального использования их ресурсов в Беларуси. Водный Форум «Современное состояние, проблемы и перспективы использования водных ресурсов Беларуси», Минск, 2003.

2. Байчоров В.М., Гигиняк Ю.Г., Колтунов В.В. Родники Глуботчины: брошюра. Минск: 2014. 28 с.

3. Орлова Ю.С. Первичные сведения о зимнем фитопланктоне родника Лесной (национальный парк «Смольный», Мордовия) //Экологический сборник 4: Труды молодых ученых Поволжья. Всероссийская научная конференция с международным участием /под. ред. проф. С.В. Саксонова. Тольятти: Кассандра, 2013. С. 127–130.

4. Орлова Ю.С., Шабает А. Фитопланктон родников «Лесной» и «Кузнец» в национальном парке «Смольный»//Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Сидорова. Вып. 14. Саранск; Пушкин, 2015. С. 389–395.

5. Власов Б.П., Архипенко Т.В., Рудаковский И.А. и др. Водные ресурсы Национального парка «Припятский»: справочник. Минск: БГПУ, 2011. 96 с.

6. Михеева Т.М., Свирид А.А., Хурсевич Г.К., Лукьянова Е.В. Водоросли планктона водоемов и водотоков Национального парка «Припятский» / Под ред. Т.М. Михеевой. Минск: Право и экономика, 2016. 326 с.

7. Барина С.С., Медведева С.С., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Русское издательство, 2006. 498 с.

Phytoplankton of the springs in the National Park «Pripyatsky». T.M. Mikheyeva, E.V. Lukyanova, A.A. Svirid. The species composition and quantitative development of summer phytoplankton of 4 springs were determined; 3–9 species were detected in each of them, 23 in total. The high level of species specificity was observed in each spring. The phytoplankton biomass in the springs was low – 0–2,54 mg/l. The ecology-geographical and saprobiological characteristics of phytoplankton communities are given.

СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА СИСТЕМЫ ОЗЕР БОЛЬШИЕ И МАЛЫЕ ШВАКШТЫ, Р. СТРАЧА **И.В. Савич**

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
savich.iryana@gmail.com*

Озера Большие и Малые Швакшты принадлежат к системе р. Страча, бассейн р. Неман (Поставский р-н, Витебская обл., Беларусь). Озера Б. и М. Швакшты, р. Страча – это единая водная система. Первым является оз. Б. Швакшты, которое влияет на качество воды расположенного ниже оз. М. Швакшты. Состав воды в истоке р. Страча определяется процессами, происходящими в озерах. Эти водные объекты используются в рыбохозяйственных, рекреационных и природоохранных целях. Озера Б. и М. Швакшты являются местом нагула хозяйственно ценных рыб. Река Страча – рефугиум для популяций охраняемых лососеобразных рыб (хариус и форель).

На оз. Б. Швакшты гидроэкологические наблюдения проводились эпизодически, начиная с 1948 г. По результатам этих наблюдений оз. Б. Швакшты характеризовалось как водоем с высоким качеством воды и значительной рыбопродуктивностью, однако интенсификация рыбохозяйственной деятельности (с 2003 г. начато зарыбление озера растительноядными рыбами) привела к резкому снижению качества воды (Остапеня, Жукова, 2009). На оз. М. Швакшты и р. Страча комплексные гидроэкологические исследования практически не осуществлялись.

Изучение фитопланктона проводили в 2014 г. в рамках комплексных гидроэкологических исследований на 4-х станциях: в пелагиали озер Б. и М. Швакшты, двух створах р. Страча. Створ «Страча 1» распо-

ложен в 1,4 км ниже оз. М. Швакшты, где находится исток р. Страча, створ «Страча 2» – в 17,4 км от первого по извилинам реки.

Основу фитопланктона исследованных водных объектов составили представители синезеленых, диатомовых, зеленых, золотистых и криптофтовых водорослей. В составе отмечены динофитовые, эвгленовые, желто-зеленые водоросли, но их роль в формировании фитопланктонного сообщества второстепенна.

Значения численности организмов фитопланктона колебались в широких пределах (таблица). В озерах Б. и М. Швакшты, на створе Страча 1 на протяжении всего вегетационного сезона зафиксированы высокие величины численности фитопланктона. Максимальная численность организмов отмечена на створе Страча 1 (июль, 209,3 млн орг./л) и в оз. М. Швакшты (август, 257,95 млн орг./л). На створе Страча 2 численность фитопланктонных организмов была существенно ниже и колебалась в диапазоне 4,6–30,2 млн орг./л. Практически на протяжении всего вегетационного сезона в озерах Б. Швакшты, М. Швакшты и р. Страча высокая численность фитопланктона формировалась за счет синезеленых водорослей (представителей родов *Aphanocapsa*, *Cyanodictyon*, *Cyanocatela*, *Aphanothece*, *Gloeocapsa*, *Synechocistis*, *Romeria*, вида *Anabaena flos-aquae*).

Таблица. Сезонная динамика численности и биомассы фитопланктона озер Б. и М. Швакшты, р. Страча, 2014 г.

Показатель	Месяц							Среднесезонное значение
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
Б. Швакшты								
N, орг. млн/л	55,0	63,3	122,4	80,1	82,7	73,5	27,5	72,1
Биомасса, мг/л	11,5	16,6	42,5	13,9	23,8	16,8	10,0	19,3
М. Швакшты								
N, орг. млн/л	83,2	48,9	99,2	118,5	257,9	166	92,2	123,7
Биомасса, мг/л	14,3	10,7	18,7	33,8	44,2	18,3	22,9	23,3
Страча 1								
N, орг. млн/л	83,4	40,6	110,7	209,3	177,4	134,8	22,3	111,2
Биомасса, мг/л	17,5	14,7	19,3	34,4	42,8	18,7	9,3	22,4
Страча 2								
N, орг. млн/л	13,7	4,8	30,2	25,6	18,8	11,9	4,6	15,7
Биомасса, мг/л	3,4	1,9	6,9	5,6	3,1	1,3	1,0	3,3

На исследуемых станциях (за исключением створа Страча 2) отмечены также высокие величины биомассы фитопланктона. На оз. Б. Швакшты значения биомассы колебались в диапазоне от 10,0 до 42,5 мг/л, в оз. М. Швакшты – от 10,7 до 44,2 мг/л, на створе Страча 1 –

от 9,3 до 42,8 мг/л. В оз. М. Швакшты и створе Страча 1 отмечалась схожая динамика биомассы фитопланктона на протяжении почти всего вегетационного сезона, своих максимальных значений биомасса достигла в августе. На створе Страча 2 биомасса фитопланктона была заметно ниже (максимум в июне – 6,9 мг/л). Биомасса фитопланктона сформирована, главным образом, представителями четырех отделов водорослей: синезеленых, диатомовых, зеленых, золотистых.

Таким образом, численность и биомасса фитопланктона в озерах Б. Швакшты, М. Швакшты и в устье р. Страча имели близкие величины. В отдельные периоды эти показатели в оз. М. Швакшты и в устье р. Страча были выше, чем в оз. Б. Швакшты. Можно предположить, что оз. М. Швакшты не является буферной зоной системы оз. Б. Швакшты – р. Страча.

The phytoplankton structure of the lakes system Bolshye and Malye Shwakshty, Stracha River. I.V. Savich. Some structural phytoplankton indices (species composition, abundance and biomass) during vegetation season of 2014 were studied.

ДИНАМИКА ФЛОРЫ ОЗЕР-СТАРИЦ РЕКИ МЕДВЕДИЦЫ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О.В. Седова¹, В.Д. Шелест², В.А. Болдырев¹

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия, sedova_ov@mail.ru

²Филиал ФБУ «Рослесозащита» - «ЦЗЛ Краснодарского края», г. Краснодар, Россия

Река Медведица является левым притоком Дона и протекает по территории Саратовской области в своем верхнем и среднем течении в хорошо разработанной долине, где многочисленны озера-старичья. Нами в полевые сезоны 2009–2013 гг. были изучены наиболее типичные из них. Исследование флоры проводилось общепринятыми методами (Папченков, 2001; Лисицина, 2003). Результаты частично опубликованы ранее (Волкова, Седова, 2012; Волкова и др., 2013).

На озере, где водное зеркало сохранялось в течение вегетационного периода всех лет исследования, изменялись как число видов по экологическим группам, так и их состав. В 2009 и 2012 гг. отмечено одинаковое число гидрофитов, но общими среди них являются только три вида (*Hydrocharis morsus-ranae* L., *Potamogeton lucens* L., *Stratiotes aloides* L.). В 2011 и 2013 гг. гидрофитов насчитывалось пять видов, общий – *H. morsus-ranae*. В 2009–2011 гг. встречено пять гигрогелофитов, три из

которых общие (*Iris pseudacorus* L., *Lythrum salicaria* L., *Oenanthe aquatica* (L.) Poir.). Гелофитов в 2009 и 2011 гг. отмечено шесть видов, из них пять общих – *Alisma plantago-aquatica* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Sagittaria sagittifolia* L., *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link, *Sparganium emersum* Rehm. На двух других озерах было обнаружено только три вида гидрофитов (*Lemna minor* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.) в 2010 г., несмотря на то, что водное зеркало присутствовало на протяжении вегетационного периода других лет исследования. Число гелофитов и гигрогелофитов довольно сильно изменялось по годам.

Во второй группе озер с 2009 по 2011 гг. настоящие водные растения не найдены, только в 2012 г. появились виды, свободно плавающие на поверхности и в толще воды (*Ceratophyllum demersum* L., *L. minor*, *S. polyrhiza*). Число гелофитов и гигрогелофитов в целом по годам исследования колебалось не существенно.

На озере, относящемся к третьей группе, в 2009 г. основу флоры составляли береговые растения, образующие луговые сообщества. После интенсивного паводка в 2010 г. ранее сформированная растительность была уничтожена. Первые гидрофиты, плавающие на поверхности воды (*L. minor*, *S. polyrhiza*, *Salvinia natans* (L.) All.), отмечены на озере только в 2012 и 2013 гг. Среди гелофитов вид *A. plantago-aquatica* наиболее устойчив к резкому изменению уровня воды, отмечен во все годы исследований.

Основу флоры озер-стариц во все годы исследований составляли многолетние травы (около 50 % видового состава), среди которых более половины – длиннокорневищные многолетники. Представители этой группы обладают высокой экологической пластичностью и способны выдерживать резкие колебания уровня воды.

Исключением является одно озеро, на формирование флоры которого оказали влияние не только уровень паводка на реке, но и сильные торфяные пожары. Здесь изменения качественного и количественного состава видов по годам выражены еще в большей степени. Обращает на себя внимание, что в 2009 и 2012 гг. отмечено одинаковое число гидрофитов, однако общих видов среди них нет, а в 2011 и 2013 гг. настоящие водные растения полностью отсутствовали. Гигрогелофитов в 2009 г. встречено семь видов, тогда, как в 2011 г. – ни одного. Число гелофитов в 2009 и 2012 гг. стабильно – шесть видов, пять из которых общие (*A. plantago-aquatica*, *P. australis*, *S. sagittifolia*, *Scirpus lacustris* L., *Typha angustifolia* L.). В спектре биоморф наряду с длиннокорневищными многолетниками значительная доля видов (20 %) принадлежит и однолетним растениям, быстро занимающим участки обнажившегося дна озера.

Таким образом, количественный состав гигроморф водной флоры в большинстве случаев на каждом озере по годам исследования остается примерно одинаковым, однако ее качественный состав значительно отличается. Суммарное число видов, существующих в активном или покоящемся состоянии, в каждом водоеме за все годы исследования достаточно стабильно и превышает число вегетирующих видов по годам, однако число и видовой состав последних может резко изменяться в зависимости от экологических условий года. Обсыхание или чрезвычайно высокое обводнение озер позволяет развиваться видам с различными экологическими особенностями, которые проходя жизненный цикл, пополняют семенные банки в грунте дна водоема.

Волкова В.Д., Седова О.В. Гидрофильная растительность озер-стариц реки Медведицы в Лысогорском районе Саратовской области // Известия Саратов. ун-та. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2012. Т. 12, № 2. С. 65–71.

Волкова В.Д., Седова О.В., Болдырев В.А. Динамика растительного покрова пойменных озер реки Медведицы в Саратовской области // Вестник Тамбов. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, № 3. С. 762–766.

Лисицына Л.И. Гербаризация водных растений, оформление коллекций // Гидророботаника: методология, методы: Материалы Школы по гидророботанике (п. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2003. С. 49–55.

Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБ и НТ, 2001. 213 с.

Flora dynamics of the Medvedica river oxbow lakes in Saratov region.
O.V. Sedova, V.D. Shelest, V.A. Boldyrev. Investigation's results of flora of representative oxbow lakes are presented in this article. It has been revealed that long-lived herbs compose the foundation of lakes' flora for all years of investigation. Numerical composition of aquatic flora keeps the same but its quantitative composition changes considerably from year to year.

**ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ
И ЗООПЛАНКТОНА В ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМАХ
ЯРОСЛАВСКОЙ И КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ**
**А.С. Семенова^{1,2}, С.И. Сиделёв², О.А. Дмитриева¹, Д.Н. Плигин²,
С.М. Жданова³, О.В. Бабаназарова², Е.А. Соколова³**

¹*Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, г. Калининград, Россия, a.s.semenowa@gmail.com*

²*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, г. Ярославль,
Россия, sidelev@mail.ru*

³*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, п. Борок,
Ярославской обл., Россия, zhdanova83@gmail.com*

Изучение взаимоотношений цианобактерий и зоопланктона давно привлекает как зарубежных, так и отечественных ученых. Взаимоотношения цианобактерий и зоопланктона отечественными учеными изучаются в основном на природных водоемах стандартными гидробиологическими методами, экспериментальные работы практически отсутствуют. Очевиден тот факт, что цианобактерии плохо потребляются планктонными животными, что показано как в экспериментах, так и в результате натурных наблюдений. В качестве объяснений этого явления существует масса гипотез – от морфологических особенностей цианобактерий (колонии) (DeMott et al., 2001) и неполноценности их как питательных субстратов (мало полиненасыщенных жиров и стеролов) (Brett, Mueller-Navarra, 1997; Gladyshev et al., 2003) до токсигенности (Carmichael, 1994; Leflaive, Ten-Hage, 2007). Следует отметить, что противоречивость полученных результатов частично объясняется доминирующей до сих пор методологией исследований в данном направлении. Так, методика полевых исследований в нашей стране строится лишь на анализе количественных показателей развития цианобактерий и зоопланктона, без применения молекулярно-генетических и химико-аналитических подходов, способных как идентифицировать присутствие в водоемах токсигенных популяций цианобактерий на уровне отдельных родов и видов, так и определить содержание самих цианотоксинов в воде. Известно, что массовое развитие цианобактерий не всегда сопровождается продуцированием токсинов, поскольку в воде могут доминировать нетоксигенные популяции, морфологически не отличимые от токсигенных того же вида (Tillet et al., 2000). В итоге, простое сопоставление биомасс всех цианобактерий или известных лишь по литературным данным как токсичные с показателями обилия зоопланктона в исследуемых водоемах приводит к получению недостоверных результатов, что увеличивает противоречивость выводов в работах разных авторов.

Целью нашей работы было изучение характера связей между зоопланктоном, токсигенными цианобактериями и содержанием цианотоксинов в природных условиях, а также получение полевых данных о способности/не способности отдельных видов и таксономических групп планктонных животных устойчиво развиваться в периоды цианобактериальных цветений.

Исследования зоопланктона, фитопланктона, в том числе токсигенных цианобактерий, а также содержания цианотоксинов было проведено в 20 водоемах Калининградской, Ярославской и Ростовской областей в 2009–2015 гг. Отличительной особенностью проводимого анализа было то, что при расчете биомассы токсигенных цианобактерий учитывались только биомассы тех видов и родов цианобактерий, для которых было установлено присутствие генов синтеза тех или иных классов цианотоксинов в соответствующих водоемах.

На основе полученных данных по разным водоемам нами были выявлены статистически значимые обратные связи между биомассой токсигенных цианобактерий, концентрациями микроцистинов и обилием разных групп и видов зоопланктона. Подобная же корреляция была обнаружена между биомассой токсигенных цианобактерий, концентрациями микроцистинов и числом видов зоопланктона в пробе в разных водоемах. Отрицательные статистически значимые корреляции были получены между показателями токсичных цианобактерий и биомассами разных видов кладоцер (*Daphnia cucullata*, *D. galeata*, молодь дафний и, в целом, все виды рода *Daphnia*, *Limnosida frontosa*, *Diaphanosoma mongolianum*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Bosmina coregoni*, *B. longispina*). Напротив, биомасса коловраток и, особенно копепод, в большинстве случаев оказалась статистически незначимо связана с концентрациями микроцистинов, что указывает на их большую устойчивость к действию цианотоксинов. В условиях повышенных концентраций микроцистинов снижение биомасс у копепод зафиксировано лишь у *Eudiaptomus graciloides*. Полученные нами данные свидетельствуют о большей устойчивости к присутствию в среде токсичных цианобактерий у копепод по сравнению с таковой у кладоцер, в природных водоемах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-04-04030а.

Interactions of toxic cyanobacteria and zooplankton in the natural waterbodies of Yaroslavl and Kaliningrad region. A.S. Semenova, S.I. Sidelev, O.A. Dmitrieva, D.N. Pligin, S.M. Zhdanova, O.V. Babanazarova, E.A. Sokolova. Interactions between zooplankton and toxic cyanobacteria in water bodies of Yaroslavl and Kaliningrad regions was investigated in the 2009–2015. The most resistant to cyanobacterial blooms were Copepoda and Rotifera, Cladocera were most sensitive.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ОСАДОЧНЫХ ПИГМЕНТОВ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Л.Е. Сигарева, Н.А. Тимофеева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, п. Борок, Россия,
sigareva@ibiw.yaroslavl.ru*

Среди показателей продуктивности альгоценозов особое место занимают растительные пигменты. Интерес к пространственно-временной динамике пигментов обусловлен недостаточной изученностью причин варьирования их концентраций в разнотипных водоемах. Данные по пигментам широко используются при изучении реакции фототрофных сообществ на изменения климата. Информативность характеристик возрастает при анализе пигментов в разных компонентах экосистемы. Однако, синхронные материалы по растительным пигментам в водной толще и донных отложениях представлены в единичных публикациях. Цель настоящей работы – выявить реакцию фонда растительных пигментов в озеровидной экосистеме на потепление климата на примере Рыбинского водохранилища, характеризующегося мозаичной структурой грунтового комплекса и существенной вариабельностью абиотических факторов продуктивности фитопланктона.

Рыбинское водохранилище – крупный мелководный водоем, в котором взаимодействие водных масс и донных отложений хорошо выражено. Исследование посвящено выявлению особенностей динамики хлорофилла в период (2008–2014 гг.), включающий год с экстремально жарким летом (2010). Материал собирали в регулярных выездах на водоем в течение безледного периода (с мая по октябрь) два раза в месяц интегрально по всей глубине водной толщи и в верхнем 5-сантиметровом слое донных отложений. Для сравнения использовали сведения о динамике осадочных пигментов за период от начала затопления водохранилища в 1941 по 2009 гг., полученные при анализе колонок донных отложений в зонах илонакопления (Сигарева и др., 2013). Пигменты определяли традиционным спектрофотометрическим методом в ацетоновом экстракте на регистрирующем спектрофотометре.

Результаты показали, что многолетняя динамика концентрации хлорофилла (с феопигментами) в донных отложениях, как и хлорофилла в воде, нелинейная. Между средними за безледный период концентрациями пигментов на станциях в воде и отложениях установлена тесная связь ($R^2 = 0,57$, $P < 0,05$, $n=42$, 2008–2014 гг.). Направление трендов показателей содержания пигментов в водохранилище зависит от абиотических условий и продолжительности рассматриваемого периода. За весь срок наблюдений (1958, 1969–2014 гг.) был выявлен достаточно четкий положительный тренд хлорофилла в воде. Однако в отдельные периоды

после начала потепления (1975 г.) средняя концентрация хлорофилла фитопланктона практически не изменялась: 13,1 мкг/л за 1976–1997 гг. и 13 мкг/л за 2001, 2004–2010 гг. (Литвинов и др., 2012).

Современный уровень концентрации пигментов в планктоне и донных отложениях характеризуется сравнительно высокими значениями. Среднее для всех станций за безледный период (с мая по октябрь) содержание хлорофилла в воде заметно возросло в 2011 г. (до 21,2 мкг/л). Рекордные концентрации были отмечены в 2013 г. (27,9 мкг/л). Минимальные (для исследованного периода) значения содержания хлорофилла в воде (6,7 мкг/л) наблюдались в 2008 г. и были близки к величинам, отмеченным до начала потепления (1958, 1969–1975 гг.). Среднегодовые концентрации осадочных пигментов (143–155 мкг/г сухого осадка) в 2011–2014 гг. в большинстве случаев были выше, чем в 2008–2010 гг. (77–95 мкг/г сухого осадка). В целом, пространственная динамика пигментов сильнее выражена в донных отложениях, тогда как временная – в планктоне, что преимущественно обусловлено мозаичной структурой грунтового комплекса в первом случае и динамикой абиотических факторов продуктивности фитопланктона во втором.

Таким образом, в период, характеризующийся потеплением климата и сильной изменчивостью погодных условий, сохраняется тесная связь между среднегодовыми концентрациями пигментов на станциях в воде и иловых отложениях водохранилища. Многолетняя динамика содержания хлорофилла в озеровидной экосистеме (водной толще и донных отложениях) характеризуется цикличностью и положительным трендом, согласующимся с повышением температуры воды и воздуха. Тенденции в изменениях содержания пигментов в планктоне и донных отложениях свидетельствуют о скоррелированности новообразования и деструкции органического вещества, а также биотических и абиотических процессов.

Авторы выражают благодарность И.Л. Пыриной за предоставление данных по хлорофиллу фитопланктона в Рыбинском водохранилище.

Long-term changes in fossil pigments content in the Rybinsk reservoir.
L.E. Sigareva, N.A. Timofeeva. Concentrations of fossil chlorophyll were correlated to water-column chlorophyll (period 1941–2014). Sedimentary pigments in reservoir may be valuable fossil indicators of phototrophic response to climatic change.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ СЕСТОНА И ХЛОРОФИЛЛА В ПРУДАХ РЫБОВОДЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА «ВИЛЕЙКА»

О.С. Смольская, А.А. Жукова

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
sylimova_1991@mail.ru

Из всех областей народного хозяйства рыбохозяйственная деятельность наиболее тесно связана с проблемой качества поверхностных вод. Повышение продуктивности прудов осуществляется за счет инициируемых человеком мероприятий, в т.ч. внесения кормов для рыб и удобрений.

Цель данной работы: оценить содержание взвешенных веществ и хлорофилла-а в воде прудов рыбководческого хозяйства «Вилейка» в разные периоды вегетационного сезона.

Рыбоводческие пруды рыбхоза «Вилейка» имеют каскадное расположение, заполняются водой р. Смердия, в нее же идет сброс воды с прудов. Исследования проводили на 10 прудах рыбководческого хозяйства площадью от 0,2 до 0,6 га. Пробы воды отбирали с подповерхностного горизонта дважды в месяц с апреля по сентябрь 2015 г.

Содержание взвешенных веществ в воде определяли гравиметрически путем фильтрации проб воды через ядерные фильтры с диаметром пор 1 мкм и последующим их высушиванием (при 70 °С) до постоянной массы. Оценку содержания хлорофилла проводили спектрофотометрическим методом с экстракцией пигментов в 90 % ацетоне.

Данные о содержании сестона и хлорофилла, а также удельном содержании хлорофилла в сестоне и доле феопигментов в воде прудов представлены в таблице.

Таблица. Сезонная динамика содержания основных показателей в прудах рыбхоза «Вилейка» на протяжении периода вегетации 2015 г.

Створ	Содержание сестона, мг/л		
	весна	лето	осень
21	16,86±4,4	94,86±6,2	52,50±3,5
22	12,18±9,8	107,83±5,9	89,25±3,7
23	11,06±6,9	112,74±16,9	89,17±3,5
24	12,83±9,9	108,63±25,7	91,67±2,4
25	12,76±8,2	67,01±21,7	81,33±2,7
26	8,88±4,7	27,64±14,1	40,38±1,9
27	9,30±0,1	45,75±23,3	66,25±5,4
28	12,94±2,9	51,32±14,9	23,75±6,5
3–5	15,96±1,0	115,94±9,1	—
3–6	18,46±4,2	85,69±3,7	—

Створ	Содержание сестона, мг/л		
	весна	лето	осень
Содержание хлорофилла, мкг/л			
21	34,63±15,8	193,89±23,6	83,68±12,3
22	21,19±13,3	372,48±32,5	199,92±14,8
23	19,33±9,1	180,88±12,7	222,81±16,4
24	23,49±16,4	307,88±21,1	225,79±12,7
25	25,18±14,6	128,55±15,8	111,28±11,6
26	18,38±7,9	67,19±14,8	104,13±14,9
27	17,23±2,8	98,40±15,0	131,16±13,4
28	23,38±2,3	101,55±13,2	45,23±8,4
3–5	39,16±6,3	269,47±18,5	–
3–6	47,24±12,5	205,28±9,3	–
Удельное содержание хлорофилла в сестоне, %			
21	0,20±0,04	0,22±0,04	0,16±0,01
22	0,21±0,08	0,38±0,15	0,22±0,01
23	0,20±0,06	0,16±0,04	0,25±0,06
24	0,20±0,03	0,31±0,08	0,25±0,04
25	0,21±0,03	0,19±0,03	0,14±0,02
26	0,22±0,03	0,22±0,06	0,26±0,00
27	0,19±0,03	0,22±0,06	0,20±0,01
28	0,18±0,02	0,21±0,06	0,19±0,02
3–5	0,25±0,02	0,24±0,05	–
3–6	0,25±0,01	0,25±0,08	–
Доля феопигментов в общем форбине, %			
21	28,4±2,6	9,7±6,0	17,2±0,6
22	19,4±9,9	5,2±3,2	7,5±2,6
23	19,9±9,1	10,0±9,5	7,6±2,0
24	35,0±6,6	3,3±2,3	9,7±7,5
25	29,9±8,2	9,0±4,9	9,1±1,5
26	27,5±5,9	13,2±9,8	13,9±0,6
27	22,0±2,1	10,9±8,1	19,7±6,6
28	22,6±8,9	9,7±3,0	6,9±2,4
3–5	32,5±7,3	5,5±4,3	–
3–6	21,4±5,3	3,5±3,5	–

Содержание сестона и хлорофилла существенно различается в разных прудах: диапазон колебаний составил соответственно 10–114 мг/л и 25–370 мкг/л. Рассчитанная доля хлорофилла в сестоне была более стабильной, изменялась от 0,15 до 0,25 % и не зависела от сезона года. Доля феопигментов в суммарном форбине, напротив, значительно варьировала, при этом в летние месяцы наблюдали более низкие значения,

свидетельствующие об активном состоянии фитопланктона в прудах рыбхоза.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ.

Seasonal dynamics of seston and chlorophyll content in the ponds of «Vileyka» fish farm O.S. Smolskaya, H.A. Zhukova. Seston and chlorophyll content were investigated in the water of 10 ponds of «Vileyka» fish farm during the growing season 2015. The specific content of chlorophyll in seston was calculated.

ОЗЕРА БАССЕЙНА РЕКИ СУЛА (УКРАИНА)

М.Ю. Старовойтова

Опытная станция лекарственных растений ИАП НААН Украины, с. Березоточа, Украина, kollikoshm@mail.ru

В связи с усилением антропогенного давления на акватории актуальной проблемой являются исследования их растительного покрова.

Уникальностью, богатством и разнообразием отмечаются озера бассейна реки Сула, что на территории центральной и северо-восточной части Украины. Сведения о растительном покрове указанного типа водоемов фрагментарные и несут общую информацию (Старовойтова, 2015).

Проведенные (в период с 2009 по 2015 гг.) экспедиционные исследования по изучению растительного покрова озер, их экологии свидетельствуют о том, что на территории центральной и северо-восточной части Украины, в частности, в бассейне р. Сула, распространены преимущественно пойменные озера с площадью от 0,5–1 до 3–6 км². Наибольшее их количество сосредоточено в Оржицком, Семеновском, Хорольском районах Полтавской области (центральная часть Украины).

Пойменные озера исследуемого региона характеризуются вытянутой вдоль русла реки акваторией, реже имеют овальную форму. Их средняя глубина составляет от 1,2–1,5 м до 2–3 м, в некоторых озерах она достигает 6 м. Дно обычно ровное с песчаными, илисто-песчаными, илистыми и илисто-торфянистыми донными отложениями. Надпойменные озера встречаются редко. Их возникновение связано с эрозионной и аккумулятивной деятельностью ледников (Физико-географическое районирование УССР, 1968). В бассейне р. Сула надпойменные озера располагаются одиночно, имеют овальную форму. Их средняя глубина составляет 3,5–4 м. Дно желобообразное с песчаными и илисто-песчаными донными отложениями. Крупнейшим на территории исследуемого региона является надпойменное оз. Соленое, расположенное

в юго-западной части Полтавской области, в Семеновском районе. Его глубина достигает 9 м, площадь водного зеркала 68 га.

Озера бассейна р. Сула отмечаются не высоким ценотическим богатством растительности, что обусловлено действием антропогенного давления. Ведущими факторами являются: рекреация, трансформация прибрежной зоны, загрязнение, прохождение демулационных процессов.

Основными направлениями изменений растительности являются трансформация в маловидовые ценозы и деградация сообществ. Например, в зарослях сообществ класса *Phragmito-Magno-Caricetea* Klika in Klika et Novak 1941 появляются синантропные и адвентивные виды, которые с годами приобретают все большее распространение (*Bidens tripartita* L., *Stachys palustris* L., *Poa annua* L., *Alopecurus geniculatus* L., *Chenopodium polyspermum* L.).

Характерным биологическим процессом озер исследуемого региона является сингенез. Сукцессии происходят за счет последовательных изменений группы видов с различными эколого-ценотическими стратегиями в направлении от типичных ценофобов эксплерентов (*Alisma plantago-aquatica* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Oenanthe aquatica* L.) к ценозообразующим виолентам и пациентам (*Myriophyllum verticillatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Nuphar lutea*, *Mentha aquatica* L., *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*). Нарастание слоя донных отложений, подъем уровня воды акватории, формирование и усложнение структуры растительного покрова способствует тому, что сингенез через 7 (10) лет переходит в эндоэкогенез, который является результатом преобразования окружающей среды растительностью в процессе зарастания (Дубина, 2003). Ведущим фактором этого этапа является действие донных отложений, происходит постепенное замещение стадий с изменением в них участия видов различных экологических стратегий (Миркин, 2001).

Растительность формируется преимущественно в прибрежных участках. В большинстве случаев наблюдается лентовидное строение ценозов, которые размещаются вдоль береговой зоны на незначительной глубине (0,4–0,6 м) не большими (4–6 м шириной) вытянутыми полосами. Более распространенными сообществами являются *Sagittario-Sparganietum emersi* R.Tx. 1953, *Myriophyllo-Nupharetum* W. Koch 1926, *Potameto-Nupharetum* Müller et Görs 1960, *Potametum perfoliati* (W. Koch 1926) Passarge 1964, *Ceratophylletum demersi* (Soł 1927) Eggler 1933, образующие полосы. Сообществами, которые принимают участие в формировании мозаичных комплексов, являются *Potameto natantis-Nymphaeetum candidae* Heynů in Dykyjová et Květ 1978, *Hydrocharitetum morsus-ranae* Van Langend 1935, *Salvinio-Spirodeletum polyrrhizae* Slavnić 1956 (Старовойтова, 2011).

Lakes of the river Sula basin (Ukraine). M.Yu. Starovoitova. The paper substantiates the relevance of studies of lake ecosystems due to increased anthropogenic factor. Describes the main types of lakes basin Sula river that in the central and north-east parts of Ukraine. Dedicated key factors change vegetation lakes. It determined that the characteristic biological process lakes region under study is syngenes. Briefly features are territorial differentiation of plant communities Lakes and superior groups that take part in this.

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ВОДЕ И МАКРОФИТАХ СОЛЕННЫХ ОЗЕР КРЫМА

А.П. Стецюк, О.В. Плотицына, В.Н. Поповичев

ИМБИ РАН им. А. О. Ковалевского, г. Севастополь,
Alex-ra-777@mail.ru, ovp3149@mail.ru, popovichev@ukr.net

Ртуть является одним из наиболее опасных загрязнителей водных экосистем. За счет биотического круговорота, ртуть может аккумулироваться гидробионтами до концентраций, превышающих предельно допустимые уровни. Озера наиболее чувствительны к антропогенной нагрузке из-за медленного водообмена. В связи с этим, постоянный контроль над содержанием ртути представляет собой одну из важнейших задач хемотреологического мониторинга.

Для оценки способности гидробионтов накапливать химические вещества применяют коэффициент накопления (K_n), который выражается как отношение концентраций химического элемента в организме и в воде: $K_n = C_r/C_b$, где C_r (нг·г⁻¹(сыр)) и C_b (нг·г⁻¹) – концентрация ртути в гидробионте (на сырой вес) и концентрация растворённой ртути в водной среде, соответственно. Коэффициенты накопления на основе сырого веса отражают действительную роль живых гидробионтов в концентрировании химических элементов из водных растворов (Поликарпов, 1964).

В процессе мониторинга (2012–2014 гг.) нами было изучено содержание ртути в воде ряда озёр Крыма: Киятское (45°59.603' N; 33°57.608' E), Кирлеутское (45°55.614' N; 34°02.643' E), Бакальское (45°45.521' N; 33°10.680' E), Донузлав (45°26.286' N; 33°11.769' E), Кызыл-Яр (45°03.977' N; 33°37.780' E), Узунларское (45°02.761' N; 36°06.609' E), Кояшское (45°03.636' N; 36°10.244' E), Чокракское (45°27.800' N; 36°18.464' E), а также были исследованы различные виды макрофитов на содержание в них ртути и рассчитаны её коэффициенты накопления. Объектами исследований послужили произрастающие в озёрах водоросли: *Potamogeton pectinatus* L. – оз. Донузлав (даты отбора проб: 19.02.2013, 10.08.2014) и оз. Киятское (19.02.2013); *Potamogeton crispus*

L. – оз. Кызыл-Яр (13.05.2014); *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. – оз. Киятское (19.02.2013, 13.05.2014); *Lophosiphonia reptabunda* (Suhr.) Kylin – оз. Бакальское (13.05.2014, 18.11.2014).

Все пробы воды и гидробионтов проанализированы с помощью ртутного анализатора «Юлия-2» методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии в ИМБИ РАН им. А. О. Ковалевского, г. Севастополь. Первичную обработку проб для измерения ртути проводили в лабораторных условиях по унифицированным методам (Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды, 1986).

Результаты проведённых исследований показали, что наибольшими значениями K_n характеризуются: зелёная макроводоросль *C. glomerata* (13.05.2014) из солёного оз. Киятское ($K_n = 105$), а наименьшими *L. reptabunda* (18.11.2014) из оз. Бакальское ($K_n = 5$) и *P. subulifera* ($K_n = 6$) из оз. Донузлав (10.08.2014), которые фиксируют, на каком уровне соотносятся концентрации ртути в указанных гидробионтах и окружающей воде.

Содержание ртути в воде озёр Киятское и Кызыл-Яр летом 2012 г. более чем в 3 раза превышало ПДК ($100 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$) и составило $363 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$ и $369 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$ общей ртути, причем, основной вклад в суммарное содержание ртути внесла ее растворенная форма, состоящая из комплексных органических и минеральных соединений. Возможно, что столь высокая концентрация ртути в озерах Кызыл-Яр и Киятское связана со сбросами коммунально-бытовых и промышленных стоков г. Саки и Крымского содового завода. Напротив, содержание ртути в воде оз. Кирлеутское, в районе которого отсутствует химическая промышленность, в тот же период составило около $21 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$, что примерно в 5 раз меньше ПДК. Такая же ситуация, за исключением оз. Киятское, наблюдалась и в других исследованных озерах Крыма в 2012 г., в которых концентрация ртути не превышала ПДК. Зимой 2013 г. и весной 2014 г. содержание ртути в воде всех исследованных озёр было меньше ПДК. Летом 2014 г. концентрация ртути в воде озёр варьировала от $139 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$ (оз. Кирлеутское) до $852 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$ (оз. Узунларское). Повышенную концентрацию ртути в летний период можно отчасти связать с интенсивным испарением воды и концентрированием находящихся в ней химических элементов. Повторные измерения, выполненные осенью 2014 г., показали общее увеличение содержания ртути в воде всех исследованных озёр ($297\text{--}3738 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$), и критического уровня достигало значение концентрации ртути в оз. Кызыл-Яр ($3738 \text{ нг}\cdot\text{л}^{-1}$), которое расположено в зоне разгрузки крупного Межгорного водохранилища.

В связи с использованием большинства солёных озёр Крыма в лечебных целях (грязелечение), на сегодняшний день является актуальным надзор за их хеомоэкологическим состоянием.

Mercury content in water and macrophytes of Salt lakes of Crimea.
A.P. Stetsiuk, O.V. Plotitsyna, V.N. Popovichev. Mercury is one of the most dangerous pollutants of aquatic ecosystems. Due to biotic cycle mercury can be accumulated by hydrobionts in concentrations exceeding the maximum permissible levels. Lakes are very sensitive to anthropogenic load due to slow water exchange. In this context permanent control of mercury content is one of the most important tasks of chemoecological monitoring.

**«ЦВЕТЕНИЕ» ВОДЫ, ВЫЗВАННОЕ СИНЕЗЕЛЕННОЙ
ВОДОРОСЛЬЮ *DOLICHOSPERMUM FLOSAQUAE* (BRÉBISSEON
ex BORNET et FLAHAULT) P.WACKLIN, L.HOFFMANN
et J. KOMÁREK В ОДЕССКОМ ЗАЛИВЕ ЧЁРНОГО МОРЯ
В МАЕ-ИЮНЕ 2013 г.**

Г.В. Теренько, Е.Г. Гущина

Украинский научный центр экологии моря, г. Одесса, Украина, adlafia@mail.ru

Рассмотрены спутниковые и натурные наблюдения за развитием синезеленой водоросли *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet et Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann et J. Komárek в Одесском заливе в мае-июне 2013 г. Вид развивался в комплексе с синезелеными водорослями *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet et Flahault, *Jaaginema kisselevii* (Anissimova) Anagnostidis et Komárek, *Nodularia spumigena* Mertens ex Bornet et Flahault, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek et Hindák, *Gloeocapsa* spp., *Merismopedia* spp. Однако величин «цветения» достиг только *Dolichospermum flosaquae*. Изучены гидролого-гидрохимические условия, способствовавшие поступлению и «цветению» вида в водах залива.

Видом-возбудителем «цветения» воды в Одесском заливе *D. flosaquae* стал относительно недавно – в августе 2010 г., где развивался в комплексе с *A. flosaquae*, *J. kisselevii* и *Glaucospira laxissima* (G.S. West) Simic, Komárek et Dordevic, его биомасса на тот период составила $0,7 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$.

Материалом для работы послужили 18 проб фитопланктона, отобранные с поверхностного горизонта (0,5 м) в акваториях 2-х станций, расположенных в прибрежной зоне Одесского залива – Аркадия (открытая) и Мыс Малый Фонтан (полузакрытая), в рамках еженедельного мониторинга, в период с 3 мая по 3 июля 2013 г. Сбор и обработка фитопланктонных проб проводились с использованием стандартных гидробиологических методик. Параллельно проводили определение гидролого-гидрохимических параметров морской среды.

Пресноводно-солонатоводный вид *D. flosaquae* представляет собой спиралевидно изогнутые трихомы, закрученные в клубки. Широко распространен в умеренной температурной зоне, с пределами развития при 0–15 ‰, изредко встречается в тропиках. Характерен для планктона озер, прудов и рек, реже в опресненных морских акваториях. Является потенциально токсичным видом, выделяет нейротоксин anatoxin-a(s).

С 3 мая по 5 июня в заливе преобладал ветер северо-восточного направления, со средней скоростью 2,2 м/с, который осуществлял перенос водных масс с Днепровско-Бугского лимана, приведший к изменению гидролого-гидрохимических условий в заливе, в частности – снижению солености воды с 12,5 до 6,3 ‰ и повышению температуры воды с 9,5 до 17,2 °С. Отдельные вегетативные клетки *D. flosaquae* были отмечены 3 мая 2013 г. в количестве $1,3 \cdot 10^3$ кл.·л⁻¹ в полужакрытой акватории при температуре морской воды 17,2 °С и солёности 6,2 ‰. Второе обнаружение *D. flosaquae* произошло 5 июня, с численностью $202,0 \cdot 10^3$ кл.·л⁻¹ и биомассой $0,014$ г·м⁻³, при температуре морской воды 19,4 °С и солености 13,5 ‰. С 12 по 26 июня в заливе преобладал ветер северо-западного направления, со средней скоростью 1,4 м/с. Третье обнаружение вида в планктоне, 12 июня, было также отмечено минимальным количеством клеток – $4,9 \cdot 10^3$ кл.·л⁻¹, при температуре морской воды 21,8 °С и солености 12,5 ‰. «Цветение» синезеленой водоросли *D. flosaquae* наблюдали 26 июня в полужамкнутой акватории залива, с численностью $20,2 \cdot 10^6$ кл.·л⁻¹ и биомассой $1,4$ г·м⁻³, при средней ширине клетки 5,1 мкм и с численностью $1,3 \cdot 10^6$ нитей·л⁻¹, биомассой – $1,5$ г·м⁻³, при средней длине нити 58 мкм, при температуре морской воды 24,5 °С и солености 11,3 ‰. Общая биомасса составила $2,9$ г·м⁻³. В период «цветения» показатель рН морской среды составил 8,4 ед. рН. Концентрация растворенного в воде кислорода – $8,5$ мг·дм⁻³. Отмечено значительное уменьшение концентраций основных биогенных элементов. Концентрация фосфора фосфатного ($\text{P}_{\text{PO}_4^{3-}}$) до цветения составила $9,4$ мкг·дм⁻³, после – $<5,0$ мкг·дм⁻³. Активно происходило потребление минеральных форм азота: азот нитритный $\text{N}_{\text{NO}_2^-}$ уменьшился от $3,87$ мкг·дм⁻³, до $1,78$ мкг·дм⁻³, азот нитратный $\text{N}_{\text{NO}_3^-}$ – от $75,0$ мкг·дм⁻³ до $3,50$ мкг·дм⁻³. Увеличение солености воды до 13,7 ‰ в начале июля привело к развитию летнего комплекса морских видов с доминированием мелкоклеточной диатомеи *Chaetoceros muelleri* Lemmermann и кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (Lohmann) W.W. Hay et H.P. Mohler. Пространственное распространение «цветения» рассматривали по данным спутниковых снимков MODUS AQUA и TERRA.

Рассмотрено моно «цветение» *D. flosaquae*, вероятными причинами которого явились – высокая температура морской воды, низкая соле-

ность, трансформированные лиманные воды, с обилием биогенных элементов и комплексом синезеленых солоноватоводного и пресноводно-солоноватоводного генезиса.

Bloom of cyanobacteria *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet et Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann et J. Komárek in the Odessa Bay of the Black Sea in May-June 2013. G. Terenko, K. Hushchyna. Here are presented the results of the freshwater cyanobacteria *Dolichospermum flosaquae* bloom in June 2013 in the Odessa Bay of the Black Sea.

К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗА ОЗЕРА НЕСАМОВИТОЕ В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ

П.М. Царенко¹, А.И. Худый², Я. Туновски³

¹Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, г. Киев,

Украина, ptsar@ukr.net

²Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, г. Черновцы,

Украина, khudij@email.ua

³Институт пресноводного рыбководства им. Станислава Саковича, г. Ольштын,

Польша, j.tunowski@infish.com.pl

Озеро Несамовитое (N 48°07'21,7'; E 24°32'22,1') находится в ледниковом каре на восточных склонах горы Туркул (массив Черногора, Восточные Карпаты) на высоте 1748 м над уровнем моря и имеет площадь около 0,43 га (~ 88×45м) и глубину ~ 2,0 м. Для него характерны атмосферный тип питания, каменисто-песчаное илистое дно, длительный период ледостава и значительное промерзания толщи воды зимой (Микітчак, Кокіш, 2014).

Сведения об альгофлоре озера достаточно ограничены. По литературным сведениям (Woloszynska, 1921; Асаул, 1969; Паламар-Мордвинцева, 1982) отмечается малочисленность таксономических групп водорослей, однако подчеркивается своеобразие их видового состава и наличие редких видов и определенное родство с другими высокогорными стоячими водоемами горных массивов Татр и Альп. Вместе с тем, проведенные нами исследования подтверждают своеобразие видового состава водорослей этого озера и его обособленность от других озер Черногорского массива Украинских Карпат. Выявлены достаточно низкие показатели сходства видового состава водорослей высокогорного оз. Несамовитое с аналогичными озерами Черногоры свидетельствуют о своеобразии альгосообществ каждого из исследованных водоемов. Исследованный водоем отличается комплексом доминирующих видов (*Botryococcus terribilis* Komárek et Marvan, *Hyalotheca dissiliens* (JE. Sm.)

ex Ralfs и *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz.) и наличием редких форм (*Cyanothece aeruginosa* (Nägeli) Komárek, *Chilomonas cryptomonadoides* Skuja, *Menoidium minimum* Matv., *Distigma proteus* Ehrenb., *Goniomonas truncata* (Fresen.) F. Stein (= *Cyathomonas truncata* (Fresen.) Fisch), а также характеризуется значительными различиями общего видового состава водорослей. Вместе с этим, типичными представителями исследованной лимнологической экосистемы являются *Chroococcus turgidus* (Kütz.) Nägeli (Cyanoprokaryota), *Navicula radiosa* Kütz., *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz. (Bacillariophyta), *Cosmoastrum polytrichum* (Perty) Pal.-Mordv., *Netrium digitus* (Ehrenb. ex Ralfs) Itzigs. et Rothe emend. Ohtani, *Euastrum ansatum* (Ehrenb.) Ralfs (Charophyta), изредка – *Penium cylindrus* (Ehrenb.) Bréb., *P. polymorphum* (Perty) Perty (Charophyta) и др.

Как и в случае с фитопланктоном зоопланктон оз. Несамовитое достаточно беден. Наиболее изученной группой в зоопланктоценозе озера являются ветвистоусые и веслоногие ракообразные, представленные по результатам предыдущих исследований 11 видами (Микитчак, 2014).

В период вызванного *B. terribilis* «цветения» озера, которое наблюдалось в августе 2015 г. (Царенко и др., 2015), в составе зоопланктона было выявлено всего лишь 5 таксонов (таблица).

Таблица. Зоопланктон оз. Несамовитое в период «цветения» (август 2015)

Вид	Количество, экз./л	Средняя длина, мм	Средняя масса, мг
<i>Keratella cochlearis</i> f. <i>macracantha</i> (Lauterborn)	9,0	0,250	0,0019
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller)	0,1	0,980	0,1284
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)	8,0	0,320	0,0103
<i>Daphnia pulicaria</i> Forbes	1,0	0,605	0,0204
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski)	0,1	1,410	0,1405
Nauplii Cyclopoida	1,0	0,120	0,0002

Среди особенностей рассмотренных организмов следует отметить чрезвычайно крупные размеры коловратки *K. cochlearis*. Также особого внимания заслуживает присутствие в сборах *D. pulicaria*. Несмотря на то, что данный вид в общем известен для водоемов Карпат (Dufresne et al., 2011), в озерах Черногорского массива он регистрируется впервые.

Таким образом, современные исследования показывают необходимость коррекции выявленных ранее особенностей, в частности изменение ведущих комплексов и форм-доминантов, исчезновение отдельных редких монтанных форм, а также формирование (как крайнее проявление нарушения устойчивого уровня экосистемы) «цветения» воды (Царенко и др. 2014, 2015).

On the structure of phyto- and zooplankton communities of Nesamovite Lake in the Ukrainian Carpathians. P.M. Tsarenko, O.I. Khudiy, J. Tunowski. The Nesamovite Lake located on the eastern slopes of the mountain Turkul (Eastern Carpathians) at a height 1748 m above sea level and has an area of about 0,43 ha and a depth of about 2,0 meters. The investigated lake is different from other lakes of Chornohora massif by complex of dominant species (*B. terribilis*, *H. dissiliens* and *T. flocculosa*) and the presence of rare forms (*C. aeruginosa*, *Ch. cryptomonadoides*, *M. minimum*, *D. proteus*, *G. truncata* (= *C. truncata*)). In August 2015 the lake bloom was observed. During this period, the zooplankton was represented by only 5 taxa: *K. cochlearis*, *A. denticornis*, *A. quadrangularis*, *Ch. sphaericus*, *D. pulicaria*.

ФИТОПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА В ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЗАРЕГУЛИРОВАННОМ УЧАСТКЕ Р. СВИСЛОЧЬ В ПРЕДЕЛАХ Г. МИНСКА

О.А. Шевелёва, М.П. Бигель

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, sheveleva_l@list.ru

Река Свислочь в черте г. Минска является загрязняемым водотоком, в который в среднем за сутки сбрасывается 85 тыс. м³ недостаточно очищенных сточных вод, несущих большое количество органических веществ, нефтепродуктов, тяжелых металлов (Исследование..., 2004). Фитопланктон относится к наиболее важным компонентам мониторинга, поскольку развитие, главным образом, планктонных водорослей определяет трофический статус водоемов и качество воды, а также позволяет прогнозировать их изменения.

Наблюдения за состоянием и качеством воды в р. Свислочь по различным гидробиологическим и гидрохимическим показателям, а также основательные исследования альгологического разнообразия в планктоне реки в разные годы периодически проводились сотрудниками НИЛ гидроэкологии БГУ (Остапеня и др., 1979, 1999; Михеева и др., 2010; Генкал и др., 2013).

В дополнение, нами в 2014–2015 гг. в весенне-летний период вегетации были проведены исследования фитопланктона на отрезке р. Свислочь, полностью принадлежащего городской территории. На реке были выбраны четыре станции отбора проб фитопланктона: на входе в город – 1 ст. – проезд Дрозды (место выхода речного потока из высокопроточного водохранилища Дрозды); в густонаселенных районах центра города – 2 ст. – ул. М. Богдановича, 3 ст. – ул. Октябрьская; на выходе из города, с наличием промышленных предприятий – 4 ст. – ул. Денисов-

ская. Общая протяженность исследуемого отрезка водотока – 18 км. Пробы отбирались раз в месяц во второй декаде с апреля по август, на протяжении двух лет, а также производились измерения t° и pH воды. Для лабораторной обработки собранного материала использовалась методика количественного учета нанофитопланктона (Михеева, 1989). Для определения качества воды по сообществу фитопланктона вычисляли индекс Пантле и Букка в модификации Сладечека (Жукова, 2014; Барина и др., 2006).

В результате проведенных исследований на указанном отрезке р. Свислочь было выявлено 84 таксона водорослей, относящихся к 7 отделам: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Euglenophyta. Идентифицировано около 40 % видов (без анализа диатомовых водорослей на постоянных препаратах) от общего числа найденных в реке за весь период исследований, проведенных в разные периоды и годы. Доминирующими группами являлись представители отделов Chlorophyta – 42 % и Bacillariophyta 28 %, а также Cyanophyta – 14 %. Что касается пространственного распределения таксономического состава фитопланктонного сообщества реки, то на станциях за весь период исследований обнаружено: на 1-й станции 62 вида водорослей, на второй – 48, на третьей – 52, на четвертой – 36.

Следует отметить, что в обработанных пробах наблюдалось небольшое количество видов-индикаторов чистой воды, представителей отделов Chrysophyta и Dinophyta – *Kephyrion inconstans* (Schmid) Bourr., *Dynobryon sociale* Ehr., *Ceratium hirundinella* (Müll.) Schrank, а в пробах нижнего, четвертого створа они вообще отсутствовали. Также прослеживалось значительное таксономическое разнообразие и рост численности от станции 1 (2,75 мг/л) к станции 4 (6,13 мг/л) индикаторов органического загрязнения – видов родов *Microcystis* sp., *Coelosphaerium* sp., *Planktothrix* (*Oscillatoria*) sp., *Anabaena* sp., *Aulacoseira* sp., *Diatoma* sp., *Fragillaria* sp., *Cryptomonas* sp., *Scenedesmus* sp., *Coelastrum* sp., *Phacus* sp., *Euglena* sp., что может указывать на загрязнение реки биогенными элементами. Наибольшее количественное развитие фитопланктона приходилось на теплые VI и VII месяцы, что связано с обильным развитием в это время представителей отделов Cyanophyta (до 7,5 млн кл./л) и Chlorophyta (до 5,5 млн кл./л). Значение количественного развития представителей отдела Bacillariophyta было максимальным в IV и V месяцы, что можно объяснить сезонными особенностями развития диатомовых. Значение pH за период исследования колебалось от 7,5 (апрель) до 5,8 (август). Увеличение кислотности среды в реке обычно приводит к снижению видового разнообразия, что и наблюдалось на последней станции отбора.

Среди видов фитопланктонного сообщества преобладали представители β -мезосапробной зоны – 48 %, а также представители переходной α - β -мезосапробной зоны – 18 %. Индекс сапробности (S) на исследуемых станциях составил: 1 станция – 1,76 (α -мезосапробная зона); 2 станция – 2,38 (α -мезосапробная зона); 3 станция – 2,55 (β -мезосапробная зона); 4 станция – 2,76 (β -мезосапробная зона). Среднее значение (S) на исследуемом участке р. Свислочь определено как 2,36 (β -мезосапробная зона), что соответствует III классу качества вод – «воды умеренно загрязненные», а экологическое состояние водотока можно оценить как «относительно удовлетворительное».

Phytoplankton communities in the evaluation of anthropogenic pressure for the R. Svisloch over-regulated parts in the city of Minsk. O.A. Shevialiova, M.P. Bigel'. Reduction in species diversity and increase in the degree of quantitative development of phytoplankton communities from the upper to the lower reaches of the watercourse, the change pH values of water to the acid side, the increase indicators of saprobic index (S) from the first station to the fourth show high anthropogenic pressure on the investigated part the river Svisloch.

К ПОЗНАНИЮ БИОТЫ ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ И МЕЛКОВОДЬЯ НИЖНЕГО ГОЛУБОГО ОЗЕРА

**А.В. Якимов¹, С.К. Черчесова², В.Д. Львов¹, С.А. Кадыкоева¹,
М.И. Шаповалов³, В.И. Мамаев²**

¹*Kabardino-Balkarian Branch of FGBU "Zapkaspribvod", Nalchik, 360000,
Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, yakimov_andrei@mail.ru;*

²*North Ossetian State University named after Kosta Levonovich Khetagurov(NOSU),
Republic of North Ossetia, Vladikavkaz, cheresova@yandex.ru;*

³*Laboratory of Bio-Ecological Monitoring of Invertebrate Animals in Adygheya at Research
Institute of Complex Problems, Adyghe State University, Republic of Adygheya, Maykop,
max_bio@rambler.ru.*

Природный комплекс «Голубые озера» – жемчужина Кабардино-Балкарии. Его посещение – неотъемлемая часть множества туристических маршрутов, организуемых как в нашей республике, так и за ее пределами. Исходя из этого, мы решили оценить современное экологическое состояние Нижнего Голубого озера. При этом решались следующие задачи: обобщить все имеющиеся сведения о физико-географических условиях, биоте и хозяйственном значении нижнего Голубого озера; провести гидробиологическое обследование Голубого озера; оценить современное состояние поверхностных вод нижнего Голубого озера методом биоиндикации; провести рекреационную нагрузку на озеро.

Физико-географическое описание Нижнего Голубого озера было составлено с использованием краеведческой литературы, а также собственных наблюдений.

Материалом для данной работы послужил анализ литературных сведений о Нижнем Голубом озере (Темботов, Шхашамишев, 1984), а также собственные наблюдения и сборы, проведенные нами за 2010–2015 гг.

Сбор водных беспозвоночных животных проводились с использованием общепринятых гидробиологических методик. Всего из Нижнего Голубого озера за указанный период было отобрано 45 качественных проб.

Горные озера, в том числе Нижнее Голубое озеро, имеют свою специфику и в отношении биоты, т.к. они отличаются низкими температурами воды и малым количеством биогенных элементов, и, как следствие, малокормностью. В результате биота в горных озерах крайне обеднена.

В список гидробионтов Нижнего Голубого озера мы включили следующие, найденные нами виды растений и животных. Из растений здесь, на мелководных участках весьма многочисленна хара обыкновенная *Chara* sp. Наиболее разнообразны в озере водные беспозвоночные: многочисленные микроскопические коловратки *Brachionus* sp., малощетинковый червь-трубочник *Tubifex tubifex*, массовый ракообразный *Gammarus* sp., который и ранее указывался для этого озера, клоп-гладыш зеленый *Notonecta viridis*, личинки комара-звонца *Chironomus* sp. Нектон в озере отсутствует, что, с одной стороны, связано с присутствием сероводорода в воде озера, с другой, отсутствием возможности у рыб подняться в озеро из реки Черек. Из позвоночных животных нами здесь отмечена только малоазиатская лягушка *Rhana macrocnemis*.

В результате проделанной нами работы были сделаны следующие выводы:

1. Нижнее Голубое озеро, вопреки сложившемуся мнению, имеет свой, сформировавшийся в специфических условиях биоценоз, который насчитывает 1 вид низших растений – *Chara* sp., 1 вид позвоночных – *Rhana macrocnemis* и 5 видов беспозвоночных.

2. Указанные виды гидробионтов свидетельствуют об умеренном загрязнении водоема органическими соединениями естественного происхождения.

To the knowledge of the coastal strip biota and the shallow waters of lower Blue Lake. A.V. Yakimov, S.K. Charchesova, V.D. L'vov, S.A. Kadikoeva, M.I. Shapovalov, V.I. Mamaev. As a result of our research revealed the species composition and distribution features of phytoplankton and zoobenthos. Peculiarities of the hydrology of the lower Blue Lake among the established species: *Chara* sp., *Rhana macrocnemis* and 5 species of invertebrates.

III

СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ГЕТЕРОТРОФНЫЙ УРОВЕНЬ: БАКТЕРИОПЛАНКТОН, ЗООПЛАНКТОН, ЗООПЕРИФИТОН, ЗООБЕНТОС

STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF LAKE ECOSYSTEMS. HETEROTROPHIC LEVEL: BACTERIOPLANKTON, ZOOPLANKTON, ZOOOPERIPHYTON, ZOOBENTHOS

NUMBER AND DYNAMICS OF ZOOPLANKTON TAXA IN THE DAUGAVA RIVER AND RESERVOIRS PĻAVIŅAS AND ĶEGUMS

A. Brakovska, J. Paidere, A. Škute

*Daugavpils University, Institute of Life Sciences and Technology, Department of Ecology,
Parādes Street 1a, Daugavpils, Latvia, aija.brakovska@inbox.lv*

The research summarizes the data collected during the research which was carried out in July 2014 in the Daugava River upstream of the Pļaviņas Reservoir, in the area of Pļaviņas Reservoir and in the place where the Aiviekste River flows into the Daugava River. By contrast, samples in the area of Pļaviņas Reservoir were collected in July and September 2015, but in the area of Ķegums Reservoir in May and July 2015. Zooplankton samples were collected at different locations of the river and reservoirs using Apstein type plankton net (65 μ), through which 100 liters of water were filtered from the water surface layer (0.5–1.0 m depth). At each sampling location the samples were collected on the left and on the right bank of the river and reservoirs, and in the middle of the river and reservoirs. In total, 7 zooplankton samples were collected in the Daugava River and 6 zooplankton samples were collected in the Pļaviņas Reservoir in 2014. By contrast, 19 zooplankton samples were collected in the Pļaviņas Reservoir, and 9 zooplankton samples were collected in the Ķegums Reservoir in 2015. At the same time the water physico-chemical parameters were measured using a portable probe *YSI Pro Plus Multi-Parameter Water Quality Meter*. Sampling and data analysis were carried out in accordance with the standard methods.

In general, 25 taxa of Rotifera and 2 taxa of Cladocera group were found in the Daugava River, and 19 taxa of Rotifera and 3 taxa Cladocera group were found in the Daugava River near Aiviekste. There were only subadult specimens – nauplii and Copepodite from Copepoda group. It should be noted that the specimens of Copepoda group were not found in the samples which were collected in the Daugava River upstream of the Pļaviņas Reservoir. By contrast, 23 Rotifera and 4 Cladocera taxa were identified in the Pļaviņas Reservoir in 2014. However, 17 Rotifera and 5 Cladocera taxa were identified in the Pļaviņas Reservoir in 2015. *Acanthocyclops* sp. *Cyclops* sp. and a large number of subadult specimens – nauplii and Copepodite were found from Copepoda group. 24 Rotifera and 17 Cladocera taxa were identified in September 2015. *Eudiaptomus graciloides*, *Cyclops* sp. and a large number of subadult specimens - nauplii and Copepodite were found from Copepoda group. 16 Rotifera and 3 Cladocera taxa and *E. graciloides* of Copepoda group were identified in the Ķegums Reservoir in May, and 22 Rotifera, 14 Cladocera taxa and *Acanthocyclops* sp. of Copepoda group in July. There were a lot of subadult specimens – nauplii and Copepodite both in May and in July.

In the Daugava River upstream of the Pļaviņas Reservoir the highest percentage of Rotifera taxa were *Synchaeta* sp., *Keratella cochlearis*, *Brachionus calyciflorus* and *Bdeloid*, whereas in the estuarine of the Daugava River at Aiviekste the highest percentage of Rotifera taxa were *Conochilus* sp., *Synchaeta oblonga*, *Synchaeta* sp., *Keratella cochlearis*, *Brachionus quadridentatus* and *Bdeloid* which were typical species of the Daugava. Cladocera and Copepoda compared with Rotifera have very small percentage of representatives. The highest percentage of Rotifera taxa in the Pļaviņas Reservoir are *Synchaeta* sp., *Br. calyciflorus*, *K. cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Polyarthra major* and *Asplanchna priodonta*. Cladocera and Copepoda groups are very little represented just like in the Daugava River upstream of the reservoir and at the Daugava River estuarine Aiviekste. Taxa of Cladocera found here were typical of lake zooplankton taxa i.e *Daphnia cucullata*, *Bosmina longirostris*, *Bosmina longispina*, *Bosmina crassicornis*, *Chydorus ovalis*. Rotifera taxa in the Ķegums Reservoir was mostly represented by *Synchaeta* sp., *K. cochlearis* and *P.a major*. While the Cladocera taxa was motly represented by *Bosmina coregoni*, *Ch. ovalis*, *D. cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *B. longispina*.

In 2014 the water temperature in the upper layer of the Daugava River and the Pļaviņas Reservoir was 23.5 °C, the dissolved oxygen concentration was 10.6 mg/l and chlorophyll α concentration 6 μ g/l. In July 2015 the water temperature in the Pļaviņas Reservoir was 21°C, the dissolved oxygen concentration was 12 mg/l and chlorophyll α concentration 5 μ g/l. While, in

September 2015 the water temperature was 19 °C, the dissolved oxygen concentration was 6 mg/l and chlorophyll α concentration 1.3 μ g/l. In May 2015 the water temperature in the upper layer of the Kegums Reservoir was 14 °C, the dissolved oxygen concentration was 9 mg/l, but in July 2015 the water temperature in the upper layer was 20 °C, the dissolved oxygen concentration was 11 mg/l and chlorophyll α concentration 4 μ g/l.

The research was supported by the national research programme “The value and dynamic of Latvia’s ecosystems under changing climate – EVIDEnT» Sub-project 4.6. Freshwater ecosystem services and biological diversity and sub-project 2.4. Non-indigenous species distribution and impact on freshwater ecosystems.

VERTICAL STRUCTURE OF ZOOPLANKTON IN KRONOTSKOYE LAKE (KRONOTSKIY PRESERVE, KAMCHATKA), AND FACTORS THAT HAVE AN IMPACT ON IT

E.V. Lepskaya¹, T.V. Bonk², K.V. Bogdanova², G.N. Markevich³

¹ *Kronotskiy State Biospheric Preserve, Elizovo, Russia, lepskaya@list.ru*

² *Kamchatka Research Institute for Fishery and Oceanography, Russia*

³ *M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia*

Kronotskoye Lake, one of the largest fresh water reservoirs of Kamchatka region, is located on the territory of Kronotskiy State Biospheric Preserve (N 54°47'11'' E 160°13'36''). The lake is connected with the Pacific Ocean by the Kronotskaya River, which flows into Kronotskiy Bay. Ichthyofauna of the lake is formed by complex of lacustrine chars (of genus *Salvelinus*) and natural population of lacustrine (resident) form of sockeye salmon – kokanee (*Oncorhynchus nerka kennerlyi* [Suckley]).

Studies of lake plankton were initiated in the beginning of the XX century. By the present time specific composition and specific structure of phyto- and zooplankton; seasonal and yearly patterns of quantitative characteristics and surface distribution of planktonic microalgae; specific structure of zooplankton and its seasonal and annual variability for single years; vertical distribution of zooplankton in late summer 2010; seasonal patterns of specific structure of meta-hypolimnion are revealed.

Goal of the particular study is to characterize seasonal variability of vertical distribution of zooplankton and to reveal the impacts determining the trend of developments.

Vertical distribution of zooplankton was investigated in the three locations: “bays», “islands», “outlet». Layerwise catches (0–10 m, 10–20 m and 20 m – bottom) by Juday net were conducted from the end of June till the

middle of October 2014. Changes in specific structure were characterized on the base of abundance, presented in ind./m³.

Lake zooplankton is formed by three species of Cladocera *Daphnia longiremis* (Sars), *D. longispina* (O.F. Müller), *Bosmina longirostris* (O.F. Müller); two species of Copepoda *Cyclops scutifer* (Sars), *Leptodiaptomus angustilobus* (Sars) and a complex of Rotifers. Plankton-feeding kokanee, and in a less degree lacustrine charrs fry feed on plankton crustaceans in Kronotskoye Lake.

Warming-up of Kronotskoye Lake starts from western bank after ice melting and disperses gradually in eastern, north-eastern and south-eastern directions. In that way, the warmest areas of the lake in summer are “bays» and “islands» locations. The least warm area is the bay of the Kronotskaya River source (“outlet» location). Distinct temperature stratification exists from the middle of July till the end of August, depending on the lake area. According to unpublished data of G.N. Markevich, kokanee migrate along warm front and stay mainly at warmed-up epilimnion and, partly, metalimnion, rarely deeper than 20 m.

C. scutifer was the dominating species in all horizons and stations during the whole season. Its relative abundance didn't decrease below 50 %. The significance of this species was the most expressed at “outlet» location – the least warmed station. Common tendencies in vertical distribution of zooplankton were observed in all stations. In early summer sparse planktonic crustaceans distributed rather evenly in the water column. Similar distribution is typical for October, before freezing-over. At the rest time crustaceans concentrate in the 0–10 m layer and, rarely, 10–20 m. *Daphnia* stably stay in upper 20 m layer with maximal concentration, with rare exception, from surface to 10 m during the whole season. Herewith, *D. longiremis* was replaced by *D. longispina* at the warmest stations by September. The bulk of *Cyclops* nauplii, copepodites and female (barren and oviparous) are coincided to upper 20 m layer. It is especially clearly defined at “cold» “outlet» station. At “warm» stations *Cyclops* concentrate at metalimnion in July-August. Crustaceans of rather small in number species *L. angustilobus* of various developmental stages also inhabit upper 20 m layer.

In that way, planktonic crustaceans in Kronotskoye Lake prefer to inhabit the layer from surface to 10–20 m deep during the whole iceless period. Plankton-feeding kokanee forages at the same area. This fact gives evidence of weak influence of fish on food resources and on significant role of temperature factor in forming of vertical distribution of plankton. Generality of vertical structure for areas of the lake is confirmed by results of statistical analyses. Comparison of stations/samples by Wilcoxon test ($p < 0,1$) and pairwise comparison of samples by Wilcoxon test ($p < 0,05$) didn't reveal significant difference between them.

CLADOCERA (CRUSTACEA: BRANCHIOPODA) OF ETHIOPIA

A.N. Neretina

*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia, neretina-anna@yandex.ru*

Ethiopia is the most mountainous country of Africa, harboring the huge diversity of water bodies. Despite the recent progress in investigations of the Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) in some tropical regions of the Earth, African cladocerans remain scarcely studied. Even for such progressive countries, as Ethiopia, there are no reliable keys for species identification. Therefore the aim of our work was to carry out the inventory of Ethiopian cladocerans and conduct a comprehensive morphological analysis of revealed taxa.

As the material for this work, we used numerous samples obtained during activity of the Joint Ethiopian-Russian Biological Expedition. Since 1987, more than 700 samples were collected from different water bodies: natural lakes, man-made reservoirs, rivers, temporary ponds and pools. Formaldehyde-fixed material was investigated under binocular stereoscopic microscope LOMO and light microscope Olympus BX41. Some interesting cladocerans were investigated under scanning electron microscope Jeol JSM-840 A.

In total, we found 48 species of the Cladocera in Ethiopia: 21 species of Chydoridae, 13 of Daphniidae, 5 of Sididae, 4 of Macrothricidae, 2 of Moinidae; 2 of Ilyocryptidae and 1 of Bosminidae. The highest diversity is characterized for the mountainous Lake Tana and different water bodies in its vicinities – there we found 35 taxa. Lakes, rivers and temporary water bodies located in the lowlands have a significantly less species diversity (13 taxa in total). Such patterns of species distribution, of course, may reflect a strong anthropogenic impact on lowlands in comparison with mountainous regions which are relatively difficult for access. But, in our opinion, most likely, that the aforementioned fact is related with peculiarities of the local climate. During the dry and wet seasons the water temperature in mountainous lakes varies significantly in contrast to the lowland water bodies. It enables boreal and tropical taxa to coexist in the same mountainous water body, but in different seasons. Non-tropical taxa in Ethiopian fauna of the Cladocera are exceptionally interesting, because due to long isolation from ancestral species new species for science may be hidden among them. For instance, a detailed morphological comparison for populations of *Acroperus* Baird, 1843 from the Lake Tana and Palearctic regions allowed us to reveal and describe a new species – *A. africanus* Neretina & Kotov, 2015. However, for some species, based on morphology of parthenogenetic females, we did not find any differences between Ethiopian and Palearctic populations (e.g. for *Graptoleberis testudinaria* (Fischer, 1851)). It means that in these cases we are on the border of resolution for classical morphological methods.

As a result of this work, the cladoceran fauna of Ethiopia was investigated in details for the first time. Undoubtedly, new expeditions to the Ethiopian water bodies may bring new findings and help us to estimate the real cladoceran diversity in the whole Africa.

We are deeply grateful to coordinators of the Joint Ethiopian-Russian Biological Expedition and researchers from the Bahir-Dar Fishery and Other Aquatic Life Research Center for assistance in field works during 2014-2015. The study was supported by the Russian Science Foundation (grant 14-14-00778).

DISTRIBUTION OF MOLLUSCA FROM BAFI LAKE NEAR AEGEAN SEA (TURKEY) AND WATER QUALITY

H. Sasi, R. Akziypak

Fisheries Faculty Mugla Siki Kocman University, Mugla, Turkey, hsasi@mu.edu.tr

Bafi Lake is a shallow lagoon which located into southeastern part of the Mentese Mountains in the Buyuk Menderes River Basin and one of the largest coastal shores lake in Aegean region. Bafi Lake is a private wetland which is very important for the livelihood of the people around the area. This is because it offers many benefits for the economy of the region and the country (Turkey) at large. It is among the 76 most important international wetlands in Turkey. Bafi lake has one of the country's most important birds paradise. In 1989 it was considered as a natural protected area and in 1994 was declared a Nature Park (Yarar and Magnin, 1997).

This study was carried on determination Mollusca fauna and Water Quality from Bafi Lake between April 2013 and March 2014. Within the study period 6 taxa were determined in Bafi Lake. *Cerastoderma edule*, *Mytilaster marioni*, *Bithynia tentaculata*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Ecrebia ventrosa* and *Gyraulus albus* were found (Table 1).

Table 1. Dominance of Mollusca in Bafi Lake

Groups	I.St.	II.St.	III.St.	IV.St.	V.St.
BIVALVIA					
Veneroida					
<i>Cerastoderma edule</i>	3.66	8.40	0.82		
Mytilodia					
<i>Mytilaster marioni</i>	67.66	54.40	78.69		

Groups	I.St.	II.St.	III.St.	IV.St.	V.St.
GASTROPODA					
Littorinimorpha					
<i>Bithynia tentaculata</i>	2.22				26.27
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>					35.23
<i>Ecrobia ventrosa</i>		4.73	0.41		
Hygrophila					
<i>Gyraulus albus</i>	1.29	0.81	0.60	4.56	1.51

Dominancy and similarity determinations were calculated (Table 2) according to Kocatas (1994), similarity with Sorensen index of Margalef frequency (Biol, 2007).

Table 2. Similarity of collecting sites

Sites	I	II	III	IV	V
I	I	0.42	0.44	0.44	0.40
II		I	0.90	0.42	0.38
III			I	0.42	0.35
IV				I	0.45
V					I

Water quality of Bafa Lake is classified to be level II, according to Klee (1991) and Water Quality Criterie, WPCR (2008).

Table 3. The mean Water Parameters in Bafa Lake

Station Parameters	I. St	II. St	III. St	IV.St	V. St
Temperature (°C)	22.30	22.90	22.20	21.40	21.20
pH	8.26	8.20	8.29	7.77	8.76
DO (%)	95.60	89.80	93.30	82.20	109
EC (mS/cm)	18.17	18.44	18.15	30.52	19.14
Salinity (‰)	10.91	11.08	11.19	1.95	9.62
TDS (mg/l)	13.27	12.92	12.84	23.57	11.39
Total Nitrogen (mg/l)	3.10	1.02	3.75	4.67	3.97
Orthophosphate (mg/l)	0.16	0.23	0.17	0.22	0.18

MACROZOOBENTHOS DIVERSITY AND ABUNDANCE OF THE BAHIR-DAR GULF OF LAKE TANA, ETHIOPIA

Wondie Zelalem¹, Alexander Prokin²

¹*Bahir Dar Fisheries and other Aquatic Life Research Center, Bahir-Dar, Ethiopia, wondiehm@gmail.com*

²*Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouz district, Yaroslavl Oblast 152742, Russia, prokina@mail.ru*

Lake Tana – source of the Blue Nil River, situated in north-western highlands of Ethiopia, covering an area of ca 3,050 km², with a catchment area of ca 16,500 km². It is largest lake in Ethiopia, containing half of the country's fresh-water resources. Average depth is 8 m, max. – 14. In the main rainy season (July-August) the tributaries carry heavy load of suspended silt into the lake, which increasing the turbidity of water and thereby reduce the primary production (Vijverberg et al., 2009). Based on chemistry, lake is mesotrophic (Teshale et al., 2001), but based on chlorophyll content and primary production is oligotrophic (Wondie et al., 2007). Bahir-Dar city located on the southern border of lake, its population is 180,000 and around the lake and its catchment live about 2 million people (Vijverberg et al., 2009). The area around the lake has been cultivated for centuries, but recently the local agriculture became uncontrollably applied mineral fertilizers, pesticides and increased fishing, especially large carnivores barbs, which leads to a cascade effect. We studied macrozoobenthos of 6 sampling sites in Bahir-Dar Gulf near the Bahir-Dar city, using modified Petersen-grab (Welch, 1948) with sampling area 0,016m², twice in each site, both in littoral (shore) zone in vegetation and in off-shore area, outside the border of vegetation. Species richness, total abundance and biomass of macrozoobenthos were estimated, without megazoobenthos representatives – bivalves *Unio* and crabs *Potamonautes*. In the period of 2013–2014, 21 species were registered: Oligochaeta – 3, Hirudinida – 1, Bivalvia – 1, Gastropoda – 1, Odonata – 1, Trichoptera – 1, Ceratopogonidae (Diptera) – 1, Chaoboridae (Diptera) – 1, Chironomidae (Diptera) – 11. Maximum species richness (14) registered near Enfranz mouth river, in sites Shum-Abo and Gerima – 9–10 species, and 4–5 species in others. In most sites, except Shum-Abo and Enfranz, species common for the littoral and open water are absent. Species *Branchiura sowerbyi* Beddard, 1892 (Oligochaeta) and *Chironomus formosipennis* Kieffer, 1908 (Chironomidae) registered in all sites; *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) (Oligochaeta) was found in 4 sites, and other species only from 1 to 3 sites. In most part of sites total abundance and biomass decreased from the dry to the wet season; typically, the abundance was higher in littoral zone as compared with open water, except the Hospital and Enfranz mouth (table), when water transparency was higher in open water zone.

Table. Total abundance, ind./m² (above the bar) and biomass, g/m² (under the bar) of macrozoobenthos in 2013–2014

Sampling site		Season			
		November 2013	March 2014	August 2014	Average
Shum-Abo	shore	<u>1062,50</u> 12,87	<u>500,00</u> 12,35	<u>187,50</u> 2,59	<u>583,33</u> 9,27
	open	<u>281,25</u> 6,12	<u>375,00</u> 6,44	<u>187,50</u> 0,31	<u>281,25</u> 4,29
St. George	shore	<u>312,50</u> 2,72	0	<u>750,00</u> 1,88	<u>354,17</u> 1,53
	open	0	0	0	0
Resaurt	shore	0	0	<u>281,25</u> 2,81	<u>93,75</u> 0,94
	open	<u>62,50</u> 0,75	0	<u>93,75</u> 0,28	<u>52,08</u> 0,34
Gerima	shore	<u>781,25</u> 9,28	<u>125,00</u> 3,62	<u>125,00</u> 2,16	<u>62,50</u> 5,02
	open	<u>62,50</u> 0,09	0	<u>62,50</u> 0,06	<u>41,67</u> 0,05
Hospital	shore	0	<u>62,50</u> 0,13	<u>31,25</u> 0,16	<u>31,25</u> 0,10
	open	<u>125,00</u> 0,47	<u>825,00</u> 12,69	0	<u>333,33</u> 4,37
Enfranz mouth	shore	<u>218,75</u> 1,22	<u>1812,50</u> 1,25	<u>156,25</u> 0,84	<u>729,17</u> 1,10
	open	<u>1531,25</u> 20,84	<u>2625,00</u> 22,82	<u>593,75</u> 5,41	<u>1583,33</u> 16,36

Maximum biomass in Enfranz mouth open water zone can be explained by organic pollution due to fertilizers runoff from fields: NO₃, mg/l up to 5,28 in August (like Hospital site). Shum-Abo site is located in a densely populated area without fitted sewerage. Thus, high macrozoobenthos biomass here can be explained by PO₄ contamination, up to 5,28 mg/l. Relatively high total biomass near Gerima is probably due to the existence of a birds colony: NH₃, mg/l up to 0,072 – the highest level for lake.

We are grateful for help in field work to Fedor N. Shkil, Andrey A. Darkov (A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia), and coordination of work of the Joint Ethio-Russian Biological Expedition, which organized our research. Alexander Prokin's studies were financed by the grant of the Russian Science Foundation No 15-14-10020.

РАЗНООБРАЗИЕ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

С.И. Андреева¹, Н.И. Андреев², М.В. Винарский³

¹Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия, siandreeva@yandex.ru

²Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Россия, nik_andreyev@mail.ru

³Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, radix.vinarski@gmail.com

Телецкое озеро – самый крупный водоём российского Алтая, имеющий тектоническое происхождение и отличающийся значительной глубиной (до 325 м). Первые сборы моллюсков Телецкого озера проведены в 1928 г., когда под руководством С.Г. Лепневой (1929) было начато гидробиологическое обследование озера. Изучение водоема продолжалось в течение нескольких последующих лет. Обобщенные данные по малакофауне были опубликованы в середине XX столетия (Булыгина, 1949; Лепнева, 1949, 1950; Кривошеков, 1969). Они показали, что фауна моллюсков Телецкого озера относительно бедна и включает всего 6 видов Gastropoda и 9 видов Bivalvia. Список двустворчатых моллюсков озера, составленный А.И. Булыгиной (1949), включал следующие виды: *Musculium lacustre* (O.F. Müller, 1774), *Pisidium casertanum* (Poli, 1791), *P. subtruncatum* Malm, 1855, *P. obtusale* (Lamarck, 1818), *P. nitidum* Jenyns, 1832, *P. milium* Held, 1836, *P. lilljeborgi* Clessin, 1886, *P. conventus* Clessin, 1877, *P. henslowanum* (Sheppard, 1823). Все перечисленные виды имеют широкопалеарктические ареалы и встречаются как в Европе, так и в Северной Азии, что позволяло считать фауну двустворчатых моллюсков Телецкого озера совершенно неоригинальной в зоогеографическом отношении. Также характеризовалась и фауна брюхоногих моллюсков, среди которых, по данным А.И. Булыгиной, С.Г. Лепневой и Г.М. Кривошекова, не было ни одного вида, отсутствующего в Европе.

Позднее в составе малакофауны озера были зарегистрированы эндемичные виды (*Lymnaea teletzkiana* Kruglov et Starobogatov, 1984), и виды, относящиеся к сибирской зоогеографической группе (Круглов, Старобогатов, 1984; Круглов, 2005; Винарский и др., 2009, Кузменкин, 2015). По результатам исследования Gastropoda нами (Винарский и др., 2009) был сделан вывод о том, что представление о палеарктическом (или бореально-европейском) облике фауны моллюсков Телецкого озера (Булыгина, 1949; Лепнева, 1949) неверно.

Определение видовой принадлежности двустворчатых моллюсков, собранных в августе 2008 г. М.В. Винарским и А.В. Каримовым в северной

части озера и прилегающих водоемах, позволяет утверждать, что и в отношении *Bivalvia* традиционный взгляд также может быть оспорен.

По нашим данным, двустворчатые моллюски оз. Телецкое представлены видами (звездочками отмечены виды сибирского происхождения): *Musculium lacustre* (O.F. Müller, 1774), *Euglesa obliquata* (Clessin in Martens, 1874), *Pseudeupera altaica* (Krivosheina, 1979)*, *Ps. mucronata* (Clessin in Westerlund, 1876)*, *Ps. tenuicardo* (Krivosheina, 1978)*, *Cyclocalyx johanseni* (Dolgin et Korniushev, 1994)*, *Cingulipisidium crassum* (Stelfox, 1918). Следует отметить, что *Musculium lacustre* собственно в Телецком озере не встречен, а собран из водоемов по его берегам. Таким образом, более половины из обнаруженных видов не встречаются вне Сибири, а два вида (*Ps. altaica*, *Ps. tenuicardo*) рассматриваются как алтайские эндемики (Кантор, Сысоев, 2005). Надо заметить, однако, что приведенный нами список видов, вероятно, неполон и при более масштабных дальнейших исследованиях вполне могут быть найдены другие виды, в том числе и неизвестные ранее для этого озера.

Практически полное несовпадение нашего списка с перечнем видов, приведенным А.И. Булыгиной (1949) следует объяснять радикальными изменениями в системе мелких двустворчатых моллюсков, произошедшими в 1970–1990-е гг. Большинство «традиционных» видов пресноводных *Bivalvia* оказались сборными и были разделены отечественными систематиками на несколько видов меньшего объема, характеризующихся более узкими ареалами (Корнюшин, 1996, 2002). Таким образом, большинство определений, выполненных авторами 1940–1950 гг., с позиций настоящего дня нуждаются в пересмотре.

Как и фауна *Gastropoda* (Винарский и др., 2009), фауна *Bivalvia* Телецкого озера является обедненной на уровне родов и семейств. Так, полностью отсутствуют представители семейств *Pisidiidae* (s. str.) и *Unionidae*, подсемейства *Sphaeriinae* семейства *Sphaeriidae*, многие роды и подроды семейства *Euglesidae*, широко представленные в малакофауне Западной Сибири. Таксономическая обедненность малакофауны может быть связана как с гидрологическим режимом высокогорного озера (в частности, низкой температурой воды), так и палеогеографическими факторами (Винарский и др., 2009), определившими историю формирования фауны водоема.

Diversity of bivalve mollusks of the Teletzkoye Lake (Altay Mts.).
S.I. Andreeva, N.I. Andreev, M.V. Vinarski. Seven species of *Bivalvia* (finger-clams) have been revealed in the malacofauna of the Teletskoye Lake (Mountain Altay, Western Siberia) on the basis of 2008 year sampling. Their zoogeographical characteristics is given. Taxonomically, the fauna of *Bivalvia* of the lake can be characterized as rather poor, with absence of several families and genera widely distributed in Western Siberia.

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЧНЫХ РАКАХ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ БОЛЬШИЕ ЛЯЦКИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

В.М. Байчоров, Ю.Г. Гигиняк, И.Ю. Гигиняк

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический
центр Национальной академии наук по биоресурсам, г. Минск, Беларусь,
antarctida_2010@mail.ru

Впервые за время существования водохранилища Большие Ляцкие проведено целенаправленное исследование речных раков. Предварительное определение отловленных в водохранилище раков позволило отнести их к кубанскому длиннопалому раку (*Pontastacus cubanicus* Birst et Winog, 1934 syn. *Astacus leptodactylus cubanicus*). Это первая находка кубанского длиннопалого рака на территории Беларуси.

Центром происхождения раков семейства Astacidae, по мнению многих ученых, является Понто-Каспийский бассейн. Результаты популяционных исследований генетической структуры, а также биометрические показатели изменчивости ряда популяций кубанского рака указывают на некоторую обособленность его от остальных форм. Основными местами обитания кубанского длиннопалого рака являются эстуарии рек Дона и Кубани. В последние годы рак вероятно расширяет свой ареал. Его обнаружили в р. Ингулец – правом притоке р. Днепра. Кроме того, этот рак интродуцирован в некоторые водоёмы бассейна рек Припять и Прут (Бродский, 1974).

Предварительный анализ внешних признаков позволил установить полное сходство гонопод исследованных раков из водохранилища Большие Ляцкие с гоноподами кубанских раков. Остальные морфологические признаки варьируют в разной степени, на что указывается и в литературе (Бродский, 1981).

Водохранилище Большие Ляцкие создано на р. Переволока в 1963–1964 гг. В 1984 и 2007 гг. была проведена его реконструкция. Река Переволока является левым притоком р. Лесная Правая, которая впадает в р. Лесную, последняя – в Западный Буг. Площадь водохранилища – 3,3 км², ширина – 1,5 км, длина – 3,5 км. Водохранилище слабопроточное. Прозрачность – более метра, при цветности воды – 140 град. Общая минерализация 213 мг/дм³. Основными её компонентами являются бикарбонаты и кальций. Содержание растворённого в воде кислорода около 7 мгО₂/л.

Макрозообентос водохранилища не отличается большим видовым разнообразием. В основном это моллюски, ракообразные, личинки насекомых – *Radix peregra* O.F. Müller, 1774; *Arisus vortex* Linnaeus, 1758; *Planorbis planorbis* O.F. Müller, 1774; *Unio tumidus* Philipsson, 1788; *Asel-*

lus aquaticus Linnaeus, 1758; *Iscnura purmilio* Charpentier, 1825; *Gurinus* sp. Zaitsev, 1908; *Mystacides longicornis* Linnaeus, 1758. Из личинок ручейников обнаружены только *Phryganea bipunctata* Retzius, 1783; *Mystacides longicornis* Linnaeus, 1758. Следует отметить, что данное водохранилище ещё в середине 70-х годов прошлого столетия отличалось многочисленной популяцией гаммаруса, который в настоящее время полностью исчез из водохранилища. До настоящего времени здесь не обнаружен и американский полосатый рак, отмеченный нами в большинстве рек НП Беловежской Пущи, включая р. Лесная Левая. Отлов речных раков проводился в прибрежной мелководной зоне водохранилища Большие Ляцкие среди бетонных плит в вечернее время. Облавливались глубины до 1 м. Среди отловленных разноразмерных особей были яйценосные самки, самки без яиц и самцы. Общий линейный интервал составил от 50 до 134 мм. Максимальный размер яйценосных самок равен 134 мм, при сырой массе 64 г. Минимальный размер яйценосных самок – 90 см при массе 21 г. Отловленные экземпляры самцов имели размер от 50 до 90 см и массе, соответственно, от 4 до 27 г. Плодовитость самок из водохранилища Большие Ляцкие достигала 424 яиц при длине самки 134 мм, что несколько превышает аналогичный показатель для длиннопалых раков из водоёмов Беларуси (Алехнович, 2016).

Зависимость массы тела яйценосных самок от длины выражается следующим уравнением:

$$Y=0,0031 X^{2,975}, R^2=0,9489,$$

где Y- масса тела яйценосной самки, мг; X – длина тела, мм.

Зависимость массы тела от длины для самцов выражается следующим уравнением:

$$Y=0,0016 X^{3,181}, R=0,9977,$$

где Y – масса тела самцов, мг; X – длина тела, мм.

Планируется проведение видовой идентификации выявленного речного рака на генетическом уровне.

First data on river cancers of the «Bolshiye Lackie» reservoir in «Bialowieza Forest» national park. V.M. Baitchorov, Y.G. Giginyak, I.Y. Giginyak. The crayfish *Astacus leptodactylus cubanicus* from the «Bolshiye Lackie» reservoir (National Park Bialowieza Forest) was studied for the first time. Size, weight, fertility was determined. The body weight- body longs equations was calculated.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООБЕНТОСА МАЛЫХ ВОДОЕМОВ РАЗНОГО ТИПА БАССЕЙНА Р. ВЫЧЕГДА

М.А. Батурина

*ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия,
baturina@ib.komisc.ru*

Территория Республики Коми располагается в зоне избыточного увлажнения и характеризуется обширной речной сетью. Река Вычегда – главный приток р. Северная Двина. Ее общая длина – 1130 км, площадь водосбора – 121 тыс. км². Средняя густота речной сети – 0,62 км/км². В пойме Вычегды насчитывается около 2 тыс. озер, площадь водного зеркала которых составляет более 8,5 тыс. га.

Нами был обследован ряд водоемов, расположенных как в поймах притоков Вычегды, так и на отдалении, которые между собой объединились в несколько групп: лесные озера, удаленные от основного русла реки; водохранилища, искусственные водоемы, сформированные в руслах притоков; временные водоемы пойм притоков («лужи»); пойменные водоемы. Последняя группа делится еще на «остаточные водоемы» и «старицы» (таблица). Согласно классификации, приведенной в работе О.С. Зверевой (1969), они имеют разный генезис, являясь рядом последовательных стадий процесса развития поймы равнинной реки. Ранее (Зверева, 1969) такие водоемы были изучены в магистральном русле Вычегды.

Таблица. Характеристика исследованных водоемов

Водоем	Глубина м ^{max}	Грунт	Средняя численность, тыс. экз./м ²	Средняя биомасса, г/м ²
«лужи»	0,5	песок	1,7	1,4
лесные озера	10	ил торф детрит	4,5	1,9
водохранилища	10	песок ил глина гравий	10,2	4,3
«остаточные водоемы»	4	песок галька наиллок	19,9	4,4
«старицы»	9,5	черный ил	17,5	7,8

Всего в малых стоячих водоемах бассейна р. Вычегда установлено 23 систематические группы донных беспозвоночных. Чаще всего в пробах зообентоса встречались личинки Chironomidae, низшие ракообразные (Cla-

docera, Cyclopoida) и черви (Nematoda, Oligochaeta). Наиболее разнообразный таксономический состав бентоса (23 группы) отмечался для водохранилищ, вероятно за счет их размеров и разнообразия биотопов; наименьшим характеризовались временные водоемы пойм притоков (12 групп) и лесные озера (14 групп).

На песчаных с легким наилком грунтах временных «луж» были установлены наименьшие значения численности и биомассы бентоса. Основу численности здесь составляли личинки хирономид и черви (Nematoda, Oligochaeta), а биомассы – личинки хирономид, поденок и олигохеты. Наибольшая численность (таблица) донных беспозвоночных отмечалась в «остаточных водоемах» поймы, узких длинных водоемах, образующихся по пути перемещения русла рек. Ведущую роль в формировании общей численности бентоса в этих водоемах играли низшие ракообразные (Cyclopoida, Ostracoda) и личинки Chironomidae. Так же высокие показатели количественного развития зообентоса, как численности, так и биомассы, отмечались на черных желеобразных илах «стариц», представляющих собой отшнуровавшиеся остатки излучин рек. Численность бентоса формировалась в этих водоемах за счет веслоногих рачков и нематод, а основу биомассы составляли личинки хирономид. В целом анализ количественной структуры зообентоса показал значительные различия в составе доминирующих групп исследованных водоемов различающихся по типу, генезису, удалению от русла реки, геоморфологическим особенностям бассейна. Полученные предварительные данные о составе и структуре донной фауны пойменных водоемов средних и малых притоков Вычегды, вероятно, свидетельствуют о речных перестройках и изменениях положений их русел, так же, как ранее (Зверева, 1969) это было показано для магистрального русла.

Работы на водоемах бассейна р. Вычегда проводились при поддержке гранта Президиума РАН № 15-12-4-43.

Current status of zoobenthos in different type small water bodies of the Vychegda River basin. M.A. Baturina. The analyses of reservoirs of Vychegda River tributaries are presented. Water bodies conditionally divided into five groups, which differ in hydrological conditions, distance to the river bed, origin and age. The composition of the invertebrates, abundance, biomass and dominant groups of zoobenthos were described.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ В ОЗЕРЕ ГЛУБОКОМ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О.С. Бойкова

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
г. Москва, Российская Федерация, oboikova@yandex.ru

Мезотрофное оз. Глубокое расположено в Рузском районе Московской области, имеет площадь 59,3 га, максимальную глубину 32 м и среднюю глубину 9,3 м. С мая по октябрь в водоеме наблюдается устойчивая температурная стратификация. Во второй половине лета в металимнионе и на глубинах более 20–25 м в гипolimнионе может регистрироваться дефицит кислорода.

Сообщество планктонных ракообразных включает два вида копепод (*Eudiaptomus graciloides* Lill., *Cyclops strenuus* Fish.), а также 11 видов и 3 гибридные формы кладоцер (*Daphnia cucullata* Sars, *D. galeata* Sars, *D. hyalina* Leydig, *D. cristata* Sars, *D. galeata* x *D. cucullata*, *D. hyalina* x *D. galeata*, *D. hyalina* x *D. cucullata*, *Bosmina coregoni* Baird, *B. longirostris* (O.F.M.), *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin), *Ceriodaphnia pulchella* Sars, *Chydorus sphaericus* (O.F.M.), *Leptodora kindtii* (Focke), *Polyphemus pediculus* (L.)).

По характеру вертикального распределения выделяются 3 группы видов: эпи-металимниальные, мета-гиполимниальные и широко распространенные. Большая часть видов (*D. brachyurum*, *D. cucullata*, *D. galeata*, *B. coregoni*, *B. longirostris*, *Ch. sphaericus*, *C. pulchella*, *L. kindtii* и *P. pediculus*) относится к первой группе. Из них первые два вида – преимущественно эпилимниальные. Последний вид – исключительно эпилимниальный, распределен крайне неравномерно, поскольку образует стаи, особенно характерные для мелководья. К группе мета-гиполимниальных видов относятся *D. cristata*, *D. hyalina* и *C. strenuus*. Последние два обитают преимущественно в металимнионе. К группе широко распространенных можно отнести только *E. graciloides*, науплиусы которого населяют эпилимнион, а копеподиты и половозрелые особи встречаются во всех трех температурных зонах.

Суточные вертикальные миграции наблюдаются почти у всех видов, но происходят преимущественно в пределах одной температурной зоны и имеют небольшую амплитуду (всего 1,5–3,0 м).

По численности, видовому составу и размерной структуре рачкового планктона существенно различаются три зоны озера: 1) эпилимнион и верхняя часть металимниона, где отмечаются высокая численность и высокое видовое разнообразие ракообразных, 2) нижняя часть металимниона и гипolimнион, где численность и видовое разнообразие ра-

кообразных ниже, но высока доля крупных видов и особей, 3) открытое мелководье (глубины менее 5 м), которое характеризуется очень низкой численностью ракообразных и доминированием мелких видов кладоцер (*Ch. sphaericus*, *C. pulchella*, *B. longirostris*) и науплиусов копепоид.

Обедненность планктона открытого мелководья отмечалась во многих озерах. Это явление получило название «избегание берега» эупланктоном (Hutchinson, 1967; Киселев, 1980). В оз. Глубоком обедненность планктона открытого мелководья сохраняется и в темное время суток, хотя численность ракообразных ночью возрастает, что объясняется суточными миграциями.

Пространственное распределение планктонных ракообразных в оз. Глубоком, несомненно, связано с распределением рыб, большинство из которых питается планктоном. Особенно большое значение рачковый планктон имеет для плотвы, все возрастные группы которой потребляют его во все сезоны года. На мелководье отмечается очень высокая численность рыб, в верхних прогретых слоях центральной части озера (эпилимнионе и верхних метрах металимниона) она значительно ниже, в более глубоких слоях рыбы не регистрируются.

The peculiarities of planktonic crustaceans space distribution in Lake Glubokoe (Moscow area). O.S. Boikova. The mesotrophic Lake Glubokoe harbours two species of Copepoda and 11 species and three hybrid forms of Cladocera. Regarding the vertical distribution, three groups of species might be distinguished – epi-metalimnetic, meta-hypolimnetic, and widely distributed. The diurnal vertical migrations are limited. The phenomena of “avoidance of the littoral zone» by euplankton and impact of fish predation are discussed.

ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДНЕВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОНА В СРЕДНЕ ГЛУБОКИХ ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ

В.В. Вежновец

*ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск,
Беларусь, vvv@biobel.bas-net.by*

Вертикальное распределение пелагического зоопланктона в озерах с термической стратификацией неравномерное и определяется рядом факторов, основными из которых являются прозрачность, вертикальный ход температуры, содержание кислорода и наличие пищи.

Исследования проведены на озерах Беларуси разной трофности в пелагической зоне с глубинами от 28 до 53 м. Пробы отобраны фракционно количественной сетью от поверхности до максимальной глубины с шагом в 5 м глубины.

Если рассматривать весь зоопланктон, то он сосредотачивается в эуфотном слое озер или в зоне термоклина и его вертикальное распределение имеет разный характер в зависимости от трофности водоема. В более трофных озерах концентрация зоопланктона в приповерхностных слоях большая, затем идет резкое снижение плотности к максимальной глубине. Как правило, это резкое снижение плотности связано с резким дефицитом кислорода на ниже лежащих слоях воды этого типа водоемов. В мезотрофных же озерах пик плотности общего планктона может перемещаться в слой термоклина и совпадает с подповерхностным ростом содержания кислорода. В мезотрофных озерах, кроме металимниального пика плотности образуется меньший по величине придонный всплеск, образующийся за счет холодолюбивых видов копепод.

Коловратки в озерах образуют максимум численности в слое металимниона. Ракообразные сосредоточены ближе к поверхности, при этом веслоногие и ветвистоусые имеют разные средние глубины обитания.

Отдельные видовые популяции располагаются, в основном, в зависимости от термопреферендума. По вертикальному расположению можно выделить тепловодный, холодноводный и безразличный к температурному фактору комплекс видов. Группа тепловодных видов представляет большинство в водоеме, имеет широкое распространение и располагается главным образом в эпилимнионе. В глубоководном комплексе присутствуют виды, имеющие северное происхождение.

Температурная стратификация формирует своеобразную биотопическую гетерогенность, что является предпосылкой ослабления конкурентных отношений, оптимизации функционирования и сохранения биологического разнообразия. Образование зон с низким содержанием кислорода в гипolimнионе, наоборот, сужает зону оптимальных условий

обитания для большинства видов зоопланктона, что усиливают конкуренцию.

Работа выполнена при частичной поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований – договор Б16МС-016.

Features of the pelagic zooplankton vertical daytime distribution in the middle-deep lakes of Belarus in the summertime. V.V. Vezhnavevets. Temperature stratification forms biotopical heterogeneity, which is beneficial for weakening competitive relations. The formation of low oxygen zones in the hypolimnion, on the contrary, narrows the area of optimal habitat conditions for most species of zooplankton.

ВЛИЯНИЕ УФ РАДИАЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО ТИПА

Ю.К. Верес, Л.В. Никитина

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
veres.julia.naroch@gmail.com*

В последнее время к вопросам воздействия УФ радиации на живые системы приковано особое внимание в связи с проблемой нарушения озонового слоя стратосферы, приводящего как к общему увеличению потока УФ излучения на поверхность Земли, так и к проникновению более губительного УФ-В (220–280 нм) спектра излучения. Бактериальное сообщество является одним из наиболее чувствительных к УФ воздействию компонентов водных экосистем.

В результате наших предыдущих исследований в лабораторных условиях и экспериментах *in situ* доказано влияние УФ облучения на структурно-морфологические параметры бактериопланктона (Верес, 2013). Однако подобные результаты не всегда в полной мере можно перенести в естественные условия, где состояние сообщества определяется совокупным действием всех факторов среды. Наряду с температурной стратификацией, а также неоднородным вертикальным распределением питательного субстрата в водной среде формируется вертикальный градиент дозы УФ облучения за счет оптических свойств водной толщи, содержания в воде взвеси и растворенного органического вещества.

С целью выявления влияния УФ излучения на распределение и морфологические параметры бактериопланктона в естественных условиях водных экосистем в течение 2015 г. был изучен характер вертикального

распределения параметров сообщества, а также установлена пропускная способность водной толщи к УФ излучению. Исследования проходили на озерах Нарочанской группы, располагающихся на северо-западе Беларуси и различающихся по трофическому статусу экосистем. Определение основных параметров бактериопланктона проводили методом эпифлуоресцентной микроскопии на ядерных фильтрах с диаметром пор 0,2 мкм (Харламенко, 1984). Для определения проникновения УФ излучения в водную толщу был сооружен специальный прибор и разработано программное обеспечение обработки результатов.

В мае после вскрытия водоемов и весеннего перемешивания в водной толще создаются однородные условия по отношению к ряду параметров среды, в частности, температурно-кислородным условиям, содержанию органического вещества. Проникновение УФ излучения в глубь водоема закономерно снижается. Вертикальное распределение бактериопланктона неоднородно (таблица). Такие основные показатели сообщества как его плотность, биомасса и средний объем клетки претерпевают некоторые изменения с глубиной во всех озерах. Так в поверхностном слое плотность бактериопланктона ниже, чем в последующих горизонтах, а средний объем клетки больше. Также заметно увеличение объема клетки на глубине 4 м в оз. Нарочь, 5 м в оз. Мястро и 3 м в оз. Баторино.

Таблица. Вертикальное распределение бактериопланктона, проникновение УФ излучения в водную толщу и температуры в Нарочанских озерах, май 2015 г.

Озеро	Горизонт, м	Плотность, млн кл/мл	Объем клетки, мкм ³	Биомасса, мг/л	Проникновение	Температура, °С
Нарочь	0	1,76	0,094	0,17	1,000	11,1
	0,5	2,59	0,087	0,23	0,681	11,1
	1	2,39	0,077	0,18	0,158	11,1
	2	2,47	0,084	0,21	0,044	10,9
	4	2,20	0,097	0,21	0,099	10,8
	8	2,03	0,078	0,16	0,066	10,8
Мястро	0,0	1,98	0,103	0,201	1,000	13,1
	0,5	3,28	0,096	0,322	0,109	13,1
	1,0	1,67	0,072	0,120	0,089	13,1
	2,5	2,44	0,102	0,244	0,047	13,1
	5,1	2,06	0,111	0,230	0,021	13,0
	6,0	1,98	0,103	0,201	0,009	13,0
	9,0	1,47	0,079	0,117	0,005	12,6

Озеро	Горизонт, м	Плотность, млн кл/мл	Объем клетки, мкм ³	Биомасса, мг/л	Проник- новение	Темпера- тура, °С
Баторино	0,0	5,71	0,140	0,792	1,000	14,6
	0,5	5,89	0,126	0,742	0,301	14,7
	1,0	6,75	0,124	0,833	0,295	14,7
	1,3	8,67	0,141	1,220	0,122	14,7
	2,0	5,85	0,150	0,906	0,066	14,7
	2,5	5,14	0,147	0,757	0,041	14,6
	3,0	3,01	0,164	0,492	0,026	14,7
	4,0	6,38	0,120	0,760	0,021	14,6
	5,0	8,15	0,113	0,917	-	13,9

Проникновение УФ излучения в водную толщу озер невелико, до 90 % приходящих на поверхность УФ лучей поглощается на глубинах 1–1,5 м. Более глубокие слои уже не испытывают прямого воздействия. Следовательно, распространение в поверхностном горизонте крупных клеток бактерий, невысокая плотность сообщества, могут являться свидетельством прямого воздействия УФ излучения. Последствия косвенного влияния УФ излучения проявились на глубинах 3–5 м, где содержание трансформированного органического вещества (в том числе и за счет УФ излучения) стимулирует рост клеток бактерий, что отражается на среднем объеме клетки и соответственно на биомассе.

Influence of UV radiation on vertical distribution of bacterioplankton in lakes of different trophic state Y.K. Veras, L.V. Nikitina. The attempt to reveal the influence of UV radiation on vertical distribution of bacterioplankton was conducted during the investigations in May 2015. Variances in mean cell size and bacterial abundance can be described by the adaptive reaction on irradiation.

ПИТАНИЕ ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД В ПЕРИОД ИХ НАХОЖДЕНИЯ В ПЛАНКТОНЕ

Н.П. Дмитривич, Т.В. Козлова, А.И. Козлов, Н.М. Райлян

Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь, natali-rigo@rambler.ru

Известно, что знание биологии отдельных видов гидробионтов и их популяций имеет большое значение в понимании процессов, происходящих в биоценозах прудовых экосистем. В выростных прудах молодь карпа наравне с зоопланктоном потребляет планктических личинок хирономид, которые являются ценным высококалорийным кормом, обеспечивающим быстрый рост и развитие рыб. В этой связи очень важно знать, чем же питаются сами личинки в планктонной стадии своего развития.

Целью настоящих исследований являлось определение состава пищи у личинок хирономид, выбранных из планктонных и бентосных проб, собранных на выростных прудах. При этом использовали методики, описанные в работе Козловой (Kozlova, Kozlov, 2002).

Видовой состав личинок хирономид, ввиду трудности их определения на ранних стадиях развития, определяли после выведения имаго из личинок четвертой стадии развития с изготовлением препаратов личинок, куколок, экзувиев и взрослых комаров. Исследовали питание личинок *Chironomus plumosus* L., *Glyptotendipes barbipes* Staeg. и *Cricotopus gr. silvestris* F.

Самки имаго *Ch. plumosus* откладывали на подводную растительность или по урезу воды кладки с яйцами. В каждой кладке насчитывали от 1100 до 1800 яиц. Исследование пищи личинок хирономид, обитающих в планктоне показало, что в кишечниках *Ch. plumosus* содержалось значительное количество водорослей, составляющих в среднем от 30 до 62 % массы пищевого комка. Наиболее часто встречались зеленые водоросли, среди которых преобладали протококковые. Частота встречаемости последних колебалась от 86 до 95 % (Козлова, 2007). Кроме водорослей в кишечниках мотыля находили детрит, минеральные частицы, животные остатки.

Основная масса самок комаров *Gl. barbipes* откладывала яйца в прибрежной зоне. В каждой кладке насчитывалось от 1000 до 1100 яиц. В кишечниках личинок *Gl. barbipes* в составе водорослевого компонента доля зеленых водорослей составляла 36–40 %, а диатомовых – 59–61 % от общего количества водорослей.

В одной кладке самок *Cr. gr. silvestris* количество яиц колебалось от 200 до 260. После выхода выклюнувшихся личинок из кладок их в массе обнаруживали в планктоне прудов. В питании личинок *Cr. gr. silvestris* преобладали диатомовые и зеленые водоросли. Частота встречаемости

диатомовых водорослей в кишечниках *Cr. gr. silvestris* достигала 86 %. Водоросли составляли более 50 % всего содержимого кишечника.

При доминировании в фитопланктоне прудов сине-зеленых водорослей, они потреблялись личинками в очень незначительном количестве (в среднем от 0,5 до 1,1 % от массы пищевого комка). В кишечниках личинок были обнаружены также фрагменты *Cladocera*, что может свидетельствовать и о хищном питании этого вида хирономид (Kozlov, Kozlova, 2001).

Следует отметить, что в удобряемых прудах с благоприятными трофическими условиями для планктических личинок, их численность превышала численность бентических. В прудах, где в планктоне доминировали сине-зеленые водоросли, бентические хирономиды по численности превышали численность личинок в толще воды. Это может быть вызвано тем, что пребывая в толще воды и находя там достаточное количество «кормовых» водорослей, личинки хирономид имели лучшие условия для выживания и задерживались в планктоне на более продолжительный отрезок времени, нежели те личинки, которые из-за недостатка пищи быстрее опускались на грунт. Это подтверждается данными по исследованию питания сеголетков карпа, в пищевом комке которых личинки *Cr. gr. silvestris* встречались постоянно весь рыбоводный сезон.

Kozlova, T. Influence du degre d envahissement des etangs piscicoles par les macrophytes sur les caracteristiques de la nutrition des larves des chironomides / T. Kozlova, A. Kozlov // Actes du 11 Symposium International EWRS sur la gestion des plantes aquatiques, 2–6 septembre 2002. Molites et Maa (France). P. 155–158.

Козлова, Т.В. Качественный состав фитопланктона и зообентоса при различных методах интенсификации прудового рыбоводства /Т.В. Козлова // монография, Горки. 2007. 176 с.

Kozlov, A. The role of phytoplankton in a feeding of larve Chironomidae in carp ponds / A. Kozlov, T. Kozlova // Pond Aquaculture in Central and Eastern Europe in the 21 Century Handbook of abstracts. Vodnany, Czech Repub. May 2–4, 2001. P.15.

Alimentation of the chironomid larvae in the period of their plankton stage. N.P. Dzmitrovich, T.V. Kozlova, A.I. Kozlov, N.M. Raylan. In the rearing ponds carp fry consumes plankton chironomid larvae par with zooplankton. We studied the nutrition of larvae *Chironomus plumosus* L., *Glyptotendipes barbipes* Staeg. and *Cricotopus gr. silvestris* F. In the intestines of *Ch. plumosus* algae ranged from 30 to 62 % by weight of the food bolus, at *Gl. barbipes* – 36–61 %, and in the intestines of *Cr. gr. silvestris* – more than 50 %.

СУБФОССИЛЬНЫЕ ОСТАТКИ ВОДОРΟΣЛЕЙ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ОТЛОЖЕНИЯХ ЭФЕМЕРНЫХ ВОДОЕМОВ САРАТОВСКОЙ И ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

А.А. Жаров, А.А. Котов

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва,
Россия, antzhar.ipee@ya.ru*

Эфемерные водоемы являются экосистемами со специфическими условиями среды, что отражается в своеобразии их биоты. Значительную часть года они лишены воды, и сообщества, населяющие их, находятся в «спящем» состоянии до наступления очередного периода обводнения. Ежегодное возобновление популяций происходит за счет яиц и цист, покоящихся в донных отложениях. Несмотря на кратковременность существования в течение года, ценозы претерпевают порой значительные сукцессии, поэтому разовый сбор живого материала не может дать полного представления о составе фауны такого водоема. Метод альго-зоологического анализа донных отложений эффективен для реконструкции биоты пресных водоемов (Смирнов, 2010). Исходно палеолимнологический, этот подход может быть применен для изучения среднемноголетнего состава современных биоценозов, давая возможность количественно учитывать большое число групп водорослей и беспозвоночных единовременно, чего не позволяют делать традиционные гидробиологические методы. Исследование биологических остатков в донных отложениях для некоторых групп (например, Cladocera) дает сравнимый или даже более полный список видов, чем мониторинг, требующий неоднократного отбора проб во многих точках водоема в течение длительного времени. Целью данной работы была проверка применимости метода альго-зоологического анализа для исследования биоценозов эфемерных водоемов степной зоны европейской части России, а также изучение состава их тафоценозов.

Был проведен альго-зоологический анализ донных отложений 26 водоемов, расположенных в степях Саратовской и Волгоградской областей. Образцы наилок были собраны в мае 2014 г. Пробы не фиксировали, и сохраняли до анализа в обводненном состоянии при температуре 10°C. Тотальный учет биологических остатков (100–200 фрагментов) проводили на временных препаратах с помощью оптического микроскопа Olympus BX 41. Кроме того, в семи водоемах были отобраны и промыты на мелкоячеистом сите большие объемы отложений. Полученные отсеы были исследованы с помощью стереомикроскопа Leica MZ7.5 на предмет наличия макроостатков беспозвоночных.

Отложения исследованных водоемов отличались высоким содержанием минеральных частиц. Концентрации биологических остатков в них

оказались низкими, в результате чего в ряде случаев количественный анализ оказался невозможен. В отложениях водоемов, для которых количественный анализ удался, среди всех биологических остатков доминировали панцири диатомей (66–100 %). Также были найдены фрагменты желто-зеленых водорослей *Tribonema* sp. (до 32 %), единично – *Pediastrum* sp. (Protococophyceae) и *Cosmarium* sp. (Desmidiaceae). Суммарные доли зоогенных остатков составляли 0–19 %. Среди них преобладали раковины ризопод Testacea. Нередко присутствовали остатки Ostracoda и Porifera (*Spongilla* sp.), спорадически – коконы Turbellaria, статобласты мшанок *Plumatella* sp. и фрагменты экзоскелетов Chydoridae (Cladocera): *Chydorus sphaericus* s.l., *Dunhevedia crassa*, *Alona* sp. В пробах, полученных путем просеивания ила, были найдены остатки «Conchostraca» (Spinicaudata и Laevicaudata), Notostraca и Anostraca, насекомых (в основном – жесткокрылых), раковины Ostracoda, эфиппидеи Daphniidae, раковины Gastropoda и редко – фрагменты раковин двусторчатых моллюсков (Unionidae). Исследование отсевов оказалось эффективным и в тех случаях, когда был невозможен количественный альго-зоологический анализ.

Результаты показывают, что стандартная методика комплексного альго-зоологического анализа для изучения биоты эфемерных водоемов малоэффективна. Для получения дополнительного субфоссильного материала следует производить просеивание отложений. Низкие концентрации и разнообразие субфоссильных остатков обусловлены составом биоты, спецификой тафономических условий, а также, возможно, деятельностью детритофагов. Субфоссильные комплексы этих водоемов специфичны и представляют отдельный тип, не известный ранее для малых водоемов других регионов.

Исследование поддержано Российским Научным Фондом (грант № 14-14-00778).

Subfossil algae and invertebrate remains from recent bottom sediments of ephemeral ponds in Saratov and Volgograd regions, Russia. A.A. Zharov, A.A. Kotov. The algae-zoological analysis of recent bottom sediments of 26 ephemeral ponds was carried out to examine this method applicability for such water body investigation. The method efficiency was low because of the poorness of subfossil assemblages. Additional subfossil material can be obtained by a sieving of large amounts of bottom sediments. A new type of freshwater taphocenosis was found.

ТРЕМАТОДОФАУНА БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ ОЗЁР УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Е.П. Житова¹, В.В. Корнюшин², Л.Д. Романчук³, И.А. Житов⁴

¹Житомирский национальный агроэкологический университет,
г. Житомир, Украина, elmi1969@meta.ua

²Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины,
г. Киев, Украина, vadikorn@izan.kiev.ua

³Житомирский национальный агроэкологический университет,
г. Житомир, Украина, lromanchuk@rambler.ru

⁴Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця

В работе представлены результаты исследований фауны трематод моллюсков обитающих в Щацких озёрах (Свитязь, Чёрное, Люцимир, Пулемецкое), а также Почаевское и Грибовое.

Материалом для настоящей статьи послужили сборы моллюсков (*Lymnaea (Lymnaea) stagnalis* (Linné, 1758), *Lymnaea (Stagnicola) palustris palustris* (O.F. Müller, 1774), *Lymnaea ovata* (Draparnaud, 1805), *Lymnaea auricularia* (Linné, 1758), *Lymnaea patula* (Da Costa, 1778), *Lymnaea psilia psilia* Bourguignat, 1862, *Planorbarius corneus* (Linné, 1758), *Planorbarius banaticus* (Lang, 1856), *Planorbis planorbis* (Linné, 1758), *Anisus (Anisus) septemgyratus* (Rossmaessler, 1835), *Contectiana (Contectiana) listeri* (Forbes et Hanley, 1853), *Bithynia (Bithynia) tentaculata* (Linné, 1758) в 2010–2011 гг. Всего исследовано 1265 экз. моллюсков. В процессе исследований выяснено распределение ¹³⁷Cs в озёрах. Установлено, что наибольшее содержание радиоцезия наблюдается в донных отложениях, 10,5–146 Бк/кг, меньше в водорослях (10,5–86,3 Бк/кг) и моллюсках (9,8–22,5 Бк/кг), в воде не более 2 Бк/л.

У моллюсков вышеперечисленных озёр выявлены личинки 16 видов трематод (*Echinostoma revolutum* Frohlich, 1802, *Echinoparyphium recurvatum* Linstow, 1873, *Echinoparyphium aconiatum* Dietz, 1909, *Hypoderaeum conoideum* (Bloch, 1782) Dietz, 1909, *Patagifer bilobus* Rudolphi, 1819, *Echinostoma stantchinskii* Semenov, 1927, *Opisthioglyphe ranae* (Froehlich, 1791), *Plagiorchis mutations* Panova, 1927, *Leptophallus nigrovenosus* (Bellingham, 1844), *Haematoloehus asper* Looss, 1899, *Rubenstrema exasperatum/Neoglyphe locellus* complex, *Diplodiscus subclavatus* Pall, 1760, *Notocotylus seineti* Fuhrmann, 1919, *Cotylurus cornutus* Rudolphi, 1808, *Alaria alata* Goeze, 1788, *Parafasciolopsis fasciolaemorfa* Ejsmont, 1932. Вариабельность экстенсивности инвазии моллюсков партенитами и личинками трематод незначительна и составляет от 4,2 % до 5,82 %. Средняя экстенсивность инвазии моллюсков составляла 5,08±0,63 %. Нами отмечено отсутствие прямой зависимости между экстенсивностью инвазии и видовым составом трематод. Наиболее распространёнными

видами трематод у моллюсков региона являются *E. aconiatum* (паразит 6 видов птиц), *E. revolutum* (паразит 22 видов птиц, 3 видов млекопитающих), *O. ranae* (паразит 8 видов амфибий, 3 видов пресмыкающихся) и *C. cornutus* (паразит 16 видов птиц), которые были зарегистрированы в трёх из шести исследованных озёр. У моллюсков исследованных озёр обнаружено от одного до восьми видов личинок трематод. Установлено, что наибольшее количество видов трематод у брюхоногих моллюсков выявлено в мезотрофном оз. Грибовое (8 видов), наименьшее – в олиготрофных озёрах Щацкой группы (Люцимир, Пулемецкое) и оз. Почаевское (1–3 вида). В озёрах с развитой системой полоев состав трематод моллюсков значительно богаче, нежели в водоёмах лишённых высшей водной растительности. Из обнаруженных личинок трематод у моллюсков исследованных озёр, большая часть (9 видов) из них, на стадии мариты паразитирует в птицах, 3 вида – у млекопитающих, 3 – у амфибий, 1 вид – у рептилий.

Нами отмечено, что видовой состав партенит и личинок трематод в моллюсках определяется фактором случайности и зависит от того, какие именно виды паразитов заносятся в водоёмы хозяевами (эффект основателя). Результаты наших исследований дают основание полагать, что фактор случайности, проявляющийся через эффект основа тела, играет значительную роль в генезисе паразитофауны гидробионтов не только небольших олиготрофных озёр (ламб), но и любого более или менее изолированного от ближайших речных бассейнов озера, независимо от его величины, трофности или других характеристик. Общими для разных озёр являются наиболее распространённые в регионе виды паразитов птиц и амфибий, вероятность попадания которых в изолированные водоёмы наивысшая.

The trematodes fauna of Gastropodes from lakes of Ukrainian Polissya. E.P. Zhytova, V.V. Korniyushin, L.D. Romantschuk, I.A. Zhytov. The results of research of trematodes fauna of Gastropoda from lakes of Ukrainian Polissya are presented. We established that the species composition of trematodes in gastropods from lakes determined by the factor of chance. The greatest number of trematode species in gastropods was registered from mesotrophic lakes, the smallest – from oligotrophic lakes.

МАКРОЗООБЕНТОС КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА. ОБИЛИЕ И КОРМОВАЯ БАЗА РЫБ

Ю.А. Зуев, Н.В. Зуева

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, yziyev@ya.ru*

В Ладожском озере ведется промысел особо ценных видов рыб: хариуса, ладожского лосося, палии, судака и нескольких видов сигов. Значительную часть рациона этих видов составляют придонные ракообразные из реликтовой фауны озера (Тихомирова, Болотова, 1977). Исследования прибрежных мелководий в настоящее время ограничены глубиной 1 м.

Актуальность исследований мелководий Ладожского озера обусловливается тем, что донная фауна здесь активно изменяется вследствие антропогенного воздействия и климатических изменений. Дополнительная трансформация сообществ макрозообентоса вызвана проникновением с середины 2000-х гг. многих чужеродных видов (Курашов и др., 2011). Одна из причин недостаточной биологической изученности макрозообентоса мелководий Ладожского озера – нерепрезентативность стандартных гидробиологических методов количественного учёта макрозообентоса на твёрдых грунтах, а также в условиях сложного рельефа.

Исследования проводились в заливах Валаамского архипелага Ладожского озера. Заливы характеризуются сложным рельефом и большой площадью твердых грунтов. Для реализации поставленных задач была разработана стратегия исследований. Общее описание донных сообществ выполнялось при помощи модифицированного водолазного метода транссект (Голиков, Скарлато, 1968; Зуев, 2012). Были построены карты-схемы грунтов и рельефа заливов. На основании этих схем определялась сетка бентосных станций. Для отбора проб донных отложений и зообентоса на мягких грунтах использовался дночерпатель Петерсона, с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$. Для отбора зообентоса на твердых грунтах нами был разработан прибор, конструкция которого позволяет засасывать организмы макрозообентоса с частицами грунта (Зуев, Зуева, 2013). Всего в исследованных заливах побережья Валаамского архипелага отмечено 119 таксонов макрозообентоса. Наибольшее количество таксонов – 68 отмечено среди личинок насекомых.

На литорали доминировали личинки комаров-хирономид (44 % всей численности). Субдоминантами по численности в заливе были ракообразные, составлявшие около 27 % всего макрозообентоса. По биомассе доминировали ракообразные (47 % всего зообентоса). Личинки комаров-хирономид составляли 29 % всей биомассы. В центральных частях заливов ниже литорали (8–25 м) основную биомассу зообентоса

составляли ракообразные. На прибрежных станциях значительный вклад в биомассу вносили личинки хирономид и моллюски.

Группировка станций выполнялась на основании данных об обилии бентоса методами многомерной статистики. На высоком уровне сходства, объединяются сообщества, расположенные на сходных субстратах и формах рельефа. Для каждого сообщества оказались характерны свои доминирующие группы и диапазоны численных характеристик обилия макрозообентоса. На скалистых стенках доминировали личинки комаров-хирономид, на валунном свале – двустворчатые и брюхоногие моллюски, а ниже литорали (8–25 м), у подножья прибрежного свала – ракообразные.

Выполненная оценка кормовой базы прибрежных мелководий, с учетом хорошо плавающих видов, позволяет отнести этот район к категории «выше средnekормной», по принятой в рыбохозяйственной отрасли классификации (Пидгайко и др., 1968). Наличие большого количества ракообразных относящихся к реликтовой фауне на глубинах свыше 15 м объясняет, почему на этих глубинах происходит нагул большинства ценных промысловых видов рыб Ладожского озера (Тихомирова, 1975; Тихомирова, Болотова, 1977).

Lake Ladoga macrozoobenthos of hard littoral. Abundance and fish forage base. Y.A. Zuyev, N.V. Zuyeva The research strategy of the species composition and macrozoobenthic quantitative characteristic of rocky littoral zone of Lake Ladoga by divers has been developed. The bottom communities have been characterized as communities with high species richness and abundance of macrozoobenthos. The benthophagous-fish forage base of coastal shallow waters of Lake Ladoga has been assessed as high. The possibility of using this method in the coastal shallow waters of lakes and other water bodies has been showed.

ДИНАМИКА ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ БЕНТАЛИ КАК ФАКТОР СИМПАТРИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ У РЫБ ОЗЕРА КРОНОЦКОЕ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Э.И. Извекова¹, Г.Н. Маркевич²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, izvekova@mail.ru

²Кроноцкий государственный заповедник, г. Елизово, Россия, g-markevich@yandex.ru

Озеро Кроноцкое расположено на восточном побережье Камчатки на территории Кроноцкого государственного заповедника. Площадь зеркала составляет 246 км², максимальная (средняя) глубина 136(58) м. Литоральные экосистемы, занимающие 11 % от площади водоема, характеризуются крупными каменистыми лавовыми грунтами, свал и профундаль (89 % от площади водоема) сложены мягкими седиментарными илами. Водоем относится к димиктическому типу, перемешивание водных масс происходит два раза в год – в июне и октябре. Максимальное развитие эпилимниона до глубины 20–25 м приходится на август, озеро покрыто льдом с декабря по конец мая. Пороги в верхнем течении р. Кроноцкая непреодолимы для типичных анадромных рыб Северной Пацифики. В результате ихтиофауна озера состоит только из двух видов, которые оказались изолированными в данной экосистеме с момента ее формирования. Оба вида демонстрируют яркий пример внутриозерной симпатрической диверсификации, первый из них – голец или мальма (*Salvelinus malma* (Walbaum)) представлена 7 формами, второй – кокани или озерная нерка (*Oncorhynchus nerka* (Walbaum)) – двумя. Четыре формы гольцов – специализированные бентофаги: три из них населяют литораль (разделения пищевых ресурсов не отмечено), а одна – профундаль. Одна из двух форм кокани также питается бентосом, занимая участок на границе эпилимниона и гиполимниона (далее «свал»). В связи с высоким разнообразием бентосоядных рыб возникает вопрос о структуре пищевых ниш на различных глубинах. Целью нашей работы было изучение распределения и динамики биомассы бентоса в литорали, на свале и в профундали в течение вегетационного сезона.

Материал был собран в период с июня по октябрь 2014 г. Пробы отбирали раз в неделю на трех разрезах на глубинах 15, 30 и 50 м (дночерпателем Дак-40), и на литорали с мелких (ловушкой Леванидова) и крупных (у которых измеряли площадь профилирующей поверхности) камней. Всего было отобрано 240 проб. Разобранные пробы фиксировали 4 % формалином и в дальнейшем взвешивали. Средние величины биомассы по глубинам представлены в таблице.

Таблица. Биомасса бентоса в оз. Кроноцкое в течение вегетационного сезона

Месяц	Биомасса, г/м ² (по глубинам, м)			
	0,5 м	15 м	30 м	50 м
июнь	3,0	15,6	5,5	6,6
июль	6,0	10,0	4,7	5,6
август	9,6	9,6	8,1	4,2
сентябрь	2,7	7,8	6,2	5,8
октябрь	1,6	8,7	4,3	4,8

Видно, что биомасса бентоса на разных глубинах меняются не скоррелировано. В прибрежье на крупнокаменистых литоралях максимальная биомасса достигается в августе в период максимального прогрева воды. В начале и, особенно, в конце лета биомасса бентоса значительно ниже. Напротив, на мягких илах «свала» максимальная биомасса отмечена в начале лета сразу после распада льда, в течение летнего периода она постепенно снижается, небольшой подъем наблюдается в октябре за полтора месяца до ледостава. В стабильных температурных условиях профундали на глубинах 30 и 50 м сезонные изменения биомассы незначительные. Наблюдаемая динамика ресурсов индуцируется температурными характеристиками конкретного участка бентали и зависит от видового состава донных беспозвоночных. Бентос прибрежья во многом состоит из амфибиотических насекомых, наращивающих биомассу во время летнего прогрева воды с пиком вылета в августе. Напротив, личинки насекомых, населяющих «свал», наращивают биомассу в течение зимы, их вылет приходится преимущественно на начало лета. Бентос профундали в основном состоит из олигохет, напрямую не зависящих от сезонных циклов. Описанные зоны в оз. Кроноцкое заняты различными специализированными бентосоядными рыбами. Возникновение симпатрических форм гольцов и разделение ресурсов бентали на наш взгляд связано именно с контрастными условиями таких пищевых ниш. В общем виде подобные изменения динамики ресурсов являются чрезвычайно стабильной, универсальной и ежегодно повторяемой характеристикой для олиготрофных димиктических озер северных широт.

Seasonal dynamics of different benthic resources as a factor of sympatric diversification for fish in Lake Kronotskoe (Eastern Kamchatka). E.I. Izveko-va, G.N. Markevich. Benthic community of Lake Kronotskoe was studied during the ice-free period. We observed contrast resource dynamic in three different benthic niches at littoral, stall and profundal zones. Each zone is occupied by different benthivorous morphs of charrs or kokanee. We assume that contrast conditions in different niches can promote the sympatric speciation in benthivorous fishes.

**ВЕСЛОНОГИЕ РАКИ (CRUSTACEA, COPEPODA)
МАЛЫХ ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА Р. ВЫЧЕГДА
(РЕСПУБЛИКА КОМИ)**

О.Н. Кононова, Е.Б. Фефилова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии
Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия, kon@ib.komisc.ru, fefilova@ib.komisc.ru*

Одной из особенностей р. Вычегда в ее среднем течении, а также ряда ее притоков является значительное меандрирование их русел (Зверева, 1969), которое происходит и в настоящее время. Вследствие чего в их поймах образуется большое количество озер-стариц, имеющих связь с рекой посредством протоков – постоянную или в период весеннего половодья. Озера эти, как правило, имеют удлиненную форму, небольшую ширину и характеризуются наличием слабого течения. С течением времени старицы зарастают водными макрофитами, в большей степени в кутовых частях, вследствие чего в них формируется радиальная симметрия в биотопическом и биономическом смысле, характерная для лентических систем в целом (Протасов, 2008). Небольшие размеры и глубины пойменных озер, развитие в них водных макрофитов, играющих, в том числе и роль природного биофильтра и перерабатывающих большую часть поступающих в водоемы биогенных веществ, что препятствует массовому развитию фитопланктона, предотвращая «цветения» воды (Казмирук и др., 2004) – способствуют успешному развитию планктонной фауны в них, как эвпланктонной, так и литоральной, а благодаря отложению большого количества растительных остатков и илов, создаются благоприятные условия для сохранения покоящихся яиц кладоцер и коловраток, и образуются так называемые «убежища», где в течение холодного периода сохраняются запасы циклопид (Монаков, 1959). Благодаря водообмену с водотоком, озера-старицы можно рассматривать и как рефугиумы, за счет которых происходит обогащение зоопланктона рек, что особенно важно в условиях высоких широт.

В нашей работе мы рассмотрели состав и особенности распределения веслоногих раков, как одного из основных компонент планктонных сообществ не только пойменных, но и большинства водоемов региона исследований в целом. Исследования были проведены на 11 водоемах расположенных в пойме среднего течения р. Вычегда и ряда ее притоков – Сысола, Локчим и Нем.

Всего в озерах было найдено семь видов Calaniformes, относящихся к родам Heteroscore, Eurytemora, Eudiaptomus и Arctodiaptomus; 27 видов Cyclopiformes, относящихся к 11 родам, из которых самыми многочисленными были рода Eucyclops (5 видов) и Cyclops (7 видов) и три вида Harpacticiformes – *Neomrazekiella northumbrica trisetosa* Chappuis,

Bryocamptus (Rheocamptus) pygmaeus (G.O. Sars) и *Epactophanes richardi* Mrazek. Постоянными элементами рачковых сообществ озер, половозрелые особи которых были отмечены нами в 80–100 % исследованных водоемов были четыре широко распространенных в регионе исследований вида (Фефилова, 2015) – *Macrocyclops albidus* (Jurine), *Eucyclops macrurus* (Sars), *E. serrulatus* (Fischer) и *Mesocyclops leuckarti* (Claus).

В озерах пойм рек Вычегда и Сысола было выявлено максимальное количество видов и форм веслоногих раков – 24 и 26 соответственно, в старицах рек Локчим и Нем количество таксонов было меньше – 10 и 6 соответственно. Каляниды были отмечены нами только в пойменных водоемах рр. Вычегда и Сысола, где они встречались на протяжении всего вегетационного периода. Интересна находка в одном из пойменных озер р. Нем *Cyclops abyssorum* s. lat Sars, более характерного для крупных слабо эвтрофных и олиготрофных озер (Определитель зоопланктона..., 2010).

Каких-либо существенных различий в распределении видового состава веслоногих раков в исследованных водоемах выявлено не было, что позволяет нам говорить об относительной однородности фауны копепод, населяющих пойменные озера бассейна р. Вычегда в ее среднем течении вне зависимости от размеров, морфологии и степени трофности вод этих водоемов.

Copepods in the small floodplain lakes of the Vychegda river basin (Komi Republic). O.N. Kononova, E.B. Fefilova. Copepod fauna in the small floodplain lakes of the middle stream of the Vychegda River basin was studied. Thirty seven species were found; the copepod fauna was typical for the North of Russia. Distribution of the species composition in the lakes was homogeneous.

ПРОБЛЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДОВОГО СОСТАВА ПЕЛАГИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОНА: ПРИМЕР ОДНОГО «ХОРОШО ИЗУЧЕННОГО» ОЗЕРА

Н.М. Коровчинский, О.С. Бойкова

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва,
Россия, nmkor@yandex.ru, oboikova@yandex.ru

Видовое разнообразие озерного пелагического рачкового зоопланктона Европейской России насчитывает около 27 видов *Cladocera* и 26 видов *Soropoda*. Исследования зоопланктона оз. Глубокого (Московская область, Россия), наиболее исследованного сообщества данного водоёма, начались еще во второй половине XIX в. Первые планктонные пробы были собраны здесь в 1869 г и были одними из первых проб зоопланктона, взятых в пределах Российского государства. Первые фаунистические данные по водоему появились в статьях В.Н. Ульянина (1874), Корчагина (1887), Каврайского (1888) и других.

В первоначальный период исследования пелагического зоопланктона оз. Глубокого (1869–1952) пробы собирались нерегулярно. Значительные несоответствия наблюдались также в определениях видовой принадлежности зоопланктеров. Наиболее полные данные содержались в работах М.А. Кастальской-Карзинкиной (1937) и А.П. Щербакова (1956), последний из которых обобщил результаты всех вышеупомянутых работ в своей монографии «Озеро Глубокое» (1967). Согласно его данным в озере обитало 3 вида *Soropoda* и 7 видов *Cladocera*.

По умолчанию принимается, что состав рачкового зоопланктона озера в первый период его изучения (1869–1952) оставался достаточно стабильным, за исключением исчезновения в 90-х гг XIX века заметного таксона «*Bythotrephes longimanus* Leydig», определение видовой принадлежности которого с современных позиций затруднено.

После проведения гидромелиорации водосбора озера морфолого-систематические и генетические исследования выявили существенные изменения в составе пелагического зоопланктона: один прежде массовый вид копепода *Mesocyclops leuckarti* Claus исчез из водоема, а помимо 11 видов *Cladocera* были обнаружены межвидовые гибриды *Daphnia* (O.F. Müller). Последние происходят от скрещивания нового вселившегося в озеро вида *D. galeata* Sars с близкими аборигенными видами группы *D. longispina* (O.F. Müller) – *D. cucullata* Sars и *D. hyalina* Leydig. Наличие межвидовой гибридизации усугубляет проблему классификации данной группы видов, ревизия которой ещё не проведена.

Более детальные исследования выявили присутствие в пелагиали озера двух видов *Bosmina* (*B. (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller) и *B. (Eubosmina) coregoni* Baird), вместо одного учитываемого ранее. Систематиче-

ский статус последнего таксона, в отношении морфотипов которого сложились противоположные мнения (Haney, Taylor, 2003; Faustova et al., 2010, 2011), в свете новых данных также оказывается нелегко интерпретировать. Видовой состав пелагических циклопов оказался более разнообразным, чем считалось ранее – вместо одного *Cyclops* cf. *strenuus* Fischer здесь, предположительно, обитает *C. bohater* Kozm. и другие Cyclopoida. Согласно новым данным (Frey, 1980; Belyeva, Taylor, 2009), таксон *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller) также требует проверки.

Вопросы возникают даже в отношении таких широко известных и устоявшихся таксонов как *Leptodora kindtii* (Focke) и *Polyphemus pediculus* (L.). Молекулярно-генетическое исследование (Milletti et al., 2011) выявило на территории Северной Евразии 5 значительно дивергировавших клад, западная из которых явно представляет *L. kindtii* s. str. Дело осложняет нахождение другими исследователями (Xu et al., 2011) гибридов этого вида и *L. richardi* Korovchinsky, широко распространенных от Дальнего Востока до бассейна Волги. У *P. pediculus* s. l. в пределах Евразии также обнаружено наличие 5 генетических клад, очевидно, соответствующих различным видам. Три из них приурочены к Европе и требуют дальнейшего исследования и описания.

Из 13 видов и 3-х гибридных форм ракообразных, обитающих ныне в пелагиали оз. Глубокое, статус 7 видов и 3 гибридных форм требует выяснения, зависящего от проведения масштабных систематических ревизий групп, к которым они относятся. Определения 6 других видов представляется более надежными, но эти виды также требуют переоценки. Точная идентификация ряда видов, обитавших в оз. Глубоком в прошлом, до гидромелиорации его водосбора, оказывается невозможной по причине отсутствия старых проб и описаний таксонов. Это свидетельствует о важности сохранения коллекций проб зоопланктона и необходимости подробного документирования качественного состава обрабатываемого материала.

The problem of species identification of pelagic zooplankton: an example of one “well explored» lake. N.M. Korovchinsky, O.S. Boikova. The exploration of pelagic zooplankton of Lake Glubokoe (Moscow area, Russia) had been initiated in the second half of 19th century. Its species composition and transformation over the long period of time are described with the focus on proper species identification. Of 16 species and hybrid forms occurred now in the lake, most need taxonomic revision and reassessment of their taxonomic status.

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТАКСОНОМИЯ
ПРЕСНОВОДНЫХ ГАРПАКТИЦИД (CRUSTACEA, COREPODA,
HARPACTICOIDA) ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА**

Е.С. Кочанова¹, Е.Б. Фефилова¹, Н.М. Сухих²

¹ ФГБУН Институт Биологии КНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия,

² ФГБУН Зоологический Институт РАН, Ko4anova@mail.ru

В последние десятилетия таксономические исследования ракообразных базируются на новых методах и подходах. К традиционному морфологическому анализу добавилось диагностирование и разграничение видов с помощью различных генетических маркеров. Секвенирование отдельных генов и картирование морфологических признаков на филогенетических деревьях является хорошим независимым способом проверки группировки таксонов (Котов, 2013). Они имеют теоретическое обоснование в рамках теории нейтральной эволюции, согласно которой большинство из замен в ДНК эффективно нейтральны, и по этой причине неизбежно и по определенным законам накапливаются при расхождении видов (Kimura, 1968; King, Jukes, 1969). В результате этого представители одного вида несут определенную последовательность ДНК, отличную от представителей других видов (Темралеева, 2014).

Для ракообразных и в частности для гарпактицид (Crustacea, Corepoda, Harpacticoida) такого рода исследования особенно целесообразны, что связано с их широким распространением, большим разнообразием и высокой степенью изменчивости как результат процессов микроэволюции и влиянием факторов окружающей среды. Гарпактициды играют немаловажную роль в динамике органического вещества, особенно в тех водоемах, в которых встречаются в колоссальных количествах (Боруцкий, 1952). Они достаточно сильно морфологически вариабельны. Внутривидовое и внутривидовое разнообразие гарпактицид палеарктических родов проявляется в изменчивости практически всех морфологических структур (Боруцкий, 1952; Wells, 2007; Фефилова, 2015): членистости антенн (Euphranta), вооружения придатка антенн (Neomphalopsis, Maraenobiotus), строения пальпы мандибул (Maraenobiotus), членистости вооружения плавательных ног (Psephenus, Bryocamptus, Maraenobiotus, Euphranta), строения рудиментарных ножек (Canthocamptus, Maraenobiotus, Euphranta), формы и вооружения каудальных ветвей (Psephenus, Bryocamptus, Moraria) и числа шипиков на анальной пластинке (Canthocamptus, Bryocamptus, Euphranta). Молекулярно-генетические исследования также указывают на их внутри- и межвидовую изменчивость, выраженную в достаточно высоких показателях генетических дистанций между отдельными популяциями и в значительной разветвленности гаплотипических сетей (Garlitzka, 2012).

Целью нашего исследования является выявление таксономической структуры нескольких видов гарпактицид семейства Canthocamptidae. Для достижения поставленной цели планируется морфологический и молекулярно-генетический анализ популяций гарпактицид из различных местообитаний. Материалом для данной работы послужили гарпактициды из водоемов Республики Коми; из типового местообитания вида *Canthocamptus staphilinys* (Jurine, 1820) – Женевского озера (Швейцария); Рыбинского водохранилища (Россия); озер Пааярви (Финляндия); Вьртсъярв (Эстония); Согнсванн (Норвегия).

Работа выполнена в рамках грантов РФФИ: 16-34-00086 мол_а и 14-04-00932, а также гранта Президиума РАН 15-12-4-43.

Molecular-genetic taxonomy of freshwater harpacticoids (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) of the European North. E.S. Kochanova, E.B. Fefilova, N.M. Sukhikh. Morphological and molecular-genetic studies of several harpacticoid's species from different localities were held. Taxonomic structure of harpacticoids from Canthocamptidae family is revised and supplemented.

ЛАНДШАФТНАЯ СЪЕМКА КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ

А.Е. Лапенков

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, rshu@rshu.ru*

Значительная часть дна мелководий Ладожского озера занята твердыми грунтами. Каменистая литораль является местом обитания и кормления бентальных организмов.

Каменистая литораль тяжело поддается изучению, так как основные орудия исследования, применяемые с судна, неудовлетворительно работают на мелководье и в условиях резких перепадов рельефа.

Нами был разработан комплекс методов для исследования прибрежных мелководий северной части Ладожского озера, это модернизированный метод трансект Скарлато-Голикова.

Раскроем суть метода трансект Скарлато-Голикова. Исследуемую бухту разделяют вдоль дна на зоны размеченными трансектами, таким образом, чтобы описать весь спектр изменения грунтов и рельефов бухты. Описанием дна занимается водолаз, отмечая при погружении расстояние от берега, глубину, изменение рельефа и характер грунтов. Все съемки со-

проводятся фото и видеосъемкой. На поверхности полученные данные интерпретируются и преобразуются в графические схемы и разрезы, наглядно описывающие залив. Как правило, все съемки сопровождаются фиксацией бентосных и растительных сообществ или, по крайней мере, видов-эдификаторов.

Целью работ было описать подводные ландшафты заливов Валаамского архипелага. Для достижения данной цели были выполнены следующие задачи:

- Исследование рельефов бухт;
- Описание изменения грунтов;
- Составление схем, отображающих весь спектр встречаемых субстратов.

В результате проведенных исследований было описано 4 залива: Крестовский, Красный, Золотая и Малая Никоновская бухты. Данным заливам и бухтам свойственна каменистая литораль, доступная для изучения только водолазным методом. Общим для всех бухт является наличие следующих типов рельефов и грунтов: монолитные скалы, обломки скал, большие, средние и малые валуны, галька, различные илы и песок. Также отмечались грядовые образования, непостоянные во времени.

Особый интерес представляют результаты исследования Малой Никоновской бухты, так как в ее акватории располагается форелевое хозяйство. Первое описание дна бухты было проведено в 2005 г. В результате поступления органики на дне бухты образовался налет предположительно бактериального происхождения, бактериальный мат (Зуев, Зуева, 2013). Налет занимал площадь непосредственно под садками на глубине 24–26 м.

Непрерывное поступление органики в бухту с форелевого хозяйства вызвало увеличение площади, занятой бактериальным налетом. В настоящее время налет занимает треть площади всей бухты. Более чем 10 летний период избыточного поступления органических веществ в бухту привел к масштабным изменениям. Косвенные признаки даже на мелководье подтверждают избыток в бухте органического вещества.

Исследование прибрежных мелководий Ладожского озера является актуальнейшей задачей, позволяющей решать широкий комплекс научных задач (Зуев, Зуева, 2013, 2014; Сидорова и др., 2015). Актуальность этих исследований подтверждается откликом среди других исследователей Ладожского озера (Дудакова и др., 2015). На основании ландшафтных съемок получены новые данные о растительных и животных сообществах бухт и заливов Северной Ладоги. Исследования положили основания для оценки негативного воздействия в результате деятельности человека. Разработанный комплекс методов подходит для широкого круга исследователей прибрежных морских и пресноводных водоемов различных широт.

Landscape survey as a necessary part of benthic communities research in Ladoga lake. A.E. Lapenkov. A description of relief and type of ground is needed for the rigorous monitoring of biota and environmental condition of coastal zone. Generally, on the basis of these data the investigation methods of the coastal zone are selected. The research strategy of nearshores has been developed by us for northern part of the Lake Ladoga.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР ПОЛЯРНОГО УРАЛА

О.А. Лоскутова, В.И. Пономарев, Е.Н. Патова, А.С. Стенина,

О.Н. Кононова, Л.Н. Тикушева

*ФГБУН Институт биологии КНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар,
Россия, loskutova@ib.komisc.ru*

Многочисленные озера – характерный элемент ландшафта Полярного Урала. Здесь насчитывается около 3 тысяч озер, имеющих в основном ледниковое происхождение, реже встречаются озера крупных тектонических впадин (Кеммерих, 1959). Питаются озера талыми снеговыми и ледниковыми водами и атмосферными осадками. Большинство водоемов являются мелководными, имеющими среднюю глубину до 10 м и сглаженный рельеф дна, но встречаются и довольно глубоководные озера. Исследованные озера лежат в пределах высот 100–330 м. Площадь их зеркала редко превышает 1–2 км². Сравнительно крупные озера преимущественно тектонического происхождения встречаются лишь в северной части Полярного Урала. Воды озер имеют очень низкую минерализацию (12,3–29,6 мг/л) и удельную электропроводность, незначительную перманганатную окисляемость (1,17–1,54). Вода в достаточном количестве насыщена кислородом.

Выявлен высокий уровень таксономического разнообразия водорослей. Отмечено более 600 видов, которые относятся к 146 родам, 67 семействам и девяти отделам. Наибольшим видовым богатством отличаются диатомовые водоросли, представленные более чем 300 видами с учетом разновидностей и форм (48 %), на втором месте – зеленые (178; 26 %), на третьем – синезеленые (114; 17 %), и на четвертом месте золотистые водоросли (46; 7 %). Анализ эколого-географической структуры показал преобладание индифферентов по отношению к солености воды, алкалифилов и космополитов при значительной роли галофобных диатомей аркто-альпийской группы.

Зоопланктон в озерах Полярного Урала состоит из обычных для высоких широт видов. Всего обнаружено 60 таксонов, среди которых преобладали, за редким исключением, коловратки, составляя 53–77 %.

В каждом из водоемов встречено не более 5–15 видов и форм. Количественное развитие зоопланктона в озерах варьировало значительно. В небольших водоемах численность планктонных организмов составляет 2,2–78,2 тыс. экз./м³, а биомасса – 0,01–2,06 г/м³. Биомассу практически во всех озерах формировали веслоногие раки. В относительно больших глубоководных водоемах количественно зоопланктон богаче. Максимальные показатели были отмечены в заливах и мелководных заводях (7,1–182,1 тыс. экз./м³ и 0,01–2,8 г/м³). Большую часть биомассы зоопланктона, как и в небольших водоемах, составляли веслоногие раки.

Численность зообентоса озер колеблется в пределах 3,6–23,8 тыс. экз./м². Наименьшие показатели установлены для холодных глубоких озер, дно которых сложено крупными валунами, наивысшие – в озерах с галечниковыми или песчаными грунтами и наличием макрофитов. Основная доля в общей численности зообентоса принадлежит в июле-августе веслоногим ракам и личинкам хирономид, реже – олигохетам, нематодам, ветвистоусым ракам или личинкам поденок, ручейников, веснянок. Биомасса зообентоса также колеблется в значительных интервалах: 0,6–36,0 г/м². Доминируют в биомассе представители макробентоса – моллюски, хирономиды и типулиды, реже олигохеты, ручейники или поденки. В составе донной фауны выявлено более 250 видов и форм беспозвоночных при наибольшем разнообразии хирономид (154 таксона).

В ходе ихтиофаунистических исследований горных озер бассейнов р. Кара и притока р. Печора I порядка р. Уса (северная область Полярного Урала) выявлено 12 видов рыб, относящихся к 9 семействам: арктический голец, сибирский сиг-пыжьян, пелядь, сибирский и европейский хариусы, щука, речной гольян, налим, колюшка девятииглая, окунь, ерш и подкаменщик. В горных и предгорных озерах южной области Полярного Урала) выявлено девять видов рыб, относящихся к семи семействам: чир, европейский и сибирский хариусы, щука, речной гольян, налим, окунь, ерш и подкаменщик. Полученные данные позволяют судить о функциональной дифференциации входящих в данную озерно-речную систему разнотипных водоемов при прохождении рыбами различных фаз жизненного цикла, относительно высоком уровне разнообразия рыбного населения.

Для большинства исследованных озер, полученные результаты отражают фоновое состояние пресноводных экосистем, не испытывающих заметного антропогенного влияния, что является ценным для дальнейшего мониторинга природных ландшафтов Полярного Урала в условиях активного освоения региона и изменения климата.

Работа частично профинансирована из средств Проекта фундаментальных исследований Уральского отделения Российской академии наук в 2015-2017 гг., регистрационный номер №15-15-4-36.

Integrated study of the Polar Urals Lakes. O.A. Loskutova, V.I. Ponomarev, E.N. Patova, A.S. Stenina, O.N. Kononova, L.N. Tikusheva. We have summarized the results of an integrated study of the freshwater biota in the Polar Urals Lakes. The species composition, quantitative-structural data and indicators of algae, zooplankton, zoobenthos and fish population have been inventoried. It revealed a relatively high diversity of aquatic communities that exist in the harsh environmental condition in the zone of their contact on the border watersheds of the rivers Kara, Pechora and Ob.

МАКРОЗООБЕНТОС ОЗ. БЕЛОЕ В 2016 г.

О.А. Макаревич

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, lakes@bsu.by

Объектом исследования являлся макрозообентос слабоacidного и низкоминерализованного оз. Белое (синонимы Бледное, Блядо) на территории Национального парка «Нарочанский». Оз. Белое – относительно крупный водоем с площадью зеркала 1,95 км², лежит к югу от д. Гатовичи. Площадь водосбора – 4,72 км², максимальная глубина – 8,1 м, средняя глубина – 2,9 м, длина береговой линии – 6 км. Тип котловины остаточный. Склоны не выражены, на юго-западе невысокие, песчаные, облесены. Рельеф плоско-волнистый и низинный. Грунты – моренные супеси и пески.

Всего за вегетационный сезон 2015 г. в озере было обнаружено 42 таксона донных и фитофильных беспозвоночных животных. В силу специфики водной массы оз. Белое (низкая минерализация, слабоacidная реакция среды) за весь период обследования не было встречено ни одного представителя из типа моллюсков это, по-видимому, делает оз. Белое одним из немногих крупных водоемов НП «Нарочанский», незатронутым проблемой шистосомного церкариоза. Больше всего видов было отмечено в мае – 33, меньше в июле – 27 и наименьше число таксонов в сентябре – 14. Такие изменения в таксономическом составе можно объяснить заметным снижением разнообразия личинок насекомых (в особенности семейства хирономид) от весны к осени. Так, в мае в пробах зообентоса присутствовало личинок насекомых – 31 представитель, из них на долю хирономид приходилось более 72 % (24 таксономических единицы), в июле – 26 и 70,4 % (19 таксонов) и в сентябре эти показатели снизились до 13 и 57,1 % (8 таксонов).

Величины средней биомассы и плотности поселения зообентоса в целом для озера составили $1,11 \text{ г/м}^2$ и 634 экз./м^2 . Высокие величины средней биомассы и плотности поселения зообентоса характерны для глубины 3,0 м ($2,60 \text{ г/м}^2$ и 1107 экз./м^2), снижаются эти показатели на двухметровой глубине ($1,09$ и 893) и на глубине от 5 м ($1,11$ и 520). На литорали при глубинах от 0,5 до 1,0 м они равны соответственно $0,47 \text{ г/м}^2$ и 497 экз./м^2 . Более высокие значения среднесезонной численности и биомассы зообентоса характерны и для литоральных станций с песчаным биотопом (753 экз./м^2 и $0,54 \text{ г/м}^2$) по сравнению с местами с торфянистым грунтом заболоченных берегов (240 экз./м^2 и $0,39 \text{ г/м}^2$). Самые низкие показатели количественных параметров характерны для 4-х м глубины ($0,27 \text{ г/м}^2$ и 155 экз./м^2). Снижение численности и биомассы бентоса от мая (1196 и $2,20$) к июлю (587 и $0,75$) и к сентябрю (120 экз./м^2 и $0,38 \text{ г/м}^2$) может объясняться вылетом большинства представителей личинок насекомых. Так довольно высокая доля количественных показателей донных беспозвоночных в озере приходится на личинок двукрылых насекомых – $92,4 \%$ (586 экз./м^2) от численности и $83,3 \%$ ($0,92 \text{ г/м}^2$) от общей биомассы бентоса, из них на хирономид приходится $86,2 \%$ (547 экз./м^2) и $82,5 \%$ ($0,91 \text{ г/м}^2$) соответственно. Остальные представители отряда Diptera – это комары семейства *Ceratopogonidae*. На основании приведенных данных можно говорить о принадлежности озера к хирономидному типу и значительной зависимости его кормовой базы от сезонной динамики численности гетеротопных бентосных организмов, главным образом, личинок комаров семейства *Chironomidae*.

По способу питания в оз. Белом в пробах зообентоса преобладали мирные организмы – $77,4 \%$ (491 экз./м^2) от всей численности и $77,7 \%$ ($0,86 \text{ г/м}^2$) от общей биомассы.

Macrozoobenthos of Beloye Lake in 2016. O.A. Makarevich. The study of macrozoobenthos of slightly acidic and low-mineralized Beloye Lake revealed that it belongs to the chironomid type. The absence of shellfish makes the lake one of the few large reservoirs of National Park «Narochansky» that are unaffected by the problem of swimmer's itch.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ MOLLUSCA В ЗАРОСЛЯХ *CYSTOSEIRA* SP. В БУХТЕ КРУГЛАЯ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

М.В. Макаров

Институт морских биологических исследований им. Ковалевского,
г. Севастополь, Россия, mihaliksevast@inbox.ru

Моллюски в зарослях (эпифитоне) бурых водорослей рода *Cystoseira* в бухте Круглая изучаются с 1954 г. сначала Е.Б. Маккавеевой (Маккавеева, 1979, 1992), а с 2005 по 2015 гг. – автором (Макаров, 2011). За это время накоплен большой ряд данных по долгосрочным изменениям численности и биомассы этой массовой группы макрозообентоса. Целью работы является анализ многолетней динамики количественных показателей таксоцена Mollusca на цистозире в устье бухты Круглая. Данная бухта расположена на юго-западной оконечности Крымского полуострова в пределах г. Севастополя, между бухтами Стрелецкая и Камышовая (44°36,1' с. ш., 33°26,7' в. д.). Протяжённость бухты составляет 1,4 км, максимальная ширина 90 м, глубина на входе 17 м (Куфтаркова и др., 2008). Она используется в основном в рекреационных целях. Материал отбирали в летние сезоны на глубинах 1, 3 и 5 м с помощью мешка из мельничного газа. Рассчитывали среднюю численность (экз.) и среднюю биомассу (г) моллюсков на единицу веса (кг) водорослей.

Всего в зарослях цистозир бухты Круглая обнаружено 11 видов Mollusca, из них 1 вид Polyplacophora (*Lepidochitona cinerea* Linnaeus, 1767), 2 вида Bivalvia (*Mitylaster lineatus* (Gmelin 1791) и *Mitylus galloprovincialis* Lamarck, 1819) и 8 видов Gastropoda (*Bittium reticulatum* (Da Costa, 1778), *Gibbula adriatica* (Linnaeus, 1758), *Parthenina interstincta* (J. Adams, 1797), *Rissoa parva* (Da Costa, 1778), *R. splendida* (Eichwald 1830), *R. venusta* Philippi, 1884, *Tricolia pullus* (Linnaeus, 1758), *Setia turriculata* Monterosato, 1884). Вид *P. interstincta* в эпифитоне *Cystoseira* sp. Крымского побережья отмечен впервые. В целом, средняя численность моллюсков составила 219 ± 193 экз./кг, средняя биомасса – $23,35 \pm 2,19$ г/кг.

За более чем 60-летний период исследований происходили заметные изменения численности и биомассы видов, менялось их соотношение. В 1954–1977 гг. средняя численность моллюсков на цистозире была в пределах 931–1659 экз./кг (в среднем 1227 экз./кг), в 2005–2009 гг. она резко сократилась до 314–321 экз./кг (в среднем 318 экз./кг), а с 2010 по 2015 гг. вновь происходило увеличение обилия Mollusca со значительными колебаниями от 533 экз./кг в 2013 г. до 8997 экз./кг в 2012 г. (в среднем 3344 экз./кг). Самым многочисленным видом моллюсков на цистозире в среднем за весь период является *M. lineatus* – 880 экз./кг

с минимумом в 1954 г. (67 экз./кг) и максимумом в 2012 г. (3448 экз./кг). Из брюхоногих моллюсков преобладают типичные обитатели зарослевых биоценозов – *B. reticulatum*, *R. splendida* и *T. pullus*. Именно у этих видов отмечены наибольшие колебания численности и её соотношения – в разные годы доминировал один из них. В период с 1954 по 2005 гг. происходило сокращение численности риссой (с 646 до 16 экз./кг), но с 2009 по 2015 гг. наблюдалось увеличение этого показателя данного вида до 129–2678 экз./кг. Схожие тенденции отмечены у биттиумов и триколий, хотя у последней эти флюктуации не столь значительные.

По биомассе изменения похожие – уменьшение с 1954 по 2005–2009 гг. (с 39,64 до 5,95 г/кг) и увеличение с 2010 по 2015 гг. (с 17,19 до 78,88 г/кг). В среднем по этому показателю доминирует *R. splendida* (11,15 г/кг).

Таким образом, общие тенденции долговременных изменений численности и биомассы моллюсков в зарослях цистозеры таковы, что в целом с 1954 по 2005–2009 гг. происходило сокращение данных показателей, а с 2010 г. по 2015 гг. – их увеличение, при этом в разные годы внутри этих периодов бывали скачки численности и биомассы. Такие колебания могут быть связаны как с нестабильностью экологических условий в прибрежной зоне бухты, так и с какими-то естественными флюктуациями данных видов. Следует отметить подобную тенденцию долговременных изменений численности и биомассы моллюсков в эпифитоне цистозеры и в другом районе побережья Крыма – в акватории Карадагского природного заповедника (Макаров, 2013).

Long-term changes in abundance and biomass of Mollusca on *Cystoseira* sp. in Kruglaya bay (south-west Crimea, the Black sea). M.V. Makarov. The abundance and biomass of molluscs on algae of genus *Cystoseira* in Kruglaya bay were decreased from 1954 till 2005–2009 years and increased from 2010 till 2015 years. In total, 11 species of Mollusca were found. The most abundant species was *M. lineatus*, the most biomass reached *R. splendida*.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША ПЕРИФИТОННЫХ ИНFUЗОРИЙ В ПЛАНКТОНЕ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД КОСТРОМСКОГО РАЗЛИВА ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.А. Мухин, О.Г. Лопичева

Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия, imukhin@mail.ru

Перифитонные организмы ведут прикрепленный образ жизни, поэтому не способны самостоятельно перемещаться в направлении концентрации своих пищевых объектов. Однако, преимущество получают сессильные формы, прикрепленные к подвижным субстратам, которые закономерным образом перемещаются в водоёме. К таковым относятся эпифитные и эпизойные инфузории, поселяющиеся на планктонных организмах. Прикрепление инфузорий к подвижным живым субстратам хорошо изучено в различных водоёмах, однако до сих пор отсутствует комплексный взгляд на совокупность планктонных организмов (вне зависимости от таксономической принадлежности), как местообитание цилиоперифитона.

Целью работы является выявление особенностей сообщества цилиоперифитона в планктоне в связи с процессами «цветения» воды. Исследования проводились летом 2015 г. в прибрежных водах Костромского разлива Горьковского водохранилища, который представляет собой широкий мелководный плес, площадью 260 км² и максимальной глубиной 8–9 м. Планктон отбирали батометром ежедневно с 17 по 21 июля 2015 г. в поверхностном слое (0–1 м), сейстонные частицы сгущали фильтрацией через бумажный фильтр. Параллельно изучали цилиоперифитон с поверхности макрофитов и мёртвых субстратов. Зоопланктон отлавливали в фильтрате и просматривали на предметном стекле под микроскопом. Инфузорий определяли прижизненно, при увеличении 15×10. Пробы фитопланктона фиксировали раствором Люголя и затем концентрировали осадочным методом, численность фитопланктона рассчитывали по стандартной методике.

В сообществе фитопланктона по численности доминировали цианопрокариоты, составляя в среднем 57,7 %. К субдоминантам относились диатомовые (22,7 %), меньшее значение имели зелёные водоросли (13,5 %). Такое соотношение доминирующих таксонов объясняется малой глубиной данного водоема и слабой динамикой водных масс. Средняя численность фитопланктона составляла 3,5 млн кл/л.

В планктоне обнаружено 6 видов прикрепленных инфузорий (из 16, выявленных в водном объекте в период исследования). Инфузории отмечены в среднем на 45,6 (±8,4) % циклопов. Численность инфузорий на одной особи достигала 17 экземпляров (из литературы известны и случаи более плотного заселения гидробионтов). Преимущественно отме-

чались представители *Epistylis* sp. Численность инфузорий перифитона на зоопланктоне составляет 2 тыс. экз/л, их биомасса 1,7 мг/л.

В фитопланктоне инфузории только отмечались на колониях цианопрокариот, поскольку их размеры и плотная агрегация клеток предоставляет достаточно места для прикрепления. Отметим, что более крупные конкуренты инфузорий – коловратки на планктонных субстратах не отмечались. Уровень заселения колоний составлял в среднем 8,4 ($\pm 4,9$) %, достигая в отдельные дни 11,6 %. на фитопланктоне отмечались преимущественно представители рода *Vorticella*. Большая часть инфузорий отмечена на колониях рода *Anabaena*. Также отмечались единичные населённые инфузориями нити *Aphanisomenon*. Численность инфузорий в фитопланктоне оценивается показателем 850 тыс. экз/л, соответственно биомассой 60 мг/л.

Таким образом, показано, что зоо- и фитопланктон Костромского разлива Горьковского водохранилища представляет собой в равной степени хорошо освоенную топическую нишу для прикреплённых инфузорий. Процессы «цветения», сопровождающиеся структурными перестройками сообщества фитопланктона, существенным образом изменяют и цилиоперифитон. Эпизодная часть сообщества инфузорий испытывает как косвенное (изменение численности зоопланктона), так и прямое воздействие цианопрокариот.

Ecological niche of periphyton infusoria in the plankton of the coastal waters (Kostroma spill, Gorky reservoir). I.A. Mukhin, O.G. Lopicheva. Zooplankton and phytoplankton Kostroma spill Gorky Reservoir were researched as a substrate for the settlement of attached ciliates forms. The character of these ecological niches evolution was associated with population of cyanobacteria.

СТРУКТУРА ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА ДРИСВЯТЫ (ДРУКШАЙ) ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ ИГНАЛИНСКОЙ АЭС

Л.Л. Нагорская¹, Т.М. Лаенко¹, Т.А. Макаревич², И.В. Савич²

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, г. Минск, Беларусь,
lnagorskaya@gmail.com,

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, makarta@tut.by

Игналинская атомная электростанция, в течение нескольких десятков лет использовавшая трансграничное оз. Дрисвяты в качестве водоема-охладителя, полностью прекратила работу в декабре 2009 г. вследствие требований Комиссии ЕС.

Тепловое загрязнение озера продолжалось в течение 25 лет. Несмотря на то, что среднее повышение естественной температуры воды озера считалось равным 5°C, в отдельные годы из-за высокой температуры вод на выходе из охлаждающей системы АЭС вся акватория озера подвергалась гораздо большей степени подогрева. Так, в 1988 г. при повышении температуры на выходе до 36,6 °C все озеро прогрелось до 25,5–28 °C. Сходные картины, хотя и с меньшей степенью воздействия, отмечались в 1991 и 1996 гг. В результате к 1994 г. оз. Дрисвяты перешло от мезотрофного состояния в эвтрофное.

Наряду с хронической термофикацией оз. Дрисвяты, являющейся основным антропогенным фактором на белорусской части акватории, в озеро поступали растворы солей, использовавшихся при промывке охлаждающих систем станции, а также излучающий загрязнитель (Co-60), накопившиеся в самых глубоких участках экосистемы озера на литовской территории.

Через год после закрытия ИАЭС в 2011 г. нами была исследована пространственно-временная динамика видового состава и структуры сообщества бентосных макробеспозвоночных и фитоперифитона в литоральной зоне белорусской части оз. Дрисвяты.

Видовое богатство бентосных беспозвоночных на 7 станциях литорали озера было представлено 112 низшими определяемыми таксонами (НОТ) (6 типов, 12 классов и 51 семейство). Максимальное число видов и плотность популяций в сообществе отмечено для Insecta (42–54 %), Gastropoda (26 %), Bivalvia (5–7 %), Hirudinea (7–10 %), Crustacea (6–13 %). Среди представленных бентосных беспозвоночных 7 видов моллюсков и 1 вид ракообразных обладали охранным статусом. Термофикация озера в течение 25 лет привела к исчезновению 3 стенотермных реликтовых видов ракообразных, но значимо не повлияла на видовой состав бентосных макробеспозвоночных.

Комплексный анализ временно-пространственной структуры сообществ бентосных макробеспозвоночных, выполненный методами мно-

гомерного анализа, позволил выделить две группы станций – с открытой литоралью и с покрытием высшей растительностью. Именно особенностями биотопов определялось как видовое богатство и численность популяций бентосных макробеспозвоночных? так и структура сообщества.

Экологическое качества воды озера было оценено с использованием критериев Рамочной Водной Директивы ЕС. Индекс разнообразия Шеннона-Виннера изменялся в пределах 1,5–2,0 для открытых биотопов, 2–2,6 для станций с высшей растительностью, индекс доминирования Бергер-Паркера от 0,2 до 0,6, индекс EPT (Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera) от 2–5 (лето) до 3–13 (осень), индекс ЕТО (Ephemeroptera-Trichoptera-Odonata) от 2–11 (лето) до 3–10 (осень). Доля Oigochaeta и Chironomidae была невелика (до 2 %). Индекс BMWP менялся от 25 до 120 (лето) и от 40 до 135, а ASPT от 3,9–5,8 (лето) до 4,2–5,7 (осень).

Видовое богатство фитоперифитона было представлено 220 НОТ. Основу альгофлоры составляли диатомовые (40,9 % общего числа НОТ), зеленые (37,7 %) и синезеленые (16,4 %) водоросли. Нами было выявлено 3 новых для альгофлоры Беларуси вида. Структура сообщества перифитона не имела значимых временно-пространственных различий и была типична для фитоперифитона мезотрофных озер умеренных широт.

Индексы сапробности изменялись в пределах 1,7–2,3 (бентосные макробеспозвоночные) и 1,6–1,9 (фитоперифитон). Применение комплекса оценочных показателей позволило заключить, что современное состояние соответствует β -мезосапробному уровню (III класс качества вод - умеренно загрязненные; темно-зеленый цвет по оценочной шкале).

The bottom communities structure at Drisviaty/Druksiai Lake after the Ignalina NPP closing. L.L. Nagorskaya, T.M. Laenko, T.A. Makarevich, I.V. Savich. Species richness of macrobenthic invertebrates at the 7 sites in the littoral zone of the Drisviaty Lake was presented with 112 lower-identified taxa (LITs). The lake warming during 25 years has caused the disappearance of three relict crustacean species but not much affected the species composition of benthic macroinvertebrates. Phytoperiphyton species richness was presented with 220 LITs, three species were new for algal flora of Belarus. The periphyton community structure had no significant temporal-spatial differences and was typical for mesotrophic lakes in temperate latitudes. Multivariate analysis showed that the time-space structure of benthic communities was determined mainly by habitats' patterns. The current ecological state of the Drisviaty Lake, evaluated with the WFD EC criteria, corresponds to the β -mesosaprobic level.

ВЕСЕННИЙ ЗООПЛАНКТОН ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Е.Ю. Наумова, И.Ю. Зайдыков

ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия,
elena.baikalensis@gmail.com

Большинство современных публикаций (Hampton et al, 2014; Izmes-teva et al, 2016) показывают изменения структуры летнего зоопланктона озера Байкал в сторону увеличения теплолюбивых видов, связанные с глобальными изменениями климата. Но практически нет современных опубликованных данных относящихся к весеннему пику развития зоопланктона. Весеннее развитие зоопланктона отражает многие процессы, протекающие в озере подо льдом, и влияет на картину развития биоты в последующие сезоны. Цель настоящей работы – исследовать современное состояние весеннего пелагического зоопланктона и оценить насколько изменения, наблюдаемые в настоящее время в прибрежной зоне (Timoshkin et al, 2015), коснулись сообщества пелагиали.

Основная роль в период после освобождения озера от льда в пелагиали принадлежит, как правило, представителям двух групп зоопланктона: Copepoda (в основном это – *Epischura baicalensis* Sars) и Rotifera. Основу фауны коловраток открытых вод Байкала составляют пале- и голарктические виды. Они формируют две экологические группы коловраток – круглогодичные и летние. К первой относятся *Keratella quadrata* (Müller), *K. cochlearis* (Gosse), *Kellicottia longispina* (Kellicott) и *Filinia terminalis* Plate. Вторая группа включает 19 видов и очень изменчива по видовому составу в разные годы. Эндемичные виды формируют третью экологическую группу – весенние коловратки (в основном это *Notholca grandis* Voronkov, *N. intermedia* Voronkov, *Synchaeta pachypoda* Jaschnov, *S. rufina* Kutikova et Vassiljeva, *S. prominula* Kutikova et Vassiljeva).

Ранее было отмечено, что весенние коловратки развиваются в значительном количестве в годы обилия в весеннем фитопланктоне *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen и в следующий за ним год, и составляют до 50 % численности коловраток и до 102,0 тыс. экз./ м². Последний, описанный в литературе, такой год был 1994 г. Такие высокие показатели численности коловраток весеннего комплекса, которые мы наблюдали в 2012 и 2014 гг. в Южной и Средней котловинах озера, являются необычными даже для высокопродуктивных по фитопланкtonу лет (таблица). Одновременно в этом районе наблюдалось снижение численности *E. baicalensis*. По мере получения новых данных можно будет сказать, что является причиной высокого развития коловраток в весеннем зоопланктоне.

Таблица. Средняя численность (тыс.экз./м³) основных групп гидробионтов в слое 0–50м (в скобках указана доля в зоопланктоне)

	2009	2010	2011	2012	2014
Южный Байкал					
Соперода	3,9(94,9)	12,3(95,3)	18,3(90,1)	14,0(93,0)	6,5 (38,7)
Круглогодичные коловратки	0,1(2,8)	0,1(1,0)	0,7(3,2)	0,2(1,0)	0,2 (1,4)
Весенние коловратки	0,1(2,0)	0,4(2,8)	1,2(5,8)	0,9(6,0)	8,8 (52,7)
Летние коловратки	0,0(0,3)	0,1(0,9)	0,2(0,9)	0,0(0,1)	1,2 (7,3)
Средний Байкал					
Соперода	6,1(96,2)	12,0(94,2)	28,6(74,5)	35,8(61,6)	6,2 (32,6)
Круглогодичные коловратки	0,1(1,5)	0,1(0,8)	0,9(2,4)	1,1(1,9)	0,3 (1,8)
Весенние коловратки	0,1(2,3)	0,6(4,5)	6,5(16,8)	12,3(21,1)	10,7(56,6)
Летние коловратки	0,0(0,0)	0,1(0,5)	2,4(6,3)	8,9(15,4)	1,7 (9,0)
Северный Байкал					
Соперода	6,5(97,9)	13,8(96,6)	15,6(93,0)	18,4(79,5)	19,8(79,9)
Круглогодичные коловратки	0,1(1,5)	0,3(2,2)	0,7(4,4)	0,5(2,0)	0,3 (1,2)
Весенние коловратки	0,0(0,6)	0,2(1,2)	0,4(2,5)	2,8(12,2)	3,0 (12,1)
Летние коловратки	0,0(0,0)	0,0(0,0)	0,0(0,0)	1,5(6,4)	1,7 (6,8)

Значения численности и биомассы зоопланктона за 2009–2014 гг. укладывались в амплитуду многолетних колебаний (с 1961 по 1993 гг.), и составляли от 6,6 тыс. экз./м³ до 58,1 тыс. экз./м³, и от 42,2 мг/м³ до 196,7 мг/м³ соответственно. Видовой состав в 2009–2012 гг. сохранялся и был характерным для этого времени года. Доля коловраток в весеннем зоопланктоне Южного и Среднего Байкала увеличилась в 2014 г.

The modern condition of the spring zooplankton in Lake Baikal. E.Yu. Naumova, I.Yu. Zaidykov. According to the materials of regular cruises were studied taxonomic composition and quantitative characteristics of pelagic mesozooplankton of Lake Baikal in the spring season in the 2009–2014. Biomass and number of zooplankton in this period fluctuated between that observed previously (1961–1993). Species composition was typical for this time of year. In 2014 in the Central and Southern basins of the lake there was an unusually high number of rotifers.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ГОЛЫХ АМЕБ Р. ДНЕПР УКРАИНЫ

М.К. Пацюк

Житомирский государственный университет им. Ивана Франко,
г. Житомир, Украина, kostivna@ukr.net

Голые амёбы – представители пресноводной, почвенной и морской фауны и в последние годы представляют теоретический и практический интерес. Большинство видов являются модельными объектами клеточной биологии, молекулярной генетики, биохимии, цитологии, физиологии (Смирнов, 1997). В связи с трудностями идентификации голых амёб видовой состав этих протистов и особенности их распространения малоизученны.

Нами проводится целенаправленное изучение амёб фауны разных типов водоёмов Украины на основании светооптических данных. За период 2009–2016 гг. найдено 47 видов амёб (Patsyuk, 2012; Patsyuk and Dovgal, 2012; Patsyuk, 2013; Patsyuk, 2014; Patsyuk, 2015). При исследовании фауны р. Днепр (Украина) нами выделено и изучено 13 видов голых амёб. В ходе работы отобрано около 45 разовых проб из разных микроэкотопов р. Днепр вблизи г. Херсона, г. Запорожья, г. Кременчуга, г. Киева. В состав проб входили верхний слой грунта и небольшое количество придонной воды.

Большинство найденных нами видов принадлежат к роду *Thecamoeba* Fromentel, 1874 (*Thecamoeba striata* Penard, 1890, *Thecamoeba quadrilineata* Carter, 1856, *Thecamoeba* sp., *Stenamoeba stenopodia* (Page, 1969) Smirnov et al., 2007). Кроме того, нами изолировано *Saccamoeba stagnicola* Page, 1974, *Saccamoeba* sp., *Ripella* sp., *Vannella* (cf) *lata* Page, 1988, *Cochliopodium* sp.(1), *Mayorella cantabrigiensis* Page, 1983, *Mayorella vespertilioides* Page, 1983, *Paradermamoeba* sp., *Flamella* sp. Три вида из тринадцати (*T. quadrilineata*, *Paradermamoeba* sp., *Flamella* sp.) были отмечены только в одиночных пробах за весь период исследования и мы можем их отнести к малочисленным в р. Днепр. *T. striata*, *V. lata*, *Cochliopodium* sp.(1), *M. cantabrigiensis*, *M. vespertilioides* были обнаружены почти во всех отобранных пробах и в исследуемом водоёме могут считаться распространенными.

Найденные нами амёбы в р. Днепр принадлежат к стриа́тному, языковидному, моноподиальному, веерообразному, линзовидному, майорельному, ланцетовидному и фламелльному морфотипам.

Таким образом, на момент исследования фауна р. Днепр насчитывает 13 видов голых лобозных амёб, принадлежащих к 8 морфотипам.

Смирнов А.В. Голые амёбы (Lobosea, Gymnamoebia) из донного грунта пресноводного озера острова Валаам // Автореф. Дис. канд. биол. наук. 1997. СПб. 19 с.

Patsyuk, M.K. New Gymnamoebae species (Gymnamoebia) in the fauna of Ukraine. Vestnik Zoologii. 2012. 46 (2). P. 105–111.

Patsyuk M.K., Dovgal I.V. Biotopic distribution of naked amoebes (Protista) in Ukrainian Polissya area. Vestnik Zoologii. 2012. 46 (4). P. 355–360.

Patsyuk M.K. Tolerance of naked amoebas (Protista) to the abiotic factors. Nature Montenegrina. 2013. Podgorica, 12 (2). P. 319–323.

Patsyuk M.K. Morphotypes in naked amoebas (Protista): distribution in water bodies of Zhytomyr and Volyn Polissia (Ukraine) and Possible Ecological Significance. Vestnik zoologii. 2014. 48 (6). P. 547–552.

Patsyuk M.K. Species of naked amoeba (Protista) new for the fauna of Ukraine. Vestnik zoologii. 2015. 49 (2). P. 451–456.

Species composition of naked amoebae of the Dnipro river, Ukraine. M.K. Patsyuk. As the result of the naked amoebae fauna study we identified 13 species of naked amoebae belonging to 8 morphotypes. The paucity of naked amoebae are of the lanceolate and flamellian morphotypes, the common are of the mayorellian, fan-shaped, lens-like and striate morphotypes.

К ВОПРОСУ О ВСТРЕЧАЕМОСТИ АЗОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФАУНЫ ПЛАНКТОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА СЕВЕРЕ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

В.Н. Подшивалина

*Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
Государственный природный заповедник «Присурский» г. Чебоксары, Россия,
vpodsh@newmail.ru*

Глобальные изменения климата приводят к динамике экосистем (Будыко, 1980) и распространению отдельных видов и их сообществ к полюсам. Этот вопрос относительно широко освещен для наземных экосистем и менее очевиден для водных. Распространение видов за пределы своих ареалов кроме климатических причин часто обусловлено антропогенным фактором. В результате этого, в составе фауны региона появляются аazonальные элементы. На примере севера Приволжской возвышенности и прилежащих территорий произведена попытка оценить значимость аazonальных элементов в фауне водных беспозвоночных.

Материалом для анализа послужили пробы зоопланктона, отобранные стандартными методами (Методика..., 1975) в 2000–2015 гг. на территории Среднего Поволжья, в пределах Низменного лесного Заволжья и Приволжской возвышенности (лесостепная зона), естественной границей между которыми является р. Волга (Чебоксарское и Куйбышевское водохранилища). Изучены сообщества зоопланктона разнотипных водоемов, ти-

пичных для лесной и лесостепной зон (в том числе и временных) в пределах 52–58° с.ш.

Фауна планктонных беспозвоночных водных объектов на исследованных территориях проанализирована с точки зрения принадлежности видов к определенным фаунистико-географическим комплексам, выделенным для водоемов европейской части бывшего СССР (Пидгайко, 1984), и с позиций аллохтонной составляющей (наличия чужеродных видов).

В составе фауны водных объектов Низменного лесного Заволжья выявлены только представители фаунистико-географического комплекса умеренных широт (50–60° с.ш.). В фауне планктона севера Приволжской возвышенности они составляют 87,5 %, остальное богатство – за представителями южного комплекса (характерного для широт южнее 50 с.ш.). Таким образом, южные элементы водной фауны в незначительном (естественном, не связанном с климатическими изменениями) количестве встречаются на севере Приволжской возвышенности и их продвижению в более северные широты Низменного лесного Заволжья на данном участке, вероятно, препятствует система водохранилищ р. Волги. На севере Приволжской возвышенности в пределах с 52° по 54° с.ш. отмечен вполне естественный градиент уменьшения в составе фауны планктона содержания южных элементов (с 17,6 до 12,5 %).

Предпочитающие южные широты виды планктонных беспозвоночных (не принадлежащие выделенным (Пидгайко, 1984) фаунистико-географическим комплексам) обнаружены в малых и средних реках, являющихся притоками р. Волги, а также в Чебоксарском и Куйбышевском водохранилищах самой реки (*Diaphanosoma orghidani* Negrea, *Eurytemora affinis* Poppe, *E. velox* (Lilljeborg), *Keratella tropica* (Apstein)). *D. orghidani* не выявлен нами в водохранилищах (однако в Чебоксарском водохранилище известен выше по течению (Шурганова и др., 2014)), но отмечен в устьевых и испытывающих подпор Куйбышевского водохранилища участках впадающих в него рек Илеть, Цивиль. Ранее на примере Верхней Волги показано, что продвижение южных видов на север обусловлено созданием водохранилищ (Лазарева, 2008). Причем изначально они заселяют устья притоков (Лазарева, 2010).

Таким образом, в водоемах на севере Приволжской возвышенности в составе фауны планктонных беспозвоночных появление аazonальных элементов связано преимущественно с созданием водохранилищ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-44-210356 р_а) и Кабинета Министров Чувашской Республики.

On the occurrence of the plankton invertebrate fauna azonal components in the North of the Volga upland. V.N. Podshivalina. The azonal zooplankton species are rather rare in the North of the Volga upland. Their distribution is preliminary caused by dams building and reservoirs occurrence on the Volga river.

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА CLADOCERA ЛИТОРАЛИ И ПЕЛАГИАЛИ МАЛЫХ ОЗЕР

Т.И. Попиначенко

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический
центр Национальной Академии Наук Беларуси по животноводству»,
г. Минск, Беларусь, belniirh@tut.by*

Экотопическое разделение водной массы озер на литоральную и пелагическую части подразумевает и выделение соответствующих сообществ гидробионтов. По этой причине представляет интерес анализ сравнительной динамики развития литоральных и пелагических сообществ зоопланктона модельных водоемов на протяжении периода исследований.

Исследования проводили в 2011–2013 гг. на двух эвтрофных озерах Черток (4,9 га) и Ходосы (10,5 га), расположенных в Национальном парке «Нарочанский», при отработке методов биоманипулирования с использованием хищных рыб, для чего применяли зарыбление разновозрастной молодью щуки. В ходе работ изучали изменение качественных и количественных показателей развития зоопланктона литоральной и пелагической зон озер в период открытой воды (май–сентябрь), изменение индивидуальных размеров ветвистоусых ракообразных.

В составе зоопланктона литоральной зоны оз. Черток отмечен – 31 вид, в том числе коловраток – 10, ветвистоусых ракообразных – 16, веслоногих ракообразных – 5.

Доминирующий комплекс ветвистоусых ракообразных литорали оз. Черток составили *Daphnia cucullata*, *Chydorus sphaericus*, *Ceriodaphnia reticulate*, *Bosmina longirostris*, субдоминат – *Diaphanosoma brachyurum*. В прибрежье, среди зарослей макрофитов в 2011 и 2013 гг. отмечено увеличение численности фитофильного вида *Sida cristallina*. Такая же ситуация отмечена и для представителей рода *Leydigia*. Численность последних возрастала в мае–июне и сентябре в приповерхностных слоях воды. Обитатель преимущественно прибрежной зоны, *Polyphemus pediculus* встречался только в 2011 г. В 2013 г. отмечается появление новых видов в литорали, не выявленных в предыдущие два года – *Daphnia longispina*, *D. longiremis*. В доминирующий комплекс ветвистоусых ракооб-

разных пелагиали входят *D. brachyurum*, *D. cucullata*, *B. longirostris* субдоминант – *C. reticulate*.

В составе зоопланктона литоральной зоны оз. Ходосы за три года исследований отмечены 32 вида, в том числе коловраток – 9, ветвистоусых ракообразных – 18, веслоногих ракообразных – 5.

В группе ветвистоусых ракообразных литорали оз. Ходосы доминировали *D. cucullata* и *B. longirostris*, субдоминант – *C. reticulata*. Типичный представитель нейстона – *S. mucronata*, обычно обитающий в поверхностной пленке, отмечен нами только в верхних слоях воды (0–1 м) литоральной зоны. В 2013 г отмечается появление в литорали следующих видов: *D. longispina*, *Peracanta truncate*, *Leydigia* sp. В доминирующий комплекс ветвистоусых ракообразных пелагиали входят *D. brachyurum*, *D. cucullata*, субдоминант – *B. coregoni*.

Анализ структурных компонентов планктонных комплексов оз. Ходосы за анализируемый период показал, что в литорали отмечен рост биомассы кладоцер, доля которых оставалась практически неизменной на протяжении 2012–2013 гг. В пелагиали озера рост биомассы кладоцер отмечен только в 2012 г., тогда как в 2013 г. она снизилась ниже уровня 2011 г., при этом как в литорали, так и в пелагиали отмечается рост биомассы веслоногих.

Поскольку ожидаемый эффект биоманипуляций – увеличение индивидуальных размеров зоопланктеров и соотношения определенных групп в составе сообщества, то при расчете численности и биомассы ветвистоусых ракообразных литорали и пелагиали провели выделение крупных и мелких форм фильтраторов, численность и биомассу хищников (*Leptodora kindti*, *Polyphemus pediculus*) не учитывали, поскольку в период исследований она была незначительна.

При сравнении показателей численности и биомассы, достоверные отличия по численности мелких форм в пелагиали наблюдались в оз. Черток между 2011 и 2013 гг., 2012 и 2013 гг., а также и по биомассе мелких форм пелагиали в эти же годы. В оз. Ходосы достоверные отличия мелких форм пелагиали наблюдались в 2011 и 2012 гг.

В оз. Ходосы в пелагиали отмечается устойчивое преобладание крупных фильтраторов, тогда как в оз. Черток мелкие фильтраторы только в 2013 г. на 5,5 % превышали численность крупных, что объясняется доминированием *B. longirostris*. В целом схожая картина преобладания крупных фильтраторов наблюдалась и в литорали озер, но в 2013 г. в оз. Ходосы мелкие фильтраторы уже на 26,9 % преобладали над крупными, когда также доминировали представители рода *Bosmina*.

Анализ размерной структуры основных доминирующих видов ветвистоусых ракообразных, обитающих в литорали и пелагиали обоих

озер, выявил тенденцию к увеличению индивидуальных размеров в процессе эксперимента.

Пелагические комплексы зоопланктона в модельных водоемах на всех этапах исследований были представлены более разнообразно и в количественном отношении преобладали над литоральными.

Видовой состав литорали исследуемых озер представлен не только литорально-фитофильными и эвритопными видами, но и мигрантами из пелагической части озер, что свидетельствует об интенсивном обмене видами между литоральной и пелагической частями озер.

Отмечена тенденция увеличения индивидуальных размеров зоопланктеров в обоих водоемах, но она не носит абсолютного характера для всех видов и биотопов.

Для обоих водоемов отмечен рост доли мелких фильтраторов в 2013 г., причем для макрофитного оз. Черток эта тенденция проявилась как в пелагиали, так и в литорали.

The structure of Cladocera community in littoral and pelagic zone in small lakes. T.I. Popinachenko. Some features of structure specific, dynamics of development and dimension of individuals of Cladocera community in littoral and pelagic zones in two small lakes are considered.

**СВОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО РАЗНООБРАЗИЮ И СТРУКТУРЕ
ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР ПОЛЕССКОГО РЕГИОНА**
И.Ф. Рассашко¹, О.В. Ковалева², К.В. Труш³, А.А. Можаровская³

¹*Гомельский областной отдел ОО «Белорусское географическое общество»,
г. Гомель, Беларусь, geo_gomel@mail.ru*

²*УО «Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины»
г. Гомель, Беларусь, sanakovaleva@mail.ru*

³*Контактный зоопарк «Страна Енотия», г. Минск, Беларусь, ksenia2260404@mail.ru*

Инвентаризация зоопланктона водных экосистем Белорусского Полесья осуществляется нами более тридцати лет, что отражено в публикациях (Рассашко, Савицкий, 1989; др.). Сделанный банк данных за длительный период (1887–1989, 1887–1999 гг.) включает материал по биоразнообразию разнотипных водных объектов, в том числе озер. Основываясь на результатах инвентаризации, выполненной в настоящее время (Рассашко и др., 2013; Рассашко и др., 2015), сделана оценка степени разнообразия, структуры зоопланктона озер. Установлено, что ротаторный планктон (Rotifera) представлен 78, ветвистоусых ракообразных (Cladocera) – 68, веслоногих ракообразных (Copepoda) – 26 видами и формами. Зоопланктон озер в целом включает 172 вида и формы, которые обнаружены за длительный период его изучения – 1887–2014 гг. В сообществе преобладают таксоны из типа Rotifera – их удельный вклад составляет 45,4 %, тогда как Cladocera – 39,5 %, а Copepoda значительно ниже – 15,1 %. Сравнение приведенных данных с таковыми, полученными ранее, показывает, что в данное время установлено более значительное разнообразие зоопланктона озер, прежде всего это касается коловраток – ранее было обнаружено 57 видов и форм, тогда как ветвистоусых ракообразных – 61, веслоногих ракообразных – 19, всего 137. Банк данных по зоопланктону озер пополнился благодаря исследованиям, проведенным в последние годы, в том числе авторами. Они, в частности, выполнены на 10 озерах городской территории (2006–2010 гг.), на 3 озерах (2008–2010 гг.) – лесной, на 1 озере (2008–2010 гг.) – дачной, на 1 озере (2009 г.) пригородной сельских зонах г. Гомель. В исследуемых водоемах городской территории наименьшее количество видов и форм отмечено в озерах, подверженных антропогенному воздействию в виде сброса сточных вод. Количество доминирующих видов сокращается при увеличении нагрузки на озера.

Как примеры отметим следующие. В озере одного из городских микрорайонов, имеющем рекреационное назначение, и озере в промышленном районе города (предприятие «Гомсельмаш») таксономическая структура зоопланктона различается. Имеются значительные различия (на два порядка) и по плотности. Из трех других групп озер более разно-

образен зоопланктон в озерах лесной зоны. Вместе с тем, во всех озерах наблюдаются отличия по видовому составу, плотности, структуре сообщества на разных их станциях. Это показывает, что условия среды на разных участках озер имеют отличия. В водоемах при наличии индикаторов разных классов качества воды преобладают индикаторы чистых и умеренно загрязненных условий (озера лесной и сельской местности), индикаторы умеренного загрязнения (озера в дачной и городской зонах).

Анализ данных по распространению представителей зоопланктона озер показывает, что в сообществе имеется много видов, которые являются широко распространенными. Количество таких видов и их удельный вклад равен: коловратки – 42 (53,9 %), ветвистоусые – 30 (44,1 %), веслоногие ракообразные – 13 (50 %). В качестве примеров отметим виды: *Euchlanis dilatata* (Ehr.), *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785), *Daphnia cucullata* Sars, 1862, *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857). Имеются и редкие виды.

Рассашко, И.Ф. Зоопланктон водоемов и водотоков Белорусского Полесья (банк данных за 1888–1985 гг.)/И.Ф. Рассашко, Б.П. Савицкий. Гомель: ГГУ, 1989. С. 125. (Деп. в ВИНТИ 22.02.89, № 1178.).

Рассашко, И.Ф. Планктонные ракообразные водных экосистем Белорусского Полесья / И.Ф. Рассашко, О.В. Ковалева, В.В. Вежновец. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2013. 204 с.

Рассашко, И.Ф. Важные группы региональной гидрофауны. Базы данных за длительный период по биоразнообразию, структуре, распространению гидробионтов Белорусского Полесья / И.Ф. Рассашко, К.В. Труш, А.А. Можаровская // Verlag / Издатель: LAP LAMBERT. Academic Publishing. Германия, 2015. 125 p.

Summary data on zooplanktons biodiversity and structure of the Belarusian Polesye lakes. I.F. Rassashko, O.V. Kovaleva, K.V. Trush, A.A. Mozharovskaya. The work discloses the results of the study of zooplankton biodiversity and structure of the lakes of Belarusian Polesye for the long period. It is shown the zooplankton of the lakes includes 172 species (Rotifera – 78, Cladocera – 68, Copepoda – 26).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА ДЛЯ ИНДИКАЦИИ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕР

В.В. Речкалов

Аналитический центр ЗАО «РОСА», г. Москва, Россия, v_rechkalov@mail.ru

Настоящая работа посвящена сравнительному анализу таксономической структуры зоопланктона 6 озер с различным трофическим статусом, расположенных в Восточных предгорьях Южного Урала (Челябинская обл.). Все исследованные озера пресные, имеют тектоническое происхождение. Еще в начале XX-го века они были олиготрофными, но в дальнейшем в различной степени подверглись антропогенному эвтрофированию.

Отбор проб производился в июле в разные годы и был приурочен к периоду явно выраженной термической стратификации. Предполагалось, что именно в этой фазе годичного цикла наиболее отчетливо проявляются особенности таксономической структуры, связанные с трофическим статусом водоема. Для облова столба воды от дна до поверхности использовалась стандартная количественная сеть Джели (газ-сито № 64).

Проведенный анализ собранных материалов позволил проследить целый ряд изменений, характерных для трансформации зоопланктонного сообщества в ходе олиготрофно-гипертрофной сукцессии озерных экосистем. Основу зоопланктона всех исследованных водоемов составлял единый комплекс массовых видов-космополитов, но по ходу сукцессии соотношение численности их представителей меняется в сторону появления резко выраженных доминантов. Видов, приуроченных к озерам определенных трофических классов, которых можно считать индикаторными, сравнительно немного. При этом необходимо особо отметить, что в процессе эвтрофирования озер на поздних стадиях происходит формирование видового дефицита. Это связано с исчезновением не только видов-индикаторов олиготрофии, но и части видов основного комплекса космополитов. Появление гидробионтов, типичных для высокотрофных вод, не компенсирует убыли. Таким образом, отсутствие представителей отдельных видов зоопланктона можно рассматривать как индикаторный признак трофического состояния озера, точно так же как и их присутствие.

Для формализации сведений о видовом составе зоопланктона, индикаторной значимости отдельных видов, а также относительного обилия их представителей предложены специальные индексы – индекс видового дефицита (SDI) и комбинированный индекс C_{SDI} . Процедуры, связанные с расчетами этих индексов, были подробно рассмотрены в ранее опубликованных работах (Голубок, Речкалов, 2013; Голубок, Речкалов, 2013а).

Базовый список видов был составлен по результатам наблюдений 2008–2011 гг., на его основе произведена балльная оценка приуроченности

их представителей к водоемам определенных трофических классов. В дальнейшем эти же балльные оценки были использованы для расчетов соответствующих индексов применительно к данным, полученным в результате наблюдений 1995–1996 гг. Значения индексов, относящиеся к обоим периодам наблюдений, приведены в таблице. Следует отметить, что предлагаемые индексы значительно лучше отражают особенности таксономической структуры зоопланктона, связанные с трофностью озер, чем широко используемый индекс Шеннона. Его значения также определяются числом видов и соотношением численности их представителей, но при этом разнокачественность самих видов не учитывается.

Таблица. Значения индексов SDI и $C_{(SDI)}$, а также индекса Шеннона (H), рассчитанные для зоопланктона озер различной трофности

Индекс	Олиготрофные		Мезотрофные		Гипертрофное
	Тургояк 2010 г.	Увильды 2008 г.	Б. Кисегач 2011 г.	Б. Миассово 2010 г.	М. Теренкуль 2009 г.
SDI	41	29	19	19	-57
$C_{(SDI)}$	122	96	83	91	-90
H	2,98	2,29	2,70	3,19	2,25
Ретроспективные данные					
Мезотрофные озера					Гипертрофное
Индекс	Б. Кисегач 1995 г.	Б. Кисегач 1996 г.	Еловое 1996 г.	Б. Миассово 1996 г.	М. Теренкуль 1996 г.
SDI	15	15	13	7	-37
$C_{(SDI)}$	73	77	69	69	-47
H	2,84	3,10	3,19	2,97	2,87

Индексы SDI и C_{SDI} представляют собой инструменты сравнения и ни в коем случае не могут претендовать на универсальность. Тем не менее, при наличии хорошо изученных водных объектов, сравнение показателей развития зоопланктона эталонных и исследуемых водоемов с использованием этих индексов позволяет задействовать ту часть информации, которую всегда получают при стандартном разборе проб, но, как правило, не используют. Речь идет об индикаторной значимости как присутствующих, так и отсутствующих видов. Это позволяет существенно расширить возможности выявления признаков антропогенного эвтрофирования.

Голубок О.В., Речкалов В.В. Выявление признаков антропогенного эвтрофирования димиктических озер по показателям развития зоопланктона// Вестник Оренбургского государственного университета. 2013а. №10 (159). С. 61–68.

Голубок О.В., Речкалов В.В. Сравнительная характеристика таксономической структуры зоопланктона в эпилимнионе и гипolimнионе озер различной трофности// «Биология внутренних вод» Материалы XV Школы-конференции молодых ученых

«Биология внутренних вод». Борок, 19-24 октября 2013 г., Кострома. ООО «Костромской печатный дом». 2013. С. 144–148.

The use of the zooplankton taxonomic structure to indicate the trophic status of dimictic lakes. V.V. Rechkalov. Based on comparative analysis of zooplankton taxonomic structure of some lakes with different trophic status, of the two specific indexes are suggested. It is supposed to use these indexes for detecting signs of anthropogenic eutrophication. The necessary conditions and benefits associated with their use are considered.

ДОЛЯ МЕРТВЫХ ОСОБЕЙ В ЗООПЛАНКТОНЕ ВОДОЕМОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ И ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

А.С. Семенова^{1,2}, С.И. Сиделёв², О.А. Дмитриева¹, Д.Н. Плигин²

¹*Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, г. Калининград, Россия, a.s.semenowa@gmail.com*

²*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,
г. Ярославль, Россия, sidelev@mail.ru*

Проблемы загрязнения, эвтрофирования и «цветения» воды в момент массового развития токсичных цианобактерий остаются одними из самых актуальных проблем современной гидробиологии. Доля мертвых особей в зоопланктоне – это один из показателей, который может широко использоваться в гидробиологических и биоиндикационных исследованиях. Целью настоящего исследования было изучение показателей относительной смертности зоопланктона в ряде водоемов Калининградской и Ярославской областей.

Исследования зоопланктона проводили в 2007–2015 гг. как в крупнейших водоемах Калининградской и Ярославской областей (Куршской лагуне, озерах Виштынецком, Неро и Плещеево), так и в небольших по площади водоемах, в основном расположенных либо в черте г. Калининграда, либо в окрестностях г. Ярославля. В качестве показателей естественной (не связанной с хищничеством) смертности зоопланктона использовали долю численности или биомассы мертвых особей от суммарной численности или биомассы живых и мертвых, выраженную в процентах (Дубовская, 1987; Дубовская и др., 1999).

Наиболее подробные и многолетние исследования доли мертвых особей в зоопланктоне были проведены в Куршской лагуне. Доля мертвых особей в этом водоеме составляла от 0,2 до 76,2 % от численности и от 0,1 до 62,4 % от биомассы зоопланктона. Высокие значения доли мертвых особей от суммарной численности и биомассы зоопланктона наблюдались в период массового развития цианобактерий и сразу после него с августа

по октябрь (до 20–28 %). Минимальные доли мертвых особей были обнаружены на станции, расположенной в центральной зоне водоема и менее других подверженной процессам эвтрофирования и «цветения воды». С помощью показателей смертности удалось выявить неодинаковую чувствительность различных видов и таксономических групп зоопланктона к «цветению» цианобактерий и органическому загрязнению, она возрастает в ряду Cyclopoida→Calanoida→Rotifera→Cladocera. Средняя за вегетационный период доля мертвых особей значительно изменялась от года к году и составляла 2,6–16,1 % от численности и 2,3–12,8 % от биомассы зоопланктона. Минимальные средние доли мертвых особей в зоопланктоне были отмечены в 2007 и 2013 гг. – 2,6–4,2 %, когда развитие фитопланктона было на низком уровне, максимальные доли мертвых особей – в 2010–2011 и 2014–2015 гг. – 8,5–16,1 %, когда было отмечено «гиперцветение» воды и массовое развитие токсичных цианобактерий.

В водоемах г. Калининграда прослеживается четкая зависимость доли мертвых особей в зоопланктоне от содержания в воде органических веществ, определяемому по показателю БПК₅, а также степени развития потенциально токсичных цианобактерий. Низкие значения доли мертвых особей в зоопланктоне от 0,3 до 2,3 % были отмечены в водоемах, расположенных на окраине города и имеющих питьевое или купальное значение – пруд Филиппов, озера Форелевое, Большое Голубое, Шенфлиз, Пилавское, Карповское. Низкая доля мертвых особей также была в крупнейшем озере Калининградской области – оз. Виштынецком, имеющем ледниковое происхождение, и в Синявинском карьере. Высокие значения доли мертвых особей от 5,0 до 16,2 % были в водоемах, расположенных в центре г. Калининграда – пруды Верхний, Мельничный, Поплавок, Южновожский, Нансенские, Воздушный, Пеньковский, Нижний, Гвардейский и Школьный, на которые оказывается наибольшая антропогенная нагрузка. Среди водоемов Ярославской области наименьшая доля мертвых особей в зоопланктоне была отмечена в мезотрофном оз. Плещеево – 1,2 % от численности и 0,5 % от биомассы, невысокой она также была в оз. Белёвском – 2,8 % и 0,7 % соответственно. В популяциях цианобактерий из этих водоемов не было обнаружено генов, отвечающих за синтез токсинов. В эвтрофном оз. Неро доля мертвых особей составляла от 3,6 до 6,2 % от численности и от 2,3 до 3,7 % от биомассы зоопланктона, минимальные величины доли мертвых особей были в южной части озера, в которой не отмечается массового развития цианобактерий. В озерах Шихромка и Круглое доля мертвых особей колебалась от 5,5 до 7,6 %.

Таким образом, показатели смертности зоопланктона могут успешно использоваться для оценки качества воды, картирования загрязненных

районов, оценки влияния «цветения» цианобактерий, гидрологических и гидрохимических факторов, антропогенной нагрузки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-04-04030а.

Proportion of dead organisms in zooplankton of waterbodies in Kaliningrad and Yaroslavl region. A.S. Semenova, S.I. Sidelev, O.A. Dmitrieva, D.N. Pligin. The proportion of dead organisms in zooplankton of water bodies in Kaliningrad and Yaroslavl regions was investigated in the 2007–2015. The maximum proportion of dead organisms was found in eutrophic water bodies in which blooms of toxic cyanobacteria was observed and in water bodies which were under anthropogenic pressure.

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА РЕК В УЧАСТКАХ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Г.А. Семенюк

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, lakes@tut.by

Проблема чистой воды и охраны водных ресурсов становится все более острой по мере исторического развития общества. Водоемы все интенсивнее используются для питьевого и технического водоснабжения, как рыбохозяйственные угодья и зоны рекреации, для целей энергетики и навигации и т. д. Качество воды формируется в результате процессов жизнедеятельности всех водных организмов. Среди структурных блоков водных экосистем зоопланктону принадлежит особая роль (Крючкова, 1989, Вандыш, 1998, Адамович и др., 2012). Целью исследования явилось изучение структуры летнего зоопланктона рек Западная Двина (в районе г. Новополоцк), Птичь (в районе г.п. Копаткевичи), Щара (в районе г. Слоним). Отбор проб производился на трех станциях, испытывающих разную степень антропогенной нагрузки: «до», «в» и «после» населенного пункта.

В результате исследований, выполненных в июле-августе 2014 г. было установлено, что таксономический состав зоосообщества насчитывает немногим более двух десятков видов, преимущественно из типа Rotifera, с тенденцией снижения видового богатства от станции «до» к станции «после» населенного пункта. Количественные показатели развития зоопланктона на всех изученных реках невелики и колеблются в пределах 5–10 экз./л по численности и 0,05–0,08 мг/л по биомассе. При

этом на станциях «до» города они в 1,5–2 раза выше, чем на станциях «после» города. Величины индексов видового разнообразия Шеннона и сходства Жаккара также демонстрируют тенденцию к снижению на тех станциях, которые в большей степени подвержены антропогенному воздействию («в» и «после» города). Рассчитанные индексы сапробности Пантле и Букка были выше на станциях, расположенных ниже спуска сточных вод, т.е. по мере усиления антропогенного пресса, а воды изученных рек относились к III классу качества (умеренно загрязненные). Кроме того, таксономическая структура зоообщества, по мере увеличения степени загрязнения речных вод, сдвигается в сторону бета-альфа - мезосапробов, индикаторов умеренно загрязненных и грязных вод.

Таким образом, сравнительный анализ структурных показателей зоопланктона на реках Западная Двина, Птичь и Щара в целом подтверждает низкий уровень развития речного зоопланктона и демонстрирует уменьшение всех изученных параметров по мере нарастания антропогенной нагрузки вниз по течению реки.

Structure of river zooplankton community in the areas with different degree of anthropogenic load. G.A. Semenjuk. The summer (July-August, 2014) zooplankton structure in the rivers West Dvina (Novopolozk region), Ptich (Kopatkevichy), Shchara (Slonim region) was studied. In all rivers the level of zooplankton development was low. All investigated parameters were decreased with the increasing of antropogenic load down the river.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В ОЗЕРЕ МАСЕЛЬГСКОЕ В ПЕРИОД ЛЕТНЕЙ СТРАТИФИКАЦИИ

Е.И. Собко, С.И. Климов

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН,
г. Архангельск, Россия, elifisina@yandex.ru*

Исследования вертикального распределения зоопланктона в оз. Масельгское проводили в летний период (июль 2012–2014 гг.). Пробы отбирались на глубоководной станции в соответствии с общепринятыми методиками.

В период наблюдений в озере отмечена четкая стратификация водной толщи. Температура воды в поверхностном горизонте составляла 22–24 °С, в придонном – 5–6 °С.

В результате проведенных исследований были получены вертикальные профили распределения зоопланктона (количественное развитие, таксономическая и трофическая структура, вертикальное распределение отдельных видов). В составе зоопланктонного сообщества за период исследования обнаружено 42 вида беспозвоночных организмов, относящихся к 3 основным систематическим группам. Среди коловраток (Rotifera) отмечено 11 видов, ветвистоусых ракообразных (Cladocera) – 21 вид, веслоногих ракообразных (Copepoda) – 10 видов. Максимальное количество видов было отмечено в 2012 г. (32 вида). В вертикальном распределении зоопланктона выделялись тепловодный эпилимнический и холодноводный гиполимнический комплексы.

Максимальные средние значения численности и биомассы зоопланктона в эпи-, мета- и гиполимнионе отмечены в 2014 г. Высокие значения численности зоопланктона в различные годы исследования были отмечены в нижних слоях металимниона, а также в придонных слоях гиполимниона.

Процентное соотношение основных групп зоопланктона по вертикали было различным. Основу зоопланктонного комплекса в эпилимнионе составляли ветвистоусые ракообразные, где их доля в среднем составила 50 %. Структурообразующими видами являлись представители р. *Daphnia* и *Diaphanosoma brachyurum* Lievin. Для кладоцер характерны скопления и в придонных слоях (15–19 м). Доля ветвистоусых ракообразных здесь составляет в среднем 40 %. Доминанты по численности в нижних горизонтах гиполимниона – фильтраторы *Daphnia cristata* Sars и *D. longispina* O.F. Müller. В нижних слоях металимниона также отмечено повышение численности кладоцер, но эти значения ниже, чем в гиполимнионе.

Наибольшие значения численности копепод отмечены в нижних слоях металимниона до 60 % от общей численности зоопланктона. В эпилимнионе доля копепод составила в среднем 42 %, в гиполимнионе – 46 %. В эпи- и металимнионе доминировали *Eudiaptomus gracilis* Sars, *Mesocyclops leuckarti* Claus. В гиполимнионе доминирующим видом являлся *Thermocyclops crassus* Fischer.

Распределение коловраток в озере неравномерно, их численность увеличивается с глубиной. Максимум численности ротаторий приходился на гиполимнион (29 % от общей численности зоопланктона). В эпилимнионе значения численности коловраток невелики (12 % от общей численности зоопланктона). В металимнионе их численность составляла 15% от общего количества зоопланктона.

Доминирующим видом во всех горизонтах являлась детритофаг *Kellicottia longispina* Kellicott.

Для стратифицированного оз. Масельгское в летний период характерна неоднородность распределения зоопланктона по вертикали. Неравномерность вертикального распределения количественных характеристик гидробионтов обусловлена разной приуроченностью отдельных таксономических групп к определенным слоям. Особенностью вертикальной структуры зоопланктонного сообщества является преимущественное распределение гидробионтов в мета- и гипolimнии. Важнейшими факторами, определяющими характер вертикального распределения зоопланктона, являлись температурный и трофический факторы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке программы УрО РАН №0410-2015-0027 и ФАНО России в рамках темы №0410-2014-0030.

The study of zooplankton vertical distribution in lake Maselga during the summer stratification. E.I. Sobko, S.I. Klimov. The study of the vertical distribution of them hydrobionts showed that the majority are concentrated in the aquatic metalimnion and lower layers of the hypolimnion. Quantitative and qualitative characteristics of zooplankton varied vertically. The most important factors determining the nature of the vertical distribution of zooplankton were temperature and trophic factors.

ФЕНОЛОГИЯ ЗООПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

М.Т. Сярки, Ю.Ю. Фомина

*Институт водных проблем Севера РАН, г. Петрозаводск, Россия,
Msyarki@yandex.ru*

Онежское озеро является одним из Великих озер Европы и его экосистема в целом сохранила свой естественный статус. В условиях изменения антропогенной нагрузки и климатических колебаний актуальным является изучение реакции на них пелагических сообществ. Изменение климата за последние десятилетия вызвало сдвиги сроков основных гидрологических явлений в Онежском озере (Филатов, 2012, Efremova et al., 2013). Планктонные сообщества имеют ярко выраженную внутригодовую изменчивость и поэтому фенология их тесно связана с цикличностью факторов среды, что необходимо учитывать для понимания функционирования водной экосистемы, расчетов биопродукционного потенциала озера и системы биомониторинга.

Трудности в изучении фенологии зоопланктона крупного озера заключаются в недостатке регулярных рядов данных. Применение новых методов анализа, таких как сглаживание нерегулярных временных рядов, аппроксимация, многомерный статистический анализ (Сярки, Чистяков, 2013, Сярки, 2013) позволило составить среднесезонный сценарий основных явлений в зоопланктоне. В работе использованы материалы Института водных проблем Севера КарНЦ РАН, в частности, базы данных по зоопланктону и пелагическому планктону Онежского озера, а также данные, полученные в 2015 г. в рамках проекта РФФИ «Онежское озеро и его водосбор: история геологического развития, освоение человеком и современное состояние».

С помощью аппроксимационной функции были описаны траектории сезонной динамики численности и биомассы зоопланктона. Кроме того были определены среднесезонные даты основных событий в планктоне, которым соответствовали особые точки траектории: максимумы и минимумы показателей, абсолютные и относительные скорости прироста численности и биомассы (общих для всего зоопланктона и его основных групп).

Было показано, что внутригодовая изменчивость показателей зоопланктона обеспечивает 50–80 % общей дисперсии рядов данных и преобладает над межгодовой и стохастической компонентой дисперсии (Сярки, 2015). Это свидетельствует о высокой устойчивости годового цикла пелагического зоопланктона, происходящего на фоне высокой инерционности водных масс центральной части озера.

С помощью статистических методов были определены особенности сезонной структуры сообщества, в результате чего все данные были сгруппированы по 4 сезонным периодам. По датам отбора проб были определены сроки начала и конца сезонов, их общая продолжительность, а также наличие переходных периодов, возникающих из-за межгодовой изменчивости термического режима. Так, было показано, что летний период в центральной части озера очень короткий и длится всего 40 суток, при этом в нем выделяются два различных по структуре этапа. В первом, ранне-летнем, преобладают коловратки, во втором, поздне-летнем, ветвистоусые (Сярки, 2013). В заливах, из-за особенностей их морфометрии летний период длится дольше, например, в Петрозаводской губе он продолжается 66 суток (Сярки, Фомина, 2014).

Высокая стабильность сезонной динамики планктона и недостаток данных не позволяет выявить в многолетней динамике количественных показателей зоопланктона какой-либо тренд, связанный с климатическими изменениями. Но в последние десятилетия отмечается более ран-

нее весеннее развитие планктона, а также происходят изменения в структуре, в частности, сдвигается соотношение видов холодноводного и тепловодного комплекса, что может свидетельствовать о начальных перестройках в сообществе.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00766).

Phenology of zooplankton in Onego Lake. M.T. Syarki, Yu.Yu. Fomina. Climate change lead to timing shifts of events in the lake ecosystem. The high cycle stability and seasonal indicators of zooplankton was described. There were calculated the multyearly average terms and date of the main events and seasons in the zooplankton of Lake Onego. It is shown that summer lasts 40 days in the lake central part, and summer lasts about 66 day in Petrozavodsk Bay.

ДИНАМИКА ПЛАНКТОННЫХ CLADOCERA В ОЗЕРЕ ПААЯРВИ (ФИНЛЯНДИЯ)

Е.Б. Фефилова¹, О.Н. Кононова¹, Л. Арвола², Л.Э. Лапина³

¹ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия,
fefilova@ib.komisc.ru;

²Университет Хельсинки, Биологическая станция Ламми, п. Ламми, Финляндия;

³Отдел математики Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Последствия глобального потепления и индустриализации – основные экологические проблемы, связанные с изменением естественного функционирования и развития озерных экосистем, особенно в высоких широтах (Панин и др., 2009; Хубларян, Моисеенко, 2009). Хорошим биологическим индикатором таких изменений являются сообщества ветвистоусых раков (Cladocera). Известно, что эвтрофирование экосистем обуславливает нарушения динамики кладоцер и их взаимодействие с другими гидробионтами (Straile, 2002; Jeppesen et al., 2005; Wagner, Adrian, 2009). Целью наших исследований было определить межгодовую динамику структуры планктонного сообщества ветвистоусых раков в зависимости от динамики абиотических условий и развития фитопланктона в глубоком олиготрофном озере, выявить факторы, детерминирующие количественное развитие рачков и их состав.

Озеро Пааярви расположено в лесной зоне на юге Финляндии. Оно ледникового происхождения, площадью 13,4 км², средняя глубина озера – 14,4 м, максимальная глубина – 87 м. Пробы планктона отбирали на протяжении 13 лет (2000–2013 гг.) в отдельные годы (2001–2005, 2008, 2010–2013) ежемесячно в безледный период – с мая по октябрь, в другие годы – один раз в месяц (но не каждый месяц), в такой же период. Пунктом от-

бора всех проб была одна и та же глубоководная станция. Одновременно отбирали гидрохимические пробы, измеряли температуру воды.

Наибольшие температуры воды в оз. Пааярви регистрировали в июле или августе, их значения были довольно близкими: 14,0 и 14,1 °С. Тренд изменения температуры воды в озере за период исследований был положителен, тогда как тренд температуры за летние месяцы – отрицательным. По суммарной температуре за июнь-август самым теплым было лето 2002 г. (суммарная температура 42,6 °С), самым холодным – 2012 г. (37,8 °С).

В фитопланктоне исследованного озера преобладали представители *Cryptomonas*, *Rhodomonas lacustris* Pascher & Ruttner. Среди динофитовых водорослей доминировали роды *Peridium* и *Gymnodinium*, среди золотистых – различные виды родов *Mallomonas*, *Chrysococcus* и *Pseudopedinella*. Диатомовые были представлены *Asterionella formosa* Hassall, *Tabellaria flocculosa* (Roth), *T. fenestrata* (Lyngbye), *Aulacoseira italica* Ehrenberg, несколькими видами *Synedra*, *Cyclotella* и др. Межгодовая динамика биомассы фитопланктона в период исследований имела отрицательный тренд. В 2004 г. зафиксирована наибольшая биомасса сине-зеленых водорослей.

В результате изучения проб зоопланктона обнаружено девять видов ветвистоусых раков: *Limnosida frontosa* Sars, *Holopedium gibberum* Zaddach, *Diaphanosoma brachiurum* (Lievin), *Daphnia cristata* Sars, *D. galeata* Sars, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *Bosmina* cf. *coregoni* Baird, *Polypheumus pediculus* (Linnaeus) и *Leptodora kindtii* (Focke). Доминировали среди этих видов по численности *Bosmina* cf. *coregoni* (40,3 % общей численности планктонных кладоцер), *D. cristata* (37,5 %), *D. brachiurum* (11,4 %) и *L. frontosa* (5,2 %). Максимальное количественное развитие рачков в озере чаще наблюдалось в июле, но иногда – в июне или августе. Наибольшая численность составляла от 1,5 (июль 2012 г.) до 7,7 (июль 2002 г.) тыс. экз./м³.

Наибольшее разнообразие кладоцер в планктоне отмечали в летние месяцы, в мае и сентябре состав их сообщества был обеднен. В сентябре в популяциях доминирующих видов, возрастала доля самцов и эфипиальных самок.

Анализ корреляционной матрицы, определяющей связь численности и биомассы кладоцер в озере, скорость ее изменения с различными показателями качества среды, дал предварительные результаты: на производную численности кладоцер оказывает значение сама численность (коэффициент корреляции -0,56) и температура воды. Эту информацию можно использовать для составления простого дифференциального уравнения.

Dynamic of plankton Cladocera in Lake Pääjärvi (Finland). E.B. Fefilova, O.N. Kononova, L. Arvola, L.E. Lapina. Planktonic cladocerans were identified and counted from Lake Pääjärvi, southern Finland, since 2000 until 2013. The results of cladocerans dynamic were analyzed in relation to water temperature, water colour, and phytoplankton biomass and community composition. Nine cladoceran species were found, four from them dominated.

ЛЕТНИЙ ЗООПЛАНКТОН ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Ю.Ю. Фомина, М.Т. Сярки

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
rambler7780@rambler.ru*

Онежское озеро одно из Великих озер Европы. Объем водной массы достигает 295 км³, средняя глубина – 30 м, максимальная – 120 м. В настоящее время отмечается снижение антропогенной нагрузки и влияние климатических изменений. За последние 60 лет в Онежском озере наблюдается уменьшение продолжительности периода ледостава и увеличение числа дней «биологического лета» (Филатов и др., 2012).

Зоопланктон занимает центральное положение в трофической планктонной сети и является чувствительным индикатором состояния всей планктонной системы Онежского озера и качества водной среды. Для оценки состояния экосистемы озера рекомендуется использовать летние показатели зоопланктона (Рекомендации..., 2012).

Ранее было показано, что летний период для зоопланктона центральной части озера длиться всего 40 суток (Сярки, 2013). А в Петрозаводском заливе из-за особенностей его термического режима – 66 суток (Сярки, Фомина, 2014).

Работа основана на данных, полученных в рамках проекта РНФ №14-17-00766 в августе 2015 г. За период исследования в пелагиали озера было обнаружено 43 вида зоопланктона, типичных для водоемов северо-запада России. Структура сообщества была характерна для летнего периода и варьировала по районам в зависимости от трофической ситуации. Пространственное распределение количественных показателей зоопланктона соответствовало предыдущим годам исследования (таблица).

**Таблица. Численность и биомасса летнего зоопланктона
Онежского озера в августе 2015 г.**

Район озера	N (тыс.экз./м³)	B (г/ м³)
Центральная часть	3,3	0,10
Большое Онего	1,2	0,03
Петрозаводская губа	4,6	0,14
Кондопожская губа (без влияния стоков ЦБК)	4,3	0,12
Кондопожская губа (зона влияния стоков ЦБК)	22,6	0,73

По сравнению со среднемноголетними данными количественные показатели зоопланктона в 2015 г. были ниже. Снижение показателей в Кондопожской губе может быть объяснено уменьшением антропогенной нагрузки из-за падения производства на Кондопожском ЦБК. Уменьшение количества планктона в Большом Онего, возможно, вызвано синоптической ситуацией на озере.

В последние десятилетия отмечается сдвиг в соотношении некоторых видов рачкового планктона, что может свидетельствовать о начальных перестройках в сообществе (Сярки, 2015).

Индексы сапробности на большей части акватории (Центральный и глубоководный районы) соответствовали олиготрофному статусу экосистемы. Планктонная система Петрозаводского и Кондопожского заливов, находящихся в непосредственной близости от промцентров, имеет мезотрофный статус. Такие показатели соответствуют многолетним данным.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00766).

State of zooplankton of lake Onego in summer. Yu.Yu. Fomina, M.T. Syarki. The work is based on the zooplankton data of Lake Onego, which were sampled in august 2015 year. There is a decrease of anthropogenic load. In addition, the effect of climate change at the present time is observed. The modern state of the zooplankton was described and analyzed.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМОВ И
ПАРАЗИТАРНОЙ ИНВАЗИИ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ
АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ У ЛЕГОЧНОГО
МОЛЛЮСКА *LYMNAEA STAGNALIS***

**А.С. Хомич¹, О.А. Бодиловская¹, Ю.А. Широкова²,
Е.П. Щапова², Ю.А. Лубяга², В.А. Емшанова²,
Д.В. Аксенов-Грибанов²**

¹ *Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова
БГУ, г. Минск, Беларусь, andy3331@mail.ru*

² *Научно-исследовательский институт биологии ФГБОУ ВО «ИГУ», г. Иркутск,
Россия, denis.axengri@gmail.com*

Легочный моллюск *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758) является одним из распространенных модельных объектов в исследованиях, посвященных широкому кругу эколого-биохимических и токсикологических проблем. Однако, в большинстве исследований с особями из природных популяций *L. stagnalis* не учитывается, что данный организм является промежуточным хозяином нескольких видов паразитических трематод. Воздействие паразитарной инвазии способствует повышенному образованию активных форм кислорода и его производных. Это может приводить к существенным изменениям ряда биохимических показателей у *L. stagnalis*, рассматриваемых как информативные тест-критерии биоиндикации воздействия антропогенного загрязнения на биоту водоемов. В этой связи, целью настоящего исследования являлась оценка воздействия загрязнения водоемов и паразитарной инвазии на активность ферментов антиоксидантной системы (пероксидазы, каталазы, глутатион S-трансферазы) у некоторых популяций легочного моллюска *L. stagnalis* в республике Беларусь.

Моллюски для настоящего исследования были собраны в двух водоемах: оз. Нарочь и Чижовском водохранилище. Данные модельные водоемы значительно различаются по степени экологической и антропогенной нагрузки.

У отобранных особей проводился паразитологический анализ пищеварительной железы на наличие трематод. Мышечную ткань инвазированных и неинвазированных особей фиксировали в жидком азоте. Оценка активности ферментов антиоксидантной системы (пероксидазы, каталазы и глутатион S-трансферазы) проводили согласно модифицированным М.А. Тимофеевым (2006, 2010) спектрофотометрическим методикам Drotar (1985), Aebi (1984) и Nabig (1974). Измерения проводили на спектрофотометре Cary 50 (Varian, США) при $\lambda=340$ нм для пероксидазы, при $\lambda=240$ нм для каталазы и при $\lambda=436$ нм для глутатион S-трансферазы. Все эксперименты проведены в 5 биологических парал-

леях. Биохимический анализ каждой пробы проведен в 3-х аналитических измерениях. Оценку достоверности проводили, используя U-критерий Манна-Уитни. Статистический анализ проводили с использованием программы STATISTICA 8.0.

Было показано, что у представителей *L. stagnalis*, выловленных из обоих водоемов, активность пероксидазы не отличалась между собой. Так же не было выявлено различий в активности глутатион S-трансферазы и каталазы у инвазированных *L. stagnalis*, обитающих в Чижевском водохранилище.

В то же время активность глутатион S-трансферазы у неинвазированных моллюсков, обитающих в загрязненном Чижевском водохранилище, была значительно выше, чем активность того же фермента у неинвазированных моллюсков, обитающих в чистом оз. Нарочь.

У неинвазированных представителей *L. stagnalis*, обитающих в загрязненном Чижевском водохранилище, была показана более высокая активность каталазы, чем у неинвазированных представителей *L. stagnalis*, обитающих в чистом оз. Нарочь.

Повышенная активность каталазы и глутатион S-трансферазы свидетельствует о том, что неинвазированные моллюски в Чижевском водохранилище в большей степени подвержены антропогенной нагрузке, чем неинвазированные представители популяции из оз. Нарочь. Отсутствие различий у инвазированных моллюсков связано с тем, что паразитарная инвазия в равной степени действует на представителей обоих водоемов.

The assesment of the water polution and parasitic infestation influence on the activity of antioxidative enzymes in pulmonate mollusc *Lymnaea stagnalis*. A.S. Khomich, O.A. Bodilovskaya, Y.A. Shirokova, E.P. Shchapova, Y.A. Lubyaga, V.A. Emshanova, D.V. Aksenov-Gribanov. The increased activity of catalase and glutathione S-transferase indicates that the non-infistation shellfish in Chizhovsky reservoir are more susceptible to anthropogenic load than non-infistation individuals of the population from lake Naroch. The absence of differences in infestation of mollusks showed that the parasitic infestation equally affects on individuals from both reservoirs.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫСЛА НА БИОМАССУ ХИРОНОМИД В ОЗЕРАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Шацкий

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, г. Санкт-Петербург, Россия, shatsky72@yandex.ru

Chironomus plumosus L, или мотыль, относится к семейству хирономид (Chironomidae) подотряда длинноусых (комаров) отряда двукрылых насекомых (Diptera). Обычно под этим названием объединяется несколько близких видов и подвидов комаров, населяющих одинаковые по биотопическим характеристикам водоемы, сходных по внешнему виду и имеющих внутренние различия на хромосомном уровне, определяющим физиологические особенности.

Мотыль является единственным промысловым представителем пресноводного бентоса в Ленинградской области. Начиная с 2011 г., вылов хирономид в Ленинградской области находится на уровне 30 т/г. Последние 4 года (2013–2016 гг.) официальный промысел мотыля в Ленинградской ведется только на озерах Победное и Вишневское.

Одной из проблем оценки объемов промысла мотыля в Ленинградской области является браконьерский вылов личинок хирономид. Оценить масштабы незаконной добычи довольно сложно, так как кроме вышеназванных озер, браконьерский промысел ведется и на других водных объектах Ленинградской области. По свидетельству самих промысловиков, неофициальный вылов мотыля не уступает объемам разрешенной добычи. В результате искажаются статистические данные по запасам мотыля и, соответственно, даются ошибочные рекомендации и прогнозы по его вылову.

Целью данной работы является оценка влияния промысла на биомассу личинок хирономид.

Научно-исследовательские работы проводились в марте-апреле 2013–2016 гг. на озерах Победное, Вишневское и Волочаевское. Отбор проб выполнялся дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,0025 м² в двух-трех повторностях на каждой станции. В лабораторных условиях организмы бентоса выбирались из грунта, просчитывались и взвешивались с точностью до 0,0005 г. В качестве контроля использовалось оз. Волочаевское, для которого достоверно известно, что промысел мотыля не ведется с 2012 г.

Одним из важнейших факторов, влияющих на развитие личинок хирономид и их биомассу, является температура воды.

В ходе исследований на оз. Волочаевское была отмечена зависимость биомассы мотыля от температурного режима (таблица 1).

**Таблица 1. Биомасса личинок хирономид на оз. Волочаевское
в 2013–2016 гг.**

Год	Средняя биомасса, г/м ²	Температура воды, °С	Коэффициент корреляции
2013	1,53	2,90	0,83
2014	7,75	4,20	
2015	1,77	1,40	
2016	2,42	2,38	

Напротив, на озерах Победное и Вишневское, на которых в 2013–2016 гг. велся промысел мотыля, эта зависимость не прослеживалась (таблицы 2, 3).

**Таблица 2. Биомасса личинок хирономид на оз. Вишневское
в 2013–2016 гг.**

Год	Средняя биомасса, г/м ²	Температура воды, °С	Коэффициент корреляции
2013	1,54	3,10	0,13
2014	20,74	3,20	
2015	4,53	3,30	
2016	7,40	2,70	

Таблица 3. Биомасса личинок хирономид на оз. Победное в 2013–2016 гг.

Год	Средняя биомасса, г/м ²	Температура воды, °С	Коэффициент корреляции
2013	25,02	6,04	0,41
2014	19,71	2,60	
2015	3,87	2,90	
2016	4,00	4,45	

Таким образом, зависимость биомассы личинок хирономид от температурного режима воды можно использовать как показатель наличия промысла мотыля на водном объекте и учитывать при составлении рекомендаций и прогноза вылова мотыля.

The impact of illegal fishing on the biomass of chironomids in some lakes of the Leningrad region. A.V. Shatsky. The aim of this work was to assess the impact of fisheries on the biomass of chironomids larvae. The studies revealed that the dependence of biomass of chironomids larvae from the water temperature can be used as an indicator of the presence of bloodworm fishing on the pond.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ДОМИНИРОВАНИЯ БАКТЕРИОБЕНТОСА ОЗЕРНЫХ ИЛОВ

Н.Г. Шерышева¹, Г.А. Осипов²

¹*Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия,
safir-sherry@yandex.ru*

²*Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН,
г. Москва, Россия, osipovga@mail.ru*

В исследованиях структуры бактериобентосных сообществ озерных экосистем нами применен современный метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС), основанный на высокоточном определении специфических маркерных молекул (Верховцева, Осипов, 2008). Метод ГХ-МС позволяет на основе измерения концентрации жирно-кислотных маркеров микроорганизмов в анализируемом материале выявлять и количественно определять состав бактериобентосного сообщества. Целью наших исследований было изучение на основе метода ГХ-МС таксономического состава и структуры доминирования бактериальных сообществ донных отложений разнотипных озер.

Материалы и методы. Исследованы серные, карстовые и меромиктические озера, расположенные на территории Самарской области, Башкортостана, Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Донные отложения исследованных озер представлены илами различного механического состава с широким диапазоном изменения влажности, активной реакции среды (рН), окислительно-восстановительного потенциала (Еh), содержания железа, гумуса, сульфатов, карбонатов, органического вещества в илах.

Анализ родового/видового состава бактериобентоса проводили на хромато-масс-спектрометре АТ 6850/5973 фирмы Agilent Technologies в лаборатории Академической группы академика РАМН Ю.Ф. Исакова. Метод ГХ-МС позволяет определить родовую принадлежность бактерий численностью $>10^4$ кл. на 1 г сухого ила. Для количественной оценки степени доминирования устанавливали шкалу рангов по численности с учетом особенностей структуры сообществ: менее 1 % – малозначимые виды; 1–5 % – второстепенные виды; 5–10 % – субдоминанты; более 10 % – доминанты (Баканов, 2006).

Результаты исследования. Бактериобентосный комплекс исследованных озер представлен бактериями, относящимися к 34 родам: Acetobacter, Acetobacterium, Aeromonas, Actinomadura, Azospirillum, Bacillus, Bacteroides, Burkholderia, Butyrivibrio, Cellulomonas, Clostridium, Corynebacterium, Cytophaga, Chlamydia, Desulfovibrio, Eubacterium, Flexibacter, Geothrix, Hydrogenophaga, Macromonas, Micrococcus, Nitrobacter, Beggiatoa, Nocardia, Propionibacterium, Pseudomonas, Pseudonocardia, Rhodococcus, Spirochaeta,

Sphaerotilus, *Streptomyces*, *Staphylococcus*, *Thiobacillus*, *Xanthomonas*, классу *Cyanobacteria* и семейству *Enterobacteriaceae*. Обнаружены жирнокислотные маркеры железоредукторов. Из цианобактерий выявлены представители родов *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*. Помимо бактериального и актиномицетного комплекса присутствуют маркеры, свидетельствующие о наличии представителей *Fungi*, *Protozoa*, *Planta*.

Структура бактериобентосного сообщества определяется характером биотопа, в котором ведущими факторами выступают тип донных отложений и качественный состав органического вещества. Так, в ряду морфотипов илов (песчанистые – макрофитные – алевритовые – пелитовые – серые тонкодетритные) выявлено закономерное увеличение численности бактериобентоса.

В железистых илах озер Серебрянка, Золотенка (Самарская Лука), Карасиха (Волжско-Камский заповедник) выявлен бактериальный комплекс, осуществляющий анаэробный процесс железоредукции в илах и участвующий в трансформации железосодержащих соединений железа: представители родов *Butyrivibrio*, *Clostridium*, *Eubacterium*, *Pseudonocardia*, *Spirochaeta* М», *Pseudomonas*, железоредукторы FeRB Lovley.

Показано, что структура доминирования видов в бактериобентосном сообществе определяется качественным составом ила и его биотопической приуроченностью. Выявлено три типа доминирования в бактериальных сообществах озерных илов: I – монодоминантный: обнаружен в макрофитных, карбонатных и железистых илах. К примеру, в серном оз. Голубое (Самарская область) в илах с высоким содержанием карбонатов абсолютно доминируют бактерии р. *Butyrivibrio*; II – полидоминантный, развивается в илах, в которых органическое вещество формируется из растительного, фито- и зоопланктонного детрита; III – промежуточный тип, характерен для пелитовых пелагических глубоководных илов открытых участков озер.

Taxonomic composition and dominant structure of bacteriobenthos in the lake silts. N.G. Sherysheva, G.A. Osipov. We studied bacteriobenthic communities by gas chromatography-mass spectrometry using a base of fatty acid microbial markers. Sulfur, karst and meromictic lakes located on the territory of the Samara region, Bashkortostan and Volzhsko-Kamsky Biosphere Reserve were studied. The taxonomic composition of bacteriobenthos by bacteria of 34 genera are represented. Three types of dominance identified in the bacterial communities of lake silts: I – monodominantly; II – polydominantly; III – intermediate. The dominance structure of bacteriobenthos determined by the qualitative composition of the silt and its biotopical confinement.

ЗООБЕНТОС ГОРНОГО ОЗЕРА ОЙСКОГО

С.П. Шулепина

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия,
shulepina@mail.ru

Озеро Ойское – один из крупнейших высокогорных водоемов Западного Саяна, расположенный на южном склоне хребта Кулумыс. Озеро представляет собой замкнутую чашу, из которой вытекает река Оя, правобережный приток Енисея. Несмотря на относительную доступность, озеро мало изучено в гидробиологическом отношении. Исследования таксономического состава и количественных показателей сообществ гидробионтов озера впервые начались в 2008 г. (Глушченко и др., 2009; Зуев и др., 2012).

Пробы зообентоса отбирали в июне и августе 2011–2012 гг. на шести станциях исследования с помощью скребка Дулькейта (с площадью захвата 0,10 м²) и дночерпателя Петерсена (с площадью захвата 0,03 м²) на глубинах 0,5–18 м. Грунты представлены в южной и центральной части озера крупными заиленными валунами и ближе к береговой линии – мелким щебнем, галькой. В северной, мелководной части дно покрыто мощными иловыми отложениями.

В составе зообентоса оз. Ойское за период исследования зарегистрировано 47 видов донных беспозвоночных: личинки хирономид представлены 24 таксонами, ручейники – 8, олигохеты – 5, поденки – двумя, личинки большекрылок, жуков, лимонид, пиявки, двустворчатые моллюски, брюхоногие моллюски, нематоды, клещи – одним таксоном (и в пробах встречались единично).

Бентофауна озера представлена широко распространенными в Палеарктике и Голарктике видами, за исключением хирономиды *Protanypus morio* – палеарктического арктоальпийского вида.

Численность зообентоса в среднем по шести станциям исследования составила 1,41±0,39 тыс. экз/м², биомасса – 2,18±0,49 г/м². По плотности преобладали личинки хирономид (83 % от общей численности, 62 % от общей биомассы), с преобладанием *Dicrotendipes nervosus* Staeger. По биомассе субдоминировали олигохеты (17 % от общей биомассы), среди которых в массе развились *Spirosperma ferox* Eisen.

Продуктивность донных сообществ определена физиологическим методом (Гольд, 2000). Относительно низкие величины продукции сообщества (0,027 ккал/м²·сутки) обусловлены наличием в составе сообщества донных животных хищных форм, потребляющих существенную часть продукции мирного зообентоса.

Калорийность донных животных считали равной 0,6 ккал/г (Руденко, 1983). Таким образом, продукция донных животных в оз. Ойском

в среднем составила $0,045 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сутки}$. Вегетационный период организмов зообентоса в озере Ойском принимали равным 120 дням. Таким образом, продукция зообентосного сообщества за вегетационный период составила $5,40 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сезон}$.

Для упрощенных расчетов сезонной продуктивности, использовали значение Р/В-коэффициентов для зообентоса (Справочник..., 1983). Принимая значение Р/В-коэффициента для бентосных сообществ равным 2,0 (Винберг, 1976) получили величину годовой продукции $4,36 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сезон}$, что в 1,24 раза ниже значения, полученного физиологическим методом. На основе разных вариантов расчетов можно считать продукцию зообентоса $4,36 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сезон}$ минимальной, а $5,40 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сезон}$ – максимальной из возможных.

Трофический статус озера оценен по биомассе зообентоса и соответствовал низкому классу трофности, β – олиготрофной зоне.

Zoobenthos of mountain lake Oiskoe. S.P. Shulepina. The author provide data on the taxonomic composition, structure and quantitative characteristics of zoobenthos the Lake Oiskoe. In general, 47 species of benthic invertebrates were recorded. The trophic status of the lake was estimated on the basis of the biomass zoobenthos.

IV

СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ИХТИОЦЕНОЗЫ: ИХ СОСТОЯНИЕ, СТРУКТУРА, ТРАНСФОРМАЦИЯ

STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF LAKE ECOSYSTEMS. FISH COMMUNITIES: THEIR STATE, STRUCTURE AND TRANSFORMATION

DYNAMICS OF FISH COMMUNITY CONDITIONED BY THERMAL POLLUTION IN LAKE DRŪKŠIAI AS A COOLER OF THE IGNALINA NUCLEAR POWER PLANT (INPP)

V. Kesminas, A. Steponėnas, O. Kaminskas

Nature Research Centre The Institute of Ecology, Vilnius, Lithuania, v.kesminas@takas.lt

Drūkšiai is the largest lake of Lithuania. It is situated in north-eastern Lithuania by the frontier with Latvia and Belarus. From 1984, the water of Lake Drūkšiai has been used for cooling reactor units of the INPP. The ichthyofauna of Lake Drūkšiai is rich and interesting; however the species composition and community structure in the lake changed significantly as a result of INPP-induced changes in the thermal regime of the lake and due to intensive anthropogenic eutrophication.

Seasonal investigations were carried out into changes in fish community succession and population parameters (abundance, biomass, fish growth and yield) of Lake Drūkšiai in 2005–2015 at three sampling sites: in the “warm-water» zone, in the “cold-water» zone, and in the profundal zone. Species composition and abundance of fish were investigated using vendace bottom gill-nets and selective nets of different mesh size. All catches were recalculated as per 30-m-length net CPUE (catch per unit effort). The general ichthyological analysis of caught fish was performed based on the generally acknowledged methods. Age of vendace, perch, roach and bream was identified according to fish scales (Pravdin, 1966; Thoresson, 1993).

A total of 30 fish species belonging to 11 families were recorded in Lake Drūkšiai throughout the all study period. According to different sources, 23 fish species were recorded in lake before the start of construction of the INNP. The period of intensive exploitation of the INPP lasted about 26 years. Such time was sufficient for rather notable successions in the level of species and community

structure to occur. As many as 24 species were recorded in the lake at the beginning of exploitation of the INPP, and merely 17 at the end of exploitation. After the closure of the INPP, the lake was found to inhabit 21 fish species.

The CPUE decreased from ca. 270 individuals at the beginning of exploitation of the INPP in 1989 to 182 individuals in 1994 and fluctuations were insignificant till 1999. At the end of exploitation, after the closure of first reactor, CPUE decreased to 30 individuals (in 2007), and started increasing. After the closure of the INPP, further increasing has been observed.

Before the beginning of the construction of the INPP (1950–1975), the fish community of Lake Drūkšiai was dominated by stenothermal fish species: lake smelt (*Osmerus eperlanus relictus* L.) and vendace (*Coregonus albula* L.), the biomass of which accounted for ca. 40 % of the total fish biomass of the lake. With the thermal regime of the lake increasing and with anthropogenic eutrophication getting more intensive, earlier dominant stenothermal cold-water fishes decreased in biomass and numbers or even got eliminated. In the meanwhile, the total biomass of eurythermal fish species went up. The average CPUE of vendace during exploitation of the INPP considerably decreased. After the closure of the INPP CPUE started increasing, and in 2015 increased significantly. In 1986 smelt stocks started to decrease drastically. In 1993–1997 smelt population was very sparse. The earlier very abundant lake smelt, a representative of relict stenothermal cold-water fishes, has not been caught after 1997. However, in 2015 the first individuals of lake smelt were recorded again. This shows that lake smelt population fragments have survived in some places. After the closure of the INPP, CPUE of pike increased, and the numbers of bream and silver bream in CPUE decreased.

According to the generalised results of investigation of the fish community structure in Lake Drūkšiai before the closure of the INPP (2005–2007) by density (N, %) per CPUE three eurythermal species dominated: silver bream, perch and roach. According to biomass, the lake was dominated by roach, perch, bream and silver bream. Within 5 years after the closure of the INPP (2010–2015) perch, roach and vendace constitute the core of the fish community of the lake by density. The relative abundance of silver bream significantly decreased, and the numbers of vendace were increasing. By biomass, the lake was dominated by perch, roach and pike, followed by bream, vendace and tench.

Investigations into ichthyofauna of different places of Lake Drūkšiai and examination of the results of earlier investigations revealed rather significant changes in fish species growth rates and age structure induced by changes in thermal regime and intensive anthropogenic eutrophication. After the closure of the INPP, growth rates, age and dimensions of fish changed and differences in fish populations between formerly different thermal regime zones have lessened and all notable differences have disappeared in 2011. Before launching the INPP

vendace and perch distinguished by a rather high growth rate, and roach exhibited a very slow growth rate. Under the impact of warm water after launching the INPP, vendace and perch growth rates slowed down, and growth of roach speeded up (also due to the appearance of mollusc *Dreissena polymorpha*). After the closure of the INPP, vendace growth rates became close to the level in the period of basic state of the lake; perch growth started to speed up markedly, but growth rates still did not recover; roach growth rates started to speed up briefly, but now stabilized; bream growth notably slowed down.

From the viewpoint of fishery, Lake Drūkšiai is a water body of high productivity where both intensive amateur fishing and limited commercial fishing is allowed. The fish stocks in lake are rather high. Before the closure of the INPP fish stocks were minimal (ca. 672,5 t). And after the closure of the INPP, fish stocks increased – in 2015, fish stocks averaged ca. 857,6 t.

AGE AND GROWTH PARAMETERS OF THINLIP GREY MULLET, *LIZA RAMADA* (RISSE, 1827) FROM BAFA LAKE LAGOON (TURKEY)

H. Sasi, H. Demir

Fisheries Faculty Mugla Sitki Kocman University, Mugla, Turkey, hsasi@mu.edu.tr

This study investigates bio-ecological aspects of the thinlip grey mullet, *Liza ramada* (Risso, 1827), in Bafa Lake (Great Meander River Basin) including age, growth, length-weight relationship for the first time. The study was conducted in Bafa Lake between June 2013 and May 2014. For each fish, the fork length (TL, mm) and the total weight (WT, 0.1 g) were measured. The sex of all specimens was recorded by macroscopic examination of the gonads and weighed (WG) to 0.01 g (Lagler, 1956; Nikolsky, 1969; Bagenal, 1978).

In the study, the highest abundance in the fish community is found for *Mugil cephalus* (L.) and *Anguilla anguilla* (L.) according with the table 1 given below.

Table 1. Abundance of Fish from Bafa Lake (+++ many; ++, medium; +, rare)

Family	Species	I. st.	II.st.	III.st.	IV.st.	V.st.
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	+	+	+	+	+
	<i>Liza ramada</i>	+++	++	+++	++	+++
	<i>Mugil cephalus</i>	+++	++	+++	+	+++

Family	Species	I. st.	II.st.	III.st.	IV.st.	V.st.
Cyprinidae	<i>Chondrostoma meandrense</i>					+
	<i>Carassius gibelio</i>					+++
	<i>Cyprinus carpio</i>					+
Cyprinodontidae	<i>Aphanius fasciatus</i>				+	+
Poecilidae	<i>Gambusia affinis</i>				+	+
Sparidae	<i>Sparus aurata</i>	+	+	+	+	+
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>					+
Moranidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	+	+	+	+	+
Gobiidae	<i>Knipowitschia caucasica</i>				+	+
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	+			++	+++
Syngnathidae	<i>Syngnathus abaster</i>	++	++		++	++
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>		+		+	+

The age distribution for both sexes of *L. ramada* population was between I-VII, and is given in the Table 2. The age group II was found at a maximum of intensity.

Table 2. Age and Sex Composition of *Liza ramada*

Age	Female		Male		F+M	
	N	%	N	%	N	%
I	16	9,36	14	8,19	30	17,54
II	20	11,70	17	9,94	37	21,64
III	15	8,77	13	7,60	28	16,37
IV	13	7,60	13	7,60	26	15,20
V	13	7,60	9	5,26	30	17,54
VI	12	7,01	7	4,09	19	11,11
VII	6	3,51	3	1,75	9	5,26
Total	95	55,56	76	44,44	171	100

The lengths and weights ranged between 13,5 and 42,2 cm and 28,5 and 580,3 g for females and 13,0 and 40,3 cm and 27,5 and 478,1 g for males, respectively. The growth parameters of the von Bertalanffy equation were found as $L_t=65,33[1-e^{-0.116(t+1,24)}]$ for females and $L_t=63,15[1-e^{-0.117(t+1,33)}]$ for males. The length-weight relationships were estimated as $WT=0.022*TL^{2.701}$ ($R^2=0.983$) for females and $WT=0.021*TL^{2.722}$ ($R^2=0.987$) for males. Weight increased allometrically negative with the total length for both sexes. Average condition factor for females was calculated as 1.07; while it was 1.08 for

males. Male and female individuals of the same age have no significant differences between the mean total length values ($P > 0.05$). Maintenance of species and balance of density in population are important in terms of economic fishing of this species in the area (Sasi and Demir, 2016).

EPIGENETIC VARIABILITY OF INVASIVE SPECIES *PERCCOTTUS GLENII* DYBOWSKI, 1877 IN WATER RESERVOIRS OF THE DAUGAVAS RIVER BASIN IN LATVIA

N. Škute, A. Karklinš

*Institute of Life Science and Technology, University of Daugavpils, Parades St. 1A,
Daugavpils, Latvia, natalja.skute@du.lv*

Amur sleeper (*Perccottus glenii*, Dybowski, 1877) is a freshwater invasive fish species which has rapidly spread during the last two decades in many European countries. The total registered areal of *P. glenii* covers at least the central and eastern part of Latvia (Pupina, 2015) also. Apart from its well defined adaptation potential, the Amur sleeper also represents a factor not only for the economic loss in the fishponds (Reshetnikov, Schliewen, 2013– as their trophic spectrum includes spawn and small fish – but also for the biodiversity depression in the habitats they colonize (Reshetnikov, 2004). The study of invasion success must be considered complete with the evolutionary genetics, as it might be correlated with the genetic (Lee, 2002) and epigenetic polymorphism of populations, which directly influence the invasive species capacity for dissemination.

The epigenetic changes in genome may be an important regulatory mechanism responding to the environmental conditions a heritable change. One of the epigenetic mechanisms regulating the gene expression is DNA methylation. DNA methylation is involved in the control of gene expression; give the possibility of speculating that an evolutionary connection between environment, gene expression, and adaptation is possible.

Before being subjected to epigenetic analysis, the *P. glenii* individuals belonging to the some ecological different lakes near from town Daugavpils (Trikarta, Lubaste, Zirgezers, Olimpic) were morphometrically investigated. The morphological variability by 23 plastic parameters was studied. It was known, that the plastic parameters of fish are most affected by environmental factors. The age of *P. glenii* was determined by scales. For study of influence of environmental factors of epigenetic changes of Amur sleeper (total DNA methylation) the luminometric methylation assay (LUMA) was applied to ecological studies for the first time. This method is based on digestion of genomic DNA with methylation sensitive and insensitive restriction enzymes

(*HpaII* and *MspI*), followed by quantification of the resulting number of cut sites using a luminometric polymerase extension assay on a commercialized pyrosequencing platform (Karimi et al., 2006). DNA was isolated from the muscles of Amur sleeper samples and *HpaII/MspI* ratios were calculated and relative DNA methylation levels were detected in invasive fish Amur sleeper in first time and were compared with its others fish species. Total DNA methylation levels were detected and compared in *P. glenii* samples from ecological different lakes. It was shown, that in the same age, sex and size of *P. glenii* samples the total DNA methylation levels are different in ecological different lakes

The role of epigenetic modifications in adaptation potential of Amur sleeper was discussed.

This study was supported by National Research Program « The value and dynamic of Latvia's ecosystems under changing climate – EVIDEnT», project Nr. 4.4. Biodiversity and its role among other ecosystem services, subproject Nr. 4.6. Freshwater ecosystem services and biodiversity.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБ оз. ВОЛЬЖИН И оз. ЧЕРНЕЧНОЕ ЧЕРНИГОВСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Е.В. Барбухо

*Черниговский национальный технологический университет,
г. Чернигов, Украина, lena-gun@mail.ru*

Озера Вольжин и Чернечное – водоемы из группы Деснянских озер, расположенные в Куликовском районе Черниговской области. Данный район по своей специфике является аграрным и большая часть территорий водосбора озер задействована под с/х угодья. В результате их ежегодной химической обработки, представленные гидроэкосистемы подвергаются интенсивному пестицидному загрязнению (Барбухо, 2016). Учитывая данный факт, закономерен вопрос о проведении мониторинговых исследований с целью оценки физиологического состояния рыб при диагностике и прогнозировании развития патологии у рыб в условиях пестицидной нагрузки. В данном случае, именно гематологические показатели, в частности различные морфологические нарушения клеток крови рыб, в виду своей информативности, являются важным элементом мониторинга состояния популяций рыб, в том числе при прогнозировании последствий антропогенного воздействия на аборигенную ихтиофауну природных водоемов.

Целью данного исследования было оценить долю патологически измененных клеток крови рыб и проанализировать полученные данные для оценки физиологического состояния рыб озер Вольжин и Чернечное.

Объектом исследований были щука и ерш половозрелого возраста (3+...4+). Сбор материала проводили в сентябре 2014 г, в озерах Вольжин и Чернечное по всей акватории озер. Водоемом сравнения (контролем) служило оз. Тихое с отсутствием картины пестицидного загрязнения. Кровь отбирали у внешне здоровых и неповрежденных особей из хвостовой вены методом каудотомии, готовили мазки периферической крови, которые затем окрашивали по Паппенгейму с использованием красителя-фиксатора Мая-Грюнвальда и рабочего красителя Гимзы-Романовского. Клетки крови и их патологические изменения идентифицировали согласно (Иванова, 1983; Житенева и др., 1989). Процентное соотношение патологических эритроцитов вычисляли из расчета на 1000 эритроцитов. Также определяли процентное соотношение ядерных теней путем их подсчета исходя из 200 клеток.

Концентрация пестицидов в печени щук и ерша исследованных озер отмечена в диапазоне 0,15–2,2 мкг/г сырой ткани (Барбухо, 2016). В оз. Тихое накопление пестицидов в тканях рыб не обнаружено.

Результаты, полученные в ходе исследований, представлены в таблице.

Таблица. Доля патологически измененных клеток в периферической крови рыб

Вид патологии	Оз. Вольжин		Оз. Чернечное		Оз. Тихое	
	<i>щука</i> (n=18)	<i>ерш</i> (n=25)	<i>Щука</i>	<i>ерш</i>	<i>щука</i>	<i>ерш</i>
Микроциты, %	0,88±0,35	2,6±1,13	0,9±0,37	1,9±0,74	1,84±0,62	1,56±0,42
Пойкилоциты, %	1,68±0,40	4,96±1,96	0,53±0,23	2,13±0,57	1,27±0,39	1,94±0,43
Тени ядер, %	13,41±2,96*	9,81±2,41*	2,19±0,72	0,95±0,32	2,64±0,83	1,65±0,47
Деформация ядра, %	0,35±0,16	1,85±0,51	4,75±1,38*	2,64±0,72	0,39±0,12	2,8±0,55
Пристеночные ядра, %	11,96±1,97*	7,83±1,55*	10,01±2,22*	14,22±2,24*	3,55±1,13	3,79±0,84
Амитоз, %	2,93±1,33*	0,00	3,35±0,87*	0,46±0,15	0,26±0,11	0,92±0,35
Кариолизис, %	2,97±1,19*	3,71±0,93*	4,75±1,27*	6,32±1,22*	0,65±0,27	1,62±0,49
Микроядра, %	3,48±1,29*	5,38±1,07*	4,89±1,27*	8,19±1,44*	0,47±0,26	1,59±0,53
t воды, °C	8,6–8,9		8,5–9,0		8,1–8,8	

Примечание: * – достоверные различия опытной группы и контрольной, $p < 0,05$

У двух исследованных видов отмечается достоверное увеличение таких морфологических изменений эритроцитов как пристеночные ядра и кариолизис. В обеих лимносистемах их количество превышает контрольные уроне в 2,8–7,3 раза у щук и в 2,1–3,9 раза у ерша. Вместе

с тем, в крови щук отмечено увеличение в 11,3–12,9 раза доли амитозов по сравнению с рыбами из контрольного водоема, а также увеличение числа ядерных теней у рыб данного вида из оз. Вольжин в 5,1 раза. Очевидно, что регистрируемые деструктивные нарушения эритроцитов обусловлены в определенной мере эндогенной интоксикацией, развивающейся при действии пестицидного загрязнения, особенно с учетом высоких уровней содержания пестицидов в печени рыб.

Оценить степень пестицидной нагрузки на структуру хромосом и выявить генетические изменения у особей позволяет учет частоты образования микроядер. Микроядра являются индикатором грубых повреждений хромосом, а также существенных нарушений в структуре центромеры или митотического веретена деления. Проведенный анализ показал увеличение относительного количества микроядер в клетках периферической крови исследованных видов рыб из озер Вольжин и Чернечное, с максимальными значениями показателя у ерша (см. табл).

Физиологический статус рыб оз. Вольжин и Чернечное, в целом, оценивается как неудовлетворительный.

The results of haematological researches of fish in Lake Volzhin and Lake Chernechnoe of Chernigov Polesya. E.V. Barbukho. Degradation of conditions water environment of lakes Volzhin and Chernechnoe, caused by pesticides pollution, involves the increase of abnormal blood cells proportion in fish and indicates their unsatisfactory physiological state.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЛИНЯ *TINCA TINCA* В МАЛОМ ЗАРОСШЕМ ОЗЕРЕ

В.В. Безматерных, Г.Х. Щербина

*Пермское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Пермь, Россия, valebezma@live.com
ИБВВ РАН им. И. Д. Папанина, п. Борок, Россия, gregory@ibiw.yaroslavl.ru*

Спектр питания линя включает 60 видов и таксонов из которых 37 – личинки хирономид, 23 – представители других таксонов. Основу питания составляли стрекозы, личинки хирономид, личинки ручейников, личинки цератопогонид. Наиболее встречаемый вид пищевых объектов – личинки *Endochironomus stackelbergi* (таблица).

В июне питание линя происходило в период с 18 до 6 часов, наиболее интенсивно – с 0 до 6, в июле пик смещается на период с 6 до 9 часов.

В июне в дневное время в питании преобладали стрекозы, средний индекс потребления которых составлял 69,10/000, роль ручейников в течение суток не изменялась – 14,9–23,30/000, моллюски попадались

в рационе редко (до 17,50/000), а личинки хирономид, в основном, ночью и вечером (1,2–15,80/000). В июле заметно возросла роль личинок и куколок хирономид, потребление которых составляло 2,1–36,60/000, а роль стрекоз и ручейников свелась к минимуму.

Таблица. Встречаемость основных компонентов питания линя

Вид	Выборка, экз.	Встречаемость, %	Средний индекс потребления, $\frac{0}{000}$
<i>Epitheca bimaculata</i>	49	13,3	10,35
<i>Endochironomus stackelbergi</i>	5 011	50,0	4,38
<i>Phriganea bipunctata</i>	40	17,8	3,40
<i>Tanypus punctipennis</i>	2 156	18,9	2,45
<i>Mallochohelea inermis</i>	3 628	31,1	2,41
<i>Chironomus plumosus</i>	243	17,8	2,22
<i>Ilybius</i> sp.	33	12,2	2,01
<i>Sialis sordida</i>	247	14,4	1,31

В сезонной динамике питания линя также можно отметить некоторые особенности. Так, например, доля непитающихся рыб всегда составляет от 19 до 36 %. Выборка же питающихся рыб как правило имеет обратно экспоненциальный тип распределения по индексу потребления: менее сытых всегда больше. Доля более накормленных рыб была выше в июле и августе.

К другим особенностям сезонной динамики стоит отнести изменение структуры пищевого комка: в июне и августе основу составляют стрекозы (44,1 и 61,8 % массы пищевого комка соответственно), причем в августе их потребление (145,50/000) значительно выше чем в июне (34,80/000) и сентябре (12,70/000). Роль личинок хирономид выше в июле (40,6 %), тогда же их индекс потребления (28,90/000) значительно превышает таковой в другие месяцы (8,7–100/000). В августе потребление моллюсков (42,20/000) и ручейников (31,70/000) значительно выше, чем в первые летние месяцы (17,5–20,90/000 и 3,5–14,60/000 соответственно). В сентябре из рациона исчезают моллюски, но возрастает роль других таксонов: жуков, мокрецов, поденок и вислокрылок (суммарно 35,4 %).

Tench *Tinca tinca* nutrition in small macrophytes-grown lake. V. Bezmaternykh, G.Kh. Shcherbina. There are 60 taxa of aquatic invertebrates found in food spectrum of studied tenches. Chironomid species *Endochironomus stackelbergi* is most occurrent food item. Diurnal dynamics of feeding and bolus structure are given in the text. Paper is also provided with seasonal dynamics.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ РЫБ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Л.А. Беличева¹, Ю.Н. Лукина²

¹Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
belicheva.lida@yandex.ru

²Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного
хозяйства, г. Санкт-Петербург, Россия, *jlukina@list.ru*

Влияние длительного загрязнения на состояние организма рыб изучалось на акватории Выгозерского водохранилища, испытывающего интенсивную антропогенную нагрузку более 70 лет. Ихтиологические исследования на Выгозерском водохранилище в XX веке продемонстрировали снижение численности некоторых видов рыб, а также потерю рыбохозяйственного значения для северо-западных участков водоема, наиболее подверженных влиянию сточных вод Сегежского ЦБК (Вебер, 1978). Первые патолого-морфологические исследования рыб Выгозерского водохранилища были выполнены в 70-е гг. прошлого столетия. В то время в водоеме отмечались случаи появления слепых особей, рыб с нарушением структуры печени и разрушенными отолитами, что объяснялось малопригодными для рыб условиями обитания (Вебер, 1978), однако подробных гистологических исследований не проводилось. Устойчивое функционирование популяций и сообществ немыслимо без здоровых жизнеспособных особей. В связи с этим нами была предпринята попытка более детального изучения морфофункциональных изменений в органах рыб, обитающих в данном водоеме, на основе тканевых биомаркеров, признанных надежными индикаторами состояния здоровья рыб.

Исследования проводились в период с 2007 по 2011 гг. и были нацелены на оценку структурно-функциональных нарушений в организме рыб Выгозерского водохранилища. В качестве объекта в рыбной части сообщества был использован лещ – *Abramis brama* (L.) – типичный бентофаг, который ведет оседлый образ жизни и не совершает активных миграций. Жабры, печень и почки, отобранные для гистологического анализа, фиксировались в жидкости Буэна. Общее количество исследуемого материала составило 388 проб. Обработка материала проводилась по общепринятым гистологическим методикам, препараты окрашивали гематоксилин-эозином (Роскин, Левинсон, 1957).

При визуальном осмотре и патологоанатомическом вскрытии рыб Выгозерского водохранилища внешних признаков патологии отмечено не было. Гистопатологическое исследование жабр, печени и почек выявило широкий спектр структурно-функциональных нарушений, которые могут быть объединены в следующие группы: пролиферативные, дегенератив-

ные, воспалительные и неопластические изменения, а также нарушения кровообращения. В одних случаях отмеченные нарушения были незначительны, в других – обширны и могли оказать существенное влияние на работу органа и состояние организма особи в целом. Диагностированные некротические и фиброзные изменения, неопластические преобразования, несомненно, ведут к нарушению нормального функционирования органа. Однако, отмеченные параллельно с ними гиперплазия, усиленное кровенаполнение, воспаление являются структурно-функциональными основами компенсаторно-приспособительных реакций, позволяющих организму выжить в изменяющихся условиях среды обитания. Выявленные изменения свидетельствуют о нарушении метаболизма, ослаблении иммунитета, развитии защитно-компенсаторных реакций и функциональных нарушений в жизненно важных органах обследованных рыб Выгозерского водохранилища. Необходимо отметить, что картину наблюдаемых изменений у исследуемых особей в ряде случаев могло определять выявленное поражение органов эндо- и эктопаразитами.

Сравнительный анализ состояния внутренних органов рыб, обитающих в Северном и Южном Выгозере, характеризующихся различным типом загрязнения, выявил достоверные различия в частоте встречаемости ряда патологий (гиперплазия хлоридных и слизистых клеток в жабрах; фиброз желчных протоков и неопластические изменения в печени; отслоение эпителия от базальной мембраны почечных канальцев).

В широком спектре морфологических нарушений у рыб Выгозерского водохранилища большинство патологий могут быть интерпретированы как неспецифические ответные реакции, развитие которых, вероятнее всего, обусловлено токсическими свойствами компонентов сточных вод ЦБП или нефтепродуктов. Результаты гистопатологических исследований рыб Выгозерского водохранилища согласуются с данными биотестирования в разных участках водоема (Куликова и др., 2015), свидетельствующими о высокой концентрации токсичных веществ в донных отложениях, которые в настоящее время продолжают оказывать негативное воздействие на водные сообщества.

Histopathological changes in fish living in water body under long-term technopogenic influence. L.A. Belicheva, J.N. Lukina. This paper presents the results of gills, liver and kidney histopathological investigation of fish from Vygozero reservoir. A variety of histopathological changes were found in all organs examined. The types of lesions observed in this study indicate that fish from Vygozero reservoir respond to both direct toxicant effects of contaminated water and sediments and secondary stress effects caused by factors such as parasitism.

**ДИНАМИКА РАЗНООБРАЗИЯ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ
КРУПНЫХ ОЗЕР ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ**
Н.Л. Болотова¹, М.В. Степанов², Г.Т. Фрумин³, О.В. Болотов⁴

¹*Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия,
bolotova.vologda@mail.ru*

²*Департамент сельского хозяйства и продовольственных ресурсов
Вологодской области, г. Вологда, Россия, merab35r@mail.ru*

³*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, gfrumin@mail.ru*

⁴*Вологодская лаборатория – филиал ФГБНУ «Государственный научно-
исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства,
г. Вологда, Россия, oleg.bolotov2013@yandex.ru*

Основным трендом трансформации мелководных крупных рыбо-промысловых озер Вологодской области: Белое, Кубенское, Воже, является антропогенное эвтрофирование. Рыбы как верхний трофический уровень интегрируют в себе происходящие изменения в сообществе при смене абиотических условий и изменении кормовой базы. Наблюдается иерархический процесс компенсационных перестроек на уровне фаунистических комплексов, видовой и внутривидовой структуры. Изменению рыбного населения также способствуют токсификация озер, потепление климата и биоинвазии. Постоянно действующим мощным фактором является промысел, его характер и интенсивность. В свою очередь, структура уловов, несмотря на селективность промыслового изъятия, в целом отражает динамику разнообразия рыбного населения при наличии многолетних рядов наблюдений. Исходя из этого, на данных промысловой статистики с 1939 по 2015 годы прослежена динамика индексов видового разнообразия рыбного населения, рассчитанных по индексу Шеннона.

Математико-статистический анализ показал наличие высокого отрицательного тренда индекса Шеннона (H, бит) для оз. Воже, заметного отрицательного тренда для Кубенского озера и умеренного положительного тренда для Белого озера. Это соответствует ранее проведенному анализу с применением метода «фазовых портретов» изменений устойчивости рыбной части сообществ этих озер до 1990-х годов. Видовое разнообразие снижалось при сужении комплекса доминантных видов и смене доминантов, а также при переходе некоторых видов в малочисленные или редкие с потерей их промыслового статуса.

В 1940–1950-е годы значения индексов Шеннона колебались в пределах 2,2–2,7 бит, но флуктуации динамики рыбного населения, связанные с влиянием промысла при перевооружении промысловой базы, не приводили к коренной перестройке сообществ. К началу 1960-х разнообразие рыбного населения в рассматриваемых озерах характеризова-

лось сравнимыми показателями около 2,3 бит. В следующее десятилетие приоритетным негативным фактором стало загрязнение озер на фоне химизации сельского хозяйства и развития промышленности. Помимо того, в 1960-е произошла и реорганизация промысловой базы, переориентация на вылов крупного частика, а Белое озеро испытало коренную перестройку при включении его в состав Шекснинского водохранилища (1964 г.). Ускорение темпов эвтрофирования, ухудшение условий обитания в 1970-е годы, а также увеличение объемов и селективности рыбодобычи в 1980-е годы послужило причиной снижения видового разнообразия, особенно заметного для более мелководных озер Кубенского и Воже (1,82 и 1,76 бит). С 1990-х годов быстрые сдвиги в рыбной части сообщества озер стимулировались сменой организации промысла, связанной с предпринимательской деятельностью в постсоветский период. Это отразилось в уменьшении значения индексов разнообразия рыбного населения в Белом озере с 2,6 до 2,3 бит (при быстрой сукцессии из судачье-снеткового в лещовый водоем), в оз. Кубенском – с 2,1 до 1,9 бит, а в озере Воже – с 1,5 до 1,3 бит, где триггером ускорения перестройки сообщества стала успешная акклиматизация судака. В структуре уловов первое место во всех озерах окончательно занял лещ.

В 2001–2015 гг. в Белом озере индексы разнообразия увеличились до 2,8 бит, в Кубенском колебались около уровня 2,0 бит, а в оз. Воже упали до 1,2 бит. Устойчивость рыбной части сообщества Белого озера обеспечивается большим видовым богатством и сохранением доминирующего комплекса из 8 видов, по сравнению с оз. Кубенским – 4 вида. В самом мелководном оз. Воже промысел базируется на 3-х видах, и несмотря на регуляторную роль судака (субдоминанта в вылове), неустойчивость сообщества растет на фоне более высоких темпов эвтрофирования. Быстрое изменение озера Воже в условиях слабого антропогенного пресса иллюстрирует нелинейность системных процессов, что необходимо учитывать при прогнозе развития экосистем и оценке роли антропогенных факторов в их трансформации.

Dynamics of fish population diversity in large lakes of Vologda region.
N.L. Bolotova, M.V. Stepanov, G.T. Frumin, O.V. Bolotov. The factors of the species diversity changes of the fish community were discussed. The Shannon index trends have been revealed on the basis of the fisheries statistics for the three lakes of Vologda region (Vozhe, Kubenskoye, Beloye).

ПИЩЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ РЯПУШКИ (*COREGONUS ALBULA*) В ОЗЕРАХ ЛИТВЫ

Е. Букельскис, В. Умбрасаите

Вильнюсский университет, г. Вильнюс, Литва, egidijus.bukelskis@gf.vu.lt

Материал для исследований собирали в 2011–2013 гг. Всего исследовано 137 кишечников ряпушки из 13 озер. Для анализа использован индекс относительного значения отдельных кормовых компонентов (IRI %) (Bagenal, Tesch, 1978). Разнообразие питания оценивалась по индексу Шеннона-Винера, также установлен трофический уровень разных кормовых групп (Winemiller и др., 2007).

В исследованных озерах ряпушка при кормлении употребляет организмы, принадлежащие 19 разным таксонам, наиболее часто ракообразными и хирономидами. Наименьшая кормовая разнообразность по индексу Шеннона-Винера была 0,38, наивысшая – 1,05. Во всех озерах разнообразность кормовых компонентов достоверно статистически отличается. В желудках ряпушки в оз. Чичирис впервые найдены моллюски (*Bithynia*, *Dreisena*), а в оз. Даугаи – мизиды. В озерах, где проживают самые многочисленные популяции ряпушки, в пищевом рационе преобладают ветвистоусые ракообразные (индекс относительного значения IRI – выше 50 %).

Разный трофический уровень ряпушки может определить морфологическая характеристика озер, важность отдельных групп кормовых компонентов в рационе. Значимость факторов (максимальная и средняя глубина, площадь озер, индексы важности кормовых объектов) на особенность питания ряпушки проверена с использованием множественной шаговой регрессии (таблица).

**Таблица. Влияние разных факторов на занимаемый трофический уровень
ряпушки (Р – коэффициент множественной шаговой регрессии,
Р2 – коэффициент детерминации)**

Критерий	Р	Р2	Значимость (p)
Максимальная глубина	0,47	0,22	0,12
Площадь озера	0,16	0,03	0,61
Средняя глубина	0,03	0,00	0,93
Другие	0,21	0,04	0,51
Кормовые объекты:			
Личинки насекомых	0,20	0,04	0,53
Ветвистоусые ракообразные	0,17	0,03	0,59
Веслоногие ракообразные	0,01	0,00	0,98

Ни по одному критерию достоверной значимости не установлено. Максимальную глубину озера отбирает метод множественной шаговой регрессии, хотя этот критерий статистически достоверного влияния на трофический уровень, занимаемый ряпушкой, не доказывает.

Во время исследований установлен необычайно высокий уровень заражения ряпушки цестодами, паразитирующими в желудках. В тех озерах, в которых зараженность ряпушки наивысшая, упитанность рыб наименьшая. Влияние паразитов на состояние популяции ряпушки было установлено и в оз. Виштитис (Шибает, 2011).

Известно, что питание ряпушки зависит и от сезона года (Czarkovski, 2007, Szymanska, 2011). В летне-осенний период в исследуемых озерах статистически достоверных различий не установлено.

Исследуя упитанность ряпушки с использованием нелинейного регрессионного анализа, проанализирована зависимость массы отдельных рыб от их длины. Установленный коэффициент регрессии – $3,25 \pm 0,04$ достоверен – ($p < 0,05$). Большой коэффициент детерминации R^2 (0,98) показывает, что уравнение регрессии хорошо описывает эту зависимость. Темп роста ряпушки в отдельных озерах Литвы отличается в несколько раз (самые крупные ряпушки вырастают до 500 г, самые мелкие не достигают и 50 г).

Dietary specialization of *Coregonus albula* (L.) in lakes of Lithuania.
E. Bukelskis, V. Umbrasaitė. After investigating dietary habits of *Coregonus albula* (L.) from 13 lakes located in Lithuania we found that the diet of *Coregonus albula* (L.) consists of species from 19 different taxa, mostly crustaceans and chironomids. According to Shannon-Wiener index the least nutritional diversity was 0,38, largest – 10,5. There was no statistically significant difference between trophic level of nutrition of vendace and lake hydrobiological characteristics.

ОЗЁРНЫЕ БИОТОПЫ И ИХТИОЦЕНОЗЫ БАССЕЙНА СРЕДНЕГО АМУРА (НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ)

В.Н. Бурик

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
г. Биробиджан, Россия, vburik2007@rambler.ru*

Бассейн реки Амур занимает значительную территорию Дальнего Востока, сеть его водоёмов является одной из основных составляющих природных условий региона. В настоящее время в бассейне Амура в пределах Еврейской автономной области (ЕАО) зарегистрировано 92 вида, которые относятся к 66 родам, 22 семействам, 12 отрядам: *Petromyzoniformes*, *Asipenseriformes*, *Cypriniformes*, *Siluriformes*, *Esociformes*, *Osmieriformes*, *Salmoniformes*, *Gadiformes*, *Beloniformes*, *Gasterosteiformes*, *Scorpaeniformes*, *Perciformes* (Бурик, 2008).

С 2001 по 2015 г. нами изучалась ихтиофауна бассейна среднего Амура на территории ЕАО. Методами работы являлись ихтиологические ловы, анализ литературных данных и ведомственных материалов. Классификация систематических групп приводится в соответствии с работой Н.Г. Богуцкой и А.М. Насеки (2004).

На территории ЕАО находится около 3000 озёр, самым крупным является озеро Забеловское – 4,28 км². Озёра мелководны, редко глубже 3 м. Большинство озёр находится в поймах крупных рек, имеет постоянную или периодическую связь с рекой. Мы выделили пять типов озёрных биотопов региона с характерными ихтиоценозами.

1. Водоёмы поймы р. Амур: озёра, старицы, протоки. Глубины до 3 м. Грунт дна обычно илисто-песчаный, песчано-илистый, реже песчаный. Вода прогревается летом выше 22°C, отмечается обилие водной биоты. Видовой состав подобных водоёмов (оз. Забеловское), включает 43 вида рыб, представителей отрядов: *Cypriniformes* (Карпообразные): – 32 вида; *Siluriformes* (Сомообразные) – 6 видов; *Salmoniformes* (Лососеобразные) – 2 вида; *Esociformes* (Щукообразные) – 1 вид; *Perciformes* (Окунеобразные) – 3 вида.

2. Озёра и заливы поймы среднего течения амурских притоков (р. Биджан, р. Бира, р. Ин и др.). Глубины до 2, реже до 3 м. Водоёмы с обильной водной растительностью. Грунт дна илисто-песчаный, песчано-илистый, песчаный. Вода прогревается выше 20°C. Озёра характеризует постоянная или частая периодическая связь с руслом реки. Встречается 23 вида рыб, представителей отрядов *Petromyzoniformes* (Миногообразные) – 1 вид; *Cypriniformes* (Карпообразные) – 17 видов; *Esociformes* (Щукообразные) – 1 вид; *Siluriformes* (Сомообразные) – 2 вида; *Perciformes* (Окунеобразные) – 2 вида.

3. Лесные долинные озёра, утратившие связь с рекой. Водоёмы с обильной водной растительностью, глубины до 3 м. Грунт илисто-песчаный, песчано-илистый, песчаный. Вода прогревается выше 20°C. Водоёмы характеризует относительная изоляция от русла реки. Состав ихтиофауны обеднён (5–6 видов). Здесь обитают представители отрядов Cypriniformes (Карпообразные) – серебряный карась (*Carassius gibelio*, Bloch), озёрный голянь (*Phoxinus phoxinus mantschuricus*, Berg), вьюн Никольского (*Misgurnus nikolskyi*, Интересова и др.); Perciformes (Окунеобразные) – ротан-головёшка (*Perccottus glehni*, Dybowski), змеёголов (*Channa argus*, Cantor); Esociformes (Щукообразные) – амурская щука (*Esox reicherti*, Dybowski).

4. Мелкие болотистые озёра. Глубины до 1,5 м. Водоёмы с обильной водной растительностью. Грунт дна илисто-песчаный, песчано-илистый, илистый. Вода летом прогревается выше 20°C. Частые заморы рыбы во время промерзания. Состав ихтиофауны обеднён. Озёра населяют представители отрядов Cypriniformes (Карпообразные) – серебряный карась (*Carassius gibelio*, Bloch), озёрный голянь (*Phoxinus phoxinus mantschuricus*, Berg), вьюн Никольского (*Misgurnus nikolskyi*, Интересова и др.); Perciformes (Окунеобразные) – ротан-головёшка (*Perccottus glehni*, Dybowski).

5. Антропогенные водоёмы (песчано-галечные карьеры). Глубины до 10 м. Грунт дна галечный, галечно-песчаный, песчано-галечный, песчаный. Обеднённый состав биоты. Вода на поверхности (до 1 м) прогревается выше 20°C, у дна – не выше 16 °C. Биотопы характерны для песчаных и песчано-галечных карьеров. Обитает 15 видов рыб из отрядов: Esociformes (Щукообразные) – 1 вид; Cypriniformes (Карпообразные) – 10 видов; Siluriformes (Сомообразные) – 2 вида; Perciformes (Окунеобразные) – 2 вида.

Таким образом, ихтиофауна озёр и иных стоячих водоёмов бассейна среднего Амура неоднородна, в большой степени зависима от ихтиофауны близлежащих рек, динамики водообмена, глубины водоёмов, обилия биоты в них.

Lake biotopes and ichthyocoenosis of the middle Amur basin (on the territory of the Jewish Autonomous Region). V.N. Burik. Results of studying of structure of a lake fish fauna in a river basin Amur in the territory of the Jewish Autonomous Region are presented in the report. In abstract five main types of lakes of the region with characteristic for them ichthyocoenosis are considered.

ПАРАЗИТЫ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ УГРОЗУ ДЛЯ РЫБ, ОБИТАЮЩИХ В ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ

С.М. Дегтярик

РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Беларусь, lavrushnek@mail.ru

Один из наиболее часто возникающих у арендаторов, рыболовов-любителей, а также у людей, далеких от рыбной ловли, вопросов – чем болеет рыба в озерах? Сразу отметим, что термин «болеет» не всегда корректен по отношению к паразито-хозяйным отношениям в озерных экосистемах. Здесь, как правило, речь идет о носительстве паразитов. Заболевания паразитарной этиологии и, тем более, связанная с ними гибель рыбы в естественных водоемах встречаются довольно редко, являясь скорее исключением, чем правилом. Однако паразитоносительство характерно абсолютно для всех водоемов. Различается уровень инвазии в различных озерах, определенные группы паразитов приурочены, как правило, к определенным видам рыб, однако абсолютно «чистых» от паразитов водоемов во время исследований нами не отмечено, а свободные от паразитов экземпляры рыб встречались крайне редко.

Продолжавшиеся порядка 15 лет исследования паразитофауны озерных рыб (64 озера), показали, что они являются носителями целого ряда паразитов. Паразиты, как правило, присутствовали в организме либо на поверхности тела рыбы в небольших количествах без нанесения особого вреда. Однако встречались исключения. Заболевания, сопровождающиеся гибелью обитающих в озерах рыб, могут быть вызваны такими паразитами, как *Ligula intestinalis*, *Ergasilus sieboldi*, *Triaenophorus nodulosus* и некоторыми другими.

Цестода *L. intestinalis*, паразитирующая в полости тела рыб, вызывает болезнь, называемую лигулез. Характерная его особенность – вздутие брюшка у больной рыбы. Такая рыба в массовом количестве плавает у поверхности воды, не в силах опуститься в глубину, и в массовом же количестве поедается рыбацкими птицами – окончательными хозяевами гельминта. В наибольшей степени заражается, как правило, лещ: экстенсивность инвазии (ЭИ) в оз. Лукомское достигала 91 %, интенсивность инвазии (ИИ) – до 7 пар./рыбу. Больная рыба, как правило, сильно истощена.

Также гибель рыб в озерах при массовом развитии может вызывать паразитический рачок *E. sieboldi*, поселяющийся на жабрах линя, щуки, окуня, судака, леща и др. При этом не является редкостью ЭИ, достигающая 100 % и ИИ, превышающая 100 пар./рыбу. В оз. Дривяты был пойман погибающий линь, на жабрах которого обнаружили около двух тысяч указанных рачков.

Цестода *T. nodulosus* обитает во взрослом состоянии в кишечнике щук (ИИ – до 12 паразитов на рыбу), не нанося им заметного ущерба;

однако тот же гельминт, паразитируя на личиночной стадии в печени, например, окуня или форели, может вызвать серьезные эпизоотии даже при не очень высокой интенсивности инвазии (7–10 пар./рыбу).

Следует упомянуть также нематоду *Anguillicola crassus*, представляющую опасность для угря, в плавательном пузыре которого она паразитирует на стадии половой зрелости. Гибель угря в озерах Беларуси и некоторых европейских стран в середине – конце 90-х гг. прошлого века имела несколько причин, и не последняя из них – массовое развитие указанной нематоды. Максимальная отмеченная интенсивность инвазии составила 57 пар./рыбу при экстенсивности 100 %.

Из обнаруженных паразитов наиболее распространенными являются трематоды *Diplostomum* sp., встречающиеся как у мирных, так и у хищных рыб практически во всех обследованных водоемах. Для них характерна высокая интенсивность (до 174 пар./рыбу) и экстенсивность (до 100 %) инвазии. Гибели рыб паразитирующие в хрусталиках глаз метациркурии трематод не вызывают, более опасен острый церкариоз – процесс проникновения церкарий в тело рыбы, сопровождающийся прободением органов и тканей. Для гибели личинки (малька) может быть достаточно 1–2 церкарий.

То, что относительно безопасные в озерах и реках паразиты могут представлять серьезную опасность при попадании в пруды и бассейны рыбоводных организаций, является общеизвестным фактом. Однако достаточно опасным является обратный процесс – проникновение паразитов из прудовых хозяйств в озера (со сбросом воды, при зарыблении, с рыбами-«беглецами»). Ярким тому примером могут служить кишечные цестоды карповых рыб, завезенные в 60-х гг. с Дальнего Востока в прудовые хозяйства и распространившиеся впоследствии по многим водоемам республики. ЭИ леща цестодой *Khawia sinensis* в некоторых озерах (например, Кань-Белое, Плисса Большая) доходила до 70–83 %, при ИИ, достигающей 52–73 пар./рыбу. В то же время в прудовых хозяйствах, благодаря регулярному проведению лечебно-профилактических мероприятий, ЭИ редко превышает 10–20 %, ИИ – 2–5 пар./рыбу.

Таким образом, изучение паразитофауны рыб в озерах представляет собой не только теоретический, но и практический интерес.

Parasites dangerous for fish in Belarusian lakes. S.M. Degtjarik. In Belarusian lakes, diseases of different fish occurred, which were caused by *Ligula intestinalis*, *Anguillicola crassus*, *Ergasilus sieboldi* and other parasites. Regular parasitological investigations must be an essential element of fishery management in natural water bodies.

ЗАВИСИМОСТЬ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ОЗЕР ОТ НЕКОТОРЫХ БИОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

В.Г. Костоусов, В.А. Мищенко

РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Беларусь, belniirh@tut.by

Рыбопродуктивность, как свойство водоемов (водных экосистем) продуцировать ихтиомассу, является важнейшим показателем рыбохозяйственной значимости водоема. Проблемы определения рыбопродуктивности остаются одними из наиболее актуальных при определении рыбохозяйственного использования водных объектов. Применительно территории Беларуси подвергнуты анализу данные по 276 озерным водоемам, территориально относимым к зонам Белорусского Поозерья (252), центральной части (10) и Белорусского Полесья (14), обследованным в разное время и по которым установлены состав наличной ихтиофауны и величины рыбопродуктивности (биомассы рыб). По результатам исследований сформированы базы данных, включая промысловую и общую рыбопродуктивность, а также комплекс морфометрических (площадь, глубина максимальная и средняя), гидрохимических (рН, прозрачность воды, концентрация минерального фосфора, общая минерализация) и биопродукционных (объем ихтиоценоза, биомасса фитопланктона, зоопланктона и зообентоса). Кроме этого введены и оценены некоторые интегрированные показатели, как то генетический тип, морфоэдафический коэффициент и группа по рыбохозяйственной классификации. Проведенный дисперсионный анализ баз данных позволил установить корреляционные, регрессионные парные и множественные зависимости, на их основе определить пары признаков с максимальными коэффициентами корреляции и аппроксимации. Зависимость рыбопродуктивности от комплекса абиотических и биотических факторов имеет положительную корреляцию с разной степенью напряженности. Максимальные уровни аппроксимации выявлены для пар ихтиомасса – биомасса фитопланктона, ихтиомасса – биомасса зоопланктона. Биомасса зообентоса не дает существенной корреляционной зависимости с ихтиомассой. Из абиотических факторов наибольший уровень аппроксимации выявлен для показателей прозрачности воды и средней глубины.

Установлена определенная зависимость величины ихтиомассы от объема ихтиоценоза. Отмечена тенденция нарастания ихтиомассы от минимальных до средних значений объема ихтиоценоза, после чего темпы прироста рыбопродуктивности существенно снижаются. Установлена высокая корреляционная зависимость объема ихтиоценоза от площадных показателей озер, описываемая уравнением парной регрессии. Зависимость рыбопродуктивности от комплексных показателей (морфоэдафический коэффициент, генетический тип и группа по рыбохозяйственной

классификации не в должной мере отвечают требованиям построения регрессионной модели. Зависимость рыбопродуктивности от категории рыбохозяйственного класса водоема имеет положительную корреляцию со средней степенью напряженности, но не описывается регрессионными решениями ввиду многофакторности рассматриваемого признака.

В соответствии с выбранным направлением построения линейной многофакторной модели были сформированы соответствующие базы данных по значениям лимнических и биопродукционных показателей анализируемых озер, по которым отмечена наибольшая степень корреляции с рыбопродуктивностью. Поскольку степень взаимосвязи между прямыми значениями рыбопродуктивности и анализируемыми показателями не носит четкого характера, данные были приведены к единым объемным показателям, а в целях снижения дисперсии и приведения к линейному виду, прологарифмированы. В качестве переменных использованы показатели, имеющие статистически значимую корреляцию с общим запасом ихтиомассы. Регрессионный анализ проведен со статистически значимыми переменными: lg Глубина средняя, lg Прозрачность, lg Биомасса зоопланктона, lg Биомасса фитопланктона. Уравнение многофакторной регрессии при этом принимает вид:

$$\begin{aligned} \lg(\text{Общ. запас ихтиомассы, г/м}^3) = & \\ & - 0,82 (\lg \text{ Глубина средняя}) \\ & - 0,10 (\lg \text{ Прозрачность}) \\ & + 0,056 (\lg \text{ Биомасса зоопланктона}) \\ & + 0,103 (\lg \text{ Биомасса фитопланктона}) + 1,88 \end{aligned}$$

Dependence of lake's fish productivity on some biolimnological factors. V.G. Kostousov, V.A. Mischenkov. On the example of Belarus lakes the attempt to trace the dependence of lake's fish productivity from some biolimnological factors was made. The greatest approximation coefficients were found in pairs with average depth and water transparency as well as with the biomass of phyto - and zooplankton. The equation of linear regression that describes this relationship was given.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЫБ-ПЛАНКТОФАГОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С «ЦВЕТЕНИЕМ» ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ТЭС

П.А. Митрахович, В.Г. Костоусов, В.М. Самойленко

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
mitrakhovichpa@mail.ru*

РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Беларусь, belniirh@tut.by

Следствием интенсивного и разнопланового антропогенного воздействия на экосистему водоема-охладителя Лукомльской ТЭС является бурное развитие водорослей, в особенности цианопрокариот, вызывающих в теплое время года «цветение» воды. В ряде случаев биомасса фитопланктона и нитчатых водорослей достигает критических значений, уменьшая пропускную способность водозаборных сооружений, снижая экономичность станции, вплоть до аварийной остановки энергоблоков. Технические мероприятия для борьбы с этими явлениями дороги, в связи с чем предпочтение следует отдать методам биологической мелиорации, как наименее затратным и более экологичным.

Для борьбы с чрезмерным развитием фитопланктона широко используют растительноядных рыб-фильтраторов дальневосточного фаунистического комплекса (толстолобиков и их гибридов). Толстолобики способны на 1 кг собственной массы ежедневно профильтровывать до 1,5 м³ воды. Водоросли являются излюбленной пищей белого и, частично, пестрого толстолобиков. Установлено, что продуцирование 1 кг массы толстолобиков за вегетационный сезон способно сдерживать продукцию до 900 кг водорослей.

Абиотические факторы экосистемы водоема-охладителя, качество воды соответствуют условиям, необходимым для обитания растительноядных рыб. Экоотопом для планктофагов служит водная толща пелагиали озера, достигающая в объеме 191 млн. м³ при площади около 2900 га (без учета зоны зарастания макрофитами). По результатам наблюдений в 2012–2013 гг. среднесезонная биомасса фитопланктона составила 9,49 г/м³, зоопланктона – 0,835 г/м³. Чистая продукция планктонных сообществ (с учетом рациона хищников) составила: по фитопланктону – 108,186 г/м³, по зоопланктону – 6,944 г/м³ или в расчете на весь объем водной массы – 26938 и 2288 т соответственно. Потреблением фитопланктона аборигенными рыбами можно пренебречь, поскольку среди них нет типичных фитофагов. Объем выедания продукции зоопланктона аборигенными видами рыб составляет порядка 1648 т в год.

Согласно расчетам, резерв планктонной кормовой базы, которую можно использовать для нагула толстолобиков, составит: по фитопланктону 26,9 тыс. т, по зоопланктону – 0,64 тыс. т в год. С учетом кормовых коэффициентов по фито- и зоопланктону для вселяемых видов рыб, их

потенциальная продукция за сезон может составить до 770 и 90 т за счет фитопланктона и зоопланктона. Потребная плотность посадки двухлетков/двухгодовиков пестрого толстолобика составит 90 тыс. экз. или 30 экз./га осваиваемого биотопа, – белого толстолобика существенно выше (до 350 экз/га), однако в настоящее время она не может быть полностью удовлетворена из-за отсутствия необходимого количества посадочного материала в рыбхозах-производителях. По этой причине рекомендуемая плотность посадки белого толстолобика может быть снижена до 290 тыс. экз. или 100 экз./га осваиваемой площади.

В качестве ориентиров конечной массы возрастной группы можно использовать толстолобиков при пастбищной аквакультуре на базе водоемов-охладителей (таблица).

Таблица. Средняя масса рыб, подлежащих вылову

Виды рыб	Среднештучная масса, г			
	трехлетки	четырёх- летки	пятiletки	шести- летки
Пестрый толстолобик и гибриды	650	1100	2400	3600
Белый толстолобик	400	1000	2600	4200

Рассчитана допустимая плотность посадки вселенцев. Для двухлетков/двухгодовиков пестрого толстолобика она составит 30 экз./га осваиваемого биотопа, для белого толстолобика – до 350 экз./га. Потенциальная рыбопродукция по зоне освоения для толстолобиков составит не более 77 % от расчетной по озеру. Ожидаемый промысловый возврат от зарыбления старшевозрастным посадочным материалом – 60 %. Периодичность зарыбления – через три года. При условии рекомендованного зарыбления и ожидаемом промысловом возврате потенциальная рыбопродукция по пестрому толстолобику (гибридам толстолобиков) может составить от 3,9 до 8,2 кг/га, по белому толстолобику от 9,5 до 23,9 кг/га общей площади. В совокупности это дает возможность получения потенциального годового улова растительноядных рыб от 45,5 до 117 т в год. Источниками поставки посадочного материала толстолобиков могут быть: ОАО «Рыбхоз» Новинки», рыбоводный участок «Новолукомльский» Чашникской ПМК-26 и ОАО «Опытный рыбхоз «Селец».

The use of plankton eating fish to prevent «blooming» in the cooling pond of the thermal power plant. P.A. Mitrakhovich, V.G. Kostousov, V.M. Samoilenko. Abiotic habitat conditions and natural food supply of plankton feeding fish in the cooling pond of the thermal power plant. To reduce algal blooms is recommended to inhabit the pond with planktonic feeding fish-filters. The approximate rate of planting and potential fish production of plankton feeding fish is calculated.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ФАУНЫ РЫБ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

Ю.В. Слынько

Институт биологии внутренних вод РАН, п. Борок, Россия, syv@ibiw.yaroslavl.ru

Исследована изменчивость локуса Cyt b мтДНК в популяциях видов, составляющих основу фауны рыб водоемов Западной Монголии: алтайские османы, хариусы, усатые гольцы. Проведен филогенетический и филогеографический анализ видов рода *Thymallus* (хариусы) и *Orthrias* (усатые гольцы) и уточнена их таксономическая структура и время дивергенции видов (рис. 1). Для усатых гольцов осуществлена кластеризация таксонов и обнаружен новый таксон в бассейнах верховьев р. Орхон и оз. Буйр-Нур. Установлено, что все современные виды Центральной Азии происходят от предков амфибореальной фауны и являются автохтонными элементами региона. Происхождение всех трех групп соотносится с неогеном. Ранее всех обособляются хариусы (27–26 м.л.н., олигоцен - начало миоцена), затем усатые гольцы и алтайские османы (18 млн.л.н., середина миоцена). Все группы рыб Центральной Азии берут начало от представителей китайского равнинного комплекса и не являются результатом смешения ледовитоморской и китайской фаун. А вот видообразование в пределах каждой группы более или менее связано с тектоническими и климатическими трансформациями региона на рубеже плиоцена и плейстоцена.

The origin and evolution of the fish fauna of Western Mongolia. Yu.V. Slynko. Based on molecular-genetic analysis of the fish species Western Mongolia found that all modern Eurasian species grayling, stone-loach and Altai osman are descended from ancestors of the amfiboreal fauna and are elements of your own region to Central Asia, formed at the turn of the Oligocene and Miocene.

НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ В ОРГАНИЗМАХ РЫБ ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ

П.М. Терентьев, Н.А. Кашулин

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра
Российской академии наук, г. Апатиты, Россия, p_terentjev@inep.ksc.ru*

Спецификой крайней материковой части северо-запада России (Мурманская область) является высокая промышленная освоенность, и, связанная с ней, значительная трансформация природных экосистем. К числу основных отраслей промышленности, негативно влияющих на состояние пресноводных, наземных экосистем, а также здоровья населения относятся черная и цветная металлургия, горнодобывающая, горно-перерабатывающая промышленность, энергетика, военно-промышленный комплекс. При этом тяжелые металлы (медь, никель, кадмий, кобальт, свинец) являются приоритетными загрязняющими веществами региона и сопредельных стран Северной Фенноскандии. Однако, проблеме ртутного загрязнения арктических территорий России, как правило, не уделяется должного внимания. Известно, что районы Арктики помимо локальных источников, подвержены усиливающемуся влиянию ртутного загрязнения за счет процессов трансграничного переноса, главным образом, из стран Азии (АМАР, 2002, 2008). Постоянно растущий интерес исследователей европейских стран к проблеме загрязнения и токсического влияния ртути на биологические системы показывает, что изучение особенностей распространения, перераспределения и накопления соединений ртути в компонентах природной среды является одной из актуальных научных задач в настоящее время. Особую важность при этом имеют пресноводные системы (озера и водохранилища), являющиеся своеобразными приемниками всех поступающих загрязняющих веществ с территорий водосбора. Среди обитателей водных экосистем рыбы, являющиеся представителями высших трофических уровней, объектами промыслового использования и ценным пищевым ресурсом человека, также широко используются как индикаторы качества среды и степени токсичности вод.

Нами были исследованы закономерности накопления ртути в органах рыб более 50 водоемов Мурманской области и приграничных районов Норвегии и Финляндии. Было оценено содержание ртути в органах и тканях типичных для арктических водоемов видов рыб (кумжа, арктический голец, обыкновенный сиг, окунь, щука, европейская ряпушка). Для ряда водоемов проанализированы данные за продолжительный период, свидетельствующие о тенденции к увеличению «ртутной нагрузки» на биологические системы (таблица).

**Таблица. Динамика уровней накопления ртути в органах рыб
приграничного оз. Виртуовошъяур (Мурманская область)**

Период исследования, годы	Среднее содержание ртути, мкг/г сухого веса		
	печень	почки	мышцы
Окунь			
2005	0,62	0,65	0,79
2007	0,68	0,63	1,23
2013	0,79	0,53	1,38
Щука			
2005	0,50	0,70	1,55
2007	1,00	1,21	2,81
2013	1,11	0,85	2,19
Сиг			
2005	1,09	1,30	0,38
2007	1,66	1,85	0,72
2013	1,28	1,49	0,56

Одной из задач исследования являлась разработка подходов к нормированию содержания ртути в органах рыб, связанная с отсутствием строгих и единых нормативных показателей между тремя странами. Было показано, что уровни накопления ртути в организмах рыб не зависят от интенсивности нагрузки на озерные экосистемы локальных источников загрязнения. Наиболее высокие концентрации металла обнаружены в рыбах озер, удаленных от крупных промышленных предприятий региона. Значительные величины накопления ртути обнаружены практически у всех рассматриваемых видов рыб в водоемах указанных стран. У отдельных особей (кумжа, окунь, щука, сиг) содержание металла многократно превышали даже относительно «завышенные» величины ПДК, установленные для РФ (0.5 мкг/г сырого веса). Выявленные закономерности свидетельствуют о глобальном масштабе распространения ртути в арктических широтах, требуют постоянного контроля за состоянием пресноводных экосистем Северной Фенноскандии, а также разработки единой и более жесткой системы нормирования содержания ртути в биологических объектах и природных водах

The mercury accumulation in fish of the North Fennoscandia water bodies. P.M. Terentjev, N.A. Kashulin. It was established that mercury accumulation in fish from the North Fennoscandia lakes exceeded MPC limits. The maximum mercury content in fish registered in small lakes, located at a considerable distance from the industrial enterprises of the region, that may be an evidence of processes of global Hg pollution.

**SEDIMENTATION FLUX IN SHALLOW LAKES OF DIFFERENT
TROPIC STATE**

**B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, T.M. Mikheyeva, R.Z. Kovalevskaya,
N.V. Dubko, J.K. Veras**

Belarusian State University, Minsk, Belarus, belaqualab@gmail.com

Sedimentation is a major process for supply of lower water layers and bottom by particulate matter and it also affects the rate of elimination of bioavailable nutrients from the upper productive layer.

The aim of our work was to analyze sedimentation flux of suspended matter, including concentration of chlorophyll and total organic matter, and relationship between sedimentation rates and primary productivity in lakes of different trophic state.

The study was conducted in vegetative season (May–October 2013) in the five polymictic lakes, located in northwest of Belarus. Lakes are mixed well by wind for all vegetative season. Homothermy occurs for almost all study period in all lakes.

The lake have different trophic state: total phosphorus concentration varies between 6 and 18 $\mu\text{g/l}$ in Naroch lake, 13 and 32 $\mu\text{g/l}$ in Myastro lake, 16 and 25 $\mu\text{g/l}$ in Beloye lake, 11 and 31 $\mu\text{g/l}$ in Batorino lake, 40 and 98 $\mu\text{g/l}$ in Bolshye Shvakshty lake. Total nitrogen concentration varies between 640 $\mu\text{g/l}$ in Naroch lake and 4765 $\mu\text{g/l}$ in Bolshye Shvakshty lake. The Carlson trophic state indices (TSI) calculated as average of three partial indices for Secchi depth, total phosphorus and chlorophyll varies between 31 in Naroch lake and 70 in Bolshye Shvakshty lake.

Variability of sedimentation fluxes in different trophic conditions was studied using three sets of sediment traps, which were deployed at deep stations positioned in central side of each lake. Trap locations were chosen to represent pelagic areas of the lakes. At each station, a set of «lower» traps was positioned near the bottom (~ 1 m above the bottom), a set of «middle» traps was positioned at the middle of water column and the «upper» traps were deployed below the water surface. The combination of «lower», «middle» and «upper» traps was aimed to investigate the sedimentation flux in different water layers of lakes.

Our investigations showed that three peaks of gross sedimentation rate (GSR) were observed at spring, end of summer and middle of fall in least trophic Naroch lake. One legible peak was identified at early fall in Myastro and Beloye lakes and two peaks were identified at early fall and early summer in Batorino lake. The gradually increase of GSR till early fall took place in most trophy Bolshye Shvakshty lake.

The lowest value of GSR (0.103 g of dry matter $\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) was for «top» traps in May in Naroch lake and the highest value (167.09 g of dry matter $\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) was for «lower» traps in September in Bolshye Shvakshty lake. For «top» and «middle» traps only the highest value (84.32 g of dry matter $\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) was for «middle» traps in September in Batorino lake.

Sedimentation rates measured in dry matter (GSR), organic matter (OMSR) and chlorophyll «a» (Chl.aSR) were very similar. Correlation coefficients values between GSR, OMSR and Chl.aSR for all traps in each lake were high (0.61–1.00) and statistically significant ($p < 0.01$). This shows that main sedimentation flux was formed by chlorophyll contains suspended matter. The major source of chlorophyll contains seston is planktonic primary producers (phytoplankton). Thus, newly produced (autochthonous) particulate organic matter (POM) is major source of primary sinking POM in sedimentation flux.

The total primary productivity under m^2 (TPP) increased from spring to summer and then TPP gradually declined to the fall in all studied lakes. Clearly it is seen that in oligotrophic Naroch lake TPP mostly for all vegetative season exceeded OMSR. In fall only OMSR was greater than TPP. In mesotrophic lakes TPP was almost equal OMSR till August (Myastro lake) or July (Beloye lake) and then OMSR rapidly increase while TPP gradually declined. In eutrophic Batorino and Bolshye Shvakshty lakes OMSR exceeded TPP greatly during all vegetative season.

Total for vegetative season TPP/OMSR ratio, measured as a square under TPP and OMSR lines decreased distinctly with the increased of TSI. TPP/OMSR value was above 1 in less trophic Naroch lake only. In over lakes total sedimentation flux was more than total primary production of plankton.

It shows that proportion of newly produced POM in sedimentation flux decreased with increase of lake's trophic state accordingly proportion of resuspension matter should increased. Thus, OMSR exceeding TPP in studied lakes may be considered as a minimal value of resuspension. Resuspension calculated by the method of Gasith (1975) varies from 27.7 % in Naroch lake to 93.5 % in Myastro lake.

PRIMARY COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF HEAVY METALS RISK IN THE SEDIMENT OF LAKE KOYCEGIZ

Feyyaz Keskin¹, Ahmet Demirak¹, Nevin Güler Dinçer²

¹*Mugla Sıtkı Koçman University, Environmental Problems Research and Application Center, 48000 Mugla, Turkey, ademirak@yahoo.com, ademirak@mu.edu.tr*

²*Mugla Sıtkı Koçman University, Science Faculty, Department of Statistics, 48000 Mugla, Turkey*

Heavy metal pollution due to chemical contamination has been high on the world agenda in recent years. Unlike organic contamination, metallic one cannot be broken chemically or biologically. Therefore, heavy metals become threatening living things in the long run by transforming into different forms when they enter the food chain. In recent years, although there have been many studies on heavy metal pollution, very little research has been done on the basis of heavy metal fractions. Yet, studies through the determination of just total heavy metal concentrations can be only used as a global index in terms of heavy metal pollution. But they do not provide information about the toxicity, bioavailability, and resources of heavy metals. Chemical fractions of heavy metals need to be explored in order to obtain this information. In this study, five stations were selected in Köyceğiz Lake and sediment samples were collected by Eckmann Grab twice in November 2011, January and April 2012. These samples chemical fractions of heavy metals and physico-chemical parameters were analyzed in sediment samples. Chemical fractions of eight heavy metals (Fe, Mn, Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn) was studied using three stage extraction procedure proposed by the Community Bureau of Reference (BCR) and metal concentrations were determined by ICP-AES. The data were evaluated both total metal and metal fraction concentrations by using fuzzy comprehensive assessment. The risk assessment was made base on total metal concentrations almost all metals pose a risk. However, only exchangeable fractions are taken for assessment that showed Pb was determined major pollutant and hazardous metal in Köyceğiz Lake.

CHANGES OF WATER LEVEL AS REACTION TO HEAVY RAINFALL, FLASH FLOODS ON THE CITY OF POZNAŃ EXAMPLE

K. Jawgiel

Adam Mickiewicz University of Poznań, Poznań, Poland, jawka@amu.edu.pl

Currently it is observed more intense meteorological phenomenas. It also includes heavy rains, which are important in terms of the functioning of the catchments. As a result of a very efficient precipitation is a rapid flow of water after slopes, begin to function trough episodic and periodic (Ilverson 1997, Ciupa 2009).

Flash and urban floods are characterized by a short time and local range. The main direct causes of flash floods are very heavy localized rainfall, especially in combination with large slopes and land use in urban areas, intense melting of snow cover or glacier ice, damage or destruction of a dam, dike or other structure in the riverbed, the break of flood embankments, the sudden release of water from the lake (e.g. *jökulhalup*), sudden increase of water level in lake (e.g. caused by landslide), flooding the area by collected rainwater on non-permeable area. Flood disaster is reflected in various significant economic and social losses, especially in the urbanized areas. (Pociask-Karteczka i Żychowski 2014). Apart from the precipitation, on the course and size of floods affect physiographic features of catchment, such as elevation, the soil, the shape of the catchment, hydrographic network, land cover and road network. If within the catchment there are several factors contributing to the occurrence of flash flood, usually its course is more rapid and stronger (Dobija and Dynowska, 1975; Soczyńska, 1997; Bryndal et al., 2010; Bryndal, 2011; Pociask-Karteczka i Żychowski, 2014).

Poznan it is characterized by diversity of land use and large as the conditions of lowland terrain height differences. This is due to its location on different terraces of Warta river and young-glacial landscape. Poznań is a city where intensive urbanization leads to a reduction of the biologically active surfaces. This phenomenon can be observed both in the center and on the outskirts of the city. Impervious areas are rarely replaced by parks, squares and other green infrastructure elements, which leads to the acceleration of surface runoff and consequently flash flooding (Kaniecki, 2013; Graf, 2014). In the area of the city center of Poznań contains four small rivers are its outlet in the Warta River – Bogdanka (45,1 % non-permeable area), Cybina (16,4 %), Kopel (23,7 %), Strumień Junikowski (51,7 %), Strumień Różany (25,6 %). Most of them are largely urbanized and regulated and has parameters specific to the catchment prone to flash flooding.

The result of these actions are the being observed in the recent years rapid freshets occurring with increased frequency and characterized by higher culmination flows, thus causing serious threat to road facilities and hydraulic engineering structures, alike.

In the article there is analysis of meaning un-porous indicator for pick of runoff hydrograph. Field studies are concentrated in the summer time when rainfall is most intense in Poland. At this time they are installed divers – water level loggers, which permanently measuring the level of water in small rivers of Poznań. Resolution of loggers amounted 0,41cm and time response 10 minutes.

Aim of this article is to present the changes of water level as due to heavy rainfall in the urban area of Poznan and comparison with parameters that may have a key role in the occurrence of flash floods. The most important parameters by Bryndal (2010) are Catchment Area, Average lengths of streams, Basin circularity, Average channel slope, Drainage Network Density, Bifurcation index and parameters concerning land use. These data will be combined with precipitation measured with 6 hour time response (Ławica Airport, Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute). These studies can give the answer what is the indirect cause of the formation of flash and urban floods in the city of Poznań (Kaniecki, 2013; Graf, 2014).

FLASH FLOOD MONITORING WITH USE OF VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION ON THE EXAMPLE OF POZNAŃ

K. Jawgiel

Adam Mickiewicz University of Poznań, Poznań, Poland, jawka@amu.edu.pl

Flash and urban floods are characterized by a short time and local range. Their direct cause are heavy rains, especially in combination with large slopes and land use in urban areas. Poznań is a city where intensive urbanization leads to a reduction of the biologically active surfaces. This phenomenon can be observed both in the center and on the outskirts of the city. Impervious areas are rarely replaced by parks, squares and other green infrastructure elements, which leads to the acceleration of surface runoff and consequently flash flooding. Collecting accurate data about the places and the nature of the occurrence of such phenomena will allow you to in the long term understanding the regularities and prevention such phenomenas. Flash floods are particularly difficult to observation and measurement on the because of short duration. Information on this subject can give observation of the entire

area of the city and the continuous nature of the observation (Dąbkowski et al., 2009; Kanieck, 2013; Bryndal, 2014; Pociask-Karteczka and Żychowski, 2014; Graf, 2014).

Volunteered Geographic Information (VGI) is a method of observation performed by a group of observers without the use of measuring equipment. This method has been criticized because of the unprofessional approach of researchers, the subjectivity of the evaluation and the possibility of making conscious and unconscious errors. Its advantages are low operating costs and a wide range of spatial observation. It is used primarily to support a different measurement system, based on professional research equipment (Goodchild, 2007; Parker et al., 2013).

In the Project (website: www.hydrolog-flashflood.home.amu.edu.pl) measurement system takes into network of divers – water level loggers, which are located on small rivers in Poznań at risk of flooding. Resolution of the loggers is 0,41cm and time response amounts 10 minutes. These measurements not including areas out of rivers, especially sewers. Therefore they are supplemented by reports from two groups of volunteers: amateur and semi-professional. The group of semi-professional consists of observers who are education geographical, aware of the phenomenon and such dangers. They got special training and are informed of the possibility of the phenomenon. A group of amateur using an online PHP script which only include information about the time and location of the phenomenon. It was also established cooperation with several local companies and institutions for mutual exchange of information. This data includes the location of broken sewers. In these cooperation participating municipal water supply, the State Fire Service, local utilities and transport companies communicate using Radio. This combination of methods of observation and measurement gives results of large range data.

Flash and urban floods are very dynamic phenomenas, so very often pose difficulties researchers. Therefore, it is necessary to broaden the scope of spatial information collected outside the hot spots. Using volunteers becomes that much more important that they can relate to inefficient municipal sewers, rivers or sections that are not covered by the standard methods of observation, especially in an urban environment where there is potentially a lot of observers (Pociask-Karteczka and Żychowski, 2014; Parker et al., 2013; Jawgiel, 2015).

Poster presents a complex structure of monitoring system of flash flood in the city of Poznań with a variety of data sources. The work presents the basic findings in terms of the potential the VGI of flash- and urban flood studies. Although the observations are burdened with large social subjectivity of observers, these data are becomes accepted by scientists. Functioning of the

service is described in a way that allows its reproduction in next works. It is obvious that the observations made macroscopically can not replace measurements using modern equipment and the data will not be as detailed and credible. That is why it is important the right calculating of materiality level and confidence interval. A good practice is to standardize the data from volunteers in relation to measurement data, eg. to develop a questionnaire that consisted exclusively of closed questions whose answers can be easy applied to measurement data.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМ РЕЗЕРВУАРОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ К ТЕХНОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

О.Ю. Астраханцева

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии
им. А.П. Виноградова СО РАН, astra@jgc.irk.ru*

Байкальский государственный университет экономики и права

Установлена геохимическая устойчивость экосистем каждого резервуара оз. Байкал при попадании химических элементов и органического вещества в озеро с техногенным стоком (таблица).

**Таблица. Классы экологической опасности компонентов и прогноз
их поведения в резервуарах в случае воздействия антропогенной
нагрузки на оз. Байкал**

Компоненты	Южный резервуар	Селенгинский	Средний	Ушканье-островский	Северный
K ⁺	У Д III	У ВД II	У ВД II	У ВД II	С ВД I
Na ⁺	У Д III	У Д III	У ВД II	У ВД II	У ВД II
Ca ²⁺	Л IV	Л IV	У Д III	Л IV	У ВД II
Mg ²⁺	У ВД II	У Д III	У ВД II	У ВД II	У ВД II
Al	С ВД I	С Д III	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Si	С ВД I	С Д III	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Mn ²⁺	С В I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Fe _{общ}	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
SO ₄ ²⁻	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
HCO ₃ ⁻	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
Cl ⁻	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
NO ₃ ⁻	С ВД I	У Д III	С ВД I	С ВД I	С ВД I
PO ₄ ³⁻	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
As	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
B	Л IV	Л IV	У ВД II	Л IV	У В II

Компоненты	Южный резервуар	Селенгинский	Средний	Ушканье-островский	Северный
Cr	СВД I	СД III	СВД I	СВД I	СВД I
Cu	СВД I	Л IV	СВД I	СВД I	СВД I
Cd	УВД II	УВД II	СВД I	УВД II	СВД I
Hg	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
Pb	СВД I	УД III	УВ II	СВД I	СВД I
Sr	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
Zn	УВД II	Л IV	Л IV	УВД II	СВД I
Co	СВД I	УВД II	СВД I	СВД I	СВД I
U	УВД II	УВД II	СВД I	УВД II	СВД I
V	СВД I	УВД II	СВД I	СВД I	СВД I
Br	УВД II	УД III	УВД II	УВД II	СВД I
Rb	СВД I	УВД II	СВД I	СВД I	СВД I
Mo	Л IV	УВД II	УД III	УВД II	УВД II
C _{орг}	УД III	УД III	УВД II	УД III	УВД II
N _{орг}	УВД II	УД III	УВД II	УВД II	УВД II
P _{орг}	СВД I	УВД II	СВД I	СВД I	СВД I
S _{орг}	УД III	УД III	УВД II	УД III	УВД II
Ti	СВД I	УВД II	СВД I	СВД I	СВД I

Примечание. С – слабоподвижные накапливаются; У – умеренноподвижные, частично выносятся, частично накапливаются; Л – легкоподвижные выносятся; В – накапливаются в водах; Д – накапливаются в донных отложениях; ВД – накапливаются в донных отложениях и водах, I, II, III, IV – классы экологической опасности.

Озеро Байкал – ультрапресное озеро с малым содержанием биогенных элементов в его водах. Прирост биомассы планктона ограничен поставкой биогенных элементов в трофогенный слой с потоком из донных отложений. Из-за низкого стока озерных вод в резервуарах по сравнению с массами вод в каждом резервуаре, ликвидация техногенных аварий будет крайне медленной. Существующие в каждом резервуаре группы компонентов (“связанных»), участвующие в химическом круговороте, т.е. уходящие с потоком в донные отложения и возвращающиеся с потоком из донных отложений, в случае техногенных аварий с этими компонентами, в четырех резервуарах не будут утилизированы, как в обычных неглубоких континентальных озерах, а с потоком из донных отложений, за исключением ничтожной захороненной части, вернутся обратно, вызывая вторичное заражение и накапливаясь в водах. Эти компоненты будут связаны и не попадут в другие резервуары, но будучи вовлеченными в химический круговорот, нарушат существующие химическое и биологическое равновесия и вызовут этим катастрофические изменения качества вод в этом резервуаре. Любой больший по сравне-

нию с существующим приток биогенных элементов извне вызовет их накопление в водоеме, сдвинет существующее равновесие «биогенные элементы – живое вещество» и повлечет за собой эвтрофикацию, массовое развитие фито- и бактериопланктона, особенно синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды и резкое ухудшение ее качества. Другая группа компонентов («подвижных» или проточных или «транзитных») – основная часть вещества – в случае техногенных аварий, содержащих эти компоненты, со стоком озерных вод попадет в другие резервуары озера и в р. Ангару. Из-за низкого стока по сравнению с массами вод озера, эти компоненты будут накапливаться в водах озера и, повысив минерализацию озерных вод, опять же вызовут изменение качества воды. Только в Селенгинском резервуаре и только техногенный сброс, не содержащий «транзитные» компоненты, будет ликвидирован – утилизирован в донные осадки.

Geochemical stability of Lake Baikal reservoirs to technogenic pollution.

O.Yu. Astrakhantseva. Boundaries of ecological zones and standards for permissible impact on the ecosystem of the lake Baikal are the most important scientific problems in the formation of environmental policy in the Baikal region. The aim of this work was to establish the geochemical stability of ecosystems of the South, Selenga, Medium, Skaneatles, North of the reservoirs in contact with chemical elements and organic matter in the lake Baikal anthropogenic runoff. The methods used to study the macro-systems: a structural-functional method and balance calculations. The features that are pollutants (elements of class I and class II environmental risk for lake Baikal) is defined for each reservoir.

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРИРОДНОЙ ВОДЫ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**С.Л. Белова, О.М. Горшкова, К.А. Чевель, Д.Д. Бадюков,
А.А. Жильцова, С.В. Пацаева**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
gorshk@yandex.ru*

Можайское водохранилище – крупнейший искусственный резервуар речной воды для питьевого водоснабжения в верховье р. Москвы. В формировании химического состава его вод первостепенную роль играет поступление и последующая трансформация различных форм органических и неорганических веществ со всего его водосбора при прохождении воды от верховья до плотины Можайского гидроузла. Территория водосбора значительно застроена коттеджными поселками, садово-огородными товариществами, там же находятся: деревни Мышкино (верховье Можайского водохранилища), Красновидово, поселок Ильинское и другие населенные пункты. К ним проложены автомобильные дороги, на которых обустроены автомобильные стоянки и автозаправки. Прибрежная зона Можайского водохранилища является популярным местом рекреации. Поэтому при антропогенной нагрузке на прибрежную зону и территорию водосбора водохранилища мы считаем необходимым расширить набор основных гидрохимических показателей для изучения и оценки качества воды. Цель данного исследования – определить основные показатели качества природной воды Можайского водохранилища и изучить взаимосвязь между ними. Для этого был проведен отбор проб поверхностной (0,5 м), в зоне термоклина и придонной воды от верховьев по направлению к плотине Можайского водохранилища. Пробы были отобраны 25 июня 2015 г. Всего было отобрана 21 проба в 7 точках. В каждой пробе были определены: рН, общая минерализация, жесткость, щелочность, общее железо, сумма тяжелых металлов (Zn, Cu, Pd), фториды, хлориды, катионы калия, натрия, аммония, нитраты, нитриты, фосфор минеральный, органический и общий, цветность, химическое потребление кислорода, растворенный органический углерод, углеводы, нефтепродукты. Для определения гидрохимических параметров качества использовали спектрофотометрический, электрохимический, объемный, флуоресцентный методы анализа (Горшкова О.М. и др., 2015). Измерения концентраций исследуемых компонентов проводили на современном аналитическом оборудовании фирмы «Эконикс-эксперт» (Россия), «Shimadzu» (Япония) и «Hanna» (Нидерланды). Были рассчитаны коэффициенты корреляции между логически выбранными парами гидрохимических показателей качества воды. Установлена достоверная корреляционная связь между ними ($r = 0,5–0,8$, $n=21$). Первое

направление изучения качества воды в Можайском водохранилище – это выявление наиболее загрязненных участков по горизонтали от верховья к плотине. Показано, что вблизи крупных населенных пунктов начиная с места впадения в верховье водохранилища р. Москвы и р. Лусянки (д. Мышкино) наблюдаются высокие концентрации растворенного органического вещества (цветность, таблица) и фторидов (0,4–0,3 мг/дм³). Рядом с крупными населенными пунктами (Красновидово, Ильинское) отмечено более высокое содержание биогенных элементов в воде.

Второе направление изучения изменения гидрохимических показателей качества воды – по вертикали: поверхность, слой скачка и у дна. Придонные горизонты Можайского водохранилища характеризуются повышенным содержанием железа, аммонийной формы азота, в некоторых случаях углеводов, растворенного органического вещества. В зоне скачка (термоклина) как правило, наблюдается концентрирование растворенного органического вещества и связанных с ним тяжелых металлов.

**Таблица. Основные показатели качества воды
Можайского водохранилища**

Горизонт, м (станция)	NH ⁴⁺ , мг N/дм ³	Rвал, мг P/дм ³	Pорг, Мг P/дм ³	Цветность, град.
0,5 (Мышкино)	0,09±0,01	0,045±0,002	0,033±0,002	25,3±1,3
2,0 (Мышкино)	0,01±0,01	0,048±0,002	0,039±0,002	64,8±3,2
4,5 (Мышкино)	0,01±0,01	0,069±0,003	0,032±0,002	26,6±1,3
0,5 (Красновидово)	0,10±0,01	0,303±0,015	0,296±0,015	16,7±0,8
5,0 (Красновидово)	0,09±0,01	0,040±0,002	0,011±0,001	21,4±1,1
9,0 (Красновидово)	0,21±0,02	0,044±0,002	0,017±0,001	18,6±0,9
0,5 (Ильинское)	0,18±0,02	0,032±0,002	0,013±0,001	18,4±0,9
4,0 (Ильинское)	0,29±0,03	0,030±0,002	0,010±0,001	15,7±0,8
8,0 (Ильинское)	0,20±0,02	0,020±0,001	0,004±0,001	15,1±0,8

Методы лабораторных и полевых исследований: Учебно-методическое пособие /Горшкова О.М., Горецкая А.Г., Корешкова Т.Н., Краснушкин А.В., Марголина И.Л., Потапов А.А., Пращкина Е.М., Шкиль А.Н.; Под ред. М.В. Слипенчука. 3-е изд. М.: Географический факультет МГУ, 2015. 220 с.

The main indicators of Mozhaik reservoir natural water quality. S.L. Belova, O.M. Gorshkova, K.A. Chevel, D.D. Badyukov, A.A. Zhiltsova, S.V. Patsaeva. The investigation of water quality of Mozhaik reservoir, and the relationship between hydrochemical parameters.

КОЛЛОИДНЫЕ ФОРМЫ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В МОРСКИХ И ПРЕСНЫХ ВОДАХ

О.М. Горшкова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
gorshk@yandex.ru*

При оценке потоков органического вещества (ОВ) в биосфере большое значение имеет определение дисперсного состояния растворенного органического вещества (РОВ) в природных водах. Особо следует отметить важность изучения коллоидной формы растворенного органического вещества (КОВ). Это связано с широкой распространенностью КОВ и малой его изученностью. КОВ, является наиболее лабильной формой и занимает промежуточное положение между растворенным и взвешенным ОВ. Размер частиц коллоидного вещества находится в пределах 1 нм–1 мкм, поэтому большая часть частиц проходит через фильтры с размером пор 0,45 мкм, традиционно применяемые для выделения взвешенных веществ. КОВ в значительной мере влияет на смену форм миграции веществ на геохимических барьерах. Под геохимическим барьером обычно понимают зону, характеризующуюся резким изменением параметров среды и скоростей биогеохимических процессов, проходящих в этой зоне. В морях, океанах, пресноводных водоемах пограничными зонами являются зоны смешения, зоны перехода от придонных вод к иловым водам донных осадков, поверхностный микрослой, зоны термо, баро и пикноклина и зоны переходов между глубинными слоями океана. На геохимических барьерах происходит дестабилизация коллоидной формы, и она переходит во взвешенную форму ОВ. Нестабильность коллоидных систем связана с их термодинамической неустойчивостью. КОВ (иногда ее называют наночастицы РОВ, для морей и океанов – морские коллоиды) составляет 10–70 % от РОВ в природных водах. На коллоидных частицах концентрируются биологически активные металлы. КОВ также является важным элементом питания микроорганизмов, зоопланктона и nekтона в водоемах.

В лаборатории кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ и лаборатории химии океана института океанологии им. П.П. Ширшова РАН было определено содержание коллоидной формы РОВ для пресной и морской воды. После отделения взвешенного вещества мембранной микрофильтрацией коллоидную форму РОВ концентрировали методом ультрафильтрации с диаметром пор 5 нм в ультрафильтрационных ячейках под давлением в атмосфере аргона. КОВ определяли по концентрации органического углерода, оптической плотности ОВ, флуоресценции ОВ и концентрации углеводов

и белков в коллоидной форме. Некоторые объекты исследований и диапазон концентраций коллоидных форм РОВ представлены в таблице.

Таблица. Некоторые примеры исследования КОВ природных вод

Объект исследований	Тип природных вод	КОВ %	Количество станций
Р. Дон	речная вода	70–86	2
Р. Дон–Таганрогский залив	вода зоны смешения	77	1
Таганрогский залив	морская вода	95	1
Красное море	морская вода	3–4	1
Бенгальский залив	морская вода	62–84	1
Бенгальский залив	иловые воды	36–77	3
Тихий океан	морская вода	21–27	1
Тихий океан	придонная вода	18–35	2

Объект исследований	Тип природных вод	КОВ %	Количество станций
Тихий океан	иловые воды	0,1–29	7
Средиземное море	морская вода	15–100	2
Средиземное море	придонная вода	23–59	2
Средиземное море	иловые воды	19–80	3
Р. Москва	речная вода	30–50	8
Оз. Байкал	озерная вода	30	1

При изучении молекулярно-массового распределения КОВ показано, что для пресных вод коллоидные частицы преимущественно имеют размер меньше 10 нм и концентрируются над мембранным ультра-фильтром с диаметром пор 5 нм. Для морской воды и иловых вод морей и океанов распределение размера частиц КОВ неравномерно и в коллоидной фракции, прошедшей через микрофильтр с диаметром пор 0,45 мкм, но удержанной микрофильтром 5 нм ($5 \cdot 10^{-3}$ мкм) содержатся как крупные, так и более мелкие коллоидные частицы.

Горшкова О.М., Гурский Ю.Н., Конюхов А.И. Коллоидные формы органического вещества в морских, иловых водах и рассолах Средиземного моря. Геохимия, 1996, №10, с. 1–8.

Gorshkova O., Shubina D., Fedoseeva E., Patsaeva S., Terekhova V., Timofeev M., Yuzhakov V. «Blue shift» of emission maximum and the fluorescence quantum yield as qualitative spectral characteristics of dissolved humic substances. EARSel eProceedings, 2010, 9(1), 13–21.

Colloidal forms of dissolved organic matter in marine and fresh waters. O.M. Gorshkova. For natural waters the dispersed distribution of dissolved organic matter (OM) which is in the colloidal form was assessed.

ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ РОВ ВОДЫ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**О.М. Горшкова, С.В. Пацаева, К.А. Чевель, Д.Д. Бадюков,
С.Л. Белова, А.А. Жильцова**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, gorshk@yandex.ru*

Можайское водохранилище - относительно глубоководный водоем с устойчивой температурной стратификацией водной толщи и слабым водообменом. В нем летняя вегетация фитопланктона совпадает с периодом формирования и развития температурной стратификации. Внутренняя нагрузка определяется интенсивностью большого круговорота химических веществ сезонного масштаба в экосистеме водоема. В то же время, различное содержание кислорода в слоях воды изменяет степень окисления образующегося при фотосинтезе органического вещества, скорость его осаждения на дно и возврата в трофогенный слой регенерируемых донным биоценозом биогенных веществ (Гидроэкологический режим, 2015). Одним из основных процессов, протекающих в Можайском водохранилище, является круговорот органического вещества, тесно связанный с круговоротом азота и фосфора. Поэтому для проб воды, отобранных на различной глубине водохранилища в семи точках, была исследована флуоресценция растворенного органического вещества (РОВ). Изучение флуоресценции РОВ воды проводилось на физическом и географическом факультетах МГУ им. М.В. Ломоносова в июне–январе 2015–2016 г. Количество РОВ и его форм оценивали по цветности воды, химическому потреблению растворенного кислорода (ХПК), концентрации углеводов и растворенного органического углерода (С орг.), спектрам поглощения и флуоресценции. Некоторые перечисленные выше параметры определяли стандартными методами. Сорг. определяли в лаборатории химии океана института океанологии им. П.П. Ширшова на ТОС-анализаторе «Shimatzu». Спектры поглощения и флуоресценции были измерены с помощью спектрофотометра УФ – Визави «Унико» и люминесцентного спектрометра СМ2203 (Горшкова, Пацаева и др. 2009). Флуоресценцию РОВ измеряли при длине волны возбуждения: 270, 310, 355 и 435 нм. Наиболее информативными оказались спектры испускания при возбуждении при 355 нм и 435 нм. В первом случае при $\lambda=355$ нм оказалось возможным оценить содержание флуоресцирующего РОВ и сравнить динамику изменения концентраций различных форм РОВ в зависимости от точки отбора пробы и глубинной стратификации. Максимумы спектров испускания наблюдаются в диапазоне длин волн 444–452 нм. Во втором случае при $\lambda=435$ нм оказалось возможным выявить флуоресценцию хлорофилла и оценить его сравни-

тельное содержание. Максимумы спектров испускания лежат в области 680–690 нм. Результаты для некоторых проб приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Флуоресценция РОВ и хлорофилла

Горизонт, м (станция)	$\Phi_{\text{ров } 355\text{нм}}$	$\lambda_{\text{max РОВ}}$	$\Phi_{\text{хлорофилла } 435\text{нм}}$	$\lambda_{\text{max хлорофилл}}$
0,5 (Мышкино)	1,443±0,014	452±2	0,094±0,001	680±2
2,0 (Мышкино)	1,498±0,015	447±2	0,064±0,001	686±2
4,5 (Мышкино)	1,596±0,016	447±2	0,131±0,001	689±2
0,5 (Красновидово)	0,976±0,010	446±2	0,081±0,001	687±2
5,0 (Красновидово)	1,191±0,012	451±2	0,042±0,001	685±2
9,0 (Красновидово)	1,086±0,011	450±2	0,067±0,001	682±2
0,5 (Ильинское)	0,855±0,009	444±2	0,178±0,002	685±2
4,0 (Ильинское)	1,088±0,011	451±2	0,074±0,001	686±2
8,0 (Ильинское)	1,052±0,011	446±2	0,056±0,001	684±2

Таблица 2. Оптическая плотность РОВ (D260 нм), растворенный органический углерод (Сорг) и концентрация углеводов

Горизонт, м (станция)	D260 нм	Сорг мгС/дм ³	Углеводы мг/дм ³
0,5 (Мышкино)	0,2068±0,0021	7,685±0,769	2,5±0,3
2,0 (Мышкино)	0,2096±0,0021	7,570±0,757	3,7±0,4
4,5 (Мышкино)	0,1931±0,0019	7,222±0,722	7,7±0,8
0,5 (Красновидово)	0,1499±0,0015	6,554±0,655	3,2±0,3
5,0 Красновидово)	0,1656±0,0017	6,512±0,651	0,2±0,1
9,0 (Красновидово)	0,1493±0,0015	6,836±0,684	0,2±0,1
0,5 (Ильинское)	0,1469±0,0015	6,328±0,633	4,2±0,4
4,0 (Ильинское)	0,1450±0,0015	6,806±0,681	7,2±0,7
8,0 (Ильинское)	0,1351±0,0014	6,254±0,625	0,7±0,1

Гидроэкологический режим водохранилищ Подмосковья (наблюдения, диагноз, прогноз). Под ред. К.К. Эдельштейна. М.: «Перо», 2015. С.16–81

Горшкова О.М., Пацаева С.В., Федосеева Е.В., Шубина Д.М., Южаков В.И. Флуоресценция растворенного органического вещества природной воды. Вода: Химия и Экология, 2009, № 11, С. 31–37.

Fluorescence of Mozhaysk water reservoir DOM. O.M. Gorshkova, S.V. Patsaeva, K.A. Chevel, D.D. Badyukov, S.L. Belova, A.A. Zhiltsova. The fluorescence spectra of dissolved organic matter and chlorophyll in the water of Mozhaysk reservoir were studied in the period of vegetation of the phytoplankton in June 2015. The peculiarities of deep stratification and offshore stratification of DOM were revealed.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАНА В ОЗЕРАХ КЕРЖЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

М.Г. Гречушникова¹, Д.В. Ломова², А.В. Саввичев³

¹ Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, allavis@mail.ru

² Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия,
florainter@mail.ru

³ Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского ФИЦ Биотехнологии РАН,
г. Москва, Россия, savvichev@mail.ru

Разнотипные озера Керженского заповедника изучаются коллективом МГУ на протяжении нескольких лет. Получены результаты о сезонных изменениях многих гидрологических и гидрохимических показателей (Ефимова и др., 2014 а, б). В августе 2015 г. к перечню изучаемых показателей добавлено содержание метана в придонном и поверхностном слоях воды и приводном слое воздуха. Оценены характерные значения эмиссии метана. В настоящее время водные объекты на территории заповедника могут характеризоваться условно-фоновым гидроэкологическим состоянием. Метан входит в число важнейших парниковых газов по вкладу в радиационный форсинг, оказывая влияние на тепловой баланс климатической системы. Исследования масштабов эмиссии метана на акваториях, находящихся в различных природно-географических условиях представляет практический интерес. Несмотря на обширные труды отечественных и зарубежных коллег (например, Дзюбан, 2010; Федоров и др., 2005; Tremblay et al., 2005), вопрос параметризации эмиссии по-прежнему остается актуальным из-за уникальных особенностей каждой озерной котловины. Поэтому, как будет показано ниже, при параметризации эмиссии важно учитывать гидроэкологическое состояние водоема, его проточность, глубину, определяющие стратификацию и характер донных отложений.

Содержание метана в придонном слое озер по данным отбора проб в первой декаде августа 2015 г. изменяется от 5 до 1230 мкл/л (таблица). Наименьшее содержание характерно для перешейка оз. Черное, что связано с перемешиванием при глубине 2 м. Однако в мелководных озерах В. Рустайское и Чернозерье в придонном слое содержалось порядка 1000 мкл/л CH_4 . Для первого озера это связано с поступлением подземных вод (как и для более глубокого Н. Рустайского, о чем свидетельствуют повышенные значения электропроводности в придонных горизонтах). Для оз. Чернозерье – с заболачиванием при отсутствии перемешивания. В оз. Калачик содержание метана в придонном слое было почти в половину меньше из-за особенностей грунта (песчанистый ил) при неактивном образовании автохтонной органики, поскольку оно расположено в густо заселенной территории в пределах поймы. Несколько больше содержание ме-

тана в оз. Круглое, но, несмотря на черный ил и аноксидные условия у дна, при низкой температуре процесс метаногенеза был менее активен, чем в других пойменных озерах. В озерах Круглое и Калачик наблюдалось самое низкое содержание O_2 в поверхностном слое, что говорит о малой активности продукционных процессов и пополнении верхнего слоя донных отложений разлагающейся органикой. Относительно большое содержание метана характерно для глубокого плеса оз. Черного, расположенного на заболоченной водораздельной территории.

Таблица. Некоторые характеристики исследуемых озер

Озеро	Н, м	SD, м	Т _{дно} , °С	а _{дно} , мкСм/см	О ₂ пов, мг/л	СН ₄ дно, мкл/л
Черное	8	0,6	8,3	45	9,5	950
Черное (перешеек)	2,5	0,6	19,6	40	9,9	5,36
Н. Рустайское	5,8	1,6	8	186	10,8	1230
Круглое	7	0,6	4,6	74	7,1	790
В. Рустайское	2	0,6	12,4	180	11,3	1010
Чернозерье	2,5	0,4	9,1	108	9,8	1061
Калачик	3	1,2	7,7	68	7,4	435

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 14-17-00155).

Дзюбан А.Н. Деструкция органического вещества и цикл метана в донных отложениях внутренних водоемов. Ярославль: Принтхаус, 2010. 174 с.

Ефимова Л.Е., Терская Е.В., Повалишников Е.С. и др. Сезонные изменения гидрологических и гидрохимических показателей в озерах Керженского заповедника по результатам исследований в 2012–2013 гг. // Труды ГПБЗ Керженский. Т. 6. Н. Новгород, 2014а. С. 65–80.

Ефимова Л.Е., Кораблева О.В., Терская Е.В. Гидролого-гидрохимические особенности пойменных озер реки Керженец (Керженский заповедник, Нижегородское Заволжье // Материалы лекций II-й всероссийской школы конференции «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана». Т. 2. Изд-во ИББВ им. И.Д. Папанина п. Борок, 2014б. С. 141–144.

Федоров Ю.А., Тамбиева Н.С., Гарькуша Д.Н., Хорошевская В.О. Метан в водных экосистемах. Ростов- н/Д–Москва: Ростиздат, 2005. 329 с.

Tremblay A., Varfalvy L., Roehm C. and Garneau M. (eds.). Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments // Environmental Science Series, Springer, New York, 2005, 732 p.

Methane concentration in lakes of Kerzenecz reserve. M.G. Grechushnikova, D.V. Lomova, A.S. Savvichev. According to field study the methane concentration in the bottom layer of 6 studied lakes varies from 5 to 1230 mkl/l. It corresponds to the conditions of wind mixing, stratification, primary production, sediments and ground waters inflow.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО И ОРГАНИЧЕСКОГО ФОСФОРА В СЕВЕРНОМ БАЙКАЛЕ В 2013–2015 гг.

В.М. Домышева, М.В. Сакирко, Т.В. Ходжер

Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Россия, hydrochem@lin.irk.ru

Озеро Байкал является самым крупным и самым глубоким пресноводным водоемом Земли. Морфологически ложе озера разделено на три котловины: южную, среднюю и северную. Северная часть Байкала является самой большой по площади зеркала, средней по объему водных масс и имеет минимальную глубину по сравнению с другими частями озера (889 м). В северную котловину впадают несколько притоков, на ее побережье находится город Северобайкальск и несколько крупных поселков, которые могут быть дополнительными источниками поступления биогенных веществ в озеро. Ведущая роль фосфора в процессах эвтрофирования внутренних водоемов, обусловила более глубокое внимание к исследованиям круговорота именно этого элемента в водах северной котловины озера.

В работе использованы данные гидрохимических исследований на 8 станциях (8–10 горизонтов от поверхности до придонной области) в пелагиали северной котловины озера в 2013 г. (май-июнь, август, октябрь), 2014 г. (май-июнь, август) и 2015 г. (июнь, август). Химический анализ проб выполнен в фильтрованных (0,45 мкм) пробах. Определение минерального фосфора проведено фотомерическим методом, основанном на взаимодействии его с молибдатом аммония в кислой среде с использованием хлорида олова в качестве восстановителя, общий фосфор определялся этим же методом с предварительным сжиганием с персульфатом калия. Концентрация органического фосфора получена путем вычитания содержания неорганических форм элементов из общего их содержания.

Содержание минерального и общего фосфора в поверхностном слое воды Северного Байкала показано в таблице.

**Таблица. Концентрация минерального и общего фосфора
в поверхностном слое воды пелагиали Северного Байкала, мкг/дм³**

Год	июнь		август		октябрь	
	минеральный	общий	минеральный	общий	минеральный	общий
2013	5–7	5–8	2–7	8–4	2–8	9–14
2014	5–9	8–11	1–2	4–11	–	–
2015	6–8	8–12	0–2	3–5	–	–

В придонной области концентрация как минерального, так и общего фосфора составляет 14–17 мкг/дм³. Вертикальное распределение фосфора, как минерального, так и общего, для разных месяцев схожее. Различия наблюдаются только в верхних слоях воды, что связано с неоднородностью интенсивности продукционно-деструкционных процессов в различных слоях. Максимальные градиенты концентрации минерального фосфора наблюдаются в слое температурного скачка, располагавшегося на различной глубине.

В июне концентрация органического фосфора минимальна, значительно возрастает в июле-августе (до 60–90 % от общего) и снижается в октябре. В придонной области его доля не более 3 %, по-видимому, обусловлена влиянием донных отложений.

Среди населенных пунктов расположенных в северной части озера единственным имеющим систему канализации и очистные сооружения является г. Северобайкальск. Очищенные сточные воды поступают в приток северной котловины озера по р. Тью на расстоянии 3 км от устья. По результатам исследований химического состава очищенной сточной воды содержание фосфора в них составляет от 5000 до 6000 мкг/дм³. Высокие концентрации фосфора обнаруживаются на протяжении всего русла реки ниже сброса. Даже для устьевового участка реки регистрируются повышенные значения минерального фосфора по сравнению с речной водой, взятой выше сброса. При этом в воде озера в месте впадения притока и на удалении до 1 км от берега повышенных концентраций общего фосфора не обнаруживается. Постоянное поступление недостаточно очищенных сточных вод может негативно отразиться на экосистеме озера. В связи с этим возникает необходимость получения современных данных о качестве воды вблизи населенных пунктов, что позволит своевременно принять оперативные меры в случаях выявления загрязнения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЛИН СО РАН №0345-2014-0007 № гос. рег. 01201353446.

Dynamics of mineral and total phosphorus in the Northern Baikal in 2013–2015. V.M. Domysheva, M.V. Sakirko, T.V. Khodzher. We have shown the results of measurements of mineral and total phosphorus in the pelagic zone of North Baikal in various seasons. Vertical distribution of phosphorus in different months was similar. Differences were observed only in the upper water layers due to heterogeneous development of phytoplankton. Several tributaries flow into the Northern Basin of Baikal, including the one receiving effluents from Severobaykalsk. So far, at the confluence of the tributary we have not detected the increase in the total phosphorus concentrations in the lake water.

БИОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ АЗОТА В РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

**А.А. Ершова, О.Ю. Морева, Т.Я. Воробьева, А.В. Чупаков,
С.А. Забелина, Н.В. Неверова, С.И. Климов**

*ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
РАН, г. Архангельск, Россия, anna.a.ershova@gmail.com*

Азот принадлежит к числу важнейших биофильных элементов, его биогеохимический цикл – основной в биосфере. В озерах может происходить накопление продуктов неполного распада органических веществ белковой природы (ионов аммония, нитритов и нитратов). Определение численности микроорганизмов, утилизирующих органические и минеральные формы азота, позволяет оценить их влияние на процессы самоочищения, а также проследить участие бактерий в биогеохимическом цикле азота водных экосистем.

В данной работе представлены результаты исследований биохимического цикла азота в водной толще разнотипных водоемов бореальной зоны.

Объектами исследования являлись оз. Масельгское и оз. Лекшмозеро Кенозерского национального парка (юго-западная часть Архангельской области) и оз. Светлое Приморского района Архангельской области. Озеро Лекшмозеро характеризуется хорошей аэрацией по глубине водоема, благодаря большой динамичности водных масс, оз. Масельгское (глубоководная часть) – двумя полными конвективными перемешиваниями водной массы в течение года и формированием анаэробных условий в придонных слоях в летнюю и зимнюю стагнацию вод. В оз. Светлом, которое является меромиктическим, практически отсутствует циркуляция воды между слоями различной минерализации, анаэробная зона сохраняется как в течение летней и зимней межени, так и в период осенней гомотермии.

Отбор проб воды на гидрохимические и микробиологические показатели проводился послойно по всему водному столбу глубоководных станций водоемов в соответствии с вертикальной стратификацией гидролого-гидрохимических показателей. Пробоотбор осуществлялся в различные климатические сезоны с 2010 по 2015 г. Во время отбора проб осуществлялось измерение содержания растворенного кислорода и температуры, рН среды и окислительно-восстановительного потенциала. Определение содержания различных растворенных форм азота проводили стандартными фотометрическими методами. Микробиологические исследования выполняли с использованием общепринятых методов исследований (Родина, 1965; Кузнецов, Дубинина, 1989).

В оз. Лекшмозеро, которое отличается хорошей аэрацией по всей водной толще, отмечено преобладание органического азота ($N_{\text{орг}}$) азота над минеральным азотом ($N_{\text{мин}}$) во все сезоны, даже в придонных горизонтах. Из минеральных форм азота преобладает нитратная форма азота ($N\text{-NO}_3^-$), содержание $N\text{-NO}_3^-$ в зимние периоды выше, чем в летние. Азот в аммонийной форме ($N\text{-NH}_4^+$) равномерно распределен по водной толще, и только в зимние периоды, когда отмечалась слабая стратификация, наблюдалось увеличение его содержания. Содержание азота в нитритной форме ($N\text{-NO}_2^-$) низкое во все сезоны.

В оз. Масельгское, которое характеризуется двумя полными конвективными перемешиваниями водной массы в течение года, и формированием анаэробных условий в придонных слоях в летнюю и зимнюю стагнацию вод, наблюдается уменьшение доли $N_{\text{орг}}$ с глубиной водоема в периоды зимней и летней стратификации. В эпилимнионе водоема наблюдается преобладание $N\text{-NO}_3^-$ азота над другими минеральными формами азота, а в гипolimнионе – $N\text{-NH}_4^+$.

В меромиктическом оз. Светлое, где анаэробная среда сохраняется во все сезоны, наблюдается достаточно высокое содержание $N_{\text{орг}}$, которое варьирует в миксолимнионе в пределах 17–70 % от $N_{\text{общ}}$, а в мони-молимнионе – 32–95 % $N_{\text{общ}}$. В миксолимнионе водоема преобладает $N\text{-NO}_3^-$, а в мони-молимнионе – $N\text{-NH}_4^+$. Доля $N\text{-NO}_2^-$ от минеральных форм азота низкая во всех слоях озера.

Во всех водоемах отмечена высокая активность процессов аммонификации, о чем свидетельствуют высокие численности аммонифицирующих бактерий. Процессы нитрификации в оз. Лекшмозеро протекают во всей водной толще, в оз. Масельгское – в эпилимнионе, в оз. Светлое – в миксолимнионе, вследствие чего и отмечается преобладание $N\text{-NO}_3^-$ над другими минеральными формами азота. В гипolimнионе оз. Масельгское и мони-молимнионе оз. Светлое нитрификация прекращается, о чем свидетельствует снижение концентрации $N\text{-NO}_3^-$ и преобладание $N\text{-NH}_4^+$ в этих слоях. Денитрифицирующие бактерии малочисленны и обнаружены только в анаэробных условиях: в придонных горизонтах оз. Лекшмозеро в зимние периоды, когда отмечалась слабая стратификация; в гипolimнионе оз. Масельгское; в мони-молимнионе оз. Светлое, а также в донных отложениях всех водоемов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-35-00330_мол_а, ФАНО России в рамках темы (проекта) № 0410-2014-0030.

Biochemical nitrogen cycle in polytypic boreal inland water. A.A. Ershova, O.Yu. Moreva, T.Ya. Vorobyeva, A.V. Chupakov, S.A. Zabelina,

N.V. Neverova, S.I. Klimov. The article presents the results of the study of microbiological and hydrochemical aspects of nitrogen cycle in lakes with different oxygen environmental conditions.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР В ДОЛИНЕ РЕКИ КЕРЖЕНЕЦ

**Л.Е. Ефимова¹, Д.В. Ломова², О.В. Кораблева³,
Е.В. Терская¹, Е.С. Повалишникова¹**

¹*Московский государственный университет, г. Москва, Россия, ef_river@mail.ru*

²*Институт водных проблем РАН, Москва, г. Москва, Россия*

³*Государственный природный биосферный заповедник «Керженский»,
г. Н. Новгород, Россия*

В среднем течении бассейна р. Керженец, типичной для южно-таежных ландшафтов, расположен природный биосферный заповедник «Керженский». Гидрографическая особенность долины – наличие малых озер, широко распространенных в пойме реки. Пойменные озера – одна из самых многочисленных групп озер в речных бассейнах ЕТР. Их экологическое значение для пойменных ландшафтов трудно переоценить.

Гидрологический и гидрохимический режим пойменных озер р. Керженец определяется их положением в пойменно-русловом комплексе: удаленностью от реки и степенью гидравлической связи с ней, высотой расположения на пойме. Озера не подвержены прямому антропогенному воздействию, что дает возможность рассматривать их как своего рода «реперы», информация о которых позволяет сделать выводы о «нормальных» условиях, соответствующих современному состоянию водных объектов при климатических изменениях. Тем не менее, малые озера наиболее уязвимы к антропогенной нагрузке, быстро реагируют на изменения, происходящие на водосборе.

Информационная основа работы – результаты комплексных гидролого-гидрохимических экспедиционных исследований 2012–2015 гг., выполненных сотрудниками кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ, литературные источники и фондовые материалы природного биосферного заповедника «Керженский».

В ходе исследований выделены пойменно-русовые комплексы (ПРК) 2-х типов: аккумулятивный с меандрирующим руслом и двусторонней поймой, преобладающий на р. Керженец; и цокольный с прямолинейным руслом и односторонней поймой. Именно в аккумулятивном ПРК происходит смена многолетних состояний пойменных комплексов.

Исследованные озера расположены на зрелой пойме: в прирусловой, центральной и притеррасной пойменных зонах.

Гидрологический режим р. Керженец, разная продолжительность гидравлической связи пойменных озер с рекой – важнейшие факторы, обуславливающие различия химического состава вод озер. Была установлена направленность изменений в химическом составе воды озер: от проточных, расположенных в прирусловой пойменной зоне, к заболоченным, находящимся на притеррасной пойме.

После спада половодья минерализация воды в старицах возрастает в результате увеличения в их питании грунтовых вод. Чем ниже на пойме расположено озеро, тем более минерализованы его воды. Резкое увеличение минерализации в придонном слое воды часто связано с эффектом «жидкого дна». Устойчивость вертикального распределения электропроводности вод в пойменных озерах обусловлена как температурной, так и минерализационной составляющей. Наибольшие сезонные различия минерализации воды характерны для проточных озер прирусловой пойменной зоны.

Температура и содержание растворенного кислорода во многом определяют интенсивность продукционных процессов, наблюдающихся в озерах. Температурный режим воды озер задается активностью формирования термоклина, его устойчивостью и глубиной проникновения в летний период, а также морфометрическими особенностями озерных котловин. Активность протекания продукционных процессов в эпилимнионе озер обусловлена и местоположением на пойме, где создаются разные условия освещенности, и преобладает разная растительность.

Особенность режима пойменных озер долины Керженца – насыщение их вод кислородом лишь во время половодья. Зоны аноксии формируются на глубине 1–1,5 м и сохраняются на протяжении всего года. Устойчивая температурная стратификация приводит к заметным различиям в содержании органических и биогенных веществ в эпилимнионе и гипolimнионе озер. Расположение на пойме, возраст и степень проточности обуславливают состав донных отложений озер. В старицах, расположенных в понижении на притеррасной пойме, в илах накапливаются органические и минеральные вещества, а заболачивание приводит к существованию в придонных слоях восстановительных условий на протяжении всего года. Донные отложения проточных стариц, находящиеся на прирусловой пойме, не содержат органических веществ и близки по составу к русловым отложениям реки. Таким образом, состав донных отложений, как и химический состав воды, отражают разные стадии развития пойменных озер.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-17-00155).

Hydrological and hydrochemical aspects of floodplain lakes exploration in the Kerzhenets River valley. L.E. Efimova, D.V. Lomova, O.V. Korabllova, E.V. Terskaya, E.S. Povalishnikova. The exploration deals with factors of formation of floodplain and streambed complexes as well as the direction of changes in chemical composition of floodplain lakes of Kerzhenets River valley.

**ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ЕГО ЛАБИЛЬНЫЕ
КОМПОНЕНТЫ (УГЛЕВОДЫ, ЛИПИДЫ, БЕЛКИ)
В ЛАДОЖСКОМ И ОНЕЖСКОМ ОЗЕРАХ**

Т.А. Ефремова, А.В. Сабылина, П.А. Лозовик

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
efremova.nwpi@mail.ru*

Органическое вещество (ОВ) в природных водах подразделяется на автохтонное и аллохтонное. Автохтонное ОВ образуется в водоеме за счет продукционно-деструкционных процессов. Аллохтонное ОВ поступает в водоем с поверхностным стоком в результате разложения наземной растительности.

Основным источником автохтонного ОВ являются одноклеточные водоросли, которые фотосинтетически аккумулируют углерод. Углеводы – первые продукты фотосинтеза, которые ферментативным путем превращаются в липиды, белки и другие соединения и поступают в водную среду при жизнедеятельности планктонных организмов и их лизисе и автолизе. У разных видов фитопланктона, в зависимости от видовой принадлежности, содержание углеводов в расчете на сухой вес варьирует в широких пределах от 7 до 40 %, липидов – 2–44 % и белков – 2–40 % (Сиренко, Козицкая, 1988; Раймонт, 1988; Scott et al., 2000). В зоопланктоне больше липидов (5–75 %), и мало углеводов (~ 2 %). В морских и океанских водах соотношение содержания растворенных углеводов к липидам составляет 5:1 (Романкевич, 1977; Pakueski, Benner, 1994), а в поверхностных водах по нашим данным – 9:1.

Распределение содержания биохимически лабильных органических веществ было рассмотрено на примере Онежского и Ладожского озер в 2011–2014 гг. В первом озере они были изучены наиболее детально как по сезонам года, так и по акватории и глубине. Наряду с центральной частью озера подробно изучались углеводы, липиды и белки в Петрозаводской и Кондопожской губах, испытывающих антропогенное воздействие. В Ладожском озере распределение лабильных ОВ было изучено

в 2014 г. весной, летом и осенью в районе о. Валаам, а также в истоке из озера в р. Неве: в районе пос. Новосаратовка перед Санкт-Петербургом и в устье р. Невы в трех ее рукавах (Большая Нева, Малая Невка, Малая Нева).

Для определения липидов и углеводов использовались усовершенствованные нами методы (Лозовик и др., 2013). Углеводы определялись спектрофотометрическим методом с L-триптофановым реактивом, липиды – с сульфофосфованилиновым, а белки с кислотным красителем Кумасси R-250 на стекловолокнистых фильтрах GF/F (McKhnight, 1977; Руководство по современным..., 2004).

В центральных частях изучаемых озер в период открытой воды содержание $C_{\text{орг}}$ изменялось от 6,0 до 9,9 мг/л, количество автохтонного ОВ является близким к аллохтонному ($\rho_{\text{авт}} = 40\text{--}60\%$).

В настоящее время большая часть Онежского озера сохранила олиготрофный характер, а некоторые его губы (Кондопожская, Петрозаводская) испытывают значительное антропогенное воздействие.

Проведенные исследования показали, что углеводы являются важным биохимическим компонентом в составе ОВ воды Онежского озера, как и в других исследованных озерах Карелии. Содержание их колеблется в пределах от 0,7 до 5,5 мг/л, составляя в среднем 16 % от содержания ОВ. Максимальные концентрации углеводов отмечены в Петрозаводской и Кондопожской губах, что связано с антропогенной и речной нагрузками на эти заливы. В литоральной части озера концентрация углеводов изменяется практически в тех же пределах, как и в озере (1,4–4,0 мг/л) и их доля в составе ОВ такая же, что и в озерной воде.

Исследование в 2014 г. показали, что среднесезонное содержание общих углеводов в Ладожском озере колеблется от 1,2 до 4,5 мг/л (в среднем 3,0 мг/л), что очень близко к средней концентрации в Онежском озере (2,6 мг/л).

Впервые установлено, что углеводы в поверхностных водах представлены в трех формах, имеющие разные источники происхождения: связанные углеводы в составе аллохтонного ОВ, свободные углеводы как компонент автохтонного ОВ и взвешенные углеводы, относящиеся к обоим источникам (Ефремова и др., 2014). Для Онежского и Ладожского озер характерной черной является превалирование содержания свободных углеводов в составе общих углеводов. Доля их от среднегодовой концентрации общих углеводов составляет 60–70 %.

Содержание липидов в центральной части Онежского озера за весь период наблюдений изменялось в пределах 0,25–0,67 мг/л и составляло в среднем за год 0,35 мг/л. Наибольшее количество липидов было выявлено в весенний и летний сезон, как и в других малых олигогумусных

олиготрофных водоемах Карелии и связано это с увеличением биомассы диатомового планктона именно в эти периоды (Чекрыжева, 2008; Тимакова и др., 2011).

Наибольшее количество липидов в Ладожском озере было выявлено весной (0,40 мг/л), а в р. Неве – летом (0,51 мг/л), когда активно идет вегетация диатомового планктона. Липиды в поверхностных водах имеют автохтонное происхождение и всецело связаны с продукционно-деструкционными процессами в водных объектах. Их динамика в исследуемых водоемах определяется сезонной изменчивостью функционирования биоты. В р. Неве вблизи пос. Новосаратовка их содержание было одинаковым, как весной, так и летом (0,25 мг/л). Повышенное содержание липидов наблюдается в Большой Неве летом и связано с высоким уровнем трофии ($P_{\text{общ}} = 52$ мкг/л). Такая картина наблюдалась летом и в эвтрофных озерах Карелии. В целом количество липидов в Ладожском озере согласуется с данными для Онежского озера.

Количество белков в воде Онежского, Ладожского озер и в р. Неве составляет 0,06–0,52 мг/л (в среднем 0,32 мг/л) и по сравнению с углеводами (по углероду) в 5–6 раз меньше. Количество белков, а также липидов не превышает 1,5% от массы ОБ, а в составе автохтонного ОБ – 3,4 %.

Organic matter and its labile components (carbohydrates, lipids, proteins) in lakes Ladoga and Onega. T.A. Efremova, A.V. Sabylina, P.A. Lozovik. The data analysis of quantitative composition of labile components (carbohydrates, lipids, proteins) of organic matter (OM) in lakes Ladoga and Onega were presented.

СОЕДИНЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ СЕРЫ В ВОДЕ ПРЕСНОВОДНОГО МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА СВЕТЛОЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н.М. Кокрятская, К.В. Титова

ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, Россия, nkokr@yandex.ru

В геохимии анаэробной водной среды центральное место занимает изучение окислительно-восстановительных процессов, к наиболее важным из которых относится окисление органических веществ с восстановлением сульфатов до сероводорода. Идеальной моделью для изучения анаэробных процессов деструкции органического вещества являются меромиктические водоемы.

В настоящей работе рассмотрено распределение соединений неорганической серы (сульфатов, сероводорода, элементной серы и тиосульфата) в воде стратифицированного пресноводного оз. Светлое-1

(N: 65.08302; E: 41.10835), которое является первым в системе из пяти озер, дающих начало р. Светлая (водосборный бассейн Белого моря). По своим морфометрическим признакам оно относится к малым глубоководным озерам (длина 900 м, ширина 240 м, макс. глубина 39 м). В ходе регулярных наблюдений, начатых в январе 2010 г., для этого озера достоверно установлен меромиктический статус с железо-марганцевым типом меромиксии (Кокрятская и др., 2011; Чупаков и др., 2013).

Выявлено постоянное присутствие в воде озера растворенного сероводорода (определение стандартным фотометрическим методом по РД 52.24.450-2010). В кислородных водах миксолимниона он обнаруживается эпизодически в микроколичествах (в среднем около 4 мкг/л). В анаэробных водах монимолимниона концентрации сероводорода во все климатические сезоны довольно однородны – преимущественно от 27 до 33 мкг/л. Наиболее значительные колебания в содержании H_2S отмечены в зоне хемоклина, характеризующейся наличием узких максимумов в его распределении; именно здесь зафиксированы наиболее высокие концентрации H_2S , достигающие 80–100 мкг/л (максимально 133 мкг/л).

Содержание сульфатов (определение на высокоэффективном жидкостном хроматографе LC-20 PROMINENCE (Shimadzu)) в кислородных водах озера сравнительно невелико и составляет в среднем 4,3 мг/л (от 4,0 до 4,8 мг/л); в зоне хемоклина оно несколько снижается – 2,7 мг/л (от 0,7 до 4,4 мг/л), а в анаэробной зоне составляет всего 0,4 мг/л (от 0,1 до 0,5 мг/л), что обусловлено, скорее всего, потреблением их сульфатредуцирующими бактериями в процессе генерации сероводорода. Как в зимний, так и в летний период в зоне хемоклина (21–24 м) несколько выше максимума сероводорода фиксировался отчетливо выраженный максимум сульфатов, связанный с окислением сероводорода как химическим путем при контакте с кислородными водами, так и при участии микроорганизмов – воды хемоклина в течение всего периода наблюдений были (как зимой, так и летом) окрашены в розовый цвет, обусловленный развитием пурпурных аноксигенных фототрофных бактерий, развитие которых контролируется наличием света, в одной стороны, и сульфида в качестве донора электронов, с другой.

Кроме того, в водах озера, помимо сульфидов, дополнительно определено содержание таких соединений восстановленной неорганической серы как элементная сера (взвешенная и растворенная S^0 и элементная сера полисульфидов) и тиосульфат (в сумме с сульфидами) (Волков, Жабина, 1990), которые являются промежуточными формами между сероводородом и сульфатом в окислительно-восстановительном биогеохимическом цикле серы. В сероводородных водах монимолим-

ниона количество элементарной серы изменялось от 5,2 до 31,2 мкг/л, тиосульфата – от 5,0 до 25,8 мкг/л, что при явном преобладании в этих водах сульфидов составляет соответственно 27,0 % и 26,5 % от общего содержания восстановленной неорганической серы (ΣS). В зоне хемоклина соотношение между восстановленными формами в составе ΣS выравнивается – $S^{2-} : S^0 : S_2O_3^{2-} = 33,7 : 33,3 : 33,0$ %. Однако, на участке локального максимума H_2S (133 мкг/л) из недоокисленных форм преобладает S^0 (18,6 % от ΣS), а на долю серы тиосульфата приходится всего 6,6 %. Интересно отметить, что и в аэробных водах миксолимниона были обнаружены восстановленные соединения серы, из которых преобладали как в абсолютных концентрациях, так и по вкладу в ΣS элементарная сера (44,1 %) и тиосульфат (36,2 % от ΣS). Постоянное присутствие в водах миксолимниона соединений восстановленной серы возможно в случае опережения процессов образования сероводорода в ходе сульфатредукции в микронишах свежего органического детрита взвеси над процессами окисления этих соединений до сульфатов.

Таким образом, для меромиктического пресноводного оз. Светлое-1, не сульфатного типа, выявлено постоянное присутствие соединений неорганической восстановленной серы по всей толще вод.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Проекта УрО РАН № 15-2-5-36.

Inorganic sulfur compounds in freshwater meromictic lake Svetloe (Arkhangelsk region). N.M. Kokryatskaya, X.V. Titova. The results of studies of the meromictic small lake Svetloe (the catchment area of the White Sea) are represented. Vertical distribution of dissolved hydrogen sulfide, S^0 , thiosulfate and sulfate-ion are investigated.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПСКОВСКО-ЧУДСКОГО ОЗЕРА (РОССИЙСКАЯ СТОРОНА) ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИТОПЛАНКТОНА И ЭПИФИТОНА

М.В. Колченко, Д.Н. Судницына

*Псковское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Псков, Россия,
marleon.psk@gmail.com*

Трансграничное Псковско-Чудское озеро, занимающее по площади четвертое место в Европе, по лимнологическому типу относится к нестратифицированным эвтрофным озёрам. Водоем состоит из трёх частей, различающихся по уровню трофии: северная часть – умеренно

эвтрофное Чудское озеро, южная – сильноэвтрофное или даже гиперэвтрофное Псковское озеро и промежуточное между ними Тёплое озеро (Псковское..., 2012). Мониторинг экологического состояния, проводимый с 60-х гг. прошлого века, охватывает преимущественно пелагическую часть водоёма. Высшая водная растительность, определяющая границы литоральной зоны, включена в объекты мониторинга в 2005 г. на эстонской, в 2007 г. – на российской стороне озера. Преобладают на литорали Псковско-Чудского озера сообщества тростника южного (*Phragmiteta australis*).

В 2013–2014 гг. в период открытой воды (май-сентябрь) на прибрежных станциях российской части озера проведён отбор проб фитопланктона и эпифитона с тростника. Основной целью работы была оценка экологического состояния литоральной зоны озера по структурным показателям этих сообществ.

Состав литорального фитопланктона мало отличался от пелагического, выявлены, в основном, те же отделы водорослей. (Оценить ..., 2014). Основу обоих исследованных водорослевых сообществ составляли 3 отдела: цианопрокариоты, диатомовые и зелёные водоросли. На большинстве станций по числу видов в фитопланктоне преобладали зелёные водоросли, а в эпифитоне – диатомовые.

Видовой состав прикреплённых водорослей был более богат по сравнению с литоральным фитопланктоном. Число видов водорослей, отмеченных на разных станциях акватории озера, колебалось в широких пределах, достигая высоких значений в более эвтрофных частях водоёма. Самыми богатыми оказались сообщества водорослей в прибрежье южной части водоёма: от 26 до 56 видов водорослей в планктоне и от 46 до 111 – в эпифитоне. В северной части число видов планктонных водорослей в литорали варьировало по станциям от 19 до 30, прикреплённых – от 50 до 67. В средней части водоёма идентифицировано до 28 водорослей в планктоне и 49 в эпифитоне.

Биомасса литорального фитопланктона по станциям изменялась в больших пределах: от 4 до 30 г/м³, причем от 48 до 86 % биомассы приходилось на долю цианопрокариот. Из них в состав руководящего комплекса входили индикаторы умеренного и повышенного загрязнения: виды рода *Aphanocapsa*, *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová et Cronberg, *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis et Komárek, а также диатомовые – *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen. По существующей шкале трофности озёр (Трифенова, 1990) по средним за сезон показателям биомассы литорального фитопланктона Псковское озеро ($41 \pm 3,85$ г/м³) можно отнести к гиперэвтрофным, а Чудское ($9 \pm 1,7$ г/м³) – к эвтрофным водоёмам.

Однако R. Laugaste с соавторами (2004) считает, что показатели биомассы литорального фитопланктона нельзя использовать для определения трофического статуса озера. Это связано с тем, что в зарослях макрофитов местами, особенно в северной части озера, в результате сгонно-нагонных явлений скапливаются крупные цианопрокариоты (*Gloeotrichia echinulata* (Smith et Sowerby) Richter), искажающие показатели биомассы.

Биомасса обрастаний также изменялась в широких пределах: от 0,4 до 7 г/м² субстрата. Структуру биомассы определяли диатомовые и зелёные водоросли. В состав доминирующих комплексов входили диатомеи *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Thalassiosira lacustris* (Grunow) Hasle, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Gomphonema parvulum* Kützing, *Gomphonema* sp., виды рода *Epithemia*. Среди зелёных основными доминирующими видами были виды родов *Oedogonium*, *Mougeotia*, *Cosmarium* и *Stigeoclonium tenue* (Agardh) Kützing.

Значения индекса сапробности, определённые по методу Пантле-Букк, по акватории озера варьировали в пределах 1,9–2,2 по фитопланктону и 1,8–2,6 – по эпифитону и соответствовали β-мезосапробной зоне самоочищения, III классу качества воды. Повышенные значения индекса отмечены на станциях, подверженных влиянию городов Псков и Гдов.

Таким образом, по структурным показателям фитопланктона и эпифитона экологическое состояние литорали озера можно считать вполне удовлетворительным, а воды умеренно загрязнёнными.

Environmental status assessment of Lake Pskovsko-Chudskoe littoral (Russia) using phytoplankton and epiphyton variables. M.V. Kolchenko, D.N. Sudnitsyna. Littoral phytoplankton and epiphyton of the reed in the Russian part of Lake Pskovsko-Chudskoe have been studied for the first time. Similarities and differences of phytoplankton in littoral and pelagic parts of the lake have been found out. The degree of the littoral area pollution according to the markers of phytoplankton and epiphyton algae has been defined.

ПРОЦЕСС СУЛЬФАТРЕДУКЦИИ В ОЗЕРЕ ЕЛОВОЕ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)

Г.Н. Лосюк, Н.М. Кокрятская

ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, Россия, glosyuk@yandex.ru

Береговая линия Белого моря сильно изрезана, что приводит к образованию большого количества лагун и заливов. В результате изостатического поднятия берега со скоростью 4 мм/год (Шапоренко,

2004) происходит отделение небольших акваторий и образование озер, полностью или частично утративших связь с морем. Гидрологическая структура таких водоемов уникальна, создаются условия, благоприятные для протекания процесса сульфатредукции.

Одним из таких водоемов является оз. Еловое (координаты: 66° 28,7' N, 33° 16,9' E). Длина озера 1000 м, ширина 400 м, максимальная глубина 5 м. Это нижнее из системы проточных озер, которые соединены пресным ручьем. Оно отделено от моря каменистым барьером, через который, в силу более высокого положения относительно уровня моря, из озера стекает пресная вода. Приливных колебаний нет.

В июле 2013 г. получены первые данные о содержании сероводорода в воде озера Еловое. На глубине 2,7 м содержание H_2S не превышало 0,01 мг/л, однако далее его количество резко увеличивается с 6,0 мг/л (на горизонте 3 м) до 56,5 мг/л (на горизонте 5 м). В сентябре того же года исследования были продолжены и получены данные, которые подтвердили наличие сероводорода. В двух верхних горизонтах воды обнаружено следовое количество H_2S , но начиная с глубины 3 м, идет возрастание его концентрации с 9,2 мг/л до 85,5 мг/л у дна. В озере, которое ранее считалось пресным, пресными оказались только верхние 1,5 м воды, с глубины два метра их соленость составляла 23,5–23,8 ‰. Таким образом, в придонных горизонтах озера, которое ранее считалось давно отделившимся и пресным, протекает процесс сульфатредукции и идет накопление сероводорода.

В июле 2014 г. отбор проб проводили с более частой дискретностью. Получено следующее распределение сероводорода по глубине: в верхних горизонтах водоема до глубины 2,5 м его концентрации не превышали 0,01 мг/л; на глубине 2,8 м они составляли 3,5 мг/л, а всего через 10 см уже 29, 0 мг/л и далее концентрация H_2S непрерывно возрастает до 78,2 мг/л в придонном слое (4,85 м). Максимальная концентрация сероводорода определена на глубине 4,2 м и составила 96,5 мг/л. Также проведены измерения солености воды в озере. Подтвердились ранее полученные результаты – пресными были только поверхностные воды, а начиная с глубины 1 м соленость в водоеме возрастает (12,6 ‰ на горизонте 1 м, далее резко возрастает до 23,0 ‰ на 2,3 м и плавно увеличивается до 24,0 ‰ у дна). Кислородом были насыщены воды до глубины два метра, ниже содержание его резко уменьшается и на горизонте 2,5 м составляет всего 4,3 мг/л, а уже через 10 см падает практически до нуля. Как в 2013, так и в 2014 году переход к анаэробным зараженным сероводородом водам маркируется слоем окрашенным в ярко зеленый (в 2013 г.) или буровато-

зеленый (в 2014 г.) цвет, обусловленный коричнево-окрашенными зелеными серобактериями (Kharcheva et al., 2015).

В результате проведенных исследований отделяющегося от Белого моря оз. Еловое получены данные, свидетельствующие о значительных количествах сероводорода в придонных соленых горизонтах этого ранее считавшегося пресным водоема.

Sulfate reduction process in Lake Elovoe (Kandalaksha Bay of the White Sea). G.N. Losyuk, N.M. Kokryatskaya. This study describes the distribution of reduced sulfur compounds in the water of Lake Elovoe (Kandalaksha Bay of the White Sea). It has been shown there are the favorable conditions for the sulfate reduction development with the formation of hydrogen sulfide in water column.

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «НАРОЧАНСКИЙ», БЕЛАРУСЬ

Е.А. Мамонтова¹, Т.В. Жукова², Е.Н. Тарасова¹, А.А. Мамонтов¹

¹ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия,
elenam@igc.irk.ru

²УНЦ Нарочанская биологическая станции им. Г.Г. Винберга, г. Минск, Беларусь,
tvzhukova@tut.by

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) – это соединения, способные к трансграничному переносу, длительному сохранению в окружающей среде, накапливанию в пищевых цепях, они и являются токсичными для человека и других живых организмов. Для прекращения их целевого использования, побочного образования и неблагоприятного воздействия на здоровье человека и окружающей среды была принята Стокгольмская конвенция 2001 г. Беларусь присоединилась к Стокгольмской конвенции в 2004 г. В число СОЗ из списка конвенции входят полихлорированные бифенилы (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ), хлорорганические пестициды (ХОП) (α -, β -, γ -гексахлорциклогексаны (ГХЦГ), ДДТ и его метаболиты) и др. ХОП широко применялись в сельском хозяйстве Беларуси. Более 20 тыс. т ХОП, включая ХОП из списка конвенции, было использовано на территории страны в 1960–1990 гг. (The National Plan of the Republic of Belarus..., 2006). ПХБ – целевой продукт промышленного производства. На территории Беларуси остается 1507 т ПХБ, из них 99 % – в трансформаторах и конденсаторах, произведенных в России, Германии, Польши, Чехии, Румынии, Дании (Kukharchyk et al., 2008). Еще один источник ПХБ – использование ПХБ в производстве красок.

Цель настоящего исследования – рассмотреть содержание СОЗ в объектах окружающей среды (атмосферном воздухе (АВ), донных отложениях (ДО), биоте) на территории Национального парка «Нарочанский» (Беларусь).

В декабре 2011 – августе 2014 гг. на базе УНЦ «Нарочанская биологическая станция» БГУ были организованы и проведены исследования СОЗ в АВ методом пассивного воздушного пробоотбора. Кроме того, в сентябре 2007 г. были отобраны пробы ДО из литоральной и пелагической зон, проба мышечной ткани леща из оз. Нарочь, а также молочных продуктов (сливочного масла и сыра) из частного фермерского хозяйства. Методики подготовки картриджей для воздушных пробоотборников и пробоподготовки картриджей после экспозиции, ДО и биологических проб подробно описаны в (Mamontova et al., 2007, 2014). Анализ проводился на ГХ 5890 с ДЭЗ. В пробах определяли 42 конгенера ПХБ, ДДТ и его метаболиты, α -, β и γ -изомеры ГХЦГ и ГХБ.

Практически все концентрации в исследованных пробах АВ и биологических образцов были значительно ниже гигиенических нормативов (ГН 1.2.3111-13, СанПиН 2.3.2.2401-08, ГОСТ 12.1.005-88). Уровни большинства исследованных СОЗ в ДО оз. Нарочь значительно ниже нормативов, принятых в Канаде (ССМЕ, 1999). Исключение оставило содержание ДДЭ (дихлордифенилдихлорэтилен) в пелагиали озера, где отмечено превышение уровня, оказывающего неблагоприятное воздействие на биоту пресного водоема.

Концентрации ПХБ, ДДТ и ГХЦГ в АВ находятся у нижнего предела величин, а иногда и ниже, полученных в исследованиях СОЗ в АВ аналогичным методом в глобальном проекте GAPS (Pozo et al., 2006), в странах Европы (Halse et al., 2011; Pribylova et al., 2012), включая фоновые территории в Беларуси (Pribylova et al., 2012), а также в России (Мамонтова и др., 2014, 2016). С другой стороны, концентрации ГХБ в АВ в нашем исследовании были сравнимы с найденными в указанных выше исследованиях. Концентрации ПХБ в АВ, полученные нами в 2011–2014 гг., были значительно ниже, найденных в Беларуси в конце 1990-х – 100–130 нг/м³ и в 1970–1978 гг. – 450–620 нг/м³ (The National Plan of the Republic of Belarus..., 2006). Какой-либо сезонной зависимости распределения СОЗ и тренда изменений в 2011–2014 гг. не обнаружено.

ГХЦГ и *p,p'*-ДДТ в ДО литорали оз. Нарочь не найдено. Концентрации ПХБ, ГХБ и ДДЭ в ДО из пелагиали были выше, чем в ДО из литорали. ДДТ в ДО оз. Нарочь не обнаружено, а ДДД (дихлордиаенилдихлорэтан) найден в пелагиали, что говорит о давнем поступлении данного пестицида в объекты окружающей среды района Нарочанских озер и об аэробной де-

градации в литорали и преимущественной аэробной деградации с небольшой долей анаэробной деградации ДДТ в пелагиали Нарочи.

О взаимосвязи распределения СОЗ в объектах окружающей среды и биоте говорят результаты факторного анализа. Влияние атмосферного переноса СОЗ в поступлении в озеро в настоящее время незначительно. Содержание СОЗ в ДО озера может быть обусловлено давними источниками (например, прошлое использование ДДТ), возможным потенциальным современным поступлением со смывом с берегов и др., а также внутриводоемными процессами. Одним из возможных источников может быть животноводство, о чем свидетельствует взаимосвязь содержания СОЗ в молочных продуктах и ДО литорали озера. Доля конгенов ПХБ, медленно метаболизируемых и, соответственно, накапливаемых в организме коров, несколько больше в ДО литорали, чем в пелагиали. Содержание же СОЗ в рыбе оз. Нарочь связано с содержанием СОЗ в ДО пелагиали.

Persistent organic pollutants in the National park «Narotchanskiy», Belarus. E.A. Mamontova, T.V. Zhukova, E.N. Tarasova, A.A. Mamontov. Results of the investigation of persistent organic pollutants in air, sediments, fish and milk products from the National Park of Narotchansky are presented.

О МЕХАНИЗМЕ ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОЗЕР

А. Моисеенкова, Н. Тарасюк

*Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, г. Вильнюс, Литва,
anastasija.moisejenkova@vgtu.lt*

Известно, что при попадании антропогенных загрязнений в озера, вода быстро очищается за счет абсорбции этих примесей донным осадком. Поровая жидкость донных осадков в результате этих процессов а также процессов разложения органики и других компонентов донного осадка по сравнению с озерной водой обладает повышенной минерализацией и повышенными концентрациями загрязняющих веществ. Со временем, донные отложения могут становиться источником вторичного загрязнения озерной воды. Этому способствует эффект плавучести поровой жидкости, когда она проникает в придонный слой воды в результате действия специфического термодинамического механизма (Turner, 1973).

Действие механизма плавучести поровой жидкости изучалось в озерах Юодис (54°46'49» N, 25°26'29» E) и Тапялай (54°46'28» N, 25°26'45» E), расположенных в рекреационной зоне г. Вильнюс (Литва), при помощи круглогодичных измерений вертикальных профилей стан-

дартных параметров воды и поровой жидкости (рН, температуры, электропроводности, концентрации кислорода) а также концентрации активности радиоцезия-137 (Tarasiuk, Moisejenkova, Koviiazina, 2010) .

В мелководном оз. Юодис действие механизма проявляется в конце лета с приходом холодной воздушной массы, когда вертикальное перемешивание достигает поверхности дна, где образуется температурный градиент. При повышенном отборе тепла и значительных величинах градиента плотность поровой жидкости в более глубоком слое донного осадка при более высокой температуре может оказаться ниже чем у вышележащего слоя. Возникающий эффект плавучести приводит к спонтанному выбросу поровой жидкости в придонный слой воды. При этом происходит перемешивание поверхностного слоя донного осадка и дальнейшее усиление градиента температуры, сопровождаемое повторными выбросами и начало градиента перемещается вглубь донного осадка. Аналогичный эффект имеет место при смене холодной воздушной массы на теплую. В конце осени происходит переход от полностью перемешанного изотермического водяного слоя при температуре $\sim 4^{\circ}\text{C}$ к зимней устойчивой стратификации с образованием льда на поверхности озера. При этом значительно уменьшается теплопроводность водяного слоя, что также приводит к появлению эффектов плавучести поровой жидкости. Поскольку этот процесс идет в форме повторяющихся коротких выбросов поровой жидкости в придонный слой, вертикальная структура озера представляет собой набор отдельных хорошо перемешанных слоев с характерными постоянными значениями стандартных параметров воды. Одновременно происходит увеличение и концентрации активности радиоцезия-137. В дальнейшем в придонном слое воды эти выбросы приводят к увеличению потребления кислорода и образованию анаэробной зоны. При этом глубина 4-х градусной изотермы в озере всегда располагается выше верхней границы анаэробной зоны. Это свидетельствует о том, что повышение температуры и минерализации придонного слоя воды в результате эффектов плавучести поровой жидкости является предшественником и причиной образования анаэробной зоны зимой.

В оз. Тапяляй (максимальная глубина ~ 9 м) количество тепла, аккумулированное глубоководными донными осадками в осенний период, очень зависит от конкретных метеоусловий (хода температуры атмосферы, направления и интенсивности ветров). Поэтому температура придонного слоя воды в этом озере зимой в разные годы колеблется в пределах нескольких долей градуса относительно 4°C , что может также свидетельствовать и о неустойчивой температурной стратификации

более глубоких озер, уменьшающих интенсивность эффектов плавучести поровой жидкости донного осадка.

Turner J.S., 1973. Buoyancy effects in fluids. Cambridge, University Press. P. 416.

Tarasiuk N., Moisejenkova A., Koviagina E., 2010. On the mechanism of the enrichment in radiocesium of near-bottom water in Lake Juodis, Lithuania. Journal of Environmental Radioactivity, 101. Pp. 883–894.

A mechanism of lakes secondary pollution. A. Moisejenkova, N. Tarasiuk. When the beginning of the temperature gradient is positioned below the sediment surface in the absence of convective motions in a temperature stratified water column, a thin overlaying layer of sediments becomes also a significant obstacle to heat flux. This, in turn, must lead to the strengthening of the temperature gradient followed by buoyancy of the interstitial liquids. In this case, buoyancy itself inducing upward motions of the pore water increases thermal diffusivity of the surface sediments and allows the upward movement of the beginning of the temperature gradient.

ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ВАСИЛЬЕВСКОЕ

Г. ТОЛЬЯТТИ, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ

**О.В. Мухортова¹, С.Э. Болотов², З.Р. Сабитова² Н.Г. Тарасова¹,
С.В. Быкова¹, М.В. Уманская¹, М.Ю. Горбунов¹, Т.Н. Буркова¹**

¹ *Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия*

² *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия
muhortova-o@mail.ru*

Каскад Васильевских озер расположен в Ставропольском районе Самарской области с северо-восточной стороны г. Тольятти. Озеро Большое Васильевское находится в восточной части каскада. Оно имеет неправильную, вытянутую форму длиной около 3,22 км, шириной – 0,30 км, максимальной глубиной – 3 м и средней глубиной – 1 м.

Водоем испытывает значительную антропогенную нагрузку от расположенных вблизи промышленных предприятий по производству синтетического каучука, удобрений, цементного машиностроения, Тольяттинской ТЭЦ, очистных сооружений ВАЗа и ТОАЗа. Непосредственное влияние на озеро оказывают и расположенное на его берегах с. Васильевка (с населением >3 тыс. человек), дачный массив и многочисленные отдыхающие.

Цель работы – оценка современного состояния зоопланктона оз. Большое Васильевское, развивающегося в условиях антропогенного эвтрофирования водоема, и выявление биотических и абиотических факторов, определяющих его развитие.

Сбор проб зоопланктона проводили ежемесячно с июня по октябрь 2013 г. и в феврале 2014 г. в поверхностном и придонном горизонтах на трех станциях. Одновременно на тех же станциях определяли физико-химические показатели воды, ее основной ионный состав, содержание биогенных элементов, концентрацию хлорофилла «а», численность и биомассу бактерио-, фито- и протозоопланктона (инфузорий), (Методика изучения..., 1975; Определитель зоопланктона ..., 2010).

Зоопланктон антропогенно эвтрофированного оз. Большое Васильевское представлен весьма бедным фаунистическим комплексом. Сообщество зоопланктона озера характеризуется низким удельным числом видов, невысокими величинами численности, биомассы и продукции. Основу видового состава формируют виды-эврибионты, индикаторы высокой степени органического загрязнения. Главным образом, это коловратки рода *Brachionus*, рачки *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris* и др. виды зоопланктона, которые являются обычными для мезотрофных или умеренно эвтрофных водоемов (Лазарева, 2010; Ривьер, 2012; Столбунова, 2006). В феврале, помимо них, регистрировались также и холодолюбивые виды – *Keratella cochlearis*, *B. longirostris*, *Eudiaptomus gracilis*, *E. graciloides* и т.д. Два последних вида были встречены в озере только в подледный период, в весенних пробах (середина мая) их не было. Известно, что при низких температурах (1–3°C) и в присутствии кислорода диаптомусы размножаются и медленно растут всю зиму, а весной показатели их количественного развития достигают максимума (Салахутдинов, 2003; Ривьер, 2012). Возможно, их отсутствие в составе зоопланктона в ранневесенний период связано с тем, что перед освобождением водоема ото льда (конец марта) содержание кислорода в нем было очень низким (0,5 %).

Сравнительный анализ показателей развития зоопланктона позволяет сделать заключение об однородности его распределения на акватории водоема в течение всего периода открытой воды. Относительно этого периода в зимнее время зоопланктон озера значимо отличался своеобразием видового состава.

В условиях преобладания в составе фитопланктона «несъедобных» и токсичных видов фитопланктона наиболее важными факторами, определяющими развитие зоопланктона озера, выступают жесткость воды, биомасса бактерий и инфузорий.

Повышенные значения коэффициентов трофности (Мяэметс, 1980) и сапробности (Sladeček, 1983), рассчитанные по зоопланктону, указывают на гипертрофное состояние озера.

Работа выполнена при финансовой поддержке министерства образования и науки Самарской области (Губернские гранты (субсидии) в области науки, област-

ной конкурс «Молодой ученый») и частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 14-04-97031 p_поволжье_a, 16-34-50136).

Zooplankton of Lake Bolshoye Vasilyevskoye in Togliatti, Samara region.
O.V. Mukhortova, S.E. Bolotov, Z.R. Sabitova, N.G. Tarasova, S.V. Bykova, M.V. Umanskaya, M.Yu. Gorbunov, T.N. Burkova. Zooplankton of anthropogenically eutrophic Lake Bolshoye Vasilyevskoye is represented by poor faunistic complex. Community of hydrobionts of the lake is characterized by low specific number of species, low index of abundance, biomass and zooplankton production. Water hardness and biomass of bacteria and ciliates appeared to be the most important factors for zooplankton development in the lake in conditions of majority of «uneatable» and toxic phytoplankton species.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОДЕСТРУКЦИИ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПОВЕДЕНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

**О.В. Олейникова^{1,2}, Л.С. Широкова³, А.Ю. Бычков¹,
О.Ю. Дроздова¹, С.А. Лапицкий¹, Э. Жерар⁴, О.С. Покровский^{2,3}**

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, olga-oleyn@yandex.ru

²Géosciences Environnement Toulouse (GET) Обсерватории Миди-Пиренеи
(Observatoire Midi-Pyrénées), Тулуза, Франция

³Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики,
г. Архангельск, Россия

⁴Institut de physique du globe de Paris (IPGP), Институт физики Земли,
Париж, Франция

Одним из важных резервуаров органического углерода на планете являются гумус и гумусовые кислоты, аккумулярованные в почвенных горизонтах бореальной климатической зоны. Интенсификация деструкции гумусовых веществ данной зоны влечет за собой усиление потоков углекислого газа в атмосферу. На пути от области питания, через реки малых порядков к крупным водоемам происходит преобразование растворенного органического вещества (РОВ), определяющее различия в особенностях миграции микроэлементов. Цель данной работы заключается в оценке влияния биологических процессов на динамику деградации и фракционного перераспределения органического вещества в ряду почвенный раствор – болото – ручей – озеро и характер миграции отдельных групп микроэлементов, связанных с ним.

Бактериальное разложение вносит значимый вклад в общую деструкцию РОВ (Battin et al., 2009; Tranvik et al., 2009) и варьирует в зави-

симости от этапа преобразования органического вещества. Так, биодоступность для гетеротрофных бактерий исходных гуминовых веществ почвенного раствора отличается от доступности РОВ депонирующих водоемов. Экспериментальное исследование биодеструкции РОВ было проведено для природных вод Сев. Карелии. Выбранные субстраты отражают последовательную смену вод, начиная с дренирующих торфяной горизонт – основной источник органического вещества почв, заканчивая устьем ручья, питающего озеро. Были использованы два вида (*Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas saponiphila*) гетеротрофных бактерий – основных деструкторов РОВ. В ходе экспериментов был установлен значительный эффект выведения растворенного органического углерода (до 50 % от исходного) для вод ручья и, напротив, его устойчивость (до 98 %) во всех трех размерных фракциях (0,22 мкм, 50 кДа, 1 кДа) торфяного субстрата к бактериальной минерализации. Эти различия показывают роль других факторов преобразования РОВ, таких как фотодеструкция и химическое окисление, при переходе от почвенного раствора (аллохтонный углерод) через воды ручья к формам РОВ озера (автохтонный углерод), более доступным для биодеструкции.

Присутствие бактерий приводит к выведению из раствора ряда элементов, таких как Fe, Al, Zr, Ti, Mn, Ni, Cu, REE, U, вследствие сорбции на поверхности клеток и биологической ассимиляции микроэлементов. Другая группа элементов, среди которых Li, Mg, Ca, Sr, Si, Nb, Sb, индифферентна к наличию в субстратах использованных видов бактерий.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-50-00029.

Experimental study of dissolved organic matter biodegradation and the behavior of conjugate trace elements in surface waters of boreal climatic zone. O.V. Oleinikova, A.Yu. Bychkov, L.S. Shirokova, O.Yu. Drozdova, S.A. Lapitskiy, E. Gerard, O.S Pokrovsky. Boreal climate zone is one of the most rich organic carbon container. Present work is establishes the role of heterotrophic bacteria in dissolved organic matter biodegradation and following changes in trace elements composition. Water samples from North Karelia was tested with two different bacterial strains – *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas saponiphila*.

ПРИТОК ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В МОЖАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Д.И. Соколов

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,
Россия, Dmitriy.Sokolov@yandex.ru*

Наполнение большинства водохранилищ умеренных широт происходит в период весеннего половодья. При этом качество речных вод в значительной степени определяет качество воды в водохранилищах, поскольку в половодье в водоемы с речными водами поступает до 50 % и более годового притока аллохтонных органических, биогенных веществ, взвесей и др. (Соколов, 2013).

Объектом настоящего исследования выбрано Можайское водохранилище (55°35' с.ш., 35°50' в.д.) – головной водоем Москворецкого источника водоснабжения г. Москвы, и питающие его реки Москва, Лусьянка, Колочь, дающие более 83 % притока воды в водохранилище.

Материалами для изучения характера поступления в водохранилище ОВ в весенний период послужили данные детальных наблюдений в марте–мае 2016 г. На реках отбирали пробы воды ежедневно во время прохождения основной волны половодья и каждые 3–4 дня на спаде. В химической лаборатории Красновидовской учебно-научной базы географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова определяли в фильтрованных (через мембрану 0,45 мкм) и нефильтрованных пробах перманганатную окисляемость (ПО) методом Кубеля в кислой среде (Муравьев, 2004), бихроматную окисляемость (БО) арбитражным методом (Унифицированные..., 1973) в модификации А.П. Остапени (Остапеня, 1965), цветность воды (ЦВ) фотометрически (ГОСТ 52769-2007).

Содержание ОВ в речных водах перед началом половодья было невысоким: в фильтрованных пробах ПО 4–8 мг О/л, БО 10–13 мг О/л (в нефильтрованных 6–9 и до 16 мг О/л соответственно), ЦВ 30–50 град Рт–Со.

На пике половодья значения ПО, БО в фильтрованной воде возросли до 8–10 и 18–20 мг О/л (в нефильтованной – до 12–18 и 19–29 мг О/л соответственно), ЦВ – до 80–100 град Рт–Со.

После прохождения пика половодья 1–2 апреля рост содержания ОВ в речных водах продолжался до середины апреля, когда на фоне дождевых паводков, осложнивших спад половодья, окисляемость и цветность достигли максимальных значений: ПО до 13–17 мг О/л, БО до 23–35 мг О/л, ЦВ до 90–100 град Рт–Со. С уменьшением мутности речных вод на спаде половодья постепенно снижались различия между показателями содержания ОВ в фильтрованных и нефильтрованных пробах.

Примечательно, что на пике половодья максимальные значения окисляемости и цветности в воде сравнительно малых рек – Лусьянки

(площадь водосбора $F = 170 \text{ км}^2$) и Колочи ($F = 279 \text{ км}^2$) до 1,5 раз выше, чем в воде р. Москвы ($F = 755 \text{ км}^2$), а на спаде половодья – наоборот, значения ПО, БО, ЦВ р. Москвы устойчиво превышали до 1,5 раз соответствующие показатели в водах Лусянки и Колочи.

Значения ПО и ЦВ речных вод, понизившиеся к концу апреля до 7–13 мг О/л и 50–80 град Рт–Со, при прохождении сравнительно небольшого паводка вновь возросли до 9–17 мг О/л и 60–100 град Рт–Со соответственно. По мере снижения расходов воды до меженных к середине мая содержание ОВ в речных водах снизилось до минимальных с начала половодья значений: ПО 6–9 мг О/л, ЦВ 50 град Рт–Со и менее. Однако обильные ливневые осадки второй половины мая вызвали паводок, сопоставимый по подъему уровня воды в реках с волной половодья; во время этого паводка зафиксировано максимальное за исследуемый период содержание ОВ в речных водах: ПО до 16–21 мг О/л, ЦВ до 150 град Рт–Со.

Таким образом, материалы наблюдений весной 2016 г. подтверждают ранее сделанные выводы (Соколов, 2016): повышение окисляемости и цветности воды на подъеме половодья сменяется устойчиво высоким содержанием ОВ с достижением максимума на спаде половодья и постепенным снижением к наступлению летней межени; окисляемость и цветность речных вод в паводки, как правило, выше, чем в половодье.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 15-05-06108 а, № 16-35-00199 мол_а).

Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб: Кримас+, 2004. 248 с.

Остапеня А.П. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления // Докл. АН БССР. 1965. Т. 9. Вып. 4. С. 273–276.

Соколов Д.И. Изменение окисляемости и цветности воды под влиянием водохранилища // Вестник МГУ. Сер. 5: География. 2013. № 6. С. 9–15.

Соколов Д.И. Связь содержания органических веществ с расходом воды в притоках Можайского водохранилища // Водные ресурсы: изучение и управление: сборник трудов V Междунар. конф. молодых ученых. Петрозаводск, 2016.

Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973. 376 с.

Organic matter inflow in Mozhaysk reservoir in spring. D.I. Sokolov. Detailed observations of the organic content in the water of the Mozhaysk Reservoir main tributaries in spring 2016 shows that water color and oxidizability commonly keep increasing even after flood crest and reach maximum values during flood fall; as a rule, river waters color and oxidizability in rainfall high water are higher than in the spring flood time.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИТОКОВ ОЗ. БАЙКАЛ И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЗОНЕ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД

Л.М. Сороковикова, И.В. Томберг, В.Н. Синюкович

ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия, lara@lin.irk.ru

Речной сток является одним из важнейших абиотических факторов, оказывающих влияние на формирование химического состава вод оз. Байкал. Основное количество растворенных веществ (80–90 %) поступает с тремя главными притоками – Селенгой, Верхней Ангарой и Баргузином, что предопределяет необходимость постоянного контроля за качеством вод этих рек. Потепление климата, активизация туризма, строительство в водоохраной зоне Байкала коттеджей и туристических баз привели к нарушению гидрогеохимической ситуации на его водосборной территории, изменению условий формирования химического состава и повышению концентраций компонентов в речных водах. Уровень загрязнения притоков Южного Байкала промышленными выбросами снизился после остановки Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (Сороковикова и др., 2015), однако необходимо проследить восстановление химического состава вод, которое может быть продолжительным в результате значительного накопления загрязняющих веществ на водосборах.

Вследствие изменений в структуре и количественных характеристик мелководных сообществ дна в литорали озера (Тимошкин и др., 2015) основное внимание в работе уделяется динамике концентраций биогенных элементов в реках и поступлению их в озеро. Установлено, что сезонные и межгодовые изменения их концентраций зависят от водности рек и уровня развития фитопланктона (Сороковикова и др., 2009; Томберг и др., 2014). Из исследованных притоков Байкала наиболее высокое содержание общего фосфора наблюдалось в р. Селенге с максимальными величинами в районе пос. Наушки (на границе с Монголией) – до 346 мкг Р/л. В нижнем течении рек концентрации общего фосфора и суммы минерального азота в воде в течение года колебались: в Селенге в пределах 27–158 мкг Р/л и 0,01–0,71 мг N/л, Верхней Ангаре – 23–38 мкг Р/л и 0,17–0,63 мг N/л, Баргузине – 24–143 мкг Р/л и 0,04 до 0,32 мг N/л. Наименьшие концентрации минеральных форм азота и фосфора во всех реках отмечены в летне-осенний период во время массового развития фитопланктона.

Общий сток биогенных элементов и их вынос внутри года определяются водностью рек. Главным притоком, р. Селенгой, за период май–сентябрь выносятся до 90 % и более годового количества органического

Р и до 78 % минерального. В условиях средней водности с Селенгой в Байкал поступает 608 т $P_{\text{мин}}$ (Sorokovikova et al., 2001). Понижение водности в последние годы привело к резкому уменьшению его стока (таблица), что обусловлено не только маловодьем, но и интенсификацией потребления фосфора фитопланктоном, массовое развитие которого характерно для маловодных лет (Поповская, Ташлыкова, 2008).

Таблица. Поступление общего и минерального фосфора в Байкал с водами р. Селенги

Годы	$P_{\text{мин}}$, т	$P_{\text{общ}}$, тыс. т	$P_{\text{мин}}$ от $P_{\text{общ}}$, %	Водный сток, км ³
2010	186	1,57	11,9	21,0
2011	145	0,91	16,0	17,8
2012	290	2,94	9,9	26,4
2013	314	3,20	9,8	29,3
2014	154	1,00	15,4	20,0

При поступлении речных вод в Байкал их перемешивание с озерными протекает в зависимости от объемов речного стока, степени его рассредоточенности (единое русло, дельта, залив) и времени года. Зона смешения, несмотря на это, занимает прибрежную часть озера и находится в пределах 3–4 км от устьев впадающих крупных рек и до 1 км малых. Происходящие здесь процессы трансформации компонентов речного стока определяются различными физико-химическими и биологическими процессами. Последние являются определяющим фактором для биогенных элементов. В зоне смешения до 50–60 % нитратного азота и до 70–80 % минерального фосфора вовлекается в биологический круговорот.

Chemical composition of the lake Baikal tributaries and its transformation in the mixing zone of river and lake waters. L.M. Sorokovikova, I.V. Tomberg, V.N. Sinyukovich. Seasonal and interannual dynamics of biogenic element concentrations in the water of the Lake Baikal tributaries is largely dependent on climate change and anthropogenic load, while the water content conditions mainly determine their removal to the lake. In the lake, quantitative and qualitative changes in the biogenic elements of the river flow occur at a distance of 3–4 km from the river mouths. In the mixing zone, during vegetation the biological cycle involves up to 50–60 % of nitrate nitrogen and 70–80 % of mineral phosphorus.

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЦИКЛА СЕРЫ В ВОДЕ ОЗЕРА СВЯТОЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

К.В. Титова, Н.М. Кокрятская, Т.А. Жибарева

ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, Россия, ksyu_sev@mail.ru

В поверхностной воде наиболее устойчивой формой серы является сульфат-ион. При дефиците кислорода, распаде органических веществ (ОВ), происходит восстановление сульфата до сероводорода (сульфат-редукция), осуществляемое при участии анаэробных микроорганизмов – сульфатредуцирующих бактерий (СРБ). Наличие H_2S в придонных слоях водного объекта обычно служит показателем сильного загрязнения его ОВ, признаком острого дефицита кислорода и развития заморных явлений. Высокая токсичность H_2S и специфичный запах, который резко ухудшает органолептические свойства воды, делают ее непригодной для питьевого водоснабжения и других хозяйственных целей (РД 52.24.450-2010).

Целью данной работы являлось изучение процесса сульфатредукции по распределению соединений серы (сероводорода и сульфатов) в зимний период в воде оз. Святое (N 60.86018; E 039.51455) на его мелководной станции, для которой ранее отмечалось возникновение заморных явлений.

Озеро Святое является мезотрофным (Shirokova, 2013) со средним удельным водосбором и средним условным водообменом, а мелководная часть (глубина до 4 м) – с замедленным водообменом (Климов, 2008). В химическом составе озерной воды преобладают Ca^{2+} и HCO_3^{2-} , pH изменяется от 7,9 до 6,6. В зимний период (март) воды содержали кислород по всей толще, в придонных слоях концентрация растворенного кислорода составляла 1–2 мг/л (Shirokova, 2013) и менее 1 мг/л. В результате ветрового перемешивания в летний период (июль) вода по всей толще насыщена кислородом (Кокрятская, 2012).

Содержание растворенного органического углерода изменялось от 15 до 20 мг/л; отмечено устойчивое снижение (на 20–30 %) его концентрации книзу в зимний период и довольно постоянное вертикальное распределение в летнее время (Shirokova, 2013). Концентрация HCO_3^{2-} увеличивалась от поверхности до дна в среднем в 1,2 раза, что может быть связано с анаэробной минерализацией органического углерода, сопряженной с восстановлением сульфатов (Беляев, 1981), и разгрузкой грунтовых вод из подстилающих карбонатных пород. Для южной мелководной части озера отмечено влияние стоков до 2010 г. действовавшего маслозавода и поселка Климовская – по периодической минимальной деструкции ОВ при высокой продукции (Широкова, 2008), заметному содержанию (до 7 КОЕ/мл) представителей бактерий группы кишечной палочки в период весеннего

половодья (Широкова, 2006); значительному возрастанию количеств фосфатов в придонном слое воды в зимний период (Кокрятская, 2012).

Среднее содержание H_2S в воде мелководной станции оз. Святое в зимний период наблюдений с 2008 по 2009 гг. составляло 8,9 мкг/л и изменялось в интервале от 3,3 до 13,4 мкг/л. Для поверхностных слоев воды в этот период отмечены высокие значения отношения C/N (до 62) (Shirokova, 2013) для растворенного ОБ, что говорит о большой доле аллохтонной составляющей гуминовой природы в поступающем ОБ в период открытой воды.

К 2016 г. среднее содержание H_2S снизилось в 1,5 раза, изменяясь в интервале от 3,1 до 8,6 мкг/л. Содержание сульфатов, как и ранее, у дна в среднем составляло 9,6 мг/л. Установлено снижение содержания ОБ от его поверхности ко дну на 30 % (до 20 мг/л в пересчете на органический углерод). Кислородом был насыщен только поверхностный метровый горизонт, ко дну его содержание падало практически до нуля. Таким образом, условия среды, необходимые для жизнедеятельности СРБ (анаэробная зона, pH, наличие ОБ и сульфатов) имели место, а сульфатредукция в воде протекала вяло. Причиной тому может быть недоступность ОБ вследствие его недостаточной минерализации. Кроме того, произошло снижение диффузии H_2S из донных отложений, обусловленное некоторым «затуханием» процесса сульфатредукции (на подтверждение этого факта указывают снижение количеств соединений восстановленной серы в верхнем горизонте осадков (сульфидных форм), увеличение содержания органического углерода в среднем на 0,9 % по сравнению с периодом исследований 2008–2009 гг.

Таким образом, при проведении мониторинговых работ установлено, что для водной толщи южной мелководной части оз. Святое, ранее находившейся под воздействием стоков маслозавода, после прекращения его деятельности наблюдается сохранение дефицита кислорода в нижних слоях воды, связанное, скорее всего, с затратой его на окисление ОБ; метана и водорода, диффундирующих из донных отложений (Кузнецов, 1952); интенсивность же сульфатредукции в донных отложениях снизилась.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект мол_а № 16-35-00025), в рамках ФНИР 041020140026.

K.V. Titova, N.M. Kokryatskaya, T.A. Zhibareva. Monitoring of sulphur cycle compounds in Lake Svyatoe water (Arkhangelsk region). Sulfate reduction in the water in the shallow waters of Lake Svyatoe nowadays became weaker comparing to 2008-2009 and the intensity of the process in sediments has decreased.

ВЫПАДЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ НА АКВАТОРИИ ПСКОВСКО-ЧУДСКОГО ОЗЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Г.Т. Фрумин

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, gfrumin@mail.ru*

Псковско-Чудской озерный комплекс – четвертый по величине пресноводный водоем Европы и крупнейший европейский трансграничный водоем, расположенный на границе Эстонии и России. Водосборный бассейн Псковско-Чудского озера расположен между северными широтами $56^{\circ}08'$ – $59^{\circ}13'$ и восточными долготами $25^{\circ}36'$, занимая, вместе с собственно озером, 47800 км^2 . Общая площадь Псковско-Чудского озерного комплекса составляет 3555 км^2 , из них 1985 км^2 относится к России и 1570 км^2 – к Эстонии. Водоем делится на три основные части: Чудское озеро, Псковское озеро и соединяющее их Теплое озеро.

Использование водных ресурсов водосборного бассейна Псковско-Чудского озерного комплекса регулируется международными конвенциями и двухсторонними соглашениями, среди которых наиболее значимым является соглашение между правительствами Эстонии и России по сотрудничеству в области охраны и рационального использования трансграничных вод, подписанное в Москве 20.08.1997 г. Поступление биогенных элементов с атмосферными осадками на земную поверхность существенно различается как в пространстве, так и во времени. В связи с изложенным цель данного исследования заключалась в разработке методики расчета атмосферных выпадений биогенных элементов на субакватории Псковско-Чудского озерного комплекса.

Расчеты показали, что за период с 1995 г. по 2010 г. на акваторию Финского залива в течение года из атмосферы поступало 150 т/год фосфора общего (TP). Эта ежегодная величина оставалась постоянной в течение всего указанного периода. Величины атмосферных выпадений азота общего (TN) на акваторию Финского залива существенно варьировали от года к году.

Для последующих расчетов была принята средняя величина атмосферных выпадений азота общего, равная 13067 т/год . Учитывая, что площадь акватории Финского залива $F = 29500 \text{ км}^2$, были рассчитаны модули атмосферных выпадений биогенных элементов на рассматриваемую акваторию:

$$\begin{aligned} M(\text{TP}) &= 150 \cdot 10^3 / 29500 = 5,08 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{год} \\ M(\text{TN}) &= 13067 \cdot 10^3 / 29500 = 442,9 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{год} \end{aligned}$$

Дополнительный анализ показал, что количество атмосферных осадков на Псковско-Чудской озерный комплекс по сравнению с Финским заливом меньше на 6,5 %, что обусловлено континентальными особенностями климата и более редким прохождением влажных Атлантических циклонов. В качестве первого приближения было принято, что модули атмосферных выпадений биогенных элементов на акватории Псковско-Чудского озера будут на 6,5 % меньше, чем соответствующие модули для Финского залива (таблица 1).

Таблица 1. Модули атмосферных выпадений биогенных элементов на акватории Псковско-Чудского озера

Биогенный элемент	Модули атмосферных выпадений, кг/км ² ·год
Фосфор общий	4,75
Азот общий	414,1

Результаты расчетов, представленные в таблице 1, были положены в основу расчетов атмосферных выпадений биогенных элементов (Q) на субакватории Псковско-Чудского озера (таблица 2).

Таблица 2. Атмосферные выпадения биогенных элементов на субакватории Псковско-Чудского озера

Озеро	Q(ТР), т/год			Q(TN), т/год		
	Акватория		Итого	Акватория		Итого
	России	Эстонии		России	Эстонии	
Чудское	5,6	6,80	12,40	487	595	1082
Теплое	0,6	0,60	1,20	49	49	98
Псковское	3,3	0,03	3,33	290	3	293
Итого	9,5	7,43	16,93	826	647	1473

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (Соглашение № 14.574.21.0088 от 16.07.2014 г.).

Atmospheric deposition of nutrients to the Lake Peipsi – Lake Pihkva. G.T. Frumin. The problem of nutrients inputs to the Lake Peipsi and Lake Pihkva from the atmosphere has been discussed. The method of calculation the atmospheric load of nutrients on Lake Peipsi and Lake Pihkva has been developed. Atmospheric depositions of total phosphorus and total nitrogen in Russian and Estonian parts of Lake Peipsi and Lake Pihkva have been calculated.

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ

СОЕДИНЕНИЯ (СОЗ) В ОЗЕРНЫХ И РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Г.М. Чуйко

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия,
gchuiiko@mail.ru*

Стойкие органические соединения (СОЗ) – группа антропогенных, высоко персистентных хлорорганических соединений, характеризующихся глобальной распространенностью и длительной циркуляцией в окружающей среде, обладающих низкой растворимостью в воде, высокой степенью биоаккумуляции на высших трофических уровнях и токсичностью для животных и человека в крайне малых дозах (Арский, 2000; Urbaniak, 2007). В 2001 г. в Стокгольме была принята Глобальная международная конвенция о запрещении производства и использования СОЗ, которую Россия подписала в 2002 г., а в 2011 г. ратифицировала.

Цель исследования – анализ собственных и литературных данных о пространственном распределении в ДО основных групп СОЗ в пресноводных объектах европейской части России.

Общемировая доля России в эмиссии СОЗ в окружающую среду достигает более 23%, а основная ее часть приходится на Европейскую территорию. При этом наиболее часто и в наибольших количествах встречаются полихлорированные бифенилы (ПХБ), дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), гексахлорциклогексан (ГХЦГ) и гексахлорбензол (ГХБ).

Водные объекты являются конечным звеном всех поступающих в окружающую среду СОЗ, куда они попадают со сточными водами, за счет терригенного стока или атмосферного переноса. Первичным звеном аккумуляции СОЗ в пресноводных экосистемах служат донные отложения (ДО), конечным – рыбы, околотовные птицы и млекопитающие, включая человека. Мониторинг СОЗ в пресноводных объектах России в настоящее время носит нерегулярный характер, данные об их содержании ограничены.

Известно, что в пресноводных объектах содержание СОЗ в ДО прямо коррелирует с общим содержанием органического вещества. Наибольшей аккумулирующей способностью в отношении СОЗ отличаются илистые ДО, где содержание органического вещества максимальное. Проведенный анализ показал, что в европейской части России соотношение основных групп СОЗ в ДО располагается в ряду $\Sigma\text{ПХБ} > \text{ДДТ}$ и его метаболиты $>$ изомеры $\text{ГХЦГ} > \text{ГХБ}$. Их содержание может варьироваться в пределах 5–60000, 1–30, 0,3–10 и 0,2–5 мкг/кг с.м. соответственно (Ливанов и др., 2000; Чуйко и др., 2010). Качественный состав СОЗ свидетельствует, что их поступление в водные объекты осуществ-

ляется до сих пор, несмотря на запрет производства и применения. В первую очередь это касается ПХБ, что связано с продолжающейся эксплуатацией содержащего их оборудования, произведенного в предыдущие годы, и большого неиспользованного запаса самих веществ. Наибольшие уровни содержания СОЗ выявляются в водных объектах, имеющих в прибрежной зоне предприятия, сточные воды которых являются их потенциальными источниками. К ним могут быть отнесены Рыбинское и Горьковское водохранилища (Вологодская, Ярославская, Костромская, Ивановская и Нижегородская обл.), оз. Ладожское (Ленинградская обл.), оз. Долгое (г. Санкт-Петербург). В водохранилище озерного типа (Рыбинское) свежепоступающие СОЗ распространяются от их источника на расстояние 30-40 км, постепенно уменьшаясь количественно. За пределами этой зоны содержание СОЗ имеет фоновый уровень, который определяется атмосферным переносом и стоком с водосборной территории. В водохранилище руслового типа (Горьковское) зоны аккумуляции СОЗ локализуются на границах смены его гидрологического режима: русловой, озерно-русловой, озерной. В озерах, не имеющих локальных источников поступления СОЗ, уровень их содержания определяется площадью их акватории и водосбора. В крупных водоемах – оз. Плещеево (Ярославская обл.), оз. Воже и Лача (Вологодская, Архангельская обл.), Костромское водохранилище (Костромская обл.) – содержание СОЗ находится на фоновых уровнях, а качественный состав свидетельствуют об их давнем поступлении в окружающую среду. В малых озерах Ленинградской, Вологодской и Архангельской областей при том же качественном составе, содержание СОЗ выше фоновых уровней. Выявленный феномен показывает, что озера являются накопителями СОЗ, поступающих в окружающую среду атмосферным путем

и со склоновыми стоками с водосборных территорий. При этом малые озера, видимо, являются концентраторами СОЗ.

Таким образом, до настоящего времени СОЗ остаются среди приоритетных загрязняющих веществ для водных объектов Европейской части России. Характер пространственного распределения, уровень содержания и качественный состав СОЗ имеет свои особенности в зависимости от типа водного объекта.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 10-05-10058, 10-05-00593 и 12-05-00572.

Persistent organic pollutants (POPs) in the lake and river ecosystems of central European Russia. G.M. Chuiko. It has been shown that up to the present time POPs are among the priority pollutants to waters of the European part of Rus-

sia. The nature of the spatial distribution, level of content and quality composition of POPs are different depending on the type of water body. Small lake, apparently, are the hubs of POPs entering them by atmospheric way and with slope runoff from catchment areas.

МАЛЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛЕДНИКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ И ТЕРМОКАРСТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.В. Чупаков, Л.С. Широкова, О.С. Покровский

*ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
Российской академии наук, г. Архангельск, Россия, artem.chupakov@gmail.com*

Особенностью территории торфяников Западной Сибири, является низкая концентрация неорганических солей во всех поверхностных водах, включая реки (общая минерализация <50 мг/л), преимущественно дренирующих органический субстрат торфа, а не минеральный (глина и песок) почвенный субстрат. Это особенно верно для зоны вечной мерзлоты, где максимальная глубина активного слоя (сезонно-оттаивающий слой) меньше, чем мощность торфа (Tartikov, 1973, 1979; Болин др., 1967; Болин, 1985; Хренов, 2011). Однако, подобные гидрохимические особенности характерны и для заболоченных водосборных площадей и болотных массивов ледниковых ландшафтов Северо-Запада России.

В данной работе мы рассмотрели основные тенденции изменения некоторых гидрохимических характеристик вод стока от начала водосбора до озера в обстановках Иласского болотного массива Архангельской области (АО) и островной мерзлоты Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). Данные по термокарстовым озерам ЯНАО получены Лабораторией биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды ТГУ.

Следуя логике движения от обводненного торфа (АО) или минимальных просадок мерзлоты (ЯНАО) начала водосбора к терминальному водоему мы дифференцировали объекты наблюдений по площади и объединили их в 6 групп: 1. Мелкие депрессии термокарста – начало таяния, $<0,25$ м² (ЯНАО) и вода торфа болота (АО); 2. Средние депрессии термокарста, <1 м² (ЯНАО) и воды на поверхности болота (мха) (АО); 3. Маленькие просадки оттаивания, <150 м² (ЯНАО) и маленькие мочажины болота, <150 м² (АО); 4. Средние мочажины болота (АО) (<150 – 1000 м²); 5. Просадка оттаивания, 3750 м² (ЯНАО) мочажины болота, <1000 – 15000 м² (АО); 6. Термокарстовые озера, 1 – $1,5$ км² (ЯНАО) и два ледниковых озера (АО).

В целом, как для озёр зоны прерывистой мерзлоты, так и для болотных озёр (мочажин) наблюдаются одинаковые тенденции изменения значений удельной электрической проводимости (УЭП), pH и концентрации растворенного органического углерода (РОУ) при увеличении площади водного объекта. Значения УЭП уменьшаются от 50 мкСм/см до 20 мкСм/см. Значения pH увеличиваются от 4 до 6. Концентрация РОУ уменьшается от 50 до 15 мг/л. Подобная динамика может быть связана, как с климатическими (осадки и др.), физико-химическими (фотодеструкция и др.), так и биологическими (биодеструкция и др.) процессами. Несмотря на разнообразие влияющих факторов, характер зависимости и уровни концентраций остаются близкими, как в зоне прерывистой вечной мерзлоты, так и немерзлотных зон, например значения pH в 1–3 группах были практически идентичными 3,62–4,20.

У основных щелочных и щёлочноземельных металлов (Na, Mg и Ca) наблюдается прямолинейное снижение концентраций для термокарстовых водоёмов (ЗС), для объектов исследования, расположенных в АО линейных характер тренда сохраняется лишь для вод болотного массива. Кроме того, объекты, расположенные в АО характеризуются более высоким содержанием Na, что может быть связано с влиянием морских аэрозолей на эти водоёмы.

Для трёхвалентных гидролизатов Fe и Al, которые склонны к образованию органоминеральных коллоидов, в водоёмах ЗС установлены более высокие концентрации (≈ 2 раза), по сравнению рассматриваемыми болотными водоёмами АО. Общая тенденция уменьшения концентрации элемента с увеличением площади водного объекта для групп 1–5 сохраняется. Однако концентрации данных элементов в поверхностных горизонтах ледниковых озёр (6 группа) возрастают до максимальных значений, как и в случае с Mg и Ca.

Таким образом было установлено, что по значениям УЭП, pH, концентрациям РОУ, и содержанию некоторых макро- и микроэлементов, обозначенные термокарстовые водные объекты Западной Сибири идентичны водным объектам грядово-мочажинного Иласского болотного массива (группы 1–5) и в меньшей степени гумифицированным ледниковым озерам в Архагельской области. Сходства проявляются как в значениях показателя, так и в виде тенденции при переходе от небольших водных объектов к более крупным.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 15-17-10009 «Эволюция экосистем термокарстовых озёр Большеземельской тундры в контексте климатических изменений и антропогенной нагрузки: натурные наблюдения и экспериментальное моделирование».

Small water bodies of North-West Russia swampy landscape and thermokarst lakes in Western Siberia. A.V. Chupakov, L.S. Shirokova, O.S. Pokrovsky. In this paper, we reviewed the main trends in some hydrochemical characteristics of water catchment area from the beginning to the lake runoff environments bog and insular permafrost. It was found similarities hydrochemical characteristics of water bodies and their trends from the beginning of the catchment area of the reservoir up to the terminal.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ДВУХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЁРАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.В. Чупаков, Л.С. Широкова, О.С. Покровский

*ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
Российской академии наук, г. Архангельск, Россия, artem.chupakov@gmail.com*

Редкоземельные элементы (РЗЭ), или лантаноиды, представляют собой обособленную группу элементов со сходными химическим и физическими свойствами. Сходство обеспечивается общим видом внешней электронной оболочки (Балашов, 1976, Большакова, 1976, Дубинин, 2006). Близкие химические свойства РЗЭ способствуют сохранению их соотношений (спектров концентраций) в природных процессах, отражая их направленность и источники поступления вещества. Се и Еу в природных условиях, наряду с характерной для всех лантаноидов степенью окисления +3, могут проявлять свойства Red/Ox чувствительных элементов ($\text{Ce}^{+3} - e^- \rightarrow \text{Ce}^{+4}$; $\text{Eu}^{+3} + e^- \rightarrow \text{Eu}^{+2}$) и способны отражать окислительно-восстановительные условия среды, увеличивая или уменьшая свою концентрацию относительно трёхвалентных РЗЭ (Дубинин, 2006). Эти особенности дают возможность использовать РЗЭ как индикаторы геохимических процессов (Гусева, 2012).

В данной работе мы рассмотрели поведение РЗЭ в двух малых озёрах северной тайги (оз. Светлое и оз. Темное). Озера контрастны по содержанию растворённого органического вещества (РОВ) и имеют постоянную химическую (в том числе Red/Ox) стратификацию – меромиксис. Определение концентраций РЗЭ методом ИСП-МС без предварительного концентрирования.

Было установлено, что концентрации РЗЭ (<0,45 мкм) в озере богатом РОВ (15–30 мг/л) превышают установленные концентрации РЗЭ (<0,45 мкм) в озере, бедном РОВ (0,8–4,3 мг/л) на 1–2 порядка. Разница формируется за счёт коллоидного пула РЗЭ (более 90 %) в оз. Темном. Концентрации в истинно-растворенной фракции (<1кДа) находятся на

одном уровне. Независимо от концентраций РОВ наблюдается общая тенденция увеличения концентраций РЗЭ к придонным горизонтам.

В спектре концентраций РЗЭ для оз. Светлого, нормализованных на Северо-Американский сланец (NASC), прослеживаются чётко выраженные отрицательная аномалия Се и положительные аномалии Eu, Tb и Lu на фоне общего незначительного обогащения тяжёлыми РЗЭ. Спектр C/C^{NASC} визуально идентичен спектру, приведённому для флюида базальтов атолла Муруора, т.е. для восстановительных условий выветривания, когда соотношение порода/вода велико (Дубинин, 2006). Напротив, для оз. Темное выраженных аномалий выявлено не было, наблюдается лишь обогащение средними РЗЭ (Sm, Eu, Gd). Подобное распределение концентраций РЗЭ установлено в пелагических осадках Тихого океана (Дубинин, 2006).

Эти различия в спектрах РЗЭ отражают особенности формирования химического состава вод, питающих озеро. Озеро Светлое характеризуется преобладанием в питании подземного стока, о чем говорит схожий с флюидным спектр концентраций РЗЭ.

Озеро Темное поддерживает свой уровень в основном за счёт поверхностного стока, дренирующего торфяные и подзолистые почвы. Черты коренных пород были изменены процессами биологического фракционирования, диагенеза почв и торфяников. По всей видимости, данные процессы сходны с таковыми, протекающими в океанических осадках, о чем говорит схожесть спектров РЗЭ.

Интересным остаётся тот факт, что в общих чертах характер спектров C/C^{NASC} в обоих водоемах с глубиной не изменяется. Данное постоянство имеет большое значение при определении причин возникновения меромиксиса и говорит о единстве происхождения вод как поверхностных, так и придонных горизонтов. Единство генезиса вод исключает экзогенный и криогенный типы возникновения меромиксии, оставляя только морфометрический и биогенный пути.

Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ № 16-35-00330_мол_а, № 16-35-50109_мол_нр и ФАНО России в рамках темы (проекта) № 0410-2014- 0030.

Rare earth elements in the two stratified lakes of northern taiga (Arkhangelsk region). A.V. Chupakov, L.S. Shirokova, O.S. Pokrovsky. In this work, the basis of trends observed changes in the concentration of REE in two small lakes. The lakes are permanent chemical stratification. It established the accumulation of REE in the bottom layers. It noted the differences in the formation of the spectrum of REE concentrations.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ОЗЕРАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРА-ЗАПАДА РОССИИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н.В. Шорина^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН,
Россия, г. Архангельск, nvshorina@yandex.ru

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
Россия, г. Архангельск

Архангельская область, насчитывает более 200 тыс. озер, основная доля которых относится к малым. Воды малых озер наиболее четко отражают зональную, региональную и локальную специфику условий их формирования и те глобальные антропогенные процессы, которые происходят в последнее время в окружающей среде. Железо является значимым элементом круговорота веществ в озерах. Биогеохимическое поведение Fe и его воздействие на водные экосистемы определяется не только его общим содержанием, но и формами его нахождения в водной среде (Варшал, 1979; Линник, 2009).

В работе обобщены результаты многолетних исследований особенностей распределения железа в разнотипных стратифицированных и не стратифицированных озерах Архангельской области на примере озер Кенозерского национального парка (Каргопольский район) с 2009–2014 гг., озер Приморского района с 2010–2013 гг. Рассмотрены особенности сезонного, межгодового и пространственного распределения железа.

Озера Кенозерского национального парка (КНП) относятся к относительно ненарушенным водным экосистемам бореальной зоны Архангельской области. Водоемы расположены в зоне избыточного увлажнения и преобладающая роль в их питании принадлежит атмосферным осадкам, что, при малой площади водосбора, делает их маломинерализованными. Вода относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. В эпилимнионе большинства озер (КНП) содержание железа не превышает 0,1 мг/л. В гиполимнионе озер, на глубоководных реперных станциях, в условиях дефицита кислорода, обусловленного его расходом на деструкционные процессы, создаются благоприятные условия выхода соединений железа из донных отложений. Содержание железа при этом может увеличиваться в 20–30 раз, достигая значений, например, 8–9 мг/л (оз. Масельское). Основной формой нахождения железа в воде в условиях аноксии становится растворенная форма, представленная на 80–98 % соединениями железа (II). Наибольшие концентрации железа зафиксированы в зимний период, когда доминируют процессы минерализации ОВ и толщина анаэробной зоны максимальна, а наименьшие концентрации железа в озерах наблюдались в период осенне-весенней гомотермии,

где создаётся одинаковый температурный и кислородный режим по всем горизонтам и усредняются значения рН. Содержание железа характеризуется равномерностью по всему водному столбу, соотношение растворенных и взвешенных форм при этом выравнивается.

В нестратифицированных мелководных озерах, в условиях отсутствия дефицита кислорода, также происходит постепенное увеличение железа от поверхности ко дну, основной преобладающей формой железа в зимний период является растворенная форма, летом взвешенная с наибольшими концентрациями в придонных горизонтах до 3 мг/л.

В отличие от ранее изученных озер Ротковецкой группы и водоемов Кенозерского национального парка, относящихся к мало- и средне цветным, в высоко цветных озерах (Приморский район) показано преобладание растворенных форм железа во все гидрологические сезоны, что связано с повышенной гумифицированностью вод, имеющих преимущественно болотное питание. Учитывая высокие показатели растворенного органического углерода (РОУ) во все гидрологические сезоны (Широкова, 2012), следует, что весомым источником поступления железа в водоем являются питающие болота, содержащие органические вещества гумусовой природы. Установлена зависимость содержания железа от показателя цветности. Повышенное содержание железа в высоко цветных озерах наблюдается уже в поверхностных горизонтах (2–3 ПДК). Наибольшие концентрации железа (до 11 мг/л) среди всех изучаемых озер зафиксированы в озерах с наибольшей цветностью и при наличии анаэробных условий у дна, способствующих дополнительному выходу железа из донных отложений.

По результатам исследований выявлено, что для разнотипных озер в периоды стратификации характерно неравномерное распределения железа по толщине водного столба с тенденцией увеличения содержания железа ко дну, т.е. идет процесс накопления железа в донных отложениях. В условиях дефицита кислорода, донные отложения становятся дополнительным источником повышенного содержания железа в воде в основном за счет закисных форм. Повышенному содержанию железа и преобладанию растворенных форм железа в воде гумифицированных озер во все гидрологические сезоны способствуют воды питающих болот, богатых органическим веществом гумусовой природы, с солями которых железо образует устойчивые комплексы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы ФАНО № 0410-2014-0030, УрО РАН № 0410-2015-0027.

The study of iron distribution in boreal lakes of North-West Russia (Arhangelsk region). N.V. Shorina. The paper summarizes the results of research of iron distribution in stratified lakes of the Arkhangelsk region. The features of seasonal, interannual and spatial distribution of iron are given.

VI

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ ОЗЕР И ПРОБЛЕМЫ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

NATURAL RESOURCES OF LAKES AND THE PROBLEMS OF THEIR RATIONAL USE

BUDGET OF AUTOCHTHONOUS ORGANIC MATTER IN SALT LAKE KUYALNIK

O.Yu. Goncharov

Institute of Marine Biology, Odessa, Ukraine, goncharov.olexandr@gmail.com

On the Northern coast of the Black Sea are located peculiar forms of estuaries, the so-called limans. There are lake-like valleys, flooded by sea water and separated by narrow spit. Depending on the freshwater inflow and connection with the sea, these water bodies are characterized by a wide range of salinities. Liman Kuyalnik is isolated hypohaline lake with unstable hydrological regime. Morphometric parameters vary depending of hydrological and climatic conditions: length – within 17–28 km, surface area – 30–50 km², average depth – about 1 m.

Specific biogeochemical conditions promote for creation a therapeutic mud. Kuyalnik's peloids and brine are using for balneology and recreation since 1833.

The base of peloids formation is the cycle of autochthonous organic matter. This cycle is stable in wide range of salinity. However, the latest year's climate fluctuations and overregulation of supplying river caused the drying of the Kuyalnik with extremal increasing of salinity. These changes caused stopping most of basic biological processes and degradation of Kuyalnik ecosystem.

During stable state period when the salinity varied in range 80–260 g·l⁻¹ synthesis of organic matter in plankton was faster than destruction. This leads to accumulation of organics in water body. Such situation is typical for hypersaline lakes. During the time of stable functioning in vegetation period net primary production in plankton consists 20–40 % of gross primary production (Table). Annual net production was about 3900 tons of organic carbon (13 % of annual GPP), while approximately 1500 tons of dissolved organic carbon (DOC) leaving in the water column. Thereby, about 2.5 thousands tons of DOC went to the formation of new peloids (mud).

Table. Components of autochthonous organic carbon balance in the brine

Seasons	Salinity	Organic Carbon		Daily balance, tons·waterbody ⁻¹ ·day ⁻¹			Seasonal balance, tons·waterbody ⁻¹ ·season ⁻¹		
	psu	mgC·l ⁻¹	tons· water body ⁻¹	Gross	Respi- ration	Net	Gross	Respi- ration	Net
Stable state (2001–2002)									
Winter	184	31.4	1446	26.8	58.3	-31.5	2412	5243	-2831
Spring	170	32.6	1628	171.6	101.9	68.0	15444	9175	6116
Sum- mer	208	36.6	1493	104.1	83.2	22.9	9365	7492	2060
Autumn	262	47.2	1528	36.7	52.4	-15.7	3302	4718	-1415
Annual	206	37.0	1524				30523	26628	3931
Over-salination period (after 2009)									
Sum- mer	320	53.3	1065						

During over-salinization (265–320 psu) nearly 30 % of organic matter (~500 tons of DOC) fell out of brine to the bottom sediments. This confirms by concentrations of organic carbon in interstitial water of sediments before and after salinization. Thus, the average concentration of organics previously was 105.3 mgC·l⁻¹ and then 193.7 mgC·l⁻¹.

Kuyalnik has been connected with the Black Sea by 2 km length pipe at the end of 2014 for partial filling by seawater to save on drying. This action caused the rehabilitation of biological processes in Kuyalnik ecosystem. Current changes are observing now.

THE ESTIMATION OF SPATIAL GENETIC DIVERSITY OF VENDACE (COREGONUS ALBULA L.) POPULATIONS IN LATVIAN-BELARUSIAN LAKELAND

J. Oreha¹, N. Škute¹, A. Orupe¹, V. Kostousov²

¹*Department of Ecology, Institute of Life Sciences and Technology, Daugavpils University,
Daugavpils, Latvia, jelena.oreha@du.lv; natalja.skute@du.lv*

²*Fish Industry Institute, Stebeneva str., 22, Minsk, Belarus*

Vendace (*Coregonus albula* L.) is a very plastic species of freshwater white fish and widespread in Europe. It has reached North-western Europe after glaciations. In Latvian-Belarusian Lakeland the populations of local Coregonidae fish are residues of Arctic freshwater faunal complex, and can be considered as glacio relicts and an indicator species of Lake ecosystem status. In Latvia and Belarus the areal of vendace populations is decreased, the catch is insignificant and unstable and this species is included into the list of specially protected fish species.

The extent of genetic diversity within and among populations is the outcome of interactions among genetic drift, selection, migration, mutation, and also anthropogenic activities. The estimation of the genetic structure of populations and determining the causes of genetic differentiation and the factors that promote variation between and within populations is fundamental for understanding adaptation and is, therefore a primary goal of population and conservation genetics.

Five microsatellite loci (BWF1, Cisco90, Cisco126, Cisco157, and Cisco106) were used to investigate the genetic structure within and between populations.

Genetic diversity was studied in seven vendace populations from Latvian-Belarusian Lakeland, namely Stirnu, Drīdzis, Sventes, Drisvjati, Rudakova, Strusto, Snudi.

Allelic variation was different in all investigated vendace populations, the observed and expected heterozygosity level was quite high. The estimates of genetic differentiation of population varied in all investigated loci. The F-statistic shows more accurate differentiation of studied population than the R-statistic. A bottleneck-induced distortion of allele frequency distributions were not revealed in any studied populations.

Structuring of the seven vendace populations were estimated by principal component analysis (PCA), Bayesian clustering (STRUCTURE) and by building UPGMA tree using Nei et al. (1983) genetic distance (Da). Bayesian-based STRUCTURE analysis suggested that there are two main genetic groups within our study area, separating Rudakova and Strusto into one and others studied populations into the other cluster.

These populations would be differentiated due to drift, reduced gene flow and possibly selection that promoting divergence.

RESTORATION OF SHALLOW HYPEREUTROPHIC LAKES. SUCCESES AND FAILURES

R. Wiśniewski

Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland, wisniew2@ukw.edu.pl

Many years ago, in early 60tieth most of the polish shallow lakes were clear-water, macrophyte dominated aquatic ecosystems. Between 60tieth and 80tieth, due to intense development of agriculture and industry, growing recreation activity, and lack of the Wastewater Treatment Plants (WTP), huge amount of sewages were entering the lakes, accumulating in their sediments.

First restoration efforts started in half of 80tieth. The most popular methods were aeration of water volume, and sediment dredging. Both methods were highly costly, and the results were truly doubtful. During next years, many different efforts were undertaken, aiming to restore structures (organisms) and functions (processes) in degraded lakes. In between, biomanipulation, artificial water mixing, precipitation of phosphorus from water volume. Recently, most frequently practiced methods are inactivation of phosphate in lake sediments, and preventing or blocking Cyanobacteria blooms development.

From over twenty years, formerly Laboratory of Applied Hydrobiology of Nicolas Copernicus University in Torun was, and recently Department of Hydrobiology of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz is involved in testing or improving of existing methods, and, if possible, developing new. Since fifteen years, the author is cooperating with the PROTE Company in Poznań, what allows to undertake restoration projects in a full lake ecosystem scale, supported with funds by European Union (EU).

Investigations were conducted on over 30 lakes differing in watersheds, among them urban, agricultural and forest. There were also two artificial reservoirs, one created for water storage and recreation, and another, made on closed river arm, for alimentation of refinery with pure technological water.

Lake Zdworskie (340 ha, 4,0 m maximal and 2,0 m average depth), biggest in Mazowian Voivodship, served as testing ground where almost all existing methods were checked. Also, due to very high organic matter contents in sediments of that lake (up to 67 %) trials were made to elaborate dedicated to situation method. The sequence of operations started with partial sediment removal, placing it in geotubes with simultaneous coagulant (FeCl_3) addition, to keep phosphates inside sediment. Water returning to the lake had no phosphorus. Dry sediment was burnt, and all phosphate was extracted from ash. After adding NH_4Cl and MgCl_2 , and initiating the crystallization process, it was possible to obtain artificial fertilizer (struvite) with almost 70 % of phosphate built in.

Only in two, from over thirty investigated aquatic ecosystems, changes were spectacular. The first case is linked with elaboration of a new method of sediment phosphorus inactivation, allowing to applicate coagulant (FeCl_3) direct-

ly into sediments. In almost all described in literature cases, coagulants were applied on or below the water surface. The idea behind dosing coagulant from the surface is for the coagulant to create a layer to insulate the bottom sediment and block the migration of this nutrient from sediments to water. Such a layer could be formed only if the dosing was to be simultaneously carried out on the entire lake's surface, and the reservoir's water was not at that time subject to any movements, such as currents and waves. Even if an isolating sediment surface coagulant layer is tight, it's very small negative buoyancy can cause movement, and replacement by ebullition of gas bubbles or small water currents.

In order to be able to applicate coagulant (FeCl_3) directly into sediments the PROTE company designed and built a custom-made PROTEUS patented vessel. It consists of two modules. Surface module is able to precisely navigate across the reservoir and monitor its bottom, reporting accuracy of vessel position (maximum error: 1,0 to 2,0 cm). The navigation and control booth has three computers inside, one that controls the underwater module; the other, that is responsible for the preparation of chemical solution – determining its concentration, volume and dose; and the main computer that is concerned with navigation, monitoring of the underwater module's position at the sediment surface, and receives pictures from its front and rear cameras. Underwater module is responsible for triggering the intentional, controlled resuspension of sediment. The module is shaped in the form of a flattened bell, the purpose of it is to increase the contact with the surface of sediment particles, to which chemicals are applied during resuspension of precisely determined sediment layer.

It was the main method while restoring two urban lakes Jelonek and Winiary in Gniezno, during realization of restoration project in the years 2009 – 2011 co-financed from the EU Life+ programme. In lake Winiary clear regime shift to clear-water, macrophyte-dominated stable state was obtained. Positive changes in lake Jelonek were minor. That lake is situated more close to town center, and is exposed to inflows of rainwater and sewage mixture from old combined sewer system and stormwater drainage during heavy rainfalls. The method received a high recognition from the European Committee which recognized it in 2012 as one of five best environmental technologies in Europe.

Second clear positive regime shift was obtained in Lotos refinery reservoir of technological water. The only method applied was provision of barley straw baleys, mounted across reservoir in sections of proper hydrology. It is known that the decomposition of this straw in oxic water causes the emission of substances called algaestatics, which are blocking the cells division and growth of algae and especially Cyanobacteria. Mounted in March 2012 baleys caused distinct changes in August. Water transparency increased from 0,3 m to 4,5m. Next year colonies of freshwater sponge *Spongilla lacustris* developed on concrete bottom.

УДЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАКОВ В БИОМАССЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕР БЕЛАРУСИ

А.В. Алехнович, Д.В. Молотков

НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, г. Минск, Беларусь. Alekhnovichav@gmail.com

Раки всеядны, питаются разнообразными видами беспозвоночных, растениями, детритом и в состоянии переключаться с одного вида корма на другой.

Доминирующая трофическая роль раков в пресноводных экосистемах доказана многочисленными работами и не вызывает сомнения. Величины потока вещества и энергии от автотрофов к гетеротрофам в бентосных сообществах во многом определяются речными раками (Huryn, Wallace, 1987; Momot 1995; Rabeni, Gossett, McClendon, 1995; Nyström et al., 1996; Guan, 2000; Nyström, 2005). В отечественных же исследованиях, проводимых в трофической и продукционной экологии бентосных сообществ, очень часто, если не всегда, роль речных раков не учитывается.

Цель исследований показать высокую значимость отдельного структурного компонента бентосных сообществ – речных раков.

Биомассу определяли для наиболее массового вида раков Беларуси длиннопалого *Astacus leptodactylus*. Два других вида – аборигенный вид широкопалый рак *Astacus astacus* редкий исчезающий вид, включен в Красную книгу РБ, и инвазивный полосатый рак *Orconectes limosus*, который пока еще не имеет массового распространения в водоемах Беларуси.

Выполняя работы по оценке численности раков в отдельных водоемах (использовался метод мечения и повторного отлова) для раколовки нашей конструкции была получена зависимость улова одной ловушки за сутки от численности раков на единицу площади (Алехнович, 2016). В численной форме эта зависимость описывается уравнением: $D = 0,256 \cdot e^{0,317C}$, $r = 0,89$, где D – плотность популяции, экз./м², C – улов раков одной раколовкой, экз./ловушка·сутки. Для летних месяцев и диапазона уловов от 0,2 до 6,0 инд./ловушка·сутки данная зависимость удовлетворительно работает.

Численность раков в уловах не остается постоянной и колеблется в зависимости от физиологического состояния раков и факторов окружающей среды.

Для наиболее продуктивных озер нами были организованы многолетние наблюдения за динамикой численности раков. Так в оз. Гиньково численность раков менялась от 0,27 до 0,46 и средних значениях $0,38 \pm 0,09$ инд./м², оз. Волчино от 0,40 до 1,25 и средних значениях $0,82 \pm 0,43$ инд./м², оз. Бельское 0,29–0,52 и средних значениях $0,38 \pm 0,11$ инд./м², оз. Кузьмичи 0,32–0,61 и средних $0,50 \pm 0,13$ инд./м². Как

видим, в отдельных озерах межгодовая изменчивость плотности раков может достигать до 52 %, но в большинстве случаев она составляла порядка 25 %. Межгодовую изменчивость, равную 25 %, правомочно объяснить различиями в текущих значениях факторов окружающей среды. Они никогда не будут абсолютно идентичными при отборе проб в одних и тех же местах, но в разное время. Для озер, где плотность раков менялась от 0,27 до 1,71 инд./м², среднее значение составило $0,42 \pm 0,25$ инд./м². Средние размеры самцов в анализированных озерах были $9,9 \pm 0,90$ см, самок – $10,0 \pm 0,97$ см.

Зависимости массы тела от длины самцов белорусских популяций можно описать уравнением $W = 0,0227 L^{3,1176}$, самок $W = 0,0278 L^{2,9758}$, где W в граммах и L в сантиметрах. Соответственно масса самца длиной 9,9 см будет 28,8 г., самки – 10,0 см – 26,3 г. Соотношение полов в уловах в среднем для всего года близко 1:1. Следовательно на один квадратный метр площади будет приходиться в среднем $(28,8 + 26,3) / 2 \cdot 0,42 = 11,6$ г/м² биомассы раков.

В работе (Власов, Якушко, Гигевич, Логинова, 2004) приводятся данные по биомассе бентоса большинства озер Беларуси. Из данной сводки мы выбрали значения биомассы макробентоса для исследуемых нами озер. Она изменялась от 1,04 до 25,07 г/м² и в среднем была $6,52 \pm 7,26$ г/м².

Суммарная средняя биомасса макробентоса рачьих озер равна 18,12 г/м² и доля раков в ней составляет в среднем 64 %.

Таким образом, в ракопродуктивных озерах, суммарная биомасса речных раков в большинстве случаев превышает значения биомассы всего оставшегося макробентоса. Следовательно, функциональная роль речных раков в биотическом потоке энергии является определяющей и раков необходимо обязательно учитывать при комплексной экологической оценке биотического потока энергии в экосистеме озер.

Specific value of crayfish in macrozoobenthos biomass in the lakes of Belarus. A.V. Alekhnovich, D.V. Molotkov. Density of narrow-clawed crayfish in the lakes of Belarus was determined by the values of daily catch of one trap. The average biomass of crayfish is 11,6 г/м², it is higher than the rest biomass of macrobenthos in these lakes.

СТРУКТУРА ГИДРОБИОЦЕНОЗА ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА САРАННОЕ (О-В БЕРИНГА, КОМАНДОРЫ)

Н.М. Вецлер, Е.В. Лепская, Т.В. Бонк

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Россия, vetsler@kamniro.ru

Командорские о-ва находятся в северной части Тихого океана на расстоянии примерно 175 км от Камчатки и 370 км от ближайших островов Алеутской гряды. Основу архипелага составляет о-в Беринга. Озеро Саранное находится в его северо-восточной части и является самым крупным на острове. Длина водоема равна 7,8 км, средняя ширина – 4,6 км, максимальная глубина – 32,5 м, средняя глубина – 14,0 м. Большая часть озерного ложа (60 % площади) представляет собой террасу с изобатами от 8 до 13 м.

Изолированность Командор и суровый островной климат способствовали формированию в озере уникального водного сообщества со своеобразным видовым составом гидробионтов. К основным особенностям климатических условий, оказывающих негативное влияние на гидрологический режим водоема и, соответственно, на жизнедеятельность организмов в оз. Саранное относится постоянная ветреная погода. Средняя скорость ветра на о. Беринга составляет 7,1 м/с, максимальная скорость – может достигать ураганной силы (до 40 м/с), а сам ветер, из-за своеобразного рельефа местности, может иметь любое направление. Почти в каждом месяце бывают дни, когда скорость ветра достигает ураганной силы. Интенсивное ветровое перемешивание озера в осенний период приводит к сильному выхолаживанию водных масс перед ледоставом. В результате водоём в зимний период характеризуется низкой температурой водной толщи. Температура основной массы озерных вод (слой 0–10 м) опускается ниже 1 °С, а у дна (30 м), в среднем, составляет всего 1,8 °С.

В альгоценозе озера определено 31 планктонных таксона, которые относятся к четырем отделам: Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Chrisophyta. Наиболее разнообразно представлен отдел диатомовых водорослей. К массовым видам из Bacillariophyta относятся: *Asterionella formosa* Hassal, *Aulacoseira subarctica* (O. Müll) Haworth и различные представители рода *Staurosira*. В планктоне оз. Саранное найден *Stephanodiscus niagarae* Ehrenberg. При небольшой численности, редко превышающей 20 кл./мл, вид имеет огромную биомассу за счет значительных размеров клетки (более 60 мкм). В вегетационный период, как правило, численно преобладает комплекс цианобактерий, наиболее часто встречаются: *Anabaena* cf. *utermoelii*, *A.* cf. *cilindrica*, *Microcystis* sp., *Sinecho-*

cystis sp. Биомасса анабены достигает максимальных величин обычно в июле. Мелкоклеточные цианобактерии, несмотря на гигантскую численность, имеют небольшую биомассу, которая, однако, становится заметной при значениях численности 60 тыс. кл./мл и более.

Список коловраток включает 9 видов: *Filinia terminalis* Plate, *Keratella cochlearis* Gosse, *K. quadrata* Müller, *Polyarthra dolichoptera* Idelson, *P. remata* Skorikov, *Conochilus unicornis* Rousselet, *Kellicottia longispina* Kellicott, *Bipalpus hudsoni* Jmhof и *Synchaeta oblonga* Ehrenberg. Наиболее многочисленными в планктоне являются первые три вида. Максимальный сезонный рост численности коловраток обычно приурочен к весеннему периоду.

Фауна ракообразных в глубоководной части пелагиали (слой 0–30 м) отличается видовой бедностью и представлена, в основном, только двумя видами: *Eurytemora kurenkovi* Borutsky (syn. *E. gracilicauda* Akatova (Novichkova, Chertoprud, 2015) и *Cyclops vicinus* Uljanin. Единично встречаются из Harpacticoida *Mesochra rapiens* (Schmeil), из Cyclopoida – *Halicyclops neglectus* Kiefer, из Cladocera – *Alona affinis* Leydig. Механизмом приспособления к выживанию в условиях сильного охлаждения водоема является формирование двух когорт в жизненном цикле *C. vicinus*: малочисленной зимней и многочисленной летней. Популяция *E. gracilicauda* переживает подледный период, находясь в придонных слоях озера в диапаузе на стадии яиц или старших копепоидов. Реактивация рачков происходит в июне – сразу после вскрытия водоема.

Рыбное население оз. Саранного представлено двумя видами тихоокеанских лососей: неркой – *Oncorhynchus nerka* (Walb.) и кижучем – (*O. kisutch* Walb.), а также мальмой (*Salvelinus malma* Walb.) и трехиглой колюшкой *Gasterosteus aculeatus* L. морфы leiurus. Помимо анадромного кижуча, в водоеме обитает его жилая форма – *Oncorhynchus kisutch morpho relictus* Dvinin. В озере проходит пресноводный период жизни лососевых рыб: нерест, эмбриональное развитие и нагул молоди. Наиболее ценный вид рыб – нерка. Особенность ее популяции в оз. Саранном – замедленный темп роста и длительность пребывания в пресной воде, что, очевидно, связано с низкими температурами водной толщи и плохими кормовыми условиями в подледный период.

The structure of the pelagic biocenosis in lake Sarannoye (the Bering Island, Commander archipelago). N.M. Vetsler, E.V. Lepskaya, T.V. Bonk. Species composition of pelagic hydrobionts in the lake Sarannoye on the Bering Island is analyzed. It is demonstrated, that the isolation and the severe climate conditions of the Commander archipelago predetermined forming the peculiar aquatic community, very different from the communities in the other sockeye salmon lakes.

УПРАВЛЕНИЕ ОЗЕРНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» НА ОСНОВЕ ГИС

**О.С. Ежова¹, А.А. Новиков¹, В.С. Люштык¹,
В.А. Сипач², О.А. Семенов²**

¹ГПУ «НП «Нарочанский», к.п. Нарочь, Беларусь, наука@narochpark.by

²УП «Геоинформационные системы», г. Минск, Беларусь, slava-sipach@tut.by

Водоемы Национального парка «Нарочанский» (48 озер) являются важной структурной и ландшафтной составляющей его территории, определяют ее экологическую целостность и эстетическую ценность.

Исследования функционирования и развития озерных экосистем парка проводятся на протяжении нескольких десятилетий и на сегодняшний день существуют фундаментальные базисные научные труды, позволяющие получить представление о гидроэкологических и гидрологических особенностях ряда водоемов и динамике их естественного изменения.

На современное развитие озерных экосистем Нарочанского региона существенное влияние оказывают наличие масштабной курортно-рекреационной зоны, интенсивное сельскохозяйственное использование водосборных территорий, климатические изменения и др.

В последние годы на научной основе разработан, принят к исполнению и совершенствуется план управления национальным парком. План, по сути, является стратегией сохранения уникального природного территориального комплекса региона, включая озерные экосистемы, и инструментом комплексного развития особо охраняемой природной территории на устойчивой основе.

Для обеспечения в современных условиях принятия оперативных обоснованных решений природоохранной направленности по управлению озерными системами необходимо иметь большое количество пространственной и атрибутивной информации на объекты изучения, проводить постоянные мониторинговые наблюдения, оперативно анализировать и сопоставлять полученные данные.

В настоящее время появились новые возможности получения, анализа и интерпретации результатов обработки многочисленных данных научных исследований и многоплановых мониторинговых наблюдений. В полной мере это касается и водных объектов. Такие возможности предоставляют географические информационные системы, построенные на базе серверных технологий, а также данные дистанционного зондирования Земли, получаемые из систем космического базирования, беспилотных летательных и плавающих аппаратов, наземных датчиков сбора полевых данных, в том числе с использованием мобильных устройств.

В рамках выполнения задания Государственной программы развития системы особо охраняемых природных территорий на 2008–2014 гг. на территории парка была создана локальная географическая информационная система. В ее состав входят разнообразные базы данных:

- топографическая основа;
- земельная информационная система;
- лесотаксационное повидельное описание;
- редкие и охраняемые виды растений и животных;
- водные ресурсы;
- историко-культурные ценности;
- туристско-рекреационная инфраструктура и др. (Сипач и др., 2014).

По мере использования локальной ГИС «Национального парка «Нарочанский» было принято решение по расширению ее функциональных возможностей – для повышения оперативности сбора и обработки данных, а также повышения эффективности принятия управленческих решений.

Поэтому в Государственную программу «Развитие системы особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь на 2015–2019 гг.» было включено задание модернизации существующей локальной ГИС парка до комплексной автоматизировано-справочной системы (КАСС) с использованием информации с аппаратов космического базирования и других средств. КАСС будет серверной ГИС, которая позволит интегрировать в едином хранилище данных информацию, поступающую с наземных, беспилотных и космических систем, проводить оперативный анализ имеющихся данных и выдавать рекомендации для обеспечения принятия обоснованных решений природоохранной направленности по управлению природными, в том числе озерными экосистемами.

Немаловажной особенностью новой системы ГИС парка является организация в режиме моделирования возможности проведения и сопоставления оценок трофического состояния озер на основе различных наиболее адекватных критериев и показателей, при возникновении рисков антропогенных и природных воздействий на озерные экосистемы с использованием бассейнового подхода к управлению водоемами.

Management of National Park «Narochanskiy» lake ecosystems based on GIS. O.S. Yezhova, A.A. Novikov, V.S. Liushtyk, V.A. Sipach, O.A. Semenov. Management of lake ecosystems in the territory of protected areas is associated with a number of difficulties, the collection of large amounts of data, their operational processing, analysis and informed decision-making environmental focus. GIS allows us to solve, as well as to enhance the effectiveness and efficiency of such decisions.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРНОГО ФОНДА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

А.В. Измайлова

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, ianna64@mail.ru

В 2015 г. в Институте озероведения РАН вышла монография В.А. Румянцева, В.Г. Драбковой, А.В. Измайловой «Озера европейской части России», посвященная проблемам изучения озер, их происхождению, распределению по территории, особенностям функционирования озерных экосистем и их реакции на антропогенную нагрузку. Изданию монографии предшествовала оценка озерных ресурсов Европейской части России (ЕЧР), выполненная для всей ее территории по единой, специально разработанной методике, основанной на использовании спутниковой информации. Монография явилась обобщением накопленной к настоящему времени многоплановой лимнологической информации по озерам ЕЧР, в том числе за период наиболее активного антропогенного влияния на водные экосистемы. Описание лимнологической изученности, особенностей функционирования озерных экосистем и их реакции на антропогенную нагрузку приведено по 11 выделенным на территории ЕЧР озерным районам. Даны современные сведения о количестве расположенных в пределах этих районов озер, объемах и качестве содержащихся в них вод, показаны тренды изменения озерного фонда. Проведенный анализ современного состояния озерного фонда ЕЧР позволил прийти к следующим выводам:

1. В пределах ЕЧР насчитывается ~200 000 озер площадью >1 га, дешифрируется ~410 000 естественных водоемов с площадями до 1 га и ~90 000 водоемов искусственного происхождения. Водные ресурсы озер ЕЧР составляют ~1 370 км³, 91 % этой величины приходится на большие озера. ~250 км³ воды содержится в искусственных водоемах. >99 % вод сконцентрировано в озерах Северо-Западного федерального округа (СЗФО). Несмотря на низкие озерные ресурсы центральной и южной части, здесь построено огромное количество искусственных водоемов, в которых содержится >230 км³ воды, благодаря чему доля этих регионов в суммарном объеме вод ЕЧР, содержащихся как в естественных, так и в искусственных водоемах, повысилась до 15 %

2. Благодаря тому, что основная масса озерной воды содержится в крупнейших озерах, сохраняющих относительно хорошее качество по большей части акватории, можно заключить, что значительные запасы озерных вод ЕЧР характеризуются как условно чистые. ~70 % вод, содержащейся в озерах с площадями >100 км², на настоящий момент остаются олиготрофными и ~60 % относятся к I классу качества. В то же время экологическое состояние многих малых и средних водоемов не-

благоприятное. В последние десятилетия снижение качества воды наблюдается и в ранее благополучных регионах, как европейский северо-восток. Активное освоение нефтегазовых месторождений привело к резкому увеличению антропогенной нагрузки на экосистемы данного региона, в том числе озерные. Поскольку северные экосистемы в силу своей упрощенности отличаются пониженной степенью устойчивости к загрязнениям, при современных темпах промышленного развития значительная загрязненность озерных вод данной территории может произойти очень быстро и носить непоправимый характер.

3. Несмотря на периодическое возникновение все новых экологических проблем, СЗФО продолжает характеризоваться наиболее благоприятным экологическим состоянием озерных экосистем. За его пределами больших озер немного, многие из них отличаются повышенной минерализацией. Большая часть вод сконцентрирована в водохранилищах. Олиготрофный статус характерен лишь для ряда горных и глубоководных карстовых озер, среди крупных водоемов олиготрофные отсутствуют. В центральной части ЕЧР преобладают мезотрофные и мезотрофно-эвтрофные, а на юге – эвтрофные воды, определенную долю составляют гипертрофные. Для многих водоемов характерно повышенное содержание токсических веществ. Воды большинства водохранилищ оцениваются III и IV классом качества, существенна доля вод V класса. Воды, заключенные в искусственные водоемы, практически повсеместно уступают по качеству озерным водам.

4. Для областей центра и юга ЕЧР зафиксировано сокращение площади ряда озер, произошедшее за полстолетия, часть малых водоемов исчезла. Усилилось заиление водоемов и зарастание высшей водной растительностью. Наиболее существенное снижение озерного фонда произошло в низовьях Волги, в районе Западных подстепных ильменей. В регионах недостаточного увлажнения наряду с сокращением озер, наблюдается повышение минерализации воды, связанное со снижением речного притока, разбираемого на различные нужды, и с дополнительным поступлением минеральных веществ со сточными водами.

Current lake fund status of the European part of the Russian federation.

A.V. Izmailova. Lake water resources of the European part of Russia (ER) amount to 1370 km³ of water, of which 91 % are in the large lakes. The bulk of the water in large lakes maintains a high quality for the most part of the area. Thus we can conclude that significant reserves of lake waters in ER characterized as approximately clean. At the same time, the ecological state of many small and medium-sized lakes are unfavorable. In recent decades reduced water quality has been observed in the northeast of ER. For the central and southern regions of ER the area reduction of the number of lakes is recorded for half a century.

ФАУНИСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ МАЛЫХ ОЗЕР ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК ОСНОВА ПРОМЫСЛА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ГИДРОБИОНТОВ

О.В. Козлов, С.В. Аршевский

ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет»,
г. Курган, Россия, kozloff@kgsu.ru

Озера лесостепной зоны Западной Сибири составляют основу озерного фонда пяти административных единиц Российской Федерации – Курганской, Тюменской, Омской, Новосибирской областей и Алтайского края. Озерность территории изменяется 3,5 % до 14,8 % от общей площади административного региона. Основу озер составляют небольшие по площади (1,0–1,5 км²) и глубине (до 3–4 м) бессточные водоемы с пологими, заросшими преимущественно тростником южным (*Phragmites australis*), берегами. Обилие озер определяется геоморфологией и геологическим строением территории. В основном это солоноватые водоемы.

Физико-географические особенности озер, их минерализация и химический состав природных озерных вод определяют биологическое разнообразие обитающих в них беспозвоночных гидробионтов и формируют на основе их популяций постоянные по многолетней динамике фаунистические комплексы в классическом понимании как *группы видов, развивающиеся в одной климатической зоне, связанные общностью географического происхождения и приспособленные к определенным абиотическим и биотическим условиям обитания* (Никольский, 1947).

Кроме типичных фаунистических комплексов, определяемых доминирующими видами ихтиофауны, для исследуемых озер характерны комплексы беспозвоночных при отсутствии высших трофических звеньев в экосистеме. Данная трофическая структура зооценозов озер определяется как прессом самих беспозвоночных, так и гидрохимическими особенностями озерных вод. Среди фаунистических комплексов водных беспозвоночных в озерах лесостепной зоны Западной Сибири отмечают следующие:

- *гаммарусовый* (доминирование *Gammarus lacustris* при незначительной плотности популяций группы видов *D. (Daphnia) longispina* – *D. cucullata*, *D. longispina* и *D. galeata*). Наибольшей биомассы популяции *G. lacustris* достигают в водоемах площадью до 2,0 км² и соленостью до 12 ‰ (до 200 г/м³). В исследованных малых озерах гаммариды являются регуляторами численности популяций рыб и планктонных ракообразных и, как следствие, видового разнообразия экосистемы в целом. В Западной Сибири более 260 гаммарусовых озер общей площадью около 400 км²;
- *артемиевый* (монодоминирование *Artemia salina*, иногда при незначительной плотности популяций *Moina macrocopa* и *Cletocamptus*

retrogressus). Партеногенетические популяции *A. salina* легко приспосабливаются к различной солености и обитают в озерах с минерализацией воды 17–350 ‰. На территории Западной Сибири исследовано до 90 артемиевых гипергалинных озер с общей площадью 1590 км². Это неглубокие (0,5–1,8 м) водоемы с отсутствием постоянного ледяного покрова в зимние месяцы. *A. salina*, как и *G. lacustris*, не требовательна к содержанию кислорода в воде (минимум 0,2–0,5 мг/л), что позволяет выживать популяциям в условиях зимних заморов;

- *копеподный* (монодоминирование *Eudiaptomus graciloides* или *Arctodiaptomus salinus*, иногда при незначительной плотности популяций *Cyclops* sp.) складывается при солености 8–15 ‰ в озерах с высокой жесткостью воды. В таких водоемах глубиной до 3–4 м копеподы являются конечным звеном в трофической цепи;
- *дафниевый* (доминирование *Daphnia pulex* и *Daphnia magna* при незначительной плотности популяций различных видов Cladocera Corepoda) – характерен для хорошо прогреваемых, с высокой биомассой фитопланктона, озер с минерализацией 6–12 ‰;
- *смешанные – гаммарусово-хаоборидный* (*G. lacustris* + *Chaoborus cristallinus* или *Chaoborus flavicans*) и *хирономидно-гаммарусовый* (*Chironomus plumosus*, *Cryptochironomus defectus*, *Limnochironomus nervosus* + *G. lacustris*).

На основании проведенных исследований для малых озер Западной Сибири формирование фаунистических комплексов беспозвоночных гидробионтов определяет промысловое использование подобных экосистем и снижает экономические затраты на повышение качества товарной продукции беспозвоночных гидробионтов.

Small lakes faunistic complexes of Western Siberia forest-steppe zone as the basis for aquatic invertebrates fishery. O.V. Kozlov, S.V. Arshevsky. For small lakes of Siberia Western allocated six faunistic complexes of aquatic invertebrates with the dominance of *Gammarus lacustris*, *Artemia salina*, *Eudiaptomus graciloides* or *Arctodiaptomus salinus*, *Daphnia pulex* and *Daphnia magna*. Zoocenoses biodiversity of these lakes is determined by the ecology of dominant species and hydrochemical characteristics of the lake waters.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОЗЕР КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР АБХАЗИИ (КАВКАЗ)

Н.М. Мингазова¹, Э.И. Кильмаматова¹, В.М. Иванова¹,
Д.Ю. Мингазова², Р.С. Дбар³

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия,
nmingas@mail.ru

²Королевский Мельбурнский технологический университет, г. Мельбурн, Австралия

³Институт экологии Республики Абхазия, г. Сухум, Республика Абхазия

Одними из наиболее интересных и глубоких пещер мира являются карстовые пещеры, именно они имеют наибольшую протяжённость и глубину. Абхазия – страна горного карста, горы Абхазии содержат значительное количество карстовых разнотипных пещер, сильно различающихся по параметрам, протяженности, наличию водотоков и т.п. Горные массивы Абхазии пронизаны карстовыми полостями и проходами, многие пещеры содержат водные объекты – подземные озера с выходами на поверхность и подземные реки и ручьи, протекающие в пещерах и выходящие из них. Пещерные озера зависят от уровня паводковых и ливневых вод, непостоянны по уровню. Сообщение с дневной поверхностью осуществляется через узкие выходы – «сифоны», «трубы»; фауна и флора в них развивается в условиях скудного питания и отсутствия освещения. Озера являются местами сохранения реликтовых видов бокоплавов и креветок.

По данным спелеосайтов в Абхазии (данные на 1989 г.) выявлено 145 пещер, 85 из них исследовано, 45 содержат водные объекты. Спелеологами исследовано 11 пещер с сифонами подземных озер и ручьями, 21 пещера с водотоками, 9 пещер с сифонами озер, 4 пещеры – с подземными озерами без сифонов.

Аналитически выявлено, что для Абхазии можно точно говорить о наличии не менее 24 пещерных озер и 32 пещерных водотоков, расположенных в 45 пещерах. Массив Арабика является наиболее «водным» спелеомассивом.

По предложенной нами классификации озера пещер подразделяются на озера–воклюзы (с выходом на поверхность), озера подземные, озера подземные проточные и систему подземных озер. Пещерные водотоки подразделены нами на подземные реки, выходящие из скалы, и вытекающие из пещер ручьи.

По результатам многолетних исследований водных объектов в ходе совместных экспедиций (2008–2015 гг.) выявлено, что воды пещер Абхазии являются пресными (среднеминерализованными) водами (244,9–436,12 мг/л), гидрокарбонатно–кальциевого типа. Температура воды в пещерах в летний период колеблется от 8 до 15 °С. Содержание кисло-

рода находится в пределах 5,31–14,04 мг/л. Повышенное содержание железа отмечается в водных объектах пещер Ново-Афонская (2 ПДК), Шакуранская (7,5 ПДК), Цебельдинская (1,5 ПДК) и в пещере Уаз-абаа (1,5–7,5 ПДК). В Шакуранских пещерах отмечается повышенное содержание катиона аммония. Это указывает на биогенное загрязнение вод пещерных вод.

В ходе исследований 2008–2015 гг. для пещерных водных объектов было выявлено 24 вида организмов зообентоса, принадлежащих 6 классам: Брюхоногие моллюски, Двустворчатые моллюски, Ресничные черви, Поясковые черви, Высшие раки (Ракообразные), Насекомые. Больше видов отмечено в классах Насекомых, Высших раков и Поясковых червей. Среди насекомых встречаются представители поденок, ручейников, жуков и стрекоз. Многие из них обитают в условиях входа в пещеры.

Особую ценность в исследованиях представляют собой виды-эндемики, выявленные в наших исследованиях в пещерах Абхазии: пещерная креветка *Troglocaris anophthalmus* (Kollar, 1848) – троглокарис с прозрачным телом, полностью лишенная зрения, пещерный бокоплав белого цвета – *Niphargus alasonius* (Derzhavin, 1945). Интерес представляют также бокоплав *Paramoera udehe* (Derzhavin, 1930) и пещерная планария *Dugesia* sp.

Количественные показатели численности и биомассы очень низки, что связано с единичностью встреч организмов зообентоса в виду особенностей условий пещер.

По биотическим индексам качество пещерных вод определяется от чистых до грязных. Оценка состояния по биотическим индексам показывает на разобщенность и бедность сообществ. Но разработанные на основе биотических индексов способы оценки качества вод в данных условиях мало применимы, условия пещер предопределяют бедность сообществ.

Пещеры Абхазии являются одним из наиболее ценных природных объектов в уникальном природном богатстве страны. Многие из них являются объектами туристического использования, в последние годы отмечается увеличение турпотока в пещеры. Воздействие от туристов выражается в световом и шумовом загрязнении, заносе видов «извне», замусоривании пещер, уничтожении сталактитов и т.п. Оценка экологического состояния пещер и их водных объектов с прогнозированием последствий может дать правильные рекомендации по дальнейшему использованию.

Evaluation of underground lakes karst caves state of Abkhazia (CAUCASUS). N.M. Mingazova, E.I. Kilmamatova, V.M. Ivanova, D.Y. Mingazova, R.S. Dbar. The article presents research data on the results of Abkhazia's cave expeditions. The own classification for underground lakes is shown. In 2008–2015, for the cave water bodies were identified 24 species of zoo-

benthos organisms from 6 classes, among them endemic species: cave shrimp *Troglocaris anophthalmus* (Kollar, 1848), amphipod *Niphargus alasonius* (Derzhavin, 1945), the amphipod *Paramoera udehe* (Derzhavin, 1930) and the cave planaria *Dugesia* sp.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КРЫМСКИХ СОЛЕННЫХ ОЗЕР И ИХ БИОРЕСУРСОВ

И.И. Руднева, В.Г. Шайда

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН», svg-41@mail.ru

Гипергалинные водоемы Республики Крым занимают площадь около 53 000 га. Ранее в Крыму находилось около трехсот водоемов, из которых 45 были отнесены к соляным озерам. Помимо этого, в РК находятся два солезавода, один из которых не функционирует уже в течение 20 лет, мощности второго используются не в полной мере; по побережью Сиваша имеются несколько заброшенных солеварен и солепромыслов. Многие соленые озера расположены в зоне интенсивной хозяйственной деятельности и систематически подвергаются негативному антропогенному воздействию, что приводит к их распреснению, загрязнению, деградации и, в конечном итоге, полной потере ценнейших минеральных и биологических ресурсов.

Наряду с минеральными и бальнеологическими ресурсами, в соленых водоемах обитает артемия – жаброногий рачок, являющийся важнейшим стартовым кормом для рыб, выращиваемых в искусственных условиях, и широко используемый в аквакультуре, благодаря высокой скорости размножения, плотности выращивания, способности длительное время сохранять жизнеспособность цист даже в самых экстремальных условиях температурного и кислородного режимов. Эти качества артемии и продуктов, приготовленных на ее основе, применяются в аквакультурных хозяйствах всего мира, ими кормят более 70 видов различных выращиваемых в искусственных условиях личинок рыб, крабов и креветок, что составляет 85 % всех культивируемых в настоящее время гидробионтов.

Республика Крым, благодаря наличию большого количества соленых озер, обладает значительными запасами артемии, производство и добыча которой, однако, до сих пор не достигли промышленных масштабов и ведутся исключительно в локальных целях, часто браконьерским способом. Помимо этого, оценка запасов артемии (цист и биомассы), а также анализ качества яиц рачка из разных водоемов и их мони-

торинг не проводится. В связи с развитием рыбного хозяйства в настоящее время и обеспечения его дешевыми и эффективными кормами необходимо систематическое и тщательное исследование биоресурсов соленых озер с целью их рационального использования и охраны, а также создание на их базе управляемых хозяйств, регуляция которых основана исключительно на *экологических принципах*, лежащих в основе функционирования природных соленых озер, искусственных систем солевых арен и солепромыслов. На этом основании организация производства артемии в Крыму имеет ряд преимуществ и перспектив:

1. *Оптимизация и рациональное использование прудов-испарителей солезаводов*, где артемия может добываться как побочный продукт производства соли без малейшего ущерба для стандартного технологического цикла.

2. *Организация рациональной добычи* цист артемии в естественных природных соленых озерах Крыма, что потребует проведения соответствующих научных исследований различных рас рачка, определение его продукционных и кормовых характеристик, мониторинга его жизненного цикла для разработки регламента вылова и его нормального воспроизводства в данном водоеме.

3. *Разработка и организация регулируемых артемиевых ферм* на соленых озерах Крыма с целью получения высококачественной продукции как для локальных рыбоводческих целей, так и для разработки технологий производства ценных веществ, которые могут быть применены в медицине, фармакологии, косметологии, диетологии, в составе кормовых добавок и удобрений для сельскохозяйственных животных и растений.

4. *Организация артемиевых хозяйств на бросовых землях солонцах и солончаках*. Известно, что в северной части Крыма находятся обширные территории, непригодные для сельскохозяйственного использования вследствие высокого засоления. В перспективе при разработке стандартных эффективных артемиевых хозяйств и при осуществлении подачи морской воды на этих землях могут быть созданы искусственные соленые пруды, на базе которых возможно организация управляемых артемиевых ферм для получения продукции биомассы рачка и его цист.

Широкий спектр проблем, включающих проведение научных исследований, организацию рациональной добычи артемии в естественных соленых водоемах, создание регулируемых артемиевых хозяйств, разработку технологий получения из нее продуктов, используемых в различных отраслях народного хозяйства, является важным и актуальным для развития теории и практики изучения и рационального использования соленых озер и их ресурсов.

Current state of Crimean salt lakes and their biological resources.
I.I. Rudneva, V.G. Shaida. The main problems of Crimean salt lakes ecosystems are discussed. The perspectives of the optimization of the management and preservation of their biological and mineral resources are proposed.

**ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕР
ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА
(РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН, РОССИЯ)**

**Е.Н. Унковская¹, О. В. Палагушкина², О.Ю. Деревенская²,
Н.Г. Тарасова³**

¹*Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник,
п. Садовый, Республика Татарстан, Россия, l-unka@mail.ru*

²*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия,
opalagushkina@mail.ru, oderevenskaya@mail.ru,*

³*Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия, tnatag@mail.ru*

Гидрологическая сеть Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника представлена 12 разнотипными водоемами. В настоящей работе анализируются результаты исследований для «модельных» озер, характерных для каждого типа водоемов: оз. Раифское (проточное, карстово-суффозионного происхождения с максимальной глубиной 20,3 м), оз. Линево (проточное, глубиной 5,4 м), оз. Илантово (бессточное, суффозионного происхождения, глубиной 2,5 м), оз. Долгое («окно» в сплавине торфяного болота, глубиной 12,5 м). Отбор проб фито-и зоопланктона производился в летний период 2009–2014 гг. на постоянных станциях по общепринятым гидробиологическим методикам. Параллельно осуществлялся анализ химического состава воды по 24 показателям по аттестованным в экоанализе методикам.

Вода озер относилась к гидрокарбонатному классу группы кальция. Общая минерализация изменялась от 43–96,3 мг/дм³ в бессточных озерах до 230,5–465,4 мг/дм³ – в проточных. Газовый режим, уровень биогенной нагрузки и количество органических веществ (по величине БПК₅ и ХПК) различались в каждом водоеме (таблица).

Таблица. Химические показатели озер (n=6)

Озеро	Глубина	Химические показатели, мг/дм ³						
		pH	O ₂	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	БПК ₅	ХПК	Fe общ.
Раифское	пов.	8,43	9,44	0,12	0,05	3,08	27,73	0,18
	дно	7,80	2,53	2,32	0,71	2,49	27,77	1,10
Линево	пов.	7,30	8,64	0,46	0,59	4,83	66,17	1,44
	дно	6,75	4,12	4,72	4,83	7,09	72,17	5,70
Илантово	пов.	7,13	7,72	0,47	0,17	4,32	54,13	0,92
	дно	6,87	3,42	0,54	0,07	6,10	57,83	1,31
Долгое	пов.	6,75	7,61	0,47	0,05	3,91	39,47	0,41
	дно	6,08	1,44	1,13	0,60	3,24	43,20	2,01

В составе фитопланктона выявлено от 111 (оз. Долгое) до 280 (оз. Раифское) таксонов водорослей с преобладанием зеленых (до 67 % от общего числа видов), диатомовых и эвгленовых водорослей. Численность летнего фитопланктона изменялась от 0,704 до 13,311 млн кл./л. и формировалась за счет мелкоклеточных синезеленых, зеленых, золотистых или эвгленовых водорослей с доминированием характерных для каждого озера видов: *Lyngbia contorta* Lemm., *Coelastrum microporum* Näg., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Scenedesmus bicaudata* Deduss, *Pseudokephyrion conicum* Schiller (оз. Раифское); *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb., *Microcystis pulvereae* (Wood.) Elenk., *Trachelomonas volvochina* Ehr. (оз. Линево); *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs (оз. Долгое). Биомасса фитопланктона изменялась от 0,55 до 4,33 г/м³ и формировалась за счет динофитовых и эвгленовых с доминантами *Peridinium cinctum* (O.F.M.) Ehr., *Trachelomonas volvochina* Ehr, *T. planctonica* Swir., *T. polymorpha* (оз. Раифское); *Peridinium aciculiferum* Lemm., *P. bipes*, *P. palustre*, *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh, *Lepocinclis fusiformis* (Cart.) Lemm., *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein emend. Defl. (оз. Долгое) или эвгленовых и диатомовых водорослей с доминированием *Trachelomonas volvochina*, *T. planctonica* и *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. (оз. Линево), эвгленовых – *Trachelomonas acanthostoma* Stokes, *T. volvochina*, *T. planctonica* (оз. Илантово). В 2012 г. биомасса на оз. Илантово формировалась только за счет желтозеленых водорослей с доминантами *Tetraplecton laevis* (Bourrelly) Ettl и *Tetraedriella gigas* (Pasch.) Ded.-Sheg.

В составе зоопланктона выявлено 137 таксонов зоопланктона рангом ниже рода, из них коловраток (Rotifera) – 62 видов (45 %), Cladocera – 50 (37 %) и Copepoda – 25 (18 %), в исследуемых озерах число видов варьировало от 30 до 64 (оз. Раифское). Доминирующий комплекс в большинстве озер образуют одни и те же виды. Наиболее часто из коловраток доминировали *Asplanchna priodonta*, Gosse, *Brachionus angularis*, Gosse ,

B. diversicornis (Daday), *Keratella cochlearis*, Gosse, *K. quadrata*, из ветвистоусых ракообразных – *Daphnia cucullata* и *Bosmina longirostris*, O. F. Müller, из веслоногих – *Mesocyclops leuckarti*, Claus и *Thermocyclops oithonoides*, Kiefer. Средние значения численности зоопланктона в озерах изменялись от 59,4 до 1545 тыс. экз/м³, биомассы – от 0,23 до 5,78 г/м³ и находились на уровне олиготрофно-мезотрофных озер.

The dynamics of plankton communities structure in the Volzhsko-Kamsky reserve lakes (Republic of Tatarstan, Russia). E.N. Unkovskaya, O.V. Palagushkina, O.Y. Derevenskaya, N.G. Tarasova. In this article we present the results of planktons communities in lakes of Volzhsko-Kamsky Reserve. We characterized the structure of summer biomass of phytoplankton, moreover the quantity characteristic of zooplankton in independents of hydrochemistry ingredients of lakes are presented.

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧАСТКОВ РЕК ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.С. Шевцова

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
shevtsova-ns@yandex.ru*

В Республике Беларусь в рекреационный сезон проблема дисбаланса между приоритетностью потребительских запросов населения к конкретным видам водного туризма и отдыха и возможностью их удовлетворения с позиции обеспечения технико-экологических условий безопасности их организации становится наиболее острой. В ряде мест ситуация осложняется недостаточностью или полным отсутствием соответствующих объектов туристско-рекреационной инфраструктуры, необходимых для размещения туристов и отдыхающих.

В целях решения вышеуказанной проблемы в рамках реализации мероприятий «Национальной программы по развитию туризма в Республике Беларусь» приобрели системный характер работы, направленные на оценку природно-рекреационного потенциала (далее – ПРП) рек, определение профилирующих видов их туристско-рекреационного использования (далее – ПВ ТРИ) с целью приведения в соответствие возможностей ТРИ ПРП рек рекреационной емкости и географии объектов рекреационной инфраструктуры вдоль водных артерий. В результате в пределах рек были выявлены ПВ ТРИ, послужившие базой для проведения функционального зонирования акватории с применением типологии структур профилирующих видов ТРИ

(далее – ТС ПВ ТРИ). Типология структур ПВ ТРИ по спецификации представлена 4 типами туристско-рекреационных структур (далее – ТРС): непригодными для использования, монофункциональными (1 вид), ограниченно-полифункциональными (2–3 вида), полифункциональными (4 и более видов).

В результате выявления ПВ ТРИ в границах 19 рек Гродненской области были выделены 32 участка, объединенные в 4 типа ТРС: тип непригодный для использования (на 1 участке 1 реки), монофункциональный (на 7 участках 5 рек), ограниченно-полифункциональный (на 16 участках 14 рек), полифункциональный (на 8 участках 4 рек). Структура ТРИ непригодного типа установлена на 2 участке р. Лидея (Лидский р-н). Монофункциональный тип структуры выявлен на 7 участках 5 рек: 7,9 участках р. Неман (Мостовский, Гродненский р-ны), спецификация использования которых ограничена любительской охотой; а на 1 участках: рр. Невда (Кореличский р-н), Лидея (Лидский р-н), р. Валовка (Новогрудский р-н), 1,3 участках р. Лебеда (Щучинский, Лидский р-н) – любительским рыболовством. Самую крупную группу, в которую входят 16 участков на 14 реках, составляет структура ТРИ ограниченно-полифункционального типа. Она представлена 2 сочетаниями из 2 ПВ ТРИ на 7 участках 7 рек. В их числе: 1 участки: рр. Нарев (Свислочский р-н), Молчадь (Дятловский р-н), Исса (Слонимский р-н), Гольшанка (Ошмянский р-н), Страча (Островецкий р-н) со спецификацией любительской охоты и любительского рыболовства. Профиль ТРИ с греблей на лодках и любительским рыболовством идентифицирован на 1 участках рр. Дитва (Вороновский р-н) и Гожка (Гродненский р-н). Этот тип выявлен на 9 участках 7 рек и представлен 4 сочетаниями из 3 ПВ ТРИ: гребля на лодках, любительской охоты, любительского рыболовства на 4 участке рр. Неман (Лидский р-н), 1 участках: рр. Черная Ганча (Гродненский р-н), Гавья (Ивьевский р-н), Уша (Кореличский р-н); 1–2 участках р. Котра (Гродненский р-н). Специализация подводное плавание, гребля на лодках и любительское рыболовство выявлена на 1 участке р. Нетупа (Волковысский р-н); купание, гребля на лодках, любительское рыболовство – на 2 участке р. Лебеда (Лидский р-н); катание на яхтах, гребля на лодках и любительская охота - на 8 участке р. Неман (Гродненский р-н). К структуре полифункционального типа относятся 8 участков 4 рек. В их числе: 2,3 участки р. Неман (Ивьевский, Новогрудский р-ны), на которых ПВ ТРИ представлены сочетанием из 5 видов: купания, подводного плавания, гребли на лодках, любительского рыболовства и любительской охоты. В границах 1 участков рр. Исlochь (Ивьевский р-н) и Сервечь (Кореличский р-н) специализация видов ТРИ представлена 3 вариантами из 4 видов туризма и отдыха: купания, гребли

на лодках, любительской охоты, любительского рыболовства. На 1 участке рр. Неман (Кореличский р-н) и 2 участке р. Дитва (Лидский р-н) профиль ТРИ состоит из: подводного плавания, гребли на лодках, любительской охоты, любительского рыболовства, а на 5, 6 участках р. Неман (Щучинский, Мостовский р-ны) – катания на яхтах, гребли на лодках, любительского рыболовства, любительской охоты.

Типизация 32 участков 19 рек Гродненской области, по уровню представленности различных типов ТРС позволила сделать следующие выводы. Максимальна доля участков рек, используемых по ограниченно-полифункциональному типу. Этим типом ТРИ в Гродненской области охвачено около 50 % участков водотоков. По полифункциональному типу ТРИ участки акваторий Гродненской области используются явно недостаточно – всего на 25 %. Монофункциональный характер ТРИ представлен

в 22 % участках. Доля участков рек, не подлежащих ТРИ, минимальна и составляет 3,0 %. Это свидетельствует о том, что в перспективе расширение спектра ПВ ТРИ на реках следует планировать за счет увеличения доли участков, которые перейдут из категории монофункционального в ограниченно-полифункциональный тип в результате проведения ряда организационно-технических мероприятий, направленных на расширение спектра профилирующих видов туризма и отдыха.

Types of touristic and recreational river flow usage in the Grodno region.
N.S. Shevtsova. The results of typification of 32 river plots of 19 rivers in the Grodno region based on their natural potential to support touristic and recreational activities demonstrated the following: 25 % of the studied plots are of the polyfunctional type, 50 % of the studied plots are of the limitedly polyfunctional type and 22 % are of the monofunctional type. The remaining 3 % of the studied river plots are unable to support any kind of recreational or touristic activities.

VII

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ И ИХ РОЛЬ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

ALIEN SPECIES AND THEIR ROLE IN WATER ECOSYSTEMS

THE FIRST RECORD OF CORBICULA CLAMS (BIVALVIA, CORBICULIDAE) IN NORTHERN-EUROPEAN RUSSIA

Y.V. Beshpalaya, I.N. Bolotov, O.V. Aksenova, A.V. Kondakov,
S.E. Sokolova

*IBIGER – Institute of Biogeography and Genetic Resources, Federal Center for Integrated
Arctic Research, Russian Academy of Sciences, jbespalaja@yandex.ru*

Biological invasions are a serious threat to environmental protection and the biological diversity (Oliveira et al. 2015). Studies have shown that invasive species can significantly alter the habitat of native species and having a negative impact on them (Simberloff et al., 2013; Lopes-Lima et al. 2016). Contrariwise, some authors questioned the real importance of invasion impacts (Davis et al. 2011). Proportion of alien species is lower in high-latitude regions than elsewhere (Gollasch 2006; Alsos et al. 2015). However, increasing of human activity and climate change are expected to rise the number and impact of alien species in the northern regions (Alsos et al. 2015). Numerous published sources indicate that the clams in the genus *Corbicula* is a one of the most exotic and aggressive freshwater invaders and their invasion may lead to negative environmental and economic consequences (Simberloff et al. 2013; Oliveira et al. 2015). In this paper, we describe the first record of a well-established *Corbicula* population in Northern European Russia, which is actually the furthest northern record of corbiculids in Europe.

The studies were conducted in the Arkhangelsk Oblast, Northern European Russia. The specimens of *Corbicula* clams were collected in a technological channel of the Arkhangelsk thermal power plant (TPP). The TPP is located in the industrial zone on the right bank of the river Kuznechikha, a tributary of the River Severnaya Dvina. For each site, from 3 to 5 replicates were gathered, using a rectangular hand net (dimensions of 0.28×0.50 m, mesh size of 200 mm) covering a total sampling area of 0.14 m² at every sample. The present study includes new multi-locus molecular data for 20 *Corbicula* specimens. A total DNA was extracted from foot tissues using

a standard phenol/chloroform procedure (Sambrook et al. 1989). The three partitions, *i.e.*, the *cytochrome c oxidase* subunit I (*COI*), 16S ribosomal RNA (16S rRNA) and 28S ribosomal DNA (28S rDNA) genes, were amplified and sequenced using a set of universal primers.

Among a total sample of *Corbicula* clams, two distinct morphotypes were distinguished based on the shell characters, *i.e.*, the shell shape, size, external and internal coloration, sculpture and umbo position. They are correspond to the forms, which were described previously, namely the morphotype Rlc and the morphotype R (Pfenninger et al. 2002; Marescaux et al. 2010; Pigneur et al. 2011). According to certain taxonomic works (Araujo et al. 1993; Glaubrecht et al. 2003), both these morphotypes should be treated as *Corbicula fluminea* based on the morphological features.

In general, our sample contains 8 specimens of the *Corbicula* morphotype Rlc and 214 specimens of the *Corbicula* morphotype R (3.6 % and 96.4 % of a total number of specimens, respectively). The specimens of the *Corbicula* morphotype R has prevailed in the mollusc assemblage in the warm channel with mean density ($\pm$ s.e.m.) of 23.8 ± 4.3 ind./m² (ranges from 17.9 to 32.1 ind./m²), while the *Corbicula* morphotype Rlc has rarely occurred with mean density <0.6 ind./m² (ranges from 0 to 7.1 ind./m²). Six other mollusc species living together with *Corbicula* clams were found, *i.e.*, non-indigenous *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), and native species *Radix baltica* (Linnaeus, 1758), *Valvata piscinalis* (Müller, 1774), *Lymnaea palustris* (Müller, 1774), *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) and *Physa* sp. The density of these species was low (<1 ind./m²).

It was establish that the reproductive period starting in spring. The specimens of the morphotype R with incubated larvae in gills were found in late May. Larvae were found in inner demibranchs and have D-shaped configuration. The size of larvae ranging between 96 μ m and 160 μ m (with average length 123.4 ± 17.8 μ m, $N = 30$). Study of anatomical features of the sampled specimens from Northern European Russia supports the hypothesis that these clams should be treated as *Corbicula fluminea* (specimens of the morphotype Rlc) and *C. fluminalis* (specimens of the morphotype R) in accordance with taxonomic revisions, which were provided by Araujo et al. (1993) and Kornishin (2004).

New *COI*, 16S rRNA and 28S rDNA gene sequences from 20 specimens were obtained. The dataset contains two distinct mitochondrial (mtDNA) haplotypes, the R-haplotype and S-haplotype, with the mean *p*-distance of 2.1 %.

We discovered a mismatch between mtDNA haplotypes and morphotypes. The specimens that share the R-haplotype are correspond to the morphotype Rlc based on morphological and anatomical features. In contrast, the specimens, which are correspond to the morphotype R by the shell features,

show the S-haplotype of the mtDNA. This is probably in consequence of androgenesis and egg-capture between the different morphotypes, resulting in several distinct androgenetic species with distantly related mtDNA genomes and divergent morphologies (Hedtke et al. 2008; Pigneur et al. 2011). The cytonuclear mismatches were detected at some of the locations where different lineages occur in sympatry (Pigneur et al. 2014).

Consequently, the presence of cryptic hybrids between the R, Rlc and S lineages can be assumed. The possibility of a peculiar hybridization through androgenesis between forms suggests that invasive lineages of *Corbicula* may represent a polymorphic species complex (Glaubrecht et al. 2003; Pigneur et al. 2011). Future studies will include checking of distribution of the *Corbicula* species in the basin of the River Northern Dvina and estimating of possible ecological effects of these invaders on native biodiversity and ecosystem functioning. Additionally, the molecular genetic features of these clams need further investigations.

The study has been partially supported by the Federal Agency for Scientific Organizations (no. 0410-2014-0028), by grants from the President of Russia (no. MD-7660.2016.5) and the Russian Foundation for Basic Research (nos. 14-04-98801, 15-04-05638 and 16-05-00854).

THE IMPACT OF INVASIVE *ACER NEGUNDO* LEAF LITTER ON MICROBIAL CHARACTERISTICS IN THE COASTAL ZONE OF THE RIVER NERIS

A. Krevš, A. Kučinskienė

Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania, alinakrevs@gmail.com

The invasive to Lithuania boxelder maple (*Acer negundo* L.) has become commonly distributed after its escape from cultivation in 1963 (Gudzinskas, 1998) and rapidly colonizes the rivers coasts, which are dominated by native black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). The leaf fall of trees occur in different ways. *A. glutinosa* leaves fall gradually within approximately one–two month, while *A. negundo* almost at once with the occurrence of early autumnal frosts (our observation), forming a thick layer of leaf litter, which creates particularly favourable conditions for biodestruction. In this connection, the study of the impact of *A. negundo* habitats on the ecotones of rivers becomes relevant in terms of enrichment of the coastal zone by the substances from decomposing leaves of this tree.

During the ice-free seasons in 2013–2014, the physicochemical and microbial investigations were carried out in different coastal zones of the River

Neris: without trees (open zone), *A. negundo* leaf litter and deciduous trees, mostly *A. glutinosa*, leaf litter buffer zones, respectively.

The coastal area of boxelder maple habitat was swampy, without grass cover and riparian bottom sediments were covered with gray silt. The bottom sediments of autochthonous trees habitat zone were composed of gray sand with impurities of silt, while bottom sediments without biomass remains were in open, without trees coastal zone. It was noticed that in spring boxelder maple leaf litter was almost decomposed, contrary to little disintegrated from last season leaf litter of black alder. In bottom sediments of these zones, different concentrations of total phosphorus, nitrogen and organic carbon were determined with higher content of nutrients in trees leaf litter buffer zone, mostly in boxelder maple.

The total amount of bacteria, heterotrophic and cellulose-degrading bacteria colony numbers were on average 1.5–2.0 times higher in bottom sediments of tree leaf buffer zones than in open section of the river. During spring leaf litter decomposition (in March) and leaf fall time (in October), the higher amount of bacteria were determined in bottom sediments of boxelder maple leaf litter accumulation zone than in black alder habitat. Despite the water aeration near the bottom, where O_2 concentration was at least 8.0 mg/l, during all seasons the intensive development of anaerobic sulfate reducing bacteria (SRB) in bottom sediments took place, what indicates the lack of aeration in deeper layers of sediments due to accumulation of organic detritus. The highest SRB number was determined in autochthonous trees and especially *A. negundo* leaf litter buffer zones, where in organic matter mineralization anaerobic processes dominated – from 66 % to 96 % of the total destruction, respectively. According to the rates of CO_2 emission from silt cores into the water, the benthic microflora was most active in autumn: the rates of OM decomposition varied from 1060 mg (open zone) to 2520 mg of inorganic $C/m^2 \cdot day^{-1}$ (*A. negundo* leaf litter buffer zone). Under the concentration of sulfates 22–37 mg $S/SO_4/dm^3$, the amount of OM stimulate its terminal anaerobic destruction process – sulfate reduction (SR). The most intensive this anaerobic process was determined in bottom sediments in autumn after leaf fall. The intensity of SR in bottom sediments of boxelder maple habitat amounted to $0.86 \text{ mgS}^{2-}/dm^3 \cdot day^{-1}$. In autochthonous trees habitat zone, this process was weaker ($0.60 \text{ mgS}^{2-}/dm^3 \cdot d^{-1}$), while in the open littoral zone it amounted only by $0.10\text{--}0.15 \text{ mgS}^{2-}/dm^3 \cdot d^{-1}$. The amounts of the terminal products of sulfate reduction (hydrogen sulfide and acid soluble sulfides) varied from 32 mg (open zone) to 212 mg (deciduous trees leaf litter buffer zone) and to 268 mg/ dm^3 (*A. negundo* leaf litter buffer zone). Though significant oxygen levels were assessed near the bottom, high enough amount of hydro-

gen sulfide accumulated in bottom sediments of leaf litter buffer zones during autumn, especially in *A. negundo* leaf litter zone.

Generally, differences in the amount of microorganisms and intensity of organic matter mineralization processes in *A. negundo* and autochthonous trees leaf litter buffer zone suggest that the replacement of riparian native species by invasive may cause changes in organic matter processing and bioproductivity in the littoral zone of the water body. Eutrophication and siltation processes in *A. negundo* leaf litter buffer zone may occur faster than in other river coastal areas due to the peculiarities of leaf fall and more intensive OM mineralization processes.

Gudzinskas, Z. Conspectus of alien plant species of Lithuania. 8. *Aceraceae*, *Balsaminaceae*, *Elaeagnaceae*, *Geraniaceae*, *Hippocastanaceae*, *Linaceae*, *Lythraceae*, *Onagraceae*, *Oxalidaceae*, *Rutaceae*, and *Vitaceae*. Botanica Lithuanica? 1998. 4 (4). P. 363–377.

GENETIC STRUCTURE OF THE INVASIVE MUSSEL *DREISSENA POLYMORPHA* (PALLAS) FROM LATVIAN LAKES

A. Morozova, N. Shkute

Department of Ecology, Institute of Life Sciences and Technology, Daugavpils University, Daugavpils, Latvia; aleksandra.dimitrijeva@du.lv; natalja.skute@du.lv

Zebra mussels are alien invaders that have rapidly become established in European waterbodies. *Dreissena polymorpha* is first recorded in Latvia since 1942 (Pilāte et al., 2014). Mussels are significantly impacting aquatic ecosystems, altering nutrient flow, decimating native mussel populations.

Mollusc *Dreissena polymorpha* is characterised by a wide genetic variation which enables it to spread over large areas and occupy a variety of habitats.

Mussels were investigated from 4 Latvian lakes, namely Svente, Riču, Drīdzis, and Rāzna. This study examined the invasions genetic diversity among different populations of zebra mussels using DNA microsatellite analysis. 6 polymorphic microsatellite loci for dreissenid mussels were developed and tested (DpolA6, DpolB9, Dpo101, Dpo221, Dpo260 and Dpo272). The within population genetic variation indices; number of alleles (NA), frequencies of alleles per locus, expected (He) and observed (Ho) heterozygosity, and the fixation index (Fst) were estimated in GenAlEx 6.41.

Allelic diversity was high at all described loci, ranging from 10 to 15 alleles per locus. As ideal populations do not exist in nature, some deviations from the expected heterozygosity level are considered normal for a stable natural population. Such deviation from the expected level of heterozygosity

in all investigated populations was noticed. Mean observed heterozygosity per locus was 0.53 and mean expected heterozygosity was 0.88 per locus. Allelic variation was high in all investigated populations. Frequencies of alleles per locus varied. Differentiation of the populations evidenced by pairwise *F_{st}* value. Fixation of 1 or 2 alleles were detected in all loci in all populations.

This study has been supported by the National Research Programme 2014–2017 „EVIDEnT» Sub-project 2.4. „Non-indigenous species distribution and impact on freshwater ecosystems».

OCCURRENCE AND POPULATION STRUCTURE OF *PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES* G.O. SARS, 1894 IN THE PĻAVIŅAS RESERVOIR OF THE DAUGAVA RIVER (LATVIA)

J. Paidere, A. Brakovska, A. Škute

*Institute of Life Sciences and Technologies, Daugavpils University, Daugavpils,
Parādes 1a, Latvia, jana.paidere@du.lv*

The Ponto-Caspian gammarids and mysids were considered and introduced as valuable fish food during the Soviet time in Latvian inland waters. Introduction was realized with *P. robustoides*, *Chaetogammarus warpachowskyi* G.O. Sars, 1987, *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882), and *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882. The introduction of gammarids was accomplished in Ķegums Reservoir in 1965, 1966 (Bodniece 1976; Kachalova and Lagzdin 1968). Today, investigations of amphipods and mysids in Latvian inland waters mainly are depending on environmental monitoring program of Latvia. According to results, *P. robustoides* is occurred both in the Ķegums Reservoirs, and in Pļaviņas Reservoir and also Riga Reservoir (Grudule et al. 2007; Grudule unpublished data). The aim of this study was to show how widely *P. robustoides* occurred in the Pļaviņas Reservoir of the Daugava River and to give insight into population structure. The investigation of Ponto-Caspian gammarid *P. robustoides* in the Pļaviņas Reservoir in Latvia was done in July and September, 2015. Qualitative sampling of gammarid was done by a handle net (25 x 25 cm, 500 µm) in the littoral parts of the reservoir and the mouth of small tributary Pikstere up to 0,5–1 m depth. In general, during study ~ 22 km long stretch was inventoried. *P. robustoides* was occurred in 11 sampling sites in the reservoir. The populations of *P. robustoides* consisted of both adult and juvenile specimens. In July, the large size specimens within macrophytes and medium size specimens within filamentous algae was the largest frequency. In September the ratio between specimens by size equalize, and within filamentous algae small

size specimens prevailed. A successful distribution of *P. robustoides* in the Pļaviņas Reservoir is evidently. The success of *P. robustoides* in the Pļaviņas Reservoir can be based on its favourable habitats (very slow or stagnant and shallow near-shore waters with different substrates) and environmental conditions (eutrophication of reservoir).

The research project was supported by the national research program «The value and dynamic of Latvia's ecosystems under changing climate – EVIDEnT», project “Non-native species distribution and impact on the Baltic Sea and freshwater ecosystems», sub-project „Non-indigenous species distribution and impact on freshwater ecosystems».

**DIVING BEETLE *CYBISTER LATERALIMARGINALIS*
DE GEER, 1774 DISTRIBUTION IN VARIOUS MICROHABITATS
IN LAKE LIELAIS BALTEZERS, LATVIA**

D. Poppela, A. Poppels, M. Kalnins

University of Latvia, Riga, Latvia, dpoppela@gmail.com

Diving water beetle *Cybister lateralimarginalis* De Geer, 1774 due to lack of knowledge about biology and ecology of this species, as well lack of data – species were considered to be rare locally spread in Latvia (Kalnins, 2003). First information about this species in Latvia was obtained from famous benthologist Olga Kachalova (Kachalova, 1960). This species at first was found in the Lake Rāznas, Eastern part of Latvia in the biotope formed by *Elodea canadensis* Michx. This species now is common for all territory of Latvia. But most of findings of *C. lateralimarginalis* are from Eastern part of Latvia – Latgale region.

Lake Lielais Baltezers is urban lake situated very close to Riga City and is under high anthropogenic pressure from small villages situated around the lake. More over Lake is connected by system of canals with Daugava river Estuary and Riga bay.

Data of *C. lateralimarginalis* were gathered in October 2015 and April 2016. Bottle-trap with chicken meat bait inside was used for capturing diving beetle. Traps were emptied every 10 days and its content was fixed in 4 % solution of formaldehyde. Overall, 80 samples were collected (20 samples in October 2015 and 60 samples in April 2016). Microhabitats in trap placement places were different between each other. Common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.) were in almost sampling plots. Narrow-leaved cattail (*Typha angustifolia* L.) were found often in lakeside trap placement locations. Also in number of plant species, lake bay location microhabitats were more poorly than lakeside trap location microhabitats. In both trap placement sites bottom consisted of

sludge. In lake trap placement site ground consisted of rough detritus while in bay places-fine detritus.

Together in October and April there were captured 12 beetles – eight diving beetles and five crawling water beetles. Three specimen of *C. lateralimarginalis* were captured in April 2016 of which two were males and one female.

It is possible to make conclusion that highest density of *C. lateralimarginalis* is characterized for microbiotopes with high diversity of macrophytes but this species was not found in microbiotopes with monodominant macrophytes.

At first *C. lateralimarginalis* is found in typical urban lake such as Lake Lielais Baltezers.

ОЗЕРНАЯ ЛЯГУШКА (*PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* PALLAS, 1771) – ЧУЖЕРОДНЫЙ ВИД В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В.Н. Большаков¹, Н.Л. Иванова^{1,2}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН,

²Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия, ivanova@ipae.uran.ru

Одним из чужеродных видов амфибий на Среднем Урале является озерная лягушка, которая в 70–е годы прошлого столетия случайно попала в водохранилища-охладители Верхне-Тагильской и Рефтинской тепловых станций (Топоркова и др., 1979; Иванова, 1995). *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) относится к комплексу европейских зеленых лягушек, которые ведут полуводный образ жизни. Этот вид распространен по всей Европе, проникая в Азию, доходит до оз. Балхаш, а его северная граница почти совпадает с южной границей таежной зоны. Озерная лягушка толерантна к высоким концентрациям растворенных в воде солей, устойчива к высоким температурам (Мисюра, 1989; Большаков, Иванова, 2013). Источником интродукции данного вида послужили озерные лягушки из водоемов Краснодарского края и Одесской области (такой же гаплотип по гену ND3, как у среднеуральских лягушек, найден в этих регионах).

Непосредственно при обнаружении озерных лягушек в водоемах Свердловской области вид был включен в Красную Книгу Среднего Урала 1996 г. Как показали наши наблюдения, условия существования в водоемах оказались благоприятными для озерных лягушек, поэтому их ареал постепенно расширяется, в настоящее время они занимают значительную площадь, расселившись от места первоначального выпуска на десятки километров. Из Верхне-Тагильского водохранилища они проникли в р. Вогулку и Вогульское водохранилище, по р. Тагил до г. Ниж-

ний Тагил, где температура воды значительно ниже. Из Рефтинского водохранилища они попали в систему р. Пышма. В 2015 г. озерные лягушки были обнаружены В.Н. Большаковым в пойменных водоемах р. Сысерть, то есть на расстоянии более сотни километров.

Расселение происходит как благодаря сезонным изменениям гидрологического режима водоемов, так и активным путем. При этом они не заселяют мелководные, прибрежные участки водоемов, где в период нереста наблюдаются скопления бурых лягушек, а предпочитают относительно крупные постоянные пруды и озера с отвесным берегом и обильной околоводной и водной растительностью, нерестятся позже. Установлено, что головастики не конкурируют в питании с молодь рыб, взрослые озерные лягушки не представляют прямой угрозы и не являются конкурентами для местных видов амфибий (Вершинин, Иванова, 2006). Как известно, характерной особенностью пищевого поведения амфибий является избирательность в питании. Отличительной чертой этого вида является способность потреблять не только наиболее массовые виды наземных беспозвоночных, но и водных. Это позволяет животным этого вида переключаться на питание гидробионтами в условиях дефицита наземных форм добычи.

Распределение лягушек на занимаемой территории неравномерно, наибольшее их количество сосредоточено в местах, где берега поросли густой травянистой растительностью и в заболоченных частях водоемов. Учеты численности показали, что на р. Тагил в период размножения вдоль береговой линии на маршруте длиной 100 м и шириной 2 м мы насчитывали от 50 до 60 взрослых лягушек. В период размножения в прибрежной части водоема на площади 80 м² по нашим подсчетам бывает сосредоточено до 55–60 самцов, если соотношение полов примерно составляет 1:1, то общее количество животных на этой территории может быть удвоено. Такое количество животных соответствует численности для многих частей естественного ареала. Исследования позволили исключить этот вид из числа охраняемых видов амфибий в новом издании Красной книги Свердловской области 2008 г.

Размеры тела и плодовитость являются важными характеристиками, позволяющими оценить приспособленность животных к разным условиям существования. Известно, что для амфибий характерна положительная зависимость между длиной тела и количеством откладываемых икринок. Анализ имеющегося в нашем распоряжении материала показал, что по длине тела и плодовитости животные, обитающие в водоемах на Среднем Урале, не отличаются от животных, обитающих в условиях естественного ареала. В то же время установлены четкие различия по размерно-возрастному составу размножающихся особей, типу нереста, пло-

довитости между животными, обитающими в рефтинской и верхнетагильской популяциях.

Таким образом, появление и успешная акклиматизация озерной лягушки в водоемах Среднего Урала свидетельствует о высокой экологической пластичности вида. Вид полностью приспособился к условиям существования в новом для него районе ареала. По результатам проведенного исследования можно утверждать, что возможно дальнейшее распространение озерных лягушек на территории Среднего Урала.

The Eurasian Marsh Frog (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771) – alien species in aquatic ecosystems of the Middle Urals. V.N. Bolshakov, N.L. Ivanova. As result of occasional introductions in 1970-s The Eurasian Marsh Frog founded stable populations the heat sinks of two electric power stations in the Middle Urals. Due to high ecological plasticity later it expanded to other areas and successfully inhabed natural water bodies.

ИНВАЗИЯ АМЕРИКАНСКОГО ПОЛОСАТОГО РАКА *ORCONECTES LIMOSUS* RAFINESQUE В ЛИТВЕ И БЕЛАРУСИ И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

**Г. Вайтонис¹, В. Разлуцкий², А. Алехнович², А. Рыбаковас¹,
М. Мороз², Е. Шидагите¹, В. Шниаукштайте¹**

¹ Центр природных исследований, г. Вильнюс, Литва, gintasvait@gmail.com

² ГНПО НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, г. Минск, Беларусь

Полосатый рак (*Orconectes limosus* Rafinesque) – североамериканский вид, который в 1890 г. был интродуцирован в Европу, чтобы заместить исчезнувшего во многих водоёмах широкопалого рака (*Astacus astacus* Linnaeus). Однако, экологическая агрессивность интродуцируемых раков, а также их пластичность к условиям окружающей среды, в достаточной мере не были учтены. Со временем американский полосатый рак начал самостоятельно распространяться по водоёмам и теперь уже встречается в 21 государстве Европы. На территории Литвы полосатые раки были впервые обнаружены в 1994 г., в водоёмах Беларуси в 1997 г. (Alekhnovich et al., 1999). На данный момент, полосатый рак распространился почти по всей территории Литвы и на западе Беларуси. Необходимо отметить, что скорость распространения полосатых раков значительно отличается. На территории Беларуси она составила 12,6 км в год (Alekhnovich, Razlutskiy, 2013), а по территории Литвы раки распространялись со скоростью около 30 км в год. Одной из главных причин такого быстрого распространения является антропогенный фактор (Vaitonis et al., 2016).

С древних времен на территории Литвы и Беларуси обитали два вида раков. В Литве был распространен широкопалый рак (*A. astacus*) и только в конце XIX в. был интродуцирован длиннопалый рак (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz). В Беларуси чаще встречается длиннопалый рак и только в немногих водоёмах обитает широкопалый рак, включенный в Красную книгу Республики Беларусь. Длиннопалый рак более активный, плодовитый и способен вытеснять широкопалого (Burba, 1997). Тем не менее, в большинстве случаев, это очень долгий процесс, связанный с изменениями окружающей среды, а не с конкуренцией между особями. В качестве примера можно привести озёра Дрингис, Скайсти-нес и Венцаво в Литве, где широкопалые и длиннопалые раки сосуществуют более 80 лет (Šeštokas, 1969). Тем не менее, в некоторых водоёмах Беларуси наблюдалось резкое увеличение численности длиннопалого рака и быстрое (менее 10 лет) вытеснение им широкопалого.

Инвазия американского полосатого рака негативно влияет на популяции аборигенных видов. Чаще всего местные раки вымирают в течение 3–4 лет, и только в отдельных случаях могут сосуществовать вместе более длительное время. Имеющиеся данные показывают, что в озёрах Ружис и Сейрис полосатый и широкопалый рак живут вместе уже 6–8 лет. Исчезновение аборигенных видов, чаще всего, связано с ростом численности полосатого рака. Обычно, при вселении полосатого рака в водоём, наблюдается общий для большинства инвазивных видов процесс роста популяции. Поначалу встречаются только отдельные особи, а через 2–4 года наблюдается резкое увеличение «взрыв» численности. Чаще всего, фаза «взрыва» длится 2–3 года, после чего происходит массовое вымирание, в ходе которого погибает не только большая часть особей полосатого рака, но и местные, аборигенные виды.

В Литве популяции раков, в которых обилие, оцениваемое индексом относительной численности вида (ИОЧ, количество раков, пойманных за 1 минуту) превышает 3, мы считаем многочисленными. Численность полосатого рака в период «взрыва» может достигать 14 особей. После «взрыва» ИОЧ падает до 0,05–0,2. По имеющимся у нас данным, не было зафиксировано ни одного случая, чтобы полосатые раки вымирали полностью, но после не достигали прежней численности.

Появление американского полосатого рака может повлиять на всю экосистему водоёма. Хотя большую часть их рациона составляет растительная пища, они активно потребляют и макрозообентос. Наши эксперименты показали, что в рационе полосатого рака большую часть зообентоса составляют Oligochaeta, Chironomidae и Ephemeroptera, их численность уменьшалась к концу опыта на 20–50 %. Таким образом, в периоды высокой численности полосатый рак, избирательно потребляя

определенные группы макрозообентоса, может оказывать существенное влияние на оценку экологического качества воды биотическими индексами. Обычно, наибольшая численность раков наблюдается в прибрежной зоне, но в глубоких водоемах они могут встречаться и ниже термоклина, на глубинах до 30–40 м и влиять на макрозообентос по всей территории водоема.

Исследования выполнены при поддержке БРФФИ (Б15ЛИТ-008), Совета Литвы по науке (ТАР LB-13/2015).

The invasion of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) in Lithuania and Belarus and related ecological problems. G. Vaitonis, V. Razlutskijs, A. Aklehnovich, A. Rybakovas, M. Moroz, E. Šidagytė, V. Šniukštaitė. Although the spread of the spiny-cheek crayfish across the two countries shared some similarities, there were also some essential differences. A significantly faster spread observed across Lithuania could be mostly explained by anthropogenic activities rather than divergent environmental conditions. Other concerns include the apparent impact on native crayfish species, as well as the distortion of values of ecological water quality measures.

АРХЕОЛОГИЯ ОДНОЙ ИНВАЗИИ: ИСТОРИЯ РАССЕЛЕНИЯ *PHYSELLA ACUTA* В ЕВРОПЕ И СРЕДНЕЙ АЗИИ

М.В. Винарский

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
radix.vinarski@gmail.com*

Несмотря на малоподвижность и некрупные размеры пресноводных брюхоногих моллюсков (Gastropoda), многие их виды оказались эффективными вселенцами в чужеродные экосистемы, сформировав к началу XXI в. практически всеветный ареал. Один из таких видов – *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) из семейства Physidae – представляет собой пример одной из ранних успешных инвазий американского вида водных беспозвоночных в Европу. Считалось, что этот вид был завезен в Европу предположительно в конце XVIII в. вместе с водными экзотическими растениями для ботанических садов или при экспорте хлопка из французских колоний в Северной Америке (Anderson, 2003).

Поскольку *Ph. acuta* обладает конхологическими характеристиками, позволяющими однозначно отличать его от всех аборигенных европейских видов Physidae, есть возможность использовать данные исследователей XVIII–XIX вв. для реконструкции истории его инвазии в Европу.

Анализ литературных данных и просмотр ряда крупных малакологических коллекций России и зарубежной Европы позволил установить, что уже к началу 1830-х гг. (т.е. спустя 25 лет после его формального научного описания), вид *Ph. acuta* сформировал широкий инвазивный ареал в средиземноморской Европе, достигнув Балканского полуострова на востоке. Кроме того, в двух публикациях конхологов XVIII в. (d'Argenville, 1742; Gualtieri, 1742) удалось обнаружить изображения раковин, вероятнее всего принадлежащих данному виду. Эти факты позволяют предполагать, что *Ph. acuta* впервые попал в Европу или в самом начале XVIII в. или, что ещё вероятнее, в XVII в. или даже раньше. Наиболее вероятными гипотезами, объясняющими его проникновение, являются непреднамеренный завоз с водными тропическими растениями Нового Света для ботанических садов Европы (импорт экзотических растений в Европу начался ещё в конце XVI в.) или же естественный путь расселения через Атлантику, связанный с переносом улиток птицами (long-distance dispersal). В последнем случае прямой трансатлантический перенос представляется крайне маловероятным, но можно предположить «промежуточные остановки» на каком-нибудь из островов Макаронезии (например, на одном из островов Азорского архипелага). В любом случае, проникновение *Ph. acuta* в Старый Свет не могло произойти очень давно, поскольку современные европейские популяции вида не изолированы от американских репродуктивно и не отделены от них существенной морфологической и генетической дистанцией (Dillon et al., 2002).

Второй этап расселения *Ph. acuta* по Европе начался в середине XIX в. и был обусловлен в первую очередь социокультурными факторами. К ним относится широкое строительство каналов в Европе, которые связали между собой ранее изолированные речные бассейны (например, бассейны Рейна и Роны) и обусловили проникновение физеллы из Франции в Бельгию и Голландию. Кроме того, серединой XIX в. датируется появление первых пресноводных аквариумов современного типа, которые быстро распространились в домашнем обиходе среднего класса в Англии, Франции и других странах. Именно с середины XIX в. начинаются неоднократные обнаружения *Ph. acuta* в ботанических садах, искусственно подогретых водоемах, а к началу XX в. и в естественных местообитаниях стран Центральной и Восточной Европы (Германия, Польша, Россия). Начиная с 1929 г. вид регистрируется в Средней Азии. По материалам коллекции Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург) можно сделать вывод, что уже к началу 1950-х гг. *Ph. acuta* стала вполне обычным видом в этом регионе; с 1969 г. он регистрируется на территории Казахстана.

Современный этап расселения вида начался в середине прошлого века и характеризуется активным проникновением *Ph. acuta* в естественные

местообитания с неизменным термическим режимом в странах с относительно холодным климатом (Нидерланды, Польша, европейская часть России). Это облегчается как глобальным потеплением, так и человеческой деятельностью, направленной на трансформацию природных водоемов. По-видимому, естественные факторы расселения моллюска (перенос водоплавающими птицами и т.п.) вносят не менее существенный вклад в его современное расселение, чем деятельность аквариумистов. В наше время инвазивный ареал *Ph. acuta* в Европе может быть охарактеризован как практически пан-европейский (за исключением севера Британских островов и Фенноскандии). Также вид стал обычен в северной Африке (например, в Тунисе), но отсутствие длительной истории малакологического изучения территории Магриба не позволяет детально проследить историю расселения *Ph. acuta* в южном Средиземноморье.

The archaeology of an invasion: The history of *Physella acuta* dispersal in Europe and Central Asia. M.V. Vinarski. The presence of *Physella acuta*, a freshwater snail of American origin, in Europe can be traced back to the 17th-early 18th century. Three historical stages of its invasion in Europe and Central Asia have been recognized and discussed. The overall process of invasion can be viewed as a result of synergistic action of environmental and human-mediated vectors of the snail dispersal.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ РОТАНА В ГОРОДСКИХ ВОДОЕМАХ г. КАЗАНИ

Н.Г. Назаров, Р.Р. Мингалиев, Л.Ю. Балезина, Р.И. Замалетдинов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия,
nail-naz@yandex.ru*

Одним из наиболее интересных примеров биологических инвазий является расселение ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877). Инвазия этого вида является нежелательной для естественных водных экосистем, так как это приводит к значительным изменениям в структуре сообществ водных систем и серьезному снижению биологического разнообразия.

Целью данной работы является изучение структуры популяции головешки-ротана (*P. glenii* Dybowski, 1877) в городских водоемах г. Казани (на примере озера Марьино).

Материалом для данной работы послужила выборка ротана (n=469), отловленного в 2015 г. в оз. Марьино. Сбор ихтиологического материала проводили путем непосредственного отлова с использованием маль-

ковой волокуши с размером ячеи 1 мм. Для морфометрического анализа проводили промеры длины и высоты тела каждой особи штангенциркулем с точностью измерения $\pm 0,1$ см. Каждую особь взвешивали на лабораторных весах ЕК 410i с точностью $\pm 0,01$ г.

Статистическая обработка материала проводилась по стандартным алгоритмам с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Минимальное значение массы ротана из популяции оз. Марьино составили 0,09 г, максимальные – 97,73 г. Среднее значение массы ротана равно $5,09 \pm 2,52$ г. Минимальное значение длины особей составило 1,64 см, максимальное – 18,9 см; среднее значение параметра составляет $5,10 \pm 2,55$ см. Наибольшая высота тела особей ротана исследуемой популяции составила 2,48 см, наименьшая – 0,09 см, среднее значение параметра – $0,55 \pm 0,32$ см.

На основе полученных морфометрических данных рассчитан коэффициент упитанности Фультона для популяции ротана, среднее значение которого составило $2,78 \pm 0,14$. Это значение свидетельствует о высокой степени упитанности особей ротана оз. Марьино.

Результаты расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена выявили высокую степень зависимости между параметрами массы, длины и высоты тела рыб. Коэффициент Спирмена для параметров длины тела и массы ротана составил 0,7673. Коэффициент Спирмена по параметрам высоты тела и массы ротана равен 0,9403. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена по параметрам высоты и длины тела составил 0,9717.

На основе морфометрических данных выведены линейные уравнения, описывающие зависимость между параметрами тела ротана. Зависимость длины тела и массы:

$$y = 0,009x + 2,1934 \quad (R^2 = 0,7616).$$

Зависимость высоты тела от массы:

$$y = 0,006x - 0,1616 \quad (R^2 = 0,6678).$$

Зависимость высоты и длины тела ротана:

$$y = 0,009x + 2,1934 \quad (R^2 = 0,7616).$$

Ecological peculiarities of *Amur sleeper* in water bodies of Kazan. N.G. Nazarov, R.R. Mingaliev, L.Y. Balezina, R.I. Zamaletdinov. In the sample of Amur sleeper population study identified its basic environmental characteristics in water bodies of Kazan. Calculation of Spearman's rank correlation coefficient revealed a high degree of dependence between the parameters of weight, length and height of the fish body. Linear equations describing the relationship between the Amur sleeper's body parameters are derived.

ВЛИЯНИЕ ИНВАЗИВНЫХ МОЛЛЮСКОВ-ФИЛЬТРАТОРОВ НА ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ

В.И. Разлуцкий¹, Л.Н. Унгуряну², Е.И. Зубкова²,
Е.А. Сысова¹, Ж.Ф. Бусева¹, О.В. Мунжиу², Л.А. Лебеденко²,
Д.С. Туманова², Н.К. Райлян²

¹ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, г. Минск, Беларусь,
vladimirrazl@gmail.com

² Институт зоологии Академии Наук Молдовы, г. Кишинэу, Молдова,
ungur02laura@yahoo.com

Климатические модели предсказывают повышение температуры в Европе на 2,2–5,3 °С при различных сценариях изменения климата (IPSS, 2014). Планктонные сообщества озер быстро реагируют и претерпевают существенные изменения в результате воздействия повышенных температур на top-down и bottom-up связи в трофических цепях (Adrian et al., 2009; Shurin et al., 2012). Многие исследования показывают, что повышение температуры способствует эвтрофированию озер и доминированию цианобактерий (Moss et al., 2011; Huber et al., 2012). Повышение температуры также благоприятствует распространению теплолюбивых двустворчатых моллюсков (Früh et al. 2012), которые способны приводить к кардинальным перестройкам в водных экосистемах (Karatajev et al., 2007). Исследования для оценки воздействия инвазивных видов моллюсков на планктонные сообщества в условиях повышенных температур проводили на основе сравнения их состава в водоемах-охладителях, с/без обильных популяций моллюсков-фильтраторов. В водоемах-охладителях Лукомльской (оз. Лукомское) и Березовской (оз. Белое) Кучурганской (Кучурганское водохранилище) ГРЭС в зоне подогрева температура воды превышает естественную приблизительно на 5 градусов. В оз. Белое практически отсутствуют двустворчатые моллюски-фильтраторы, в оз. Лукомское биомасса *Dreissena polymorpha* Pallas составляла порядка 180 г/м², в Кучурганском в-ще моллюски *D. polymorpha* и *D. bugensis* Andrusov представлены в массовых количествах. *D. polymorpha* для территории Молдовы является автохтонным видом, а *D. bugensis* – инвазивным, впервые отмеченным в 2006 г. В Кучурганском в-ще численность *D. polymorpha* исключительно вариабельна, так в 2009–2010 гг. она составила 320–360 экз/м² (32,01–206 г/м²), в 2012 г. — 24320 экз/м² (2726,94 г/м²), а в 2015 г. – 160 экз/м² (1,28 г/м²). Численность *D. bugensis* варьировала от 160 до 26880 экз/м² при биомассе 0,016–2776 г/м².

Озера-охладители, несмотря на сходные температурные условия и гидрологический режим очень существенно различаются по обилию и составу планктонных сообществ. В оз. Лукомском общая биомасса фитопланктона была более чем в 8 раз меньше (2,12 мг/л) чем в оз. Белое (17,58 мг/л).

В оз. Лукомское доминировали диатомовые водоросли, основу их биомассы составляла *Fragilaria crotonensis*. В оз. Белое наиболее многочисленными были эвгленовые (*Trachelomonas* sp.), диатомовые (*Stephanodiscus* sp.) и зеленые водоросли (*Scenedesmus quadricauda*). В Кучурганском водохранилище биомасса фитопланктона варьировала в пределах 5,21–44,95 мг/л, основную часть составляли синезеленые (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena spiroides*, *Oscillatoria planctonica*, *Synechocystis aquatilis*) и эвгленовые водоросли (*Trachelomonas hispida*, *Trachelomonas oblonga* и *Euglena polymorpha*). Динофитовые водоросли (*Glenodinium gymnodinium*, *G. quadridens*, *Peridinium cinctum*, *Ceratium hirundinella*) не были обнаружены в верхнем и среднем участках, но развивались в большом количестве (2,45 мг/л) в нижнем участке водохранилища.

В условиях повышенных температур наблюдается снижение обилия зоопланктона и, особенно, крупных видов (*Daphnia*), способных контролировать развитие широкого спектра размерных фракций фитопланктона. Расчеты показывают, что популяции инвазивных видов двустворчатых моллюсков, обильно развившиеся в водоемах-охладителях, имеют большую фильтрационную активность, чем зоопланктон. Дрейссениды, способны удалять из воды до 92–100 % взвешенных веществ, существенно повышая прозрачность воды. Достаточно высокая прозрачность в водоемах-охладителях, заселенных дрейссеной, по сравнению с водоемом, где двустворчатые моллюски практически отсутствуют, подтверждает ее способность активно седиментировать взвешенное органическое вещество, включая и фитопланктон. Тем не менее, в более теплой климатической зоне (Молдова) фитопланктон остается значительно более обильным и в нем доминируют цианобактерии. В то время, как в условиях Беларуси в водоеме-охладителе оз. Лукомское общая биомасса фитопланктона в несколько раз меньше и доминируют диатомовые водоросли.

Исследования поддержаны белорусско-молдавским проектом БРФФИ Б15МЛД-023 и 15.820.18.02.06/В АН Молдовы.

Influence of invasive bivalves on plankton communities of cooling reservoirs. V.I. Razlutskiy, L.N. Ungureanu, E.I. Zubcova, E.A. Sysova, Z.F. Buseva, O.V. Munjiu, L.A. Lebedenko, D.S. Tumanova, N.K. Railian. Increasing temperature in cooling reservoirs decrease abundance of zooplankton and a control of phytoplankton development switch to invasive bivalves – active filter feeders. In warmer climate (Moldova) phytoplankton had more abundance than in Belarus in the presence of bivalves and algae communities were dominated by cyanobacteria.

ЗНАЧЕНИЕ ИНВАЗИОННОГО ВИДА *GMELINOIDES FASCIATUS* (CRUSTACEA: AMPHIPODA) В СООБЩЕСТВЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ЛИТОРАЛИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

А.И. Сидорова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
bolt-nastya@yandex.ru

Начиная с середины XX века, чужеродные виды стали проникать в несвойственные для них экосистемы во многих районах Земного шара (Strayer, 2010; Keller et al., 2011). Согласно Конвенции по биологическому разнообразию, биологические инвазии считаются второй по значению угрозой биоразнообразию, после разрушения мест обитания (Schlaepfer et al, 2010).

В России проблема биоинвазий пресноводных экосистем связана с работами по обогащению водоемов видами байкальского и понто-каспийского происхождения. В 1960–1970-х гг. проводили интродукцию водных беспозвоночных с целью увеличения кормовой базы рыб (Иоффе, 1960, 1968; Бекман, 1962). Так, амфипода *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing 1899) из оз. Байкал была внесена в ряд озер Карельского перешейка. Впоследствии вид-вселенец успешно акклиматизировался и начал проникать в другие водоемы. К 1996 г. вид заселил всю литоральную зону Ладожского озера (Панов, 1994; Panov, 1996; Матафонов и др., 2005; Барков, 2006; Курашов, и др., 2011). В 2001 г. *G. fasciatus* был обнаружен вдоль западного берега Онежского озера (Березина, Панов, 2003), к 2006 г. байкальский вид распространился и практически по всей литорали Онежского озера (Калинкина и др., 2006; Полякова, 2008; Кухарев, и др., 2008). Таким образом, из-за влияния инвазионных видов, существует необходимость уточнить роль видов-вселенцев в структуре сообществ донных организмов водных экосистем. Особый интерес приобретает изучение литоральных сообществ Онежского озера, испытывающих влияние чужеродного вида байкальской амфиподы *G. fasciatus*.

Анализ проб макрозообентоса проводили на трех мониторинговых станциях, а также разовых съемках на литорали островов и восточном берегу Онежского озера. Мониторинговые станции были расположены на двух типах биотопа (каменистом и гравийно-песчаном) в прибойной литорали Пухтинской бухты и на прибойной песчаной зарослевой литорали в Пиньгубе. Здесь были выполнены сезонные съемки в период с мая по октябрь с периодичностью 1 раз в 14 дней в 2014 г., при средней глубине 0,4 м. Кроме того, был собран гидробиологический материал на литорали островов Мегостров, Сосновец, а также в восточной части озера в районах Андома, Бесов нос и в районе Кондопожской губы – мыс Чажनावолок. На всех точках отбор проб производили модифициро-

ванным пробоотборником Панова-Павлова, площадью захвата 707 см² и высотой 0,45 м (Методические рекомендации..., 1984; Панов, Павлов, 1986). Всего собрано и проанализировано – 38 проб макрозообентоса.

Мониторинговые исследования трех типов литорали Онежского озера (каменистой, гравийно-песчаной и зарослевой) показали, что максимальные значения биомассы отмечены на каменистой литорали (3,4–6,6 г/м²), минимальные – на песчаной (0,1–0,2 г/м²). В структуре сообществ во всех типах литоральных местообитаний играет существенную роль инвазионный вид *G. fasciatus*. На каменистом типе биотопа вид-вселенец доминирует как по численности, так и по биомассе.

Результаты исследований макрозообентоса районов Мегостров, Сосновец, Чажнаволоок, Андома и Бесов нос, проведенных в 2014 г. у свидетельствуют о том, что *G. fasciatus* был единственным видом среди амфипод на литорали в восточной части Онежского озера и островов. Численность инвазионного вида варьировала от 14 до 2264 экз./м², биомасса – от 0,024 до 3,86 г/м². Наиболее высокие значения численности *G. fasciatus* достигали 2264 экз./м² и наблюдались на литорали острова Сосновец, а самые низкие значения наблюдались в районе Бесов нос. Амфиподы были доминирующей среди других групп макрозообентоса по биомассе (51–94 %) во всех исследованных местах, за исключением мыса Чажнаволоок, где доля вида *G. fasciatus* достигала только 34 %.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00766).

Role of invasive species *Gmelinoides fasciatus* (Crustacea: Amphipoda) in the macrozoobenthos community in littoral zone of lake Onego. A.I. Sidorova.

The results of the present study indicate that the invasive amphipod *G. fasciatus* is dominant among macrozoobenthos on littoral rocky biotope in monitoring stations. It was shown that the *G. fasciatus* is dominant on the biomass among macrozoobenthos on littoral biotopes of studied islands and east part of the Lake Onego.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИЙ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ

Ю.В. Слынько, Е.Е. Слынько

Институт биологии внутренних вод РАН, п. Борок, Россия, syv@ibiw.yaroslavl.ru

Разработаны дополнения к основным положениям теории биологических инвазий, позволяющие преодолеть ограничения накладываемые «генетическим парадоксом»: обнаружен механизм, обеспечивающий экологическую успешность биологических инвазий при значительной потере генетического разнообразия.

С применением молекулярно-генетических подходов изучен ряд активно экспансирующих в Понто-Каспийском бассейне видов рыб и беспозвоночных: солнечный окунь, амурский чебачок, черноморско-каспийская тюлька, трубконосый бычок, бычок кругляк, ряпушка, флоридский краб. Установлено, что значения уровней генетической изменчивости колеблются у разных видов независимо от места и палеоистории происхождения, динамики численности колоний, уровней генетической изменчивости в материнских популяциях, моделей расселения, морфологической изменчивости, филогении и таксономического статуса. В то же время все они характеризуются необычайно высокими и эффективными адаптивными способностями в новых акваториях. На примере 3-х экологически успешных видов-вселенцев, эксплозивно экспансирующих в пресноводных экосистемах Европейской части РФ и сопредельных территорий, обнаружено и обосновано, что успешность адаптации видов в процессе их вселения и натурализации на новые территории в случаях значимого снижения генетического разнообразия обеспечивается эпигенетическим механизмом. Потеря генетической изменчивости компенсируется возникновением и реализацией дискретных онтогенетических программ.

Genetic strategies and mechanisms for alien species adaptations.
Yu.V. Slynko, E.E. Slynko. Developed add-on to the basic provisions of the theory of biological invasions, to overcome the limitations imposed by »genetic paradox«: found a mechanism to ensure that the ecological success of biological invasions, with significant loss of genetic diversity. Based on the analysis of successful invasive species in freshwater ecosystems Ponto-Caspian basin discovered and substantiated that successful adaptation of species during their installation and naturalization into new territory with significant reduction of genetic diversity is ensured by the epigenetic mechanism. Loss of genetic variability is offset by the emergence and implementation of discrete ontogenetic programs.

**О ПЕРВОЙ НАХОДКЕ ГОЛЛАНДСКОГО КРАБА
RHITHROPANOPEUS HARRISI TRIDENTATA (MAITLAND, 1874)
В ПРИДНЕСТРОВЬЕ**

С.И. Филипенко, М.В. Мустя

*Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
г. Тирасполь, Приднестровье, Молдова, zoologia_pgu@mail.ru*

Голландский краб *Rhithropanopeus harrisi tridentata* (Maitland, 1874) имеет ряд таких особенностей, как высокое генетическое разнообразие, высокий уровень физиологической пластичности, малые размеры, скорое репродуктивное созревание и высокая плодовитость, способствующие его быстрой адаптации к новым условиям среды и широкому расселению в качестве инвазивного вида (Boyle et al., 2010).

В марте 2016 г. в Кучурганском водохранилище во время контрольных ихтиологических ловов был пойман один экземпляр голландского краба *Rh. harrisi tridentata*. Ранее этот вид в водоемах на территории Молдовы не отмечался.

Кучурганское водохранилище (в прошлом лиман) – водоем-охладитель Молдавской ГРЭС с оборотной системой водоснабжения, расположено на границе Украины и Приднестровья. В настоящее время акватория занимает около 2730 га со средней глубиной 3,5 м, объем воды 88 млн м³. Водоем в настоящее время подвержен умеренной термофикации и эвтрофированию, площадь зарастания около 19 % акватории, минерализация воды на верхнем участке достигает до 3,8 г/л, на нижнем в пределах 1,6–1,9 г/л. Водохранилище отличается богатым видовым разнообразием гидробионтов, в том числе представителями Понто-каспийской фауны. Искусственно интродуцированным видом является креветка *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849), которая смогла, спустя почти 30 лет с момента ее интродукции, проникнуть в протоку Турунчук и, поднявшись вверх по течению, попасть в Днестр, дойдя до г. Тирасполь (Филипенко, 2014).

Нативным ареалом краба считаются прибрежные районы юго-западного залива Святого Лаврентия (Канада) и Мексиканский залив, где он обитает в солоноватой воде вдоль береговых линий (Williams, 1984). В Европу изначально краб попал с балластными водами, где впервые был зафиксирован в 1874 г. (Maitland, 1874). В начале 30-х годов XX столетия *Rh. harrisi* широко распространился в прибрежных участках шельфов Германии, Дании, Польши (Turboyski, 1973) и Франции (Marchand, 1973). В это же время голландский краб через Средиземное море проник в Черное море, где впервые был отмечен А.К. Макаровым (1939) в Днепровско-Бугском лимане, после чего широко распространился в других опресненных районах (Григорьев, 1965; Цветков,

Мартынов, 1986). Краб часто встречается вдоль всего побережья северо-западной части Черного моря, а также в его лиманах: Сасык, Алибей, Шаганы, Днестровском, Сухом, Хаджибейском, Тилигульском и Днепровско-Бугском. В Хаджибейском лимане в связи с постепенным его опреснением краб появился в 1976 г. и в начале 80-х годов стал здесь весьма многочисленным видом (Макаров, 2004).

Из морских лиманов голландский краб начал проникать в дельты рек – Дуная, Днестра, Южного Буга. Так, в низовья Дуная он попал в начале 50-х годов прошлого века (Băcescu, 1952), а с 70-х годов в низовьях реки уже зарегистрирована его устойчивая популяция (Жукинский, Харченко, Ляшенко, 2006). Проникнув в Днепровский бассейн, краб смог подняться до средней части Днепровского водохранилища вблизи Приднепровской ТЭС. В бассейне Южного Буга этот вид был найден в каналах Южного Буга и его притоке – р. Ингул. Кроме крупных рек, голландский краб отмечен во впадающей в Азовское море малой украинской реке Грузский Еланчик (Son, Novitsky, Dyadichko, 2012, 2013).

Как *Rh. harrisii* мог проникнуть в Кучурганское водохранилище? По нашему мнению, краб попал в водоем-охладитель на личиночной стадии вместе с рыбопосадочным материалом, а именно с пиленгасом *Liza haematocheilus* из Хаджибейского лимана (площадь 70 км², длина около 40 км, ширина 3,5 км, глубина 2,5 м, соленость воды 4–15 г/л (природная – 22 г/л). Лиман отделен от Черного моря и не имеет связи с ним).

Хотя голландский краб и является эвригалинным, в чистой пресной воде он не размножится и может выжить в ней только короткий период времени (Normant et al., 2004). Появились данные, что в Польше краб был найден в водоемах с минерализацией всего 0,5–0,7 г/л (Normant & Gibowicz, 2008), а в пресноводных водоемах Техаса обнаружены самки с икрой, обилие молоди и личинок краба при солености 0,5 г/л (Boyle et al., 2010).

Уровень минерализации Кучурганского водохранилища достаточен для акклиматизации голландского краба и его естественного воспроизводства. Сможет ли в будущем краб попасть в Днестр, или этому помешает низкая минерализация реки? Возможно, Кучурганское водохранилище останется единственным местообитанием краба на территории Приднестровья, хотя, как показал пример креветки, нельзя исключить его дальнейшего появления в русле Днестра.

About the first discovery of the mud crab *Rhithropanopeus harrisi tridentata* (Maitland, 1874) in Transdnistria. S.I. Philipenko, M.V. Mustea. Information is provided about the first recording of the presence of the crab *Rhithropanopeus harrisi tridentata* (Maitland, 1874) on the territory of Moldova, which was introduced into the Kuchurgan cooling pond in the larva stage together with the seedling infiltrations of *Liza haematocheilus* from the Hadjibey firth.

***DREISSENA POLYMORPHA* (PALL.) В ЭКОСИСТЕМЕ ЧОГРАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Г.Х. Щербина¹, Е.В. Никитенко²

¹Институт биологии внутренних вод им И.Д. Папанова РАН, п. Борок, Россия,
gregory@ibiw.yaroslavl.ru

²БНУ РК «Институт комплексных исследований аридных территорий»,
г. Элиста, Россия, elena.nikitenko@mail.ru

Изучение биоценоза *Dreissena polymorpha* Pall. в Чограйском водохранилище проводились в 2009–2012 гг. Общее число видов макробеспозвоночных, обнаруженных в составе изучаемого биоценоза, составило 31 вид. Наибольшее видовое разнообразие отмечено для хирономид – 23 вида, олигохеты были представлены 5 видами, группа прочие включала 3 вида: *Cyrrhus flavidus*, *Caenis horaria*, *C. robusta*. В 2009 г. в составе биоценоза дрейссены было отмечено 18 видов, в 2010 г. – 16, в 2012 г. – 14. В период исследований биоценоза *D. polymorpha* наблюдалась трансформация донных сообществ водохранилища. Произошло снижение доли хирономид и повышение доли олигохет в общей численности и биомассе зообентоса. Количество дрейссены полиморфной и встречаемость биоценоза, также возросли. В ходе наблюдений установлена смена видового состава биоценоза *D. polymorpha*: число видов олигохет увеличилось с 1 до 5 видов, состав хирономид существенно поменялся, а именно – выпали наиболее крупные формы: *Camptochironomus tentans*, *Chironomus plumosus*, *Polypedilum nubeculosum*, виды рода *Glyptotendipes*, появились *Dicrotendipes nervosus* и 3 вида рода *Cricotopus*.

В Чограйском водохранилище в местах, где отмечалась дрейссена, общая биомасса мягкого макрозообентоса (без учета моллюска) была значительно выше, чем на тех участках, где друсы *D. polymorpha* отсутствовали. В биоценозе дрейссены многие виды хирономид, олигохет находят для себя оптимальные условия существования. Продукты жизнедеятельности *D. polymorpha* (агглютинаты и фекалии) служат кормом для многих детритофагов-собирателей и глотателей. Максимальная биомасса макрозообентоса в биоценозе дрейссены в Чограйском водохранилище в 2009 г. (без учета моллюска) составила 19,3 г/м², в 2010 г. и 2012 г. – 4,8 и 5,7 г/м² соответственно. С учетом моллюска в 2009 г. – 22,4 г/м², в 2010 г. – 7,4 г/м², в 2012 г. – 51,4 г/м². На станциях где *D. polymorpha* отсутствовала биомасса не превышала 3 г/м².

Частота встречаемости биоценоза *D. polymorpha* в Чограйском водохранилище была наибольшей в 2010 г. – 20,3 %. Анализ встречаемости биоценоза дрейссены полиморфной на различных типах грунтов показал, что максимальные ее значения отмечены на заиленном песке и в среднем составили в 2009 и 2010 гг. по 11,1 %, в 2012 г. – 5,6 % (таблица). По глу-

бинам биоценоз *D. polymorpha* распределен не равномерно, так на глубине от 0,1 до 2,5 м отмечены максимальные значения частоты встречаемости (2009 г. – 11,1 %, в 2010 г. – 23,8 % и в 2012 г. – 14,3 %) (табл.).

Таблица. Частота встречаемости (Р, %) биоценоза *Dreissena polymorpha* в Чограйском водохранилище

Год	2009 г.			2010 г.			2012 г.		
Грунт	ил	глина	песок	ил	глина	песок	ил	глина	песок
Р, %	0	0	11,1	16,6	0	11,1	11,1	4,2	5,6
Глубины	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
Р, %	11,1	0	0	23,8	0	0	14,3	0	5,6
Зоны	В.Ч.	С.Ч.	Н.Ч.	В.Ч.	С.Ч.	Н.Ч.	В.Ч.	С.Ч.	Н.Ч.
Р, %	16,6	0	*	13,3	0	25	6,7	3,1	23,0

Примечание: глубина: А – 0,1–2,5 м, Б – 2,6–5,0 м, В – 5,1–7,5 м; зоны: В.Ч. – верхняя, С.Ч. – средняя, Н.Ч. – нижняя части водохранилища; «*» – данные отсутствуют

Таким образом, в ходе исследований выявлено, что в Чограйском водохранилище наибольшее число видов (31) отмечено в биоценозе *D. polymorpha*. Данный биоценоз характеризовался максимальными значениями биомассы и численности донных макробеспозвоночных. Увеличение встречаемости дрейссены полиморфной и, как следствие, ее биоценоза, возможно, стал причиной увеличения общего числа видов в составе макрозообентоса в 2010 и 2012 гг. (Никитенко, 2015). Биоценоз *D. polymorpha* наиболее часто встречался, как правило, на заиленном песке и небольших глубинах.

***Dreissena polymorpha* in the Chogray Reservoir ecosystem. G.Kh. Shcherbina, E.V. Nikitenko.** The data on the abundance and biomass of macroinvertebrates in the *Dreissena polymorpha* biocenosis are presented. The frequency of occurrence of *D. polymorpha* biocenosis in Chogray Reservoir is specified.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адамович Б.В. 11, 15, 54, 119, 126, 298
Аксенова О.В. 377
Аксенов-Грибанов Д.В. 264
Акцияупак Р. 198
Алехнович А.В. 358, 386
Алешина Д.Г. 83
Андреев Н.И. 202
Андреева С.И. 202
Ануфриева Е.В. 42
Арвола Л. 260
Арутюнян Р.М. 81
Архипенко Т.В. 52
Аршевский С.В. 366
Астель А. 30
Астраханцева О.Ю. 304
- Бабаназарова О.В.** 175
Бадюков Д.Д. 307, 311
Баженова О.П. 128
Базаркина Л.А. 44
Байчоров В.М. 204
Баковска М. 30
Балезина Л.Ю. 390
Барбашова М.А. 83
Барбухо Е.В. 277
Баринова С.С. 46, 48
Батурина М.А. 206
Батьюка А. 125
Безматерных В.В. 279
Беличева Л.А. 281
Белова С.Л. 307, 311
Белоус В.В. 160
Белоус Е.П. 48
Белых О.И. 50
Березина Н.А. 32
Беспалая Ю.В. 377
Бигель М.П. 189
Билецки Л.И. 73
Богданова К.В. 195
- Бодиловская О.А. 264
Бойкова О.С. 208, 226
Болдырев В.А. 172
Болотов И.Н. 377
Болотов О.В. 283
Болотов С.Э. 333
Болотова Н.Л. 283, 377
Большаков В.Н. 384
Бонк Т.В. 195, 360
Борисенко В.Л. 58
Браковска А. 193, 382
Букельскис Е. 285
Бурик В.Н. 287
Буркова Т.Н. 333
Бусева Ж.Ф. 392
Быкова С.В. 38, 40, 333
Бычков А.Ю. 335
- Вайтонис Г.** 386
Валиуллини Ф.З. 94
Вежновец В.В. 210
Верес Ю.К. 11, 67, 211, 298
Вецлер Н.М. 360
Винарский М.В. 202, 388
Вишневский Р. 356
Власов Б.П. 52, 60
Воробьева Т.Я. 317
Воронова Г.П. 54
Воякина Е.Ю. 130, 132
Вразовская Е.И. 144
Высоцкий Ю.И. 156
- Гаевский Н.А.** 144
Гигиняк И.Ю. 204
Гигиняк Ю.Г. 204
Гладышев М.И. 56
Голубев А.П. 58
Голубков М.С. 34, 118
Голубков С.М. 32, 34
Гончаров А.Ю. 353

Горбунов М.Ю. 38, 40, 333
Горшкова О.М. 307, 309, 311
Гофаров М.Ю. 116
Гречушникова М.Г. 313
Грищенко Н.Д. 60
Громова Ю.Ф. 99
Гурчунова Т.А. 160
Гущина Е.Г. 120, 185

*Д*бар Р.С. 94, 368
Дегтярик С.М. 289
Демерецкиене Н.Е. 63
Демир Г. 274
Демирак Ахмет 300
Деревенская О.Ю. 65, 372
Джавгиль К. 301, 302
Динцер Невин Гюлер 300
Дмитриева О.А. 175, 253
Дмитрович Н.П. 214
Домышева В.М. 315
Драбкова В.Г. 75
Дроздова О.Ю. 335
Дубко Н.В. 11, 298
Дудакова Д.С. 83

*Е*жова О.С. 362
Емшанова В.А. 264
Ерина О.Н. 134
Ершова А.А. 317
Ефимова Л.Е. 134, 319
Ефремова Т.А. 321

*Ж*аров А.А. 216
Жданова С.М. 175
Жерар Э. 116, 335
Жибарева Т.А. 341
Жильцова А.А. 307, 311
Житов И.А. 218
Житова Е.П. 218
Жоу Я. 32
Жукова А.А. 11, 136, 138, 179

Жукова Т.В. 11, 15, 67, 119, 126,
298, 329

*З*абелина С.А. 116, 317
Зайдыков И.Ю. 241
Законнов В.В. 70
Законнова А.В. 90
Замалетдинов Р.И. 390
Зарипова Н.Р. 140
Зелалем Вонди 200
Зилов Е.А. 72
Зубкова Е.И. 73, 392
Зубкова Н.Н. 73
Зуев Ю.А. 142, 220
Зуева Н.В. 142, 220

*И*ванова В.М. 94, 368
Иванова Е.А. 144
Иванова И.С. 116
Иванова Н.А. 48
Иванова Н.Л. 384
Игловский С.А. 116
Извекова Э.И. 222
Измайлова А.В. 75, 364
Итигилова М.Ц. 77
Ицкович В.Б. 146

*К*адыкоева С.А. 191
Калнинс М. 383
Калюжная О.В. 146
Каминская О. 272
Капустина Л.Л. 83
Карабанович В.С. 11
Карклинш А. 276
Кашулин Н.А. 296
Кескин Фийяз 300
Кесминас В. 272
Кильмаматова Э.И. 368
Климов С.И. 256, 317
Ковалева О.В. 249
Ковалевская Р.З. 11, 15, 298

Козлов А.И. 214
Козлов О.В. 366
Козлова Т.В. 214
Кокрятская Н.М. 106, 323, 327, 341
Колотилова Н.Н. 21
Колпакова Е.С. 79
Колченко М.В. 325
Комулайнен С.Ф. 148
Кондаков А.В. 377
Коновалова Н.В. 150
Кононова О.Н. 224, 231, 260
Кораблева О.В. 319
Корнева Л.Г. 152
Корнюшин В.В. 218
Коровчинский Н.М. 19, 226
Костоусов В.Г. 291, 293, 355
Котов А.А. 216
Кочанова Е.С. 228
Кращук Л.С. 72
Кревш А. 379
Кренёва К.В. 81
Кренёва С.В. 81
Крылова Ю.В. 154
Крюк Д.В. 138
Кузьмин А.В. 50
Курашов Е.А. 83, 154
Куцинскене А. 379

Лаенко Т.М. 239
Лазарева В.И. 85
Лапенков А.Е. 229
Лапина Л.Э. 260
Лапицкий С.А. 335
Латышев С.Э. 156
Лебеденко Л.А. 392
Лекур Лена 116
Лепская Е.В. 195, 360
Липинская Т.П. 88
Литвинов А.С. 90
Лозовик П.А. 158, 321

Ломова Д.В. 313, 319
Лопичева О.Г. 237
Лоскутова О.А. 231
Лосюк Г.Н. 327
Лубяга Ю.А. 264
Лукашевич Я.С. 92
Лукина Ю.Н. 281
Лукьянова Е.В. 11, 119, 167
Львов В.Д. 191
Люштык В.С. 362

Майсак Н.Н. 88
Макаревич О.А. 11, 233
Макаревич Т.А. 11, 160, 239
Макаров М.В. 235
МакЛеллан К. 120
Мамаев В.И. 191
Мамонтов А.А. 329
Мамонтова Е.А. 329
Манасыпов Р.М. 116
Маркевич Г.Н. 195, 222
Медвинский А.Б. 119, 126
Мержвинский Л.М. 156
Мингазова Д.Ю. 94, 368
Мингазова Н.М. 65, 94, 368
Мингалиев Р.Р. 94, 390
Минеева Н.М. 163, 165
Мирзоева Н.Ю. 42
Митрахович П.А. 293
Митропольская И.В. 152
Михеева Т.М. 11, 15, 119, 126, 167, 298
Мищенко В.А. 291
Мнацаканова Е.А. 96
Можаровская А.А. 249
Моисеенкова А. 331
Молотков Д.В. 358
Морева О.Ю. 317
Мороз М.Д. 88, 386
Морозова А. 381
Морозовская И.А. 99

Мунжиу О.В. 392
Муратова Н.М. 140
Мустя М.В. 397
Мухин И.А. 237
Мухортова О.В. 333
Мухутдинов В.Ф. 165

Набеева Э.Г. 94
Нагорская Л.Л. 239
Надим М. 120
Назаров Н.Г. 390
Наумова Е.Ю. 241
Нгуен-Кванг Т. 120
Неверова Н.В. 317
Неретина А.Н. 197
Никитенко Е.В. 399
Никитина Л.В. 11, 211
Новиков А.А. 362
Новоселова Т.Н. 99
Нуриева Н.И. 119
Нурмухаметов И.Г. 140

Оболевский К. 30
Олейникова О.В. 335
Онищук Н.А. 110
Онучин К.А. 72
Орега Ю. 355
Орупе А. 355
Осипов Г.А. 268
Островский И. 36

Пайдере Ю. 382
Пайдере Я. 193
Палагушкина О.В. 372
Панько А.Ю. 138
Парфенова Л.Н. 106
Патова Е.Н. 231
Пацаева С.В. 307, 311
Пацюк М.К. 243
Петьюкевичс А. 125
Пислегина Е.В. 72

Плигин Д.Н. 175, 253
Плотицына О.В. 183
Повалишникова Е.С. 319
Подшивалина В.Н. 244
Покровский О.С. 116, 335, 347, 349
Полищук Л.В. 98
Пономарев В.И. 231
Пономарева Т.И. 106
Попиначенко Т.И. 246
Поповичев В.Н. 183
Поппела Д. 383
Поппелс А. 383
Потапов С.А. 50
Прокин А. 200
Прокопьева К.В. 104
Протасов А.А. 46, 73, 99
Протопопова Е.В. 83
Пряничникова Е.Г. 85

Радчикова Н.П. 119, 126
Разлуцкий В.И. 386, 392
Райлян Н.К. 392
Райлян Н.М. 214
Рассашко И.Ф. 27, 249
Речкалов В.В. 251
Рижинашвили А.Л. 102
Родионова Н.В. 83
Романчук Л.Д. 218
Рубцова Т.А. 104
Рудаковский И.А. 52
Руднева И.И. 370
Русаков А.В. 119
Русанов А.Г. 83
Русановская О.О. 72
Рыбаковас А. 386

Сабитова З.Р. 333
Сабылина А.В. 321
Саввичев А.В. 313
Савицка М. 125

Савич И.В. 11, 170, 239
Сакирко М.В. 110, 315
Саладина М.С. 83
Самойленко В.М. 293
Саси Х. 198, 274
Свирид А.А. 167
Седова О.В. 172
Селянина С.Б. 106
Семадени И.В. 132
Семенов О.А. 362
Семенова А.С. 175, 253
Семенченко В.П. 88
Семенюк Г.А. 255
Сивенков А.Ю. 52
Сигарева Л.Е. 177
Сиделёв С.И. 175, 253
Сидорова А.И. 394
Силаева А.А. 73, 99
Синюкович В.Н. 339
Сипач В.А. 362
Слынько Е.Е. 396
Слынько Ю.В. 295, 396
Смольская О.С. 179
Собко Е.И. 256
Соколов Д.И. 337
Соколова Е.А. 175
Соколова С.Е. 377
Соловьева В.В. 152
Сороковикова Е.Г. 50
Сороковикова Л.М. 339
Старовойтова М.Ю. 181
Стенина А.С. 231
Степанов М.В. 283
Степанова А.Б. 108
Степоненас А. 272
Стецюк А.П. 183
Судницына Д.Н. 325
Сухих Н.М. 228
Сысова Е.А. 88, 392
Сярки М.Т. 258, 262
Тарасова Е.Н. 329

Тарасова Н.Г. 333, 372
Тарасюк Н. 331
Терентьев П.М. 296
Теренько Г.В. 185
Терская Е.В. 319
Тикушева Л.Н. 231
Тимофеева Н.А. 177
Тимошкин О.А. 50, 110
Титова К.В. 323, 341
Тиунов А.В. 34
Тихоненкова Л.Н. 73
Тихонова И.В. 50
Томберг И.В. 110, 339
Третьякевич С.С. 58
Троянская А.Ф. 112
Труфанова М.В. 106
Труш К.В. 249
Туманова Д.С. 392
Туновски Я. 187

Уманская М.В. 38, 40, 333
Умбрасаите В. 285
Унгурияну Л.Н. 73, 392
Унковская Е.Н. 372
Усовіч К.С. 27

Федорова Г.А. 50
Фефилова Е.Б. 224, 228, 260
Филипенко Е.Н. 73, 123
Филипенко С.И. 397
Фомина Ю.Ю. 258, 262
Фруммин Г.Т. 283, 343

Ходжер Т.В. 315
Хомич А.С. 58, 264
Худый А.И. 187

Цао С. 32
Царенко П.М. 187
Цветков А.И. 85

Чевель К.А. 307, 311
Черевичко А.В. 114
Черчесова С.К. 191
Чуйко Г.М., 345
Чупаков А.В. 317, 347, 349

Шадрин Н.В. 23, 42
Шайда В.Г. 370
Шаповалов М.И. 191
Шацкий А.В. 266
Шевелёва О.А. 189
Шевцова Н.С. 374
Шевченко Н.И. 144
Шелест В.Д. 172
Шерышева Н.Г. 268
Шидагите Е. 386
Шимараева С.В. 72
Широкова Л.С. 116, 335, 347, 349
Широкова Ю.А. 264
Шкуте А. 193, 382
Шкуте Н. 125, 276, 355, 381
Шниаукштайте В. 386
Шорина Н.В. 351
Шулепина С.П. 270

Щапова Е.П. 264
Щербина Г.Х. 279, 399

Якимов А.В. 191
Яруллина А.И. 140
Ярыгина О.Н. 106

AUTHORS INDEX

- Adamovich B.V. 11, 15, 54, 119, 126, 298
 Aksenova O.V. 377
 Aksenov-Gribanov D.V. 264
 Akziypak R. 198
 Alekhnovich A.V. 358, 386
 Aleshina D.G. 83
 Andreev N.I. 202
 Andreeva S.I. 202
 Anufriieva E.V. 42
 Arkhipenko T.V. 52
 Arshevsky S.V. 366
 Arutyunyan R.M. 81
 Arvola L. 260
 Astel A. 30
 Astrakhantseva O.Yu. 304

*B*abanazarova O.V. 175
 Badyukov D.D. 307, 311
 Baichorov V.M. 204
 Bąkowska M. 30
 Balezina L.Y. 390
 Barbashova M.A. 83
 Barbukho E.V. 277
 Barinova S.S. 46, 48
 Batjuka A. 125
 Baturina M.A. 206
 Bazarkina L.A. 44
 Bazhenova O.P. 128
 Belicheva L.A. 281
 Belous V.V. 160
 Belova S.L. 307, 311
 Belykh O.I. 50
 Berezina N.A. 32
 Beshpalaya Y.V. 377
 Bezmaternykh V. 279
 Bigel' M.P. 198
 Biletskiy L.I. 73
 Bilous O.P. 48
 Bodilovskaya O.A. 264

 Bogdanova K.V. 195
 Boikova O.S. 208, 226
 Boldyrev V.A. 172
 Bolotov I.N. 377
 Bolotov O.V. 283
 Bolotov S.E. 333
 Bolotova N.L. 283, 377
 Bolshakov V.N. 384
 Bonk T.V. 195, 360
 Borisenko V.L. 58
 Brakovska A. 193, 382
 Bukelskis E. 285
 Burik V.N. 287
 Burkova T.N. 333
 Buseva Z.F. 392
 Bychkov A.Yu. 335
 Bykova S.V. 38, 40, 333

*C*ao X. 32
 Cherchesova S.K. 191
 Cherevichko A.V. 114
 Chevel K.A. 307, 311
 Chuiko G.M. 345
 Chupakov A.V. 317, 347, 349

*D*bar R.S. 94, 368
 Degtjarik S.M. 289
 Demereckiene N.E. 63
 Demir H. 274
 Demirak Ahmet 300
 Derevenskaya O.Y. 65, 372
 Dinçer Nevin Güler 300
 Dmitrieva O.A. 175, 253
 Domysheva V.M. 315
 Drabkova V.G. 75
 Drozdova O.Yu. 335
 Dubko N.V. 11, 298
 Dudakova D.S. 83
 Dzmitrovich N.P. 214

- E**fimova L.E. 134, 319
 Efremova T.A. 321
 Emshanova V.A. 264
 Erina O. 134
 Ershova A.A. 317
- F**edorova G.A. 50
 Fefilova E.B. 224, 228, 260
 Fomina Yu.Yu. 258, 262
 Frumin G.T. 283, 343
- G**aevskii N.A. 144
 Gerard E. 116, 335
 Giginyak I.Y. 204
 Giginyak Y.G. 204
 Gladyshev M.I. 56
 Gofarov M.Yu. 116
 Golubev A.P. 58
 Golubkov M.S. 34, 118
 Golubkov S.M. 32, 34
 Goncharov O.Yu. 353
 Gorbunov M.Yu. 38, 40, 333
 Gorshkova O.M. 307, 309, 311
 Grechushnikova M.G. 313
 Gromova Yu.F. 99
 Gurchunova T.A. 160
- H**ryshchankava N.D. 60
 Hushchyna K. 120, 185
- I**glovsky S.A. 116
 Itigilova M.TS. 77
 Itskovich V.B. 146
 Ivanova E.A. 144
 Ivanova I.S. 116
 Ivanova N.A. 48
 Ivanova N.L. 384
 Ivanova V.M. 94, 368
 Izmailova A.V. 75, 364
 Izvekova E.I. 222
- J**awgiel K. 301, 302
- K**adikoeva S.A. 191
 Kalnins M. 383
 Kaluzhnaya O.V. 146
 Kaminskas O. 272
 Kapustina L.L. 83
 Karabanovich V.S. 11
 Karklinš A. 276
 Kashulin N.A. 296
 Keskin Feyyaz 300
 Kesminas V. 272
 Khodzher T.V. 315
 Khomich A.S. 58, 264
 Khudyi O. 187
 Kilmamatova E.I. 368
 Klimov S.I. 256, 317
 Kochanova E.S. 228
 Kokryatskaya N.M. 106, 323, 327, 341
 Kolchenko M.V. 325
 Kolotilova N.N. 21
 Kolpakova E. 79
 Komulaynen S.F. 148
 Kondakov A.V. 377
 Kononova O.N. 224, 231, 260
 Konovalova N.V. 150
 Korabliova O.V. 319
 Korneva L.G. 152
 Korniyushin V.V. 218
 Korovchinsky N.M. 19, 226
 Kostousov V.G. 291, 293, 355
 Kotov A.A. 216
 Kovaleva O.V. 249
 Kovalevskaya R.Z. 11, 15, 298
 Kozlov A.I. 214
 Kozlov O.V. 366
 Kozlova T.V. 214
 Krashchuk L.S. 72
 Kreneva K.V. 81
 Kreneva S.V. 81

- Krevš A. 379
 Krylova J.V. 154
 Kryuk D.V. 138
 Kučinskienė A. 379
 Kurashov E.A. 83, 154
 Kuzmin A.V. 50

Laenko T.M. 239
 Lapenkov A.E. 229
 Lapina L. 260
 Lapitskiy S.A. 335
 Latyshev S.A. 156
 Lazareva V.I. 85
 Lebedenko L.A. 392
 Lecourt Lena 116
 Lepskaya E.V. 195, 360
 Lipinskaya T.P. 88
 Litvinov A.S. 90
 Liushtyk V. 362
 Lomova D.V. 313, 319
 Lopicheva O.G. 237
 Loskutova O.A. 231
 Losyuk G.N. 327
 Lozovik P.A. 158, 321
 Lubyaga Y.A. 264
 Łukaszewicz J. 92
 Lukina J.N. 281
 Lukyanova E.V. 11, 119, 167
 L'vov V.D. 191

Maisak N.N. 88
 Makarevich O.A. 11, 233
 Makarevich T.A. 11, 160, 239
 Makarov M.V. 235
 Mamaev V.I. 191
 Mamontov A.A. 329
 Mamontova E.A. 329
 Manasypov R.M. 116
 Markevich G.N. 195, 222
 McLellan K. 120
 Medvinsky A.B. 119, 126

 Merzhvinsky L.M. 156
 Mikheyeva T.M. 11, 15, 119, 126, 167, 298
 Mineeva N.M. 163, 165
 Mingaliev R.R. 94, 390
 Mingazova D.Y. 94, 368
 Mingazova N.M. 65, 94, 368
 Mirzoyeva N.Y. 42
 Mischenkov V. 291
 Mitrakhovich P.A. 293
 Mitropolskaya I.V. 152
 Mnatsakanova E.A. 96
 Moisejenkova A. 331
 Molotkov D.V. 358
 Moreva O.Yu. 317
 Moroz M.D. 88, 386
 Morozova A. 381
 Morozovska I.A. 99
 Mozharovskaya A.A. 249
 Mukhin I.A. 237
 Mukhortova O.V. 333
 Mukhutdinov V.F. 165
 Munjiu O.V. 392
 Muratova N.M. 140
 Mustea M.V. 397

Nabeeva E.G. 94
 Nadeem M. 120
 Nagorskaya L.L. 239
 Naumova E.Yu. 241
 Nazarov N.G. 390
 Neretina A.N. 197
 Neverova N.V. 317
 Nguyen-Quang T. 120
 Nikitenko E.V. 399
 Nikitina L.V. 11, 211
 Novikov A. 362
 Novoselova T.N. 99
 Nurieva N.I. 119
 Nurmukhametov I.G. 140

- O**bolewski K. 30
 Oleinikova O.V. 335
 Onishyk N.A. 110
 Onuchin K.A. 72
 Oreha J. 355
 Orupe A. 355
 Osipov G.A. 268
 Ostrovsky I. 36

Paidere J. 193
 Paidere Y. 382
 Palagushkina O.V. 372
 Panko A.Y. 138
 Parfenova L.N. 106
 Patova E.N. 231
 Patsaeva S.V. 307, 311
 Patsyuk M.K. 243
 Petjukevičs A. 125
 Philipenko E.N. 73, 123
 Philipenko S.I. 397
 Pislegina E.V. 72
 Pligin D.N. 175, 253
 Plotitsyna O.V. 183
 Podshivalina V.N. 244
 Pokrovsky O.S. 116, 335, 347, 349
 Polishchuk L.V. 98
 Ponomarev V.I. 231
 Ponomareva T.I. 106
 Popinachenko T.I. 246
 Popovichev V.N. 183
 Poppela D. 383
 Poppels A. 383
 Potapov S.A. 50
 Povalishnikova E.S. 319
 Prokin A. 200
 Prokopyeva K.V. 104
 Protasov A.A. 46? 73? 99
 Protopopova E.V. 83
 Pryanichnikova E.G. 85

Radchikova N.P. 119, 126

 Railian N.K. 392
 Rassashko I.F. 27, 249
 Raylan N.M. 214
 Razlutskiy V.I. 386, 392
 Rechkalov V.V. 251
 Rizhinashvili A.L. 102
 Rodionova N.V. 83
 Romantschuk L.D. 218
 Rubtsova T.A. 104
 Rudakovski I.A. 52
 Rudneva I.I. 370
 Rusakov A.V. 119
 Rusanov A.G. 83
 Rusanovskaya O.O. 72
 Rybakovas A. 386

 Sabitova Z.R. 333
 Sabylina A.V. 321
 Sakirko M.V. 110, 315
 Saladina M.S. 83
 Samoilenko V.M. 293
 Sasi H. 198, 274
 Savich I.V. 11, 170, 239
 Savicka M. 125
 Savvichev A.S. 313
 Sedova O.V. 172
 Selyanina S.B. 106
 Semadeni I.V. 132
 Semenchenko V.P. 88
 Semenjuk G.A. 255
 Semenov O. 362
 Semenova A.S. 175, 253
 Shadrin N.V. 23, 42
 Shaida V.G. 370
 Shapovalov M.I. 191
 Shatsky A.V. 266
 Shchapova E.P. 264
 Shcherbina G.Kh. 399
 Shelest V.D. 172
 Sherysheva N.G. 268
 Shevchenko N.I. 144

Shevialiova O.A. 189
 Shevtsova N.S. 374
 Shimaraeva C.V. 72
 Shirokova L.S. 116, 335, 347, 349
 Shirokova Y.A. 264
 Shorina N.V. 351
 Shulepina S.P. 270
 Šidagytė E. 386
 Sidelev S.I. 175, 253
 Sidorova A.I. 394
 Sigareva L.E. 177
 Silaeva A.A. 73, 99
 Silow E.A. 72
 Sinyukovich V.N. 339
 Sipach V. 362
 Sivenkov A.J. 52
 Škute A. 193, 382
 Škute N. 125, 276, 355, 381
 Slynko E.E. 396
 Slynko Yu.V. 295, 396
 Smolskaya O.S. 179
 Šniukštaitė V. 386
 Sobko E.I. 256
 Sokolov D.I. 337
 Sokolova E.A. 175
 Sokolova S.E. 377
 Solovyova V.V. 152
 Sorokovikova E.G. 50
 Sorokovikova L.M. 339
 Starovoitova M.Yu. 181
 Stenina A.S. 231
 Stepanov M.V. 283
 Stepanova A.B. 108
 Steponėnas A. 272
 Stetsiuk A.P. 183
 Sudnitsyna D.N. 325
 Sukhikh N.M. 228
 Svirid A.A. 167
 Syarki M.T. 258, 262
 Sysova E.A. 88, 392

Tarasiuk N. 331
 Tarasova E.N. 329
 Tarasova N.G. 333, 372
 Terenko G. 185
 Terentjev P.M. 296
 Terskaya E.V. 319
 Tihonenkova L.N. 73
 Tikhonova I.V. 50
 Tikusheva L.N. 231
 Timofeeva N.A. 177
 Timoshkin O.A. 50, 110
 Titova K.V. 323, 341
 Tiunov A.V. 34
 Tomberg I.V. 110, 339
 Tretyakevich S.S. 58
 Troyanskaya A.F. 112
 Trufanova M.V. 106
 Trush K.V. 249
 Tsarenko P. 187
 Tsvetkov A.I. 85
 Tumanova D.S. 392
 Tunowski J. 187

 Umanskaya M.V. 38, 40, 333
 Umbrasaitė V. 285
 Ungureanu L.N. 73, 392
 Unkovskaya E.N. 372
 Usovitch K.S. 27

 Vaitonis G. 386
 Valiullina F.Z. 94
 Veras Y.K. 11, 67, 211, 298
 Vetsler N.M. 360
 Vezhnavets V.V. 210
 Vinarski M.V. 202, 388
 Vlasov B.P. 52, 60
 Vorobyeva T.Ya. 317
 Voronova G.P. 54
 Voyakina E.Ju. 130, 132
 Vrasovskaya E.I. 144
 Vysotsky Ju. I. 156

Wiśniewski R. 356

Yakimov A.V. 191

Yarullina I.A. 140

Yarygina O.N. 106

Yezhova O. 362

Zabelina S.A. 116, 317

Zaidykov I. Yu. 241

Zakonnov V.V. 70

Zakonnova A.V. 90

Zamaletdinov R.I. 390

Zaripova N.R. 140

Zelalem Wondie 200

Zharov A.A. 216

Zhdanova S.M. 175

Zhibareva T.A. 341

Zhiltsova A.A. 307, 311

Zhou Y. 32

Zhukava.A. 11, 136, 138, 179

Zhukova T.V. 11, 15, 67, 119, 126,
298, 329

Zhytova E.P. 218

Zhytov I.A. 218

Zubcova N.N. 73

Zubcova E.I. 73, 392

Zuyev Y.A. 142, 220

Zuyeva N.V. 142, 220

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
THE FOREWORD	7
Т.А. Макаревич, Т.М. Михеева, Р.З. Ковалевская, Б.В. Адамович, Т.В. Жукова, А.А. Жукова, Н.В. Дубко, Л.В. Никитина, Е.В. Лукьянова, В.С. Карабанович, Ю.К. Верес, О.А. Макаревич, И.В. Савич. ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ПАВЛОВИЧА ОСТАПЕНИ	11

К ИСТОРИИ ОРГАНИЗАЦИИ И РАБОТЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Т.М. Михеева, Б.В. Адамович, Т.В. Жукова, Р.З. Ковалевская. К 50-ЛЕТИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ГИДРОЭКОЛОГИИ И 70-ЛЕТИЮ НАРОЧАНСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА	15
Н.М. Коровчинский. У ИСТОКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ (К 125-ЛЕТИЮ РАБОТЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ НА ГЛУБОКОМ ОЗЕРЕ (1891–2016))	19
Н.Н. Колотилова. ИЗ ИСТОРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПЕРВЫХ ПОДМОСКОВНЫХ БИОСТАНЦИЯХ	21
Н.В. Шадрин. ВКЛАД БИОСТАНЦИЙ В РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ	23
І.Ф. Расашко, К.С. Усовіч. ЗАХАВАННЕ І ЗБЕРАЖЭННЕ ПАМ'ЯЦІ АБ ГІДРАБІЁЛАГАХ: З ВОПЫТУ РАБОТЫ	27

І. РЕАКЦИЯ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

М. Баковская, К. Оболевский, А. Астель. СТРУКТУРА ЭПИФИТНЫХ СООБЩЕСТВ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГРАДИЕНТОВ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ПРИБРЕЖНЫХ ОЗЕР С МОРЕМ	30
Н.А. Березина, С. Цао, С.М. Голубков, Я. Жоу. АКТИВНОСТЬ ДОННЫХ ЖИВОТНЫХ, ВЛИЯЮЩАЯ НА ПОТОК ФОСФОРА В ОЛИГОТРОФНЫХ И ЭВТРОФНЫХ ОЗЕРАХ	32

С.М. Голубков, М.С. Голубков, А.В. Тиунов. РОЛЬ АЛЛОХТОННОГО И АВТОХТОННОГО УГЛЕРОДА В СИСТЕМЕ ОЗЕРО ЛАДОГА – РЕКА НЕВА – ЭСТУАРИЙ РЕКИ НЕВЫ	34
И. Островский. СЕДИМЕНТАЦИЯ В ГЛУБОКОМ ОЗЕРЕ: РОЛЬ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И АДАПТАЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА	36
М.В. Уманская, С.В. Быкова, М.Ю. Горбунов. МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ В ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЕМАХ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ	38
М.В. Уманская, С.В. Быкова, М.Ю. Горбунов. ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФУЗОРИЙ И ФОТОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ В НИЗКОСУЛЬФАТИРОВАННОМ СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ОЗЕРЕ ЗЕЛЕНое У СЕЛА ПОМАРЫ	40
Е.В. Ануфриева, Н.Ю. Мирзоева, Н.В. Шадрин. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ И АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЭКОСИСТЕМЫ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ОЗЕР И ЛАГУН КРЫМА	42
Л.А. Базаркина. ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЕПЛОПАДОВ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ В 2006–2015 гг.	44
С.С. Барина, А.А. Протасов. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ	46
Е.П. Белоус, С.С. Барина, Н.А. Иванова. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА САСЫК (УКРАИНА) ПО ДАННЫМ ФИТОПЛАНКТОНА	48
О.И. Белых, И.В. Тихонова, Е.Г. Сорокикова, С.А. Потапов, А.В. Кузьмин, Г.А. Федорова, О.А. Тимошкин. ТОКСИН-ПРОДУЦИРУЮЩИЕ БЕНТОСНЫЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	50
Б.П. Власов, И.А. Рудаковский, Т.В. Архипенко, А.Ю. Сивенков. ОПЫТ ОЦЕНКИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	52
Г.П. Воронова, Б.В. Адамович. ОЦЕНКА ОБЩЕЙ СТАБИЛЬНОСТИ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ Р. ДНЕПР В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО И ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	54

М.И. Гладышев. ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ КАК ИСТОЧНИК НЕЗАМЕНИМЫХ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ – ПРОТЕКТОРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....	56
А.П. Голубев, С.С. Третьякевич, А.С. Хомич, В.Л. Борисенко. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК У БИОТЫ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС	58
Н.Д. Грищенкова, Б.П. Власов. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ОЗЕРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛАРУСИ	60
Н.Е. Демерецкиене. ВЛИЯНИЕ ДАМПИНГА В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ НА ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CLADOCERA)	63
О.Ю. Деревенская, Н.М. Мингазова. СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	65
Т.В. Жукова, Ю.К. Верес. ПОТОКИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО ТИПА	67
В.В. Законнов. ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЗЕР ВОЖЕ И ЛАЧА	70
Е.А. Зилов, Л.С. Кращук, К.А. Онучин, Е.В. Пислегина, О.О. Русановская, С.В. Шимараева. ТРЕНДЫ В ПЛАНКТОННОМ СООБЩЕСТВЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 70-ЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ)	72
Е.И. Зубкова, А.А. Протасов, Л.И. Билецки, Л.Н. Унгурияну, Н.Н. Зубкова, Л.Н. Тихоненкова, Е.Н. Филипенко, А.А. Силаева. НАКОПЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ ВАНАДИЯ И МОЛИБДЕНА В ГИДРОБИОНТАХ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ МОЛДАВСКОЙ ГРЭС	73
А.В. Измайлова, В.Г. Драбкова. ПРОБЛЕМЫ ЛИМНОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СВЕТЕ НАРАСТАЮЩЕГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ	75
М.Ц. Итигилова. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ УРОВНЯ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ОЗ. АРАХЛЕЙ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)	77
Е.С. Колпакова. ХЛОРФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В ОЗЕРНЫХ ОСАДКАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	79

К.В. Кренёва, Р.М. Арутюнян, С.В. Кренёва. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА СЕВАН С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА ЭВТРОФИРОВАНИЯ	81
Е.А. Курашов, М.А. Барбашова, Д.С. Дудакова, Л.Л. Капустина, А.Г. Русанов, Е.В. Протопопова, Н.В. Родионова, М.С. Саладина, Д.Г. Алешина. ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ И ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	83
В.И. Лазарева, Е.Г. Пряничникова, А.И. Цветков. ОТКЛИК ЭКОСИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ НА ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА: ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОБИОНТОВ	85
Т.П. Липинская, М.Д. Мороз, Е.А. Сысова, Н.Н. Майсак, В.П. Семенченко. ВЛИЯНИЕ ВОДОСБОРНЫХ РЕК НА СОСТОЯНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗ. НАРОЧЬ	88
А.С. Литвинов, А.В. Законнова. ЛЕТНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ПРИ РЕГИОНАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА	90
Я.С. Лукашевич. ХОД, ХАРАКТЕР И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ЛЕБА В МЕСТЕ ЕЕ ВПАДЕНИЯ В ОЗЕРО ЛЕБСКО В АСПЕКТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ, А ИМЕННО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА	92
Н.М. Мингазова, Р.С. Дбар, В.М. Иванова, Д.Ю. Мингазова, Э.Г. Набеева, Ф.З. Валиуллина, Р.Р. Мингалиев. ДИНАМИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЗЕРА СКУРЧА (АБХАЗИЯ) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	94
Е.А. Мнацаканова. ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕХ БЛИЗКИХ ВИДОВ КОЛОВРАТОК – НЕДАВНИХ ВСЕЛЕНЦЕВ В ОЗЕРО ГЛУБОКОЕ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	96
Л.В. Полищук. ТЕОРИЯ КОНКУРЕНЦИИ: ОТ «БЕЗРЕСУРСНЫХ» КЛАССИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ К РЕСУРСНОЙ ТЕОРИИ И ЕЕ СОВРЕМЕННОМУ РАЗВИТИЮ	98
А.А. Протасов, А.А. Силаева, Т.Н. Новоселова, Ю.Ф. Громова, И.А. Морозовская. СУКЦЕССИЯ ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ АЭС: 18 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЙ	99
А.Л. Рижинашвили. ХАРАКТЕР УГОДИЙ ВОДОСБОРА МАЛЫХ МЕЛКОВОДНЫХ ОЗЕР И ФАКТОРЫ УЯЗВИМОСТИ ИХ ЭКОСИСТЕМ	102

Т.А. Рубцова, К.В. Прокопьева. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОПУЛЯЦИИ ЛОТОСА КОМАРОВА <i>NELUMBO KOMAROVII GROSSH. В СРЕДНЕМ ПРИАМУРЬЕ РОССИИ</i>	104
С.Б. Селянина, М.В. Труфанова, Л.Н. Парфенова, О.Н. Ярыгина, Т.И. Пономарева, Н.М. Кокрятская. ОБ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ	106
А.Б. Степанова. ВЛИЯНИЕ ВОДОСБОРА НА МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА МАЛЫХ ЛЕСНЫХ ОЗЕР О. ВАЛААМ (ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО), 1997–2015 ГГ.	108
И.В. Томберг, М.В. Сакирко, Н.А. Онищук, О.А. Тимошкин. АНТРОПОГЕННОЕ ЭВТРОФИРОВАНИЕ ЛИТОРАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ	110
А.Ф. Троянская. УСТОЙЧИВЫЕ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	112
А.В. Черевичко. СУКЦЕССИЯ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛАНДШАФТА И ГЕНЕЗИСА ОЗЕРНОЙ КОТЛОВИНЫ	114
Л.С. Широкова, И.С. Иванова, С.А. Игловский, М.Ю. Гофаров, Р.М. Манасыпов, С.А. Забелина, Эммануэль Жерар, Лена Лекур, О.С. Покровский. БИОГЕОХИМИЯ ЦИКЛА УГЛЕРОДА В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ	116
 II. СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ. АВТОТРОФНЫЙ УРОВЕНЬ: ФИТОПЛАНКТОН, ФИТОПЕРИФИТОН, МАКРОФИТЫ, МИКРОФИТОБЕНТОС	
М.С. Голубков. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БИОТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ И РЕЖИМЫ В ЭКОСИСТЕМЕ МЕЛКОВОДНОГО СОЛЕНОГО ОЗЕРА	118
А.Б. Медвинский, Б.В. Адамович, Е.В. Лукьянова, Т.М. Михеева, Н.И. Нуриева, Н.П. Радчикова, А.В. Русаков, Т.В. Жукова. ХАОС В ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР	119

Т. Нгуен-Кванг, Е. Гущина, К. МакЛеллан, М. Надим. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ (ANN) МОДЕЛИ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВРЕДНОГО «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДОРΟΣЛЕЙ (НАВ)	120
Е.Н. Филиппенко. ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КУЧУРГАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА – ВОДОЕМА- ОХЛАДИТЕЛЯ МОЛДАВСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ	123
М. Савицка, А. Петьюкевичс, А. Батьюка, Н. Шкуте. ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ НА АККУМУЛЯЦИЮ ПРОЛИНА, СТАБИЛЬНОСТЬ МЕМБРАН И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ СПОСОБНОСТЬ У ИНВАЗИВНОГО ВИДА <i>ELODEA</i> <i>CANADENSIS</i> (MICHX.)	125
Т.В. Жукова, Н.П. Радчикова, Т.М. Михеева, А.Б. Медвинский, Б.В. Адамович. ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ (ARIMA) В ИССЛЕДОВАНИИ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ СЕСТОНА	126
О.П. Баженова. ФИТОПЛАНКТОН И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕР ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ (РОССИЯ)	128
Е.Ю. Воякина. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИТОПЛАНКТОНА В ОЗЕРАХ ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА	130
Е.Ю. Воякина, И.В. Семадени. ПРОДУКЦИОННО- ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МАЛЫХ ОЗЕРАХ О. ВАЛААМ	132
О.Н. Ерина, Л.Е. Ефимова. ХЛОРОФИЛЛ "А" КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	134
А.А. Жукова. МИКРОФИТОБЕНТОС В ЛИТОРАЛИ ОЗЕР НАРОЧЬ И МЯСТРО	136
А.А. Жукова, А.Ю. Панько, Д.В. Крюк. ТРОСТНИК В ЛИТОРАЛИ ОЗ. НАРОЧЬ	138
Н.Р. Зарипова, Н.М. Муратова, И.Г. Нурмухаметов, А.И. Яруллина. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МАКРОФИТЫ ОЗ. МАЛОЕ ЛЕБЯЖЬЕ г. КАЗАНЬ	140
Н.В. Зуева, Ю.А. Зуев. МАКРОФИТЫ ЛАДОЖСКИХ ЗАЛИВОВ О. ВАЛААМ	142

Е.А. Иванова, Н.А. Гаевский, Е.И. Вразовская, Н.И. Шевченко. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ВАЛОВАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МАКРОФИТОВ В СИБИРСКИХ ВОДОЕМАХ	144
О.В. Калюжная, В.Б. Ицкович. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ, ФОРМИРУЮЩИХ СЛИЗИСТЫЕ ПЛЁНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК	146
С.Ф. Комулайнен. ФИТОПЕРИФИТОН В ВОДОЕМАХ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ, РОССИЯ)	148
Н.В. Коновалова. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ЛАГУНЫ БУССЕ (О. САХАЛИН)	150
Л.Г. Корнева, В.В. Соловьева, И.В. Митропольская. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ВОЛГА, РОССИЯ)	152
Ю.В. Крылова, Е.А. Курашов. ИЗМЕНЧИВОСТЬ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО МЕТАБОЛИЗМА ПРЕСНОВОДНЫХ МАКРОФИТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	154
С.Э. Латышев, Л.М. Мерзвинский, Ю.И. Высоцкий. МАКРОФИТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОЗЕРА ЧЕРСТВЯТСКОЕ	156
П.А. Лозовик. ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ	158
Т.А. Макаревич, В.В. Белоус, Т.А. Гурчунова. АЛЬГОФЛОРА СТАРИЧНЫХ ВОДОЕМОВ, ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ БОБРОВ	160
Н.М. Минеева. СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ХЛОРОФИЛЛА В ПЛАНКТОНЕ КРУПНОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	163
Н.М. Минеева, В.Ф. Мухутдинов. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ В УСЛОВИЯХ ГОМОТЕРМИИ	165
Т.М. Михеева, Е.В. Лукьянова, А.А. Свирид. ФИТОПЛАНКТОН РОДНИКОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ПРИПЯТСКИЙ»	167
И.В. Савич. СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА СИСТЕМЫ ОЗЕР БОЛЬШИЕ И МАЛЫЕ ШВАКШТЫ, Р. СТРАЧА	170

О.В. Седова, В.Д. Шелест, В.А. Болдырев. ДИНАМИКА ФЛОРЫ ОЗЕР-СТАРИЦ РЕКИ МЕДВЕДИЦЫ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	172
А.С. Семенова, С.И. Сиделёв, О.А. Дмитриева, Д.Н. Плигин, С.М. Жданова, О.В. Бабаназарова, Е.А. Соколова. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ЗООПЛАНКТОНА В ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМАХ ЯРОСЛАВСКОЙ И КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ	175
Л.Е. Сигарева, Н.А. Тимофеева. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ОСАДОЧНЫХ ПИГМЕНТОВ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	177
О.С. Смольская, А.А. Жукова. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ СЕСТОНА И ХЛОРОФИЛЛА В ПРУДАХ РЫБОВОДЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА «ВИЛЕЙКА»	179
М.Ю. Старовойтова. ОЗЕРА БАССЕЙНА РЕКИ СУЛА (УКРАИНА)	181
А.П. Стецюк, О.В. Плотицына, В.Н. Поповичев. СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ВОДЕ И МАКРОФИТАХ СОЛЕННЫХ ОЗЕР КРЫМА	183
Г.В. Теренько, Е.Г. Гущина. «ЦВЕТЕНИЕ» ВОДЫ, ВЫЗВАННОЕ СИНЕЗЕЛЕННОЙ ВОДОРОСЛЮ <i>DOLICHOSPERMUM FLOSAQUAE</i> (BRÉBISSON ex BORNET et FLAHAULT) P.WACKLIN, L.HOFFMANN et J. KOMÁREK В ОДЕССКОМ ЗАЛИВЕ ЧЁРНОГО МОРЯ В МАЕ-ИЮНЕ 2013 г.	185
П.М. Царенко, А.И. Худый, Я. Туновски. К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗА ОЗЕРА НЕСАМОВИТОЕ В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ	187
О.А. Шевелёва, М.П. Бигель. ФИТОПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА В ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЗАРЕГУЛИРОВАННОМ УЧАСТКЕ Р. СВИСЛОЧЬ В ПРЕДЕЛАХ Г. МИНСКА	189
А.В. Якимов, С.К. Черчесова, В.Д. Львов, С.А. Кадыкеева, М.И. Шаповалов, В.И. Мамаев. К ПОЗНАНИЮ БИОТЫ ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ И МЕЛКОВОДЬЯ НИЖНЕГО ГОЛУБОГО ОЗЕРА	191

III. СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ГЕТЕРОТРОФНЫЙ УРОВЕНЬ: БАКТЕРИОПЛАНКТОН, ЗООПЛАНКТОН, ЗООПЕРИФИТОН, ЗООБЕНТОС

А. Браковска, Я. Пайдере, А. Шкуте. КОЛИЧЕСТВО И ДИНАМИКА ТАКСОНОВ ЗООПЛАНКТОНА В РЕКЕ ДАУГАВА И ВОДОХРАНИЛИЩАХ ПЛАВИНЯС И КЕГУМС ...	193
Е.В. Лепская, Т.В. Бонк, К.В. Богданова, Г.Н. Маркевич. ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНА В КРОНОЦКОМ ОЗЕРЕ (КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК, КАМЧАТКА) И ФАКТОРЫ, ЕГО ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ	195
А.Н. Неретина. CLADOCERA (CRUSTACEA: BRANCHIOPODA) ЭФИОПИИ	197
Х. Саси, Р. Акциюпак. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЛЮСКОВ В ОЗЕРЕ БАФА ВБЛИЗИ ЭГЕЙСКОГО МОРЯ (ТУРЦИЯ) И КАЧЕСТВО ВОДЫ	198
Вонди Зелалем, А. Прокин. РАЗНООБРАЗИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА И ЕГО ЧИСЛЕННОСТЬ В ЗАЛИВЕ БАХИР-ДАР ОЗЕРА ТАНА, ЭФИОПИЯ	200
С.И. Андреева, Н.И. Андреев, М.В. Винарский. РАЗНООБРАЗИЕ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)	202
В.М. Байчоров, Ю.Г. Гигиняк, И.Ю. Гигиняк. ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЧНЫХ РАКАХ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ БОЛЬШИЕ ЛЯЦКИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»	204
М.А. Батурина. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООБЕНТОСА МАЛЫХ ВОДОЕМОВ РАЗНОГО ТИПА БАССЕЙНА Р. ВЫЧЕГДА	206
О.С. Бойкова. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ В ОЗЕРЕ ГЛУБОКОМ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	208
В.В. Вежновец. ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДНЕВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОНА В СРЕДНЕ ГЛУБОКИХ ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ	210
Ю.К. Верес, Л.В. Никитина. ВЛИЯНИЕ УФ РАДИАЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО ТИПА	211

Н.П. Дмитриевич, Т.В. Козлова, А.И. Козлов, Н.М. Райлян. ПИТАНИЕ ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД В ПЕРИОД ИХ НАХОЖДЕНИЯ В ПЛАНКТОНЕ	214
А.А. Жаров, А.А. Котов. СУБФОССИЛЬНЫЕ ОСТАТКИ ВОДОРΟΣЛЕЙ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ОТЛОЖЕНИЯХ ЭФЕМЕРНЫХ ВОДОЕМОВ САРАТОВСКОЙ И ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ	216
Е.П. Житова, В.В. Корнюшин, Л.Д. Романчук, И.А. Житов. ТРЕМАТОДОФАУНА БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ ОЗЁР УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ	218
Ю.А. Зуев, Н.В. Зуева. МАКРОЗООБЕНТОС КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА. ОБИЛИЕ И КОРМОВАЯ БАЗА РЫБ	220
Э.И. Извекова, Г.Н. Маркевич. ДИНАМИКА ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ БЕНТАЛИ КАК ФАКТОР СИМПАТРИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ У РЫБ ОЗЕРА КРОНОЦКОЕ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)	222
О.Н. Кононова, Е.Б. Фефилова. ВЕСЛОНОГИЕ РАКИ (CRUSTACEA, COPEPODA) МАЛЫХ ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА Р. ВЫЧЕГДА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)	224
Н.М. Коровчинский, О.С. Бойкова. ПРОБЛЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДОВОГО СОСТАВА ПЕЛАГИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОНА: ПРИМЕР ОДНОГО «ХОРОШО ИЗУЧЕННОГО» ОЗЕРА	226
Е.С. Кочанова, Е.Б. Фефилова, Н.М. Сухих. МОЛЕКУЛЯРНО- ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТАКСОНОМИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ГАРПАКТИЦИД (CRUSTACEA, COPEPODA, HARPACTICOIDA) ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА	228
А.Е. Лапенков. ЛАНДШАФТНАЯ СЪЕМКА КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ	229
О.А. Лоскутова, В.И. Пономарев, Е.Н. Патова, А.С. Стенина, О.Н. Кононова, Л.Н. Тикушева. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР ПОЛЯРНОГО УРАЛА	231
О.А. Макаревич. МАКРОЗООБЕНТОС ОЗ. БЕЛОЕ В 2016 г.	233
М.В. Макаров. ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ MOLLUSCA В ЗАРОСЛЯХ CYSTOSEIRA SP. В БУХТЕ КРУГЛАЯ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)	235

И.А. Мухин, О.Г. Лопичева. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША ПЕРИФИТОННЫХ ИНФУЗОРИЙ В ПЛАНКТОНЕ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД КОСТРОМСКОГО РАЗЛИВА ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	237
Л.Л. Нагорская, Т.М. Лаенко, Т.А. Макаревич, И.В. Савич. СТРУКТУРА ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА ДРИСВЯТЫ (ДРУКШАЙ) ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ ИГНАЛИНСКОЙ АЭС	239
Е.Ю. Наумова, И.Ю. Зайдыков. ВЕСЕННИЙ ЗООПЛАНКТОН ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ	241
М.К. Пацюк. ВИДОВОЙ СОСТАВ ГОЛЫХ АМЕБ Р. ДНЕПР УКРАИНЫ	243
В.Н. Подшивалина. К ВОПРОСУ О ВСТРЕЧАЕМОСТИ АЗОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФАУНЫ ПЛАНКТОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА СЕВЕРЕ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	244
Т.И. Попиначенко. СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА CLADOCERA ЛИТОРАЛИ И ПЕЛАГИАЛИ МАЛЫХ ОЗЕР	246
И.Ф. Рассашко, О.В. Ковалева, К.В. Труш, А.А. Можаровская. СВОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО РАЗНООБРАЗИЮ И СТРУКТУРЕ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР ПОЛЕССКОГО РЕГИОНА	249
В.В. Речкалов. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА ДЛЯ ИНДИКАЦИИ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИМИКТИЧЕСКИХ ОЗЕР	251
А.С. Семенова, С.И. Сиделёв, О.А. Дмитриева, Д.Н. Плигин. ДОЛЯ МЕРТВЫХ ОСОБЕЙ В ЗООПЛАНКТОНЕ ВОДОЕМОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ И ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ	253
Г.А. Семенюк. СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА РЕК В УЧАСТКАХ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ	255
Е.И. Собко, С.И. Климов. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В ОЗЕРЕ МАСЕЛЬГСКОЕ В ПЕРИОД ЛЕТНЕЙ СТРАТИФИКАЦИИ	256
М.Т. Сярки, Ю.Ю. Фомина. ФЕНОЛОГИЯ ЗООПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	258
Е.Б. Фефилова, О.Н. Кононова, Л. Арвола, Л.Э. Лапина. ДИНАМИКА ПЛАНКТОННЫХ CLADOCERA В ОЗЕРЕ ПААЯРВИ (ФИНЛЯНДИЯ)	260
Ю.Ю. Фомина, М.Т. Сярки. ЛЕТНИЙ ЗООПЛАНКТОН ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	262

А.С. Хомич, О.А. Бодиловская, Ю.А. Широкова, Е.П. Щапова, Ю.А. Лубяга, В.А. Емшанова, Д.В. Аксенов-Грибанов.	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМОВ И ПАРАЗИТАРНОЙ ИНВАЗИИ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ У ЛЕГОЧНОГО МОЛЛЮСКА <i>Lymnaea stagnalis</i>	264
А.В. Шацкий. ВЛИЯНИЕ ПРОМЫСЛА НА БИОМАССУ ХИРОНОМИД В ОЗЕРАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	266
Н.Г. Шерышева, Г.А. Осипов. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ДОМИНИРОВАНИЯ БАКТЕРИОБЕНТОСА ОЗЕРНЫХ ИЛОВ	268
С.П. Шулепина. ЗООБЕНТОС ГОРНОГО ОЗЕРА ОЙСКОГО	270

IV. СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ИХТИОЦЕНОЗЫ: ИХ СОСТОЯНИЕ, СТРУКТУРА, ТРАНСФОРМАЦИЯ

В. Кесминас, А. Степоненас, О. Каминскас. ДИНАМИКА РЫБНОГО СООБЩЕСТВА, ОБУСЛОВЛЕННАЯ ТЕРМИЧЕСКИМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ В ОЗЕРЕ ДРУКШАЙ КАК ОХЛАДИТЕЛЕ ИГНАЛИНСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ (INPP)	272
Х. Саси, Г. Демир. ВОЗРАСТНЫЕ И РОСТОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ КЕФАЛИ <i>Liza ramada</i> (Risso, 1827) В ЛАГУНЕ ОЗЕРА БАФА (ТУРЦИЯ)	274
Н. Шкуте, А. Карклиньш. ЭПИГЕНЕТИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ИНВАЗИВНОГО ВИДА <i>Perccottus glenii</i> Duvowski, 1877 В ВОДОХРАНИЛИЩАХ БАССЕЙНА РЕКИ ДАУГАВА В ЛАТВИИ	276
Е.В. Барбухо. РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБ оз. ВОЛЬЖИН И оз. ЧЕРНЕЧНОЕ ЧЕРНИГОВСКОГО ПОЛЕСЬЯ	277
В.В. Безматерных, Г.Х. Щербина. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЛИНЯ <i>Tinca tinca</i> В МАЛОМ ЗАРОСШЕМ ОЗЕРЕ	279
Л.А. Беличева, Ю.Н. Лукина. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ РЫБ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	281
Н.Л. Болотова, М.В. Степанов, Г.Т. Фрумин, О.В. Болотов. ДИНАМИКА РАЗНООБРАЗИЯ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ КРУПНЫХ ОЗЕР ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ	283
Е. Букельскис, В. Умбрасаите. ПИЩЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ РЯПУШКИ (<i>Coregonus albula</i>) В ОЗЕРАХ ЛИТВЫ	285

В.Н. Бурик. ОЗЁРНЫЕ БИОТОПЫ И ИХТИОЦЕНОЗЫ БАССЕЙНА СРЕДНЕГО АМУРА (НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ)	287
С.М. Дегтярик. ПАРАЗИТЫ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ УГРОЗУ ДЛЯ РЫБ, ОБИТАЮЩИХ В ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ	289
В.Г. Костоусов, В.А. Мищенко. ЗАВИСИМОСТЬ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ОЗЕР ОТ НЕКОТОРЫХ БИОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	291
П.А. Митрахович, В.Г. Костоусов, В.М. Самойленко. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЫБ-ПЛАНКТОФАГОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С «ЦВЕТЕНИЕМ» ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ТЭС	293
Ю.В. Слынько. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ФАУНЫ РЫБ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ	295
П.М. Терентьев, Н.А. Кашулин. НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ В ОРГАНИЗМАХ РЫБ ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ	296

V. КАЧЕСТВО ВОД И МЕХАНИЗМЫ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Б.В. Адамович, Т.В. Жукова, Т.М. Михеева, Р.З. Ковалевская, Н.В. Дубко, Ю.К. Верес. СЕДИМЕНТАЦИЯ В МЕЛКОВОДНЫХ ОЗЕРАХ РАЗЛИЧНОГО ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА	298
Фийяз Кескин, Ахмет Демирак, Невин Гюлер Динцер. ПЕРВИЧНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ РИСКА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА КОЙЦЕГИЗ	300
К. Джавгиль. ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ КАК РЕАКЦИЯ НА ПРОЛИВНЫЕ ДОЖДИ, ВНЕЗАПНЫЕ НАВОДНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПОЗНАНЬ	301
К. Джавгиль. МОНИТОРИНГ ВНЕЗАПНЫХ НАВОДНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОНТЕРСКОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПОЗНАНЬ	302
О.Ю. Астраханцева. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМ РЕЗЕРВУАРОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ К ТЕХНОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ	304
С.Л. Белова, О.М. Горшкова, К.А. Чевель, Д.Д. Бадюков, А.А. Жильцова, С.В. Пацаева. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРИРОДНОЙ ВОДЫ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	307

О.М. Горшкова. КОЛЛОИДНЫЕ ФОРМЫ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В МОРСКИХ И ПРЕСНЫХ ВОДАХ	309
О.М. Горшкова, С.В. Пацаева, К.А. Чевель, Д.Д. Бадюков, С.Л. Белова, А.А. Жильцова. ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ РОВ ВОДЫ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	311
М.Г. Гречушникова, Д.В. Ломова, А.В. Саввичев. СОДЕРЖАНИЕ МЕТАНА В ОЗЕРАХ КЕРЖЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	313
В.М. Домышева, М.В. Сакирко, Т.В. Ходжер. ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО И ОРГАНИЧЕСКОГО ФОСФОРА В СЕВЕРНОМ БАЙКАЛЕ В 2013–2015 гг.	315
А.А. Ершова, О.Ю. Морева, Т.Я. Воробьева, А.В. Чупаков, С.А. Забелина, Н.В. Неверова, С.И. Климов. БИОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ АЗОТА В РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ	317
Л.Е. Ефимова, Д.В. Ломова, О.В. Кораблева, Е.В. Терская, Е.С. Повалишникова. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР В ДОЛИНЕ РЕКИ КЕРЖЕНЕЦ	319
Т.А. Ефремова, А.В. Сабылина, П.А. Лозовик. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ЕГО ЛАБИЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ (УГЛЕВОДЫ, ЛИПИДЫ, БЕЛКИ) В ЛАДОЖСКОМ И ОНЕЖСКОМ ОЗЕРАХ	321
Н.М. Кокрятская, К.В. Титова. СОЕДИНЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ СЕРЫ В ВОДЕ ПРЕСНОВОДНОГО МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА СВЕТЛОЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)	323
М.В. Колченко, Д.Н. Судницына. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПСКОВСКО-ЧУДСКОГО ОЗЕРА (РОССИЙСКАЯ СТОРОНА) ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИТОПЛАНКТОНА И ЭПИФИТОНА	325
Г.Н. Лосюк, Н.М. Кокрятская. ПРОЦЕСС СУЛЬФАТРЕДУКЦИИ В ОЗЕРЕ ЕЛОВОЕ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОЯ)	327
Е.А. Мамонтова, Т.В. Жукова, Е.Н. Тарасова, А.А. Мамонтов. СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «НАРОЧАНСКИЙ», БЕЛАРУСЬ ...	329
А. Моисеенкова, Н. Тарасюк. О МЕХАНИЗМЕ ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОЗЕР	331

О.В. Мухортова, С.Э. Болотов, З.Р. Сабитова, Н.Г. Тарасова, С.В. Быкова, М.В. Уманская, М.Ю. Горбунов, Т.Н. Буркова. ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ВАСИЛЬЕВСКОЕ г. ТОЛЬЯТТИ, САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ	333
О.В. Олейникова, Л.С. Широкова, А.Ю. Бычков, О.Ю. Дроздова, С.А. Лапицкий, Э. Жерар, О.С. Покровский. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОДЕСТРУКЦИИ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПОВЕДЕНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ	335
Д.И. Соколов. ПРИТОК ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В МОЖАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД	337
Л.М. Сороковинова, И.В. Томберг, В.Н. Синюкович. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИТОКОВ ОЗ. БАЙКАЛ И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЗОНЕ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД	339
К.В. Титова, Н.М. Кокрятская, Т.А. Жибарева. МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЦИКЛА СЕРЫ В ВОДЕ ОЗЕРА СВЯТОЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)	341
Г.Т. Фрумин. ВЫПАДЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ НА АКВАТОРИИ ПСКОВСКО-ЧУДСКОГО ОЗЕРНОГО КОМПЛЕКСА	343
Г.М. Чуйко. СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ (СОЗ) В ОЗЕРНЫХ И РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	345
А.В. Чупаков, Л.С. Широкова, О.С. Покровский. МАЛЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛЕДНИКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ И ТЕРМОКАРСТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	347
А.В. Чупаков, Л.С. Широкова, О.С. Покровский. РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ДВУХ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЁРАХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)	349
Н.В. Шорина. ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ОЗЕРАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРА-ЗАПАДА РОССИИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)	351

VI. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ ОЗЕР И ПРОБЛЕМЫ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

О.Ю. Гончаров. БЮДЖЕТ АВТОХТОННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СОЛЕНОМ ОЗЕРЕ КУЯЛЬНИК	353
Ю. Орега, Н. Шкуте, А. Орупе, В. Костоусов. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОПУЛЯЦИЙ РЯПУШКИ (<i>COREGONUS ALBULA</i> L.) В ЛАТВИЙСКО-БЕЛОРУССКОМ ОЗЕРНОМ КРАЕ	355
Р. Вишневский. ВОССТАНОВЛЕНИЕ МЕЛКОВОДНЫХ ГИПЕРЭВТРОФНЫХ ОЗЕР: УСПЕХИ И НЕУДАЧИ	356
А.В. Алехнович, Д.В. Молотков. УДЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАКОВ В БИОМАССЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕР БЕЛАРУСИ	358
Н.М. Вецлер, Е.В. Лепская, Т.В. Бонк. СТРУКТУРА ГИДРОБИОЦЕНОЗА ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА САРАННОЕ (О-В БЕРИНГА, КОМАНДОРЫ)	360
О.С. Ежова, А.А. Новиков, В.С. Люштык, В.А. Сипач, О.А. Семенов. УПРАВЛЕНИЕ ОЗЕРНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» НА ОСНОВЕ ГИС	362
А.В. Измайлова. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРНОГО ФОНДА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	364
О.В. Козлов, С.В. Аршевский. ФАУНИСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ МАЛЫХ ОЗЕР ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК ОСНОВА ПРОМЫСЛА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ГИДРОБИОНТОВ	366
Н.М. Мингазова, Э.И. Кильмаматова, В.М. Иванова, Д.Ю. Мингазова, Р.С. Дбар. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОЗЕР КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР АБХАЗИИ (КАВКАЗ)	368
И.И. Руднева, В.Г. Шайда. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КРЫМСКИХ СОЛЕННЫХ ОЗЕР И ИХ БИОРЕСУРСОВ	370
Е.Н. Унковская, О.В. Палагушкина, О.Ю. Деревенская, Н.Г. Тарасова. ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕР ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН, РОССИЯ)	372

Н.С. Шевцова. СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧАСТКОВ РЕК ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	374

VII. ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ И ИХ РОЛЬ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Ю.В. Беспалая, И.Н. Болотов, О.В. Аксенова, А.В. Кондаков, С.Е. Соколова. ПЕРВЫЕ ИЗВЕСТИЯ О ПОЯВЛЕНИИ МОЛЛЮСКА CORBICULA (BIVALVIA, CORBICULIDAE) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ	377
А. Кревш, А. Куцинскене. ВЛИЯНИЕ ЛИСТОВОГО ОПАДА ИНВАЗИВНОГО ВИДА ACER NEGUNDO НА МИКРОБНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ РЕКИ НЯРИС (ВИЛИЯ)	379
А. Морозова, Н. Шкуте. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ИНВАЗИВНОГО МОЛЛЮСКА DREISSENA POLYMORPHA (PALLAS) ИЗ ЛАТВИЙСКИХ ОЗЕР	381
Ю. Пайдере, А. Браковска, А. Шкуте. РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES G.O. SARS, 1894 В ВОДОХРАНИЛИЩЕ ПЛАВИНАС НА РЕКЕ ДАУГАВА (ЛАТВИЯ)	382
Д. Поппела, А. Поппелс, М. Калнинс. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЖУКА-ПЛАВУНЦА CYBISTER LATERALIMARGINALIS DE GEER, 1774 В РАЗЛИЧНЫХ МИКРООБИТАНИЯХ В ОЗЕРЕ БОЛЬШИЕ БАЛТЕЗЕРС, ЛАТВИЯ	383
В.Н. Большаков, Н.Л. Иванова. ОЗЕРНАЯ ЛЯГУШКА (PELOPHYLAH RIDIBUNDUS PALLAS, 1771) – ЧУЖЕРОДНЫЙ ВИД В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕГО УРАЛА	384
Г. Вайтонис, В. Разлуцкий, А. Алехнович, А. Рыбаковас, М. Мороз, Е. Шидагите, В. Шниаукштайте. ИНВАЗИЯ АМЕРИКАНСКОГО ПОЛОСАТОГО РАКА ORCONECTES LIMOSUS RAFINESQUE, В ЛИТВЕ И БЕЛАРУСИ И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	386
М.В. Винарский. АРХЕОЛОГИЯ ОДНОЙ ИНВАЗИИ: ИСТОРИЯ РАССЕЛЕНИЯ PHYSELLA ACUTA В ЕВРОПЕ И СРЕДНЕЙ АЗИИ	388
Н.Г. Назаров, Р.Р. Мингалиев, Л.Ю. Балезина, Р.И. Замалетдинов. ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ РОТАНА В ГОРОДСКИХ ВОДОЕМАХ г. КАЗАНИ	390

В.И. Разлуцкий, Л.Н. Унгурияну, Е.И. Зубкова, Е.А. Сысова, Ж.Ф. Бусева, О.В. Мунжиу, Л.А. Лебеденко, Д.С. Туманова, Н.К. Райлян. ВЛИЯНИЕ ИНВАЗИВНЫХ МОЛЛЮСКОВ-ФИЛЬТРАТОРОВ НА ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДОЕМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ	392
А.И. Сидорова. ЗНАЧЕНИЕ ИНВАЗИОННОГО ВИДА <i>GMELINOIDES FASCIATUS</i> (CRUSTACEA: AMPHIPODA) В СООБЩЕСТВЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ЛИТОРАЛИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА	394
Ю.В. Слынько, Е.Е. Слынько. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИЙ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ	396
С.И. Филипенко, М.В. Мустя. О ПЕРВОЙ НАХОДКЕ ГОЛЛАНДСКОГО КРАБА <i>RHITHROPANORPEUS HARRISI TRIDENTATA</i> (MAITLAND, 1874) В ПРИДНЕСТРОВЬЕ	397
Г.Х. Щербина, Е.В. Никитенко. <i>DREISSENA POLYMORPHA</i> (PALL.) В ЭКОСИСТЕМЕ ЧОГРАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	399
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	401
AUTHORS INDEX	407

CONTENTS

THE FOREWORD (in Russian)	5
THE FOREWORD (in English).....	7
T.A. Makarevich, T.M. Mikheyeva, R.Z. Kovalevskaya, B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, H.A. Zhukava, N.V. Dubko, L.V. Nikitina, E.V. Lukyanova, V.S. Karabanovich, J.K. Veras, O.A. Makarevich, I.V. Savich. IN MEMORIAM OF ALEXANDER PAVLOVICH OSTAPENYA	11

TO THE HISTORY OF ORGANIZATION AND WORK OF THE HYDROBIOLOGICAL STATIONS

T.M. Mikheyeva, B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, R.Z. Kovalevskaya. TO 50-YEARS ANNIVERSARY OF RESEARCH LABORATORY OF AQUATIC ECOLOGY AND 70-YEARS ANNIVERSARY OF NAROKH BIOLOGICAL STATION OF BELARUSIAN STATE UNIVERSITY ...//.....	15
N.M. Korovchinsky. AT THE ORIGINS OF HOMELAND HYDROBIOLOGY (TO THE 125-YEAR ANNIVERSARY OF THE HYDROBIOLOGICAL STATION ON LAKE GLUBOKOE (1891–2016))	19
N.N. Kolotilova. ON THE HISTORY OF ECOLOGICAL STUDIES AT THE FIRST BIOLOGICAL STATIONS OF MOSCOW REGION	21
N.V. Shadrin. CONTRIBUTION OF THE BIOSTATIONS INTO DEVELOPMENT OF THE AQUATIC ECOSYSTEM CONCEPTS	23
I.F. Rossashko, K.S. Usovitch. CONVERSATION AND PRESERVATION OF THE MEMORY OF HYDROBIOLOGISTS: FROM OPERATIONAL EXPERIENCE	27

I. REACTION OF LAKE ECOSYSTEMS TO CHANGE OF THE ENVIRONMENTAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS

M. Bąkowska, K. Obolewski, A. Astel. STRUCTURE OF ASSOCIATED EPIPHYTIC INVERTEBRATES IN DEPENDENCE ON PATTERNS ALONG ENVIRONMENTAL GRADIENTS AND HYDROLOGICAL CONNECTIVITY OF COASTAL LAKES TO SEA	30
N.A. Berezina, X. Cao, S.M. Golubkov, Y. Zhou. BOTTOM ANIMALS' ACTIVITY INFLUENCING PHOSPHORUS FLUX IN OLIGOTROPHIC AND EUTROPHIC LAKES	32

S.M. Golubkov, M.S. Golubkov, A.V. Tiunov. THE ROLE OF ALLOCHTHONOUS AND AUTOCHTHONOUS CARBON IN LAKE LADOGA – THE NEVA RIVER – NEVA ESTUARY SYSTEM	34
I. Ostrovsky. SEDIMENTATION IN A DEEP LAKE: ROLE OF PHYSICAL PROCESSES AND ADAPTATION OF PHYTOPLANKTON	36
M.V. Umanskaya, S.V. Bykova, M.Yu. Gorbunov. MICROBIAL COMMUNITIES AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN SEPARATING LAKES AT THE WHITE SEA COAST	38
M.V. Umanskaya, S.V. Bykova, M.Yu. Gorbunov. VERTICAL DISTRIBUTION OF CILIATES AND PHOTOTROPHIC BACTERIA IN STRATIFIED GREEN LAKE NEAR POMARY WITH LOW SULFATE CONTENT	40
E.V. Anufrieva, N.Y. Mirzoyeva, N.V. Shadrin. THE IMPACT OF CLIMATE VARIABILITY AND ANTHROPOGENIC ACTIVITY ON ECOSYSTEMS OF HYPERSALINE LAKES AND LAGOONS IN CRIMEA	42
L.A. Bazarkina. EFFECT OF VOLCANIC ASH FALLS ON THE STATE OF ECOSYSTEM LAKE AZABACHYE IN 2006–2015	44
S.S. Barinova, A.A. Protasov. METHODOLOGICAL ISSUES OF SPATIAL ZONATION IN LAKE ECOSYSTEMS	46
O.P. Bilous, S.S. Barinova, N.I. Ivanova. CHARACTERISTICS OF SASYK WATERBODY (UKRAINE) ECOLOGICAL STATE BASED ON PHYTOPLANKTON DATA	48
O.I. Belykh, I.V. Tikhonova, E.G. Sorokovikova, S.A. Potapov, A.V. Kuzmin, G.A. Fedorova, O.A. Timoshkin. TOXIN-PRODUCING BENTHIC CYANOBACTERIA IN LAKE BAIKAL	50
B.P. Vlasov, I.A. Rudakovski, T.V. Arkhipenko, A.J. Sivenkov. EXPERIENCE OF LAKES HYDROECOLOGICAL CONDITION ASSESSMENT ACCORDING TO REMOTE SENSING	52
G.P. Voronova, B.V. Adamovich. EVALUATION OF THE OVERALL STABILITY OF HYDROBIOCENOSSES OF THE DNIEPER RIVER IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC AND TECHNOGENIC IMPACT	54
M.I. Gladyshev. AQUATIC ECOSYSTEMS AS THE SOURCE OF ESSENTIAL POLYUNSATURATED FATTY ACIDS – PROTECTORS AGAINST CARDIO-VASCULAR DECEASES FOR HUMANS	56

A.P. Golubev, S.S. Tretyakevich, A.S. Khomich, V.L. Borisenko. THE PERENNIAL DYNAMICS OF DOSE LOADS CHANGING IN BIOTA FROM WATER BODIES WITHIN THE ZONE OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF CHERNOBYL ATOMIC STATION	58
N.D. Hryshchankava, B.P. Vlasov. DEVELOPMENT OF BASIC RESTORATION TECHNOLOGIES SCHEMES FOR HUMAN DESTROYED LAKES OF BELARUS	60
N.E. Demereckiene. IMPACT OF DUMPING IN THE BALTIC SEA ON CLADOCERA	63
O.Y. Derevenskaya, N.M. Mingazova. ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF LAKES WITHIN DIFFERENT TYPES OF ANTHROPOGENIC IMPACT	65
T.V. Zhukova, Y.K. Veras. CARBON DIOXIDE FLUXES IN LAKES OF DIFFERENT TROPHIC STATE	67
V.V. Zakonnov. BOTTOM SEDIMENTS IN THE SYSTEM OF VOZHE AND LACHA LAKES	70
E.A. Silow, L.S. Krashchuk, K.A. Onuchin, E.V. Pislegina, O.O. Rusanovskaya, C.V. Shimaraeva. TRENDS IN PLANKTONIC COMMUNITY OF LAKE BAIKAL (BASING ON 70 YEARS OF OBSERVATIONS)	72
E.I. Zubcova, A.A. Protasov, L.I. Biletski, L.N. Ungureanu, N.N. Zubcova, L.N. Tihonenkova, E.N. Philipenko, A.A. Silaeva. ACCUMULATION AND MIGRATION OF VANADIUM AND MOLYBDENUM IN AQUATIC ORGANISMS FROM CUCIURGAN COOLING RESERVOIR OF THE MOLDOVAN POWER STATION	73
A.V. Izmailova, V.G. Drabkova. LIMNOLOGICAL RESEARCH PROBLEMS IN THE RUSSIAN FEDERATION IN LIGHT OF INCREASING ANTHROPOGENIC IMPACT ON WATER RESOURCES	75
M.Ts. Itigilova. LONG-TERM DYNAMICS ZOOPLANKTON DUE TO CLIMATE CHANGE OF WATER LEVEL ON THE EXAMPLE OF ARAHLEY LAKE (TRANSBAIKALIA)	77
E.S. Kolpakova. CHLORINE PHENOLIC COMPOUNDS IN LAKE SEDIMENTS OF ARKHANGELSK REGION	79
K.V. Kreneva, R.M. Arutyunyan, S.V. Kreneva. ASSESSMENT OF THE STATUS OF THE COASTAL PART OF LAKE SENAN WITH AN INDEX OF EUTROPHICATION	81

E.A. Kurashov, M.A. Barbashova, D.S. Dudakova, L.L. Kapustina, A.G. Rusanov, E.V. Protopopova, N.V. Rodionova, M.S. Saladina, D.G. Aleshina. TRANSFORMATION OF LAKE LADOGA ECOSYSTEM IN THE LATE XX – EARLY XXI CENTURIES AND ITS CURRENT STATE	83
V.I. Lazareva, E.G. Pryanichnikova, A.I. Tsvetkov. RESPONSE OF UPPER VOLGA RESERVOIRS ECOSYSTEM TO CLIMATE WARMING: CHANGES OF OXYGEN REGIME AND ITS IMPACT ON HYDROBIONTS	85
T.P. Lipinskaya, M.D. Moroz, E.A. Sysova, N.N. Maisak, V.P. Semenchenko. IMPACT OF CATCHMENT RIVERS ON THE STATE OF LAKE NAROCH LITTORAL COMMUNITIES	88
A.S. Litvinov, A.V. Zakonnova. SUMMER TEMPERATURE CONDITIONS IN THE RYBINSK RESERVOIR UNDER GLOBAL CLIMATE WARMING	90
J. Łukaszewicz. THE COURSE AND NATURE OF THE ICE PHENOMENA IN LOWER REACHERS OF THE ŁEBA RIVER AT THE MOUTH OF THIS RIVER TO THE ŁEBSKO LAKE IN THE CONTEXT OF THE CLIMATE CHANGES, WITH SPECIAL EMPHASIS ON CHANGES OF THE AIR TEMPERATURE	92
N.M. Mingazova, R.S. Dbar, V.M. Ivanova, D.Y. Mingazova, E.G. Nabeeva, F.Z. Valiullina, R.R. Mingaliev. DYNAMICS OF SKURHA LAKE (ABKHAZIA) HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL PARAMETERS UNDER THE INFLUENCE OF HYDRAULIC EXPERIMENT	94
E.A. Mnatsakanova. THE VERTICAL DISTRIBUTION OF THREE RELATED SPECIES OF ROTIFERS, RECENT INVADERS TO GLUBOKOE LAKE (MOSCOW REGION)	96
L.V. Polishchuk. THE THEORY OF COMPETITION: FROM NON-RESOURCE CLASSIC MODELS TO RESOURCE-BASED THEORY AND ITS MODERN DEVELOPMENTS	98
A.A. Protasov, A.A. Sylaeva, T.N. Novoselova, Yu.F. Gromova, I.A. Morozovskaya. THE SUCCESSION OF NPP TECHNOECOSYSTEM: 18 YEARS OF OBSERVATIONS	99
A.L. Rizhinashvili. THE LAND-USE OF CATCHMENTS OF SMALL SHALLOW LAKES AND THE FACTORS OF VULNERABILITY OF THEIR ECOSYSTEMS	102
T.A. Rubtsova, K.V. Prokopyeva. INFLUENCE OF NATURAL FACTORS ON THE POPULATION OF KOMAROV LOTUS <i>NELUMBO KOMAROVII</i> GROSSH. IN THE MIDDLE PRIAMURY OF RUSSIA	104

S.B. Selyanina, M.V. Trufanova, L.N. Parfenova, O.N. Yarygina, T.I. Ponomareva, N.M. Kokryatskaya. ABOUT ESTIMATION OF INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF LACUSTRINE-BOGGY ECOSYSTEMS ORGANIC MATTER	106
A.B. Stepanova. INFLUENCE OF CATCHMENT AREA ON INTERANNUAL VARIABILITY OF ZOOPLANKTON OF VALAAM ISLAND SMALL FOREST LAKES (LADOGA LAKE), 1997–2015	108
I.V. Tomberg, M.V. Sakirko, N.A. Onischuk, O.A. Timoshkin. ANTHROPOGENIC EUTROPHICATION OF THE LAKE BAIKAL LITTORAL ZONE	110
A.F. Troyanskaya. PERSISTENT CHLORINATED ORGANIC COMPOUNDS IN THE LAKES ECOSYSTEMS OF ARKHANGELSK REGION	112
A.V. Cherevichko. DEPENDENCE OF LAKES ZOOPLANKTON SUCCESSION ON TERRAIN AND LAKE BASIN GENESIS	114
L.S. Shirokova, I.S. Ivanova, S.A. Iglovsky, M.Yu. Gofarov, R.M. Manasypov, S.A. Zabelina, Emmanuelle Gerard, Lena Lecourt, O.S. Pokrovsky. BIOGEOCHEMISTRY OF CARBON CYCLE IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA: EXPERIMENTAL APPROACH AND FIELD STUDIES	116

II. STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF LAKE ECOSYSTEMS.

AUTHOTROPHIC LEVEL:

PHYTOPLANKTON, PHYTOPERIPHYTON, MACROPHYTES, MICROPHYTOBENTHOS

M.S. Golubkov. INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE BIOTIC INTERACTIONS AND REGIMES IN ECOSYSTEM OF SHALLOW SALINE LAKE	118
A.B. Medvinsky, B.V. Adamovich, E.V. Lukyanova, T.M. Mikheyeva, N.I. Nurieva, N.P. Radchikova, A.V. Rusakov, T.V. Zhukova. CHAOS IN PLANKTON COMMUNITIES OF THE NAROCH LAKES	119
T. Nguyen-Quang, K. Hushchyna, K. McLellan, M. Nadeem. USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) MODEL TO PREDICT HARMFUL ALGAL BLOOM (HAB) DEVELOPMENT	120

E.N. Philipenko. THE HIGHER WATER VEGETATION OF THE KUCHURGAN RESERVOIR – THE COOLING POND OF THE MOLDAVIAN POWER STATION	123
M. Savicka, A. Petjukevičs, A. Batjuka, N. Škute. EFFECT OF SALT STRESS ON PROLINE ACCUMULATION, MEMBRANE STABILITY AND PHOTOSYNTHETIC ABILITY IN INVASIVE SPECIES <i>ELODEA CANADENSIS</i> (MICHX.)	125
T.V. Zhukova, N.P. Radchikova, T.M. Mikheyeva, A.B. Medvinsky, B.V. Adamovich. THE LINEAR MODELS (ARIMA) IN THE INVESTIGATION OF LONG-TERM SESTON DYNAMICS	126
O.P. Bazhenova. PHYTOPLANKTON AND ECOLOGICAL STATUS OF OMSK PRIIRTYSHYE FOREST AREA LAKES (RUSSIA)	128
E.Ju. Voyakina. FEATURES OF SPATIO-TEMPORAL AND VERTICAL DISTRIBUTION OF STRUCTURE AND FUNCTIONAL PHYTOPLANKTON CHARACTERISTICS IN LAKES OF THE VALAAM ARCHIPELAGO	130
E.Ju. Voyakina, I.V. Semadeni. PROCESSES OF PRIMARY PRODUCTION AND DESTRUCTION IN SMALL LAKES OF THE VALAAM ARCHIPELAGO	132
O. Erina, L.E. Efimova. CHLOROPHYLL «A» AS THE MOZHAISK RESERVOIR ECOLOGICAL STATE INDICATOR	134
H.A. Zhukava. MICROPHYTOBENTHOS IN LITTORAL ZONE OF LAKES NAROCH AND MYASTRO	136
.A. Zhukava, A.Y. Panko, D.V. Kryuk. REED IN LITTORAL ZONE OF NAROCH LAKE	138
N.R. Zaripova, N.M. Muratova., I.G. Nurmukhametov, A.I. Yarullina. INFLUENCE OF ANTROPOGENIC AND CLIMATIC FACTORS ON MACROPHYTES OF SMALL LEBIAZHIE LAKE, KAZAN	140
N.V. Zuyeva, Y.A. Zuyev. MACROPHYTES OF VALAAM ISLAND LADOGA LAKE GULFS.....	142
E.A. Ivanova, N.A. Gaevskii, E.I. Vrasovskaya, N.I. Shevchenko. POTENTIAL GROSS PRIMARY PRODUCTION OF SOME SPECIES OF MACROPHYTES IN THE SIBERIAN WATER BODY	144
O.V. Kaluzhnaya, V.B. Itskovich. MOLECULAR IDENTIFICATION OF CYANOBACTERIA FORMING MUCOUS MEMBRANE ON THE SURFACE OF BAIKALIAN SPONGE	146

S.F. Komulaynen. PHYTOPERIPHYTON IN SOME WATER BODIES OF PETROZAVODSK CITY (REPUBLIC OF KARELIA, RUSSIA)	148
N.V. Konovalova. THE PHYTOPLANKTON OF BUSSE LAGOON (ISLAND SAKHALIN)	150
L.G. Korneva, V.V. Solovyova, I.V. Mitropolskaya. LONG-TERM CHANGES OF PHYTOPLANKTON IN THE RYBINSK RESERVOIR (THE VOLGA RIVER, RUSSIA)	152
J.V. Krylova, E.A. Kurashov. VARIABILITY OF FRESHWATER MACROPHYTES LOW MOLECULAR WEIGHT METABOLISM UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS	154
S.A. Latyshev, L.M. Merzhvinsky, Ju.I. Vysotsky. MACROPHYTE VEGETATION IN CHERSTVYATSKOYE LAKE	156
P.A. Lozovik. TRANSFORMATION OF LABILE COMPOUNDS AND PRODUCTION-DESTRUCTION PROCESSES IN LAKE ECOSYSTEMS	158
T.A. Makarevich, V.V. Belous, T.A. Gurchunova. ALGOFLORE OF OXBOW PONDS TRANSFORMED WITH BEAVERS' ACTIVITY	160
N.M. Mineeva. CHLOROPHYLL A SEASONAL AND INTERANNUAL DYNAMICS IN PLANKTON OF THE LARGE PLAIN RESERVOIR	163
N.M. Mineeva, V.F. Mukhutdinov. CHLOROPHYLL DISTRIBUTION IN THE UPPER VOLGA RESERVOIRS UNDER HOMOTHERMIC CONDITIONS	165
T.M. Mikheyeva, E.V. Lukyanova, A.A. Svirid. PHYTOPLANKTON OF THE SPRINGS IN THE NATIONAL PARK «PRIPYATSKY»	167
I.V. Savich. THE PHYTOPLANKTON STRUCTURE OF THE LAKES SYSTEM BOLSHYE AND MALYE SHWAKSHTY, STRACHA RIVER	170
O.V. Sedova, V.D. Shelest, V.A. Boldyrev. FLORA DYNAMICS OF THE MEDVEDICA RIVER OXBOW LAKES IN SARATOV REGION	172
A.S. Semenova, S.I. Sidelev, O.A. Dmitrieva, D.N. Pligin, S.M. Zhdanova, O.V. Babanazarova, E.A. Sokolova. INTERACTIONS OF TOXIC CYANOBACTERIA AND ZOOPLANKTON IN THE NATURAL WATERBODIES OF YAROSLAVL AND KALININGRAD REGION	175

L.E. Sigareva, N.A. Timofeeva. LONG-TERM CHANGES IN FOSSIL PIGMENTS CONTENT IN THE RYBINSK RESERVOIR	177
O.S. Smolskaya, A.A. Zhukova. SEASONAL DYNAMICS OF SESTON AND CHLOROPHYLL CONTENT IN THE PONDS OF "VILEYKA" FISH FARM	179
M.Yu. Starovoitova. LAKES OF THE RIVER SULA BASIN (UKRAINE)	181
A.P. Stetsiuk, O.V. Plotitsyna, V.N. Popovichev. MERCURY CONTENT IN WATER AND MACROPHYTES OF SALT LAKES OF CRIMEA	183
G. Terenko, K. Hushchyna. BLOOM OF CYANOBACTERIA <i>DOLICHOSPERMUM FLOSAQUAE</i> (BRÉBISSON ex BORNET et FLAHAULT) P. WACKLIN, L. HOFFMANN et J. KOMÁREK IN THE ODESSA BAY OF THE BLACK SEA IN MAY-JUNE 2013	185
P.M. Tsarenko, O.I. Khudyi, J. Tunowski. ON THE STRUCTURE OF PHYTO- AND ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF NESAMOVITE LAKE IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS	187
O.A. Shevialiova, M.P. Bigel'. PHYTOPLANKTON COMMUNITIES IN THE EVALUATION OF ANTHROPOGENIC PRESSURE FOR THE R. SVISLOCH OVER-REGULATED PARTS IN THE CITY OF MINSK	189
A.V. Yakimov, S.K. Cherchesova, V.D. L'vov, S.A. Kadikoeva, M.I. Shapovalov, V.I. Mamaev. TO THE KNOWLEDGE OF THE COASTAL STRIP BIOTA AND THE SHALLOW WATERS OF LOWER BLUE LAKE	191

III. STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF LAKE ECOSYSTEMS. HETEROTROPHIC LEVEL: BACTERIOPLANKTON, ZOOPLANKTON, ZOOEPHYTON, ZOOBENTHOS

A. Brakovska, J. Paidere, A. Škute. NUMBER AND DYNAMICS OF ZOOPLANKTON TAXA IN THE DAUGAVA RIVER AND RESERVOIRS PĻAVIŅAS AND ĶEGUMS	193
E.V. Lepskaya, T.V. Bonk, K.V. Bogdanova, G.N. Markevich. VERTICAL STRUCTURE OF ZOOPLANKTON IN KRONOTSKOYE LAKE (KRONOTSKIY PRESERVE, KAMCHATKA), AND FACTORS THAT HAVE AN IMPACT ON IT	195
A.N. Neretina. CLADOCERA (CRUSTACEA: BRANCHIOPODA) OF ETHIOPIA	197

H. Sasi, R. Akziypak. DISTRIBUTION OF MOLLUSCA FROM BAFA LAKE NEAR AEGEAN SEA (TURKEY) AND WATER QUALITY	198
Wondie Zelalem, Alexander Prokin. MACROZOOBENTHOS DIVERSITY AND ABUNDANCE OF THE BAHIR-DAR GULF OF LAKE TANA, ETHIOPIA	200
S.I. Andreeva, N.I. Andreev, M.V. Vinarski. DIVERSITY OF BIVALVE MOLLUSKS OF THE TELETZKOYE LAKE (ALTAY MTS.)	202
V.M. Baitchorov, Y.G. Giginyak, I.Y. Giginyak. FIRST DATA ON RIVER CANCERS IN THE «BOLSHIYE LACKIE» RESERVOIR OF «BIALOWIEZA FOREST» NATIONAL PARK	204
M.A. Baturina. CURRENT STATUS OF ZOOBENTHOS IN DIFFERENT TYPE SMALL WATER BODIES OF THE VYCHEGDA RIVER BASIN	206
O.S. Boikova. THE PECULIARITIES OF PLANKTONIC CRUSTACEANS SPACE DISTRIBUTION IN LAKE GLUBOKOE (MOSCOW AREA)	208
V.V. Vezhnavev. FEATURES OF THE PELAGIC ZOOPLANKTON VERTICAL DAYTIME DISTRIBUTION IN THE MIDDLE-DEEP LAKES OF BELARUS IN THE SUMMERTIME	210
Y.K. Veras, L.V. Nikitina. INFLUENCE OF UV RADIATION ON VERTICAL DISTRIBUTION OF BACTERIOPLANKTON IN LAKES OF DIFFERENT TROPHIC STATE	211
N.P. Dzmitrovich, T.V. Kozlova, A.I. Kozlov, N.M. Raylan. ALIMENTATION OF THE CHIRONOMID LARVAE IN THE PERIOD OF THEIR PLANKTON STAGE	214
A.A. Zharov, A.A. Kotov. SUBFOSSIL ALGAE AND INVERTEBRATE REMAINS FROM RECENT BOTTOM SEDIMENTS OF EPHEMERAL PONDS IN SARATOV AND VOLGOGRAD REGIONS, RUSSIA	216
E.P. Zhytova, V.V. Korniyushin, L.D. Romantschuk, I.A. Zhytov. THE TREMATODES FAUNA OF GASTROPODES FROM LAKES OF UKRAINIAN POLISSYA	218
Y.A. Zuyev, N.V. Zuyeva. LAKE LADOGA MACROZOOBENTHOS OF HARD LITTORAL. ABUNDANCE AND FISH FORAGE BASE	220
E.I. Izvekova, G.N. Markevich. SEASONAL DYNAMICS OF DIFFERENT BENTHIC RESOURCES AS A FACTOR OF SYMPATRIC DIVERSIFICATION FOR FISH IN LAKE KRONOTSKOE (EASTERN KAMCHATKA)	222

O.N. Kononova, E.B. Fefilova. COPEPODS IN THE SMALL FLOODPLAIN LAKES OF THE VYCHEGDA RIVER BASIN (KOMI REPUBLIC)	224
N.M. Korovchinsky, O.S. Boikova. THE PROBLEM OF SPECIES IDENTIFICATION OF PELAGIC ZOOPLANKTON: AN EXAMPLE OF ONE “WELL EXPLORED” LAKE	226
E.S. Kochanova, E.B. Fefilova, N.M. Sukhikh. MOLECULAR-GENETIC TAXONOMY OF FRESHWATER HARPACTICIDS (CRUSTACEA, COPEPODA, HARPACTICOIDA) OF THE EUROPEAN NORTH	228
A.E. Lapenkov. LANDSCAPE SURVEY AS A NECESSARY PART OF BENTHIC COMMUNITIES RESEARCH IN LADOGA LAKE	229
O.A. Loskutova, V.I. Ponomarev, E.N. Patova, A.S. Stenina, O.N. Kononova, L.N. Tikusheva. INTEGRATED STUDY OF THE POLAR URALS LAKES	231
O.A. Makarevich. MACROZOOBENTHOS OF BELOYE LAKE IN 2016	233
M.V. Makarov. LONG-TERM CHANGES IN ABUNDANCE AND BIOMASS OF MOLLUSCA ON CYSTOSEIRA SP. IN KRUGLAYA BAY (SOUTH-WEST CRIMEA, THE BLACK SEA)	235
I.A. Mukhin, O.G. Lopicheva. ECOLOGICAL NICHE OF PERIPHYTON INFUSORIA IN THE PLANKTON OF THE COASTAL WATERS (KOSTROMA SPILL, GORKY RESERVOIR)	237
L.L. Nagorskaya, T.M. Laenko, T.A. Makarevich, I.V. Savich. THE BOTTOM COMMUNITIES STRUCTURE AT DRISVIATY/DRUKSIAI LAKE AFTER THE IGNALINA NPP CLOSING	239
E.Yu. Naumova, I.Yu. Zaidykov. THE MODERN CONDITION OF THE SPRING ZOOPLANKTON IN LAKE BAIKAL	241
M.K. Patsyuk. SPECIES COMPOSITION OF NAKED AMOEBAE OF THE DNIPRO RIVER, UKRAINE	243
V.N. Podshivalina. ON THE OCCURRENCE OF THE PLANKTON INVERTEBRATE FAUNA AZONAL COMPONENTS IN THE NORTH OF THE VOLGA UPLAND	244
T.I. Popinachenko. THE STRUCTURE OF CLADOCERA COMMUNITY IN LITTORAL AND PELAGIC ZONE IN SMALL LAKES	246
I.F. Rassashko, O.V. Kovaleva, K.V. Trush, A.A. Mozharovskaya. SUMMARY DATA ON ZOOPLANKTONS BIODIVERSITY AND STRUCTURE OF THE BELARUSIAN POLESYE LAKES	249

V.V. Rechkalov. THE USE OF THE ZOOPLANKTON TAXONOMIC STRUCTURE TO INDICATE THE TROPHIC STATUS OF DIMICTIC LAKES	251
A.S. Semenova, S.I. Sidelev, O.A. Dmitrieva, D.N. Pligin. PROPORTION OF DEAD ORGANISMS IN ZOOPLANKTON OF WATERBODIES IN KALININGRAD AND YAROSLAVL REGION	253
G.A. Semenjuk. STRUCTURE OF RIVER ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE AREAS WITH DIFFERENT DEGREE OF ANTHROPOGENIC LOAD	255
E.I. Sobko, S.I. Klimov. THE STUDY OF ZOOPLANKTON VERTICAL DISTRIBUTION IN LAKE MASELGA DURING THE SUMMER STRATIFICATION	256
M.T. Syarki, Yu.Yu. Fomina. PHENOLOGY OF ZOOPLANKTON IN ONEGO LAKE	258
E.B. Fefilova, O.N. Kononova, L. Arvola, L.E. Lapina. DYNAMICS OF PLANKTON CLADOCERA IN LAKE PÄÄJÄRVI (FINLAND)	260
Yu.Yu. Fomina, M.T. Syarki. STATE OF ZOOPLANKTON OF LAKE ONEGO IN SUMMER	262
A.S. Khomich, O.A. Bodilovskaya, Y.A. Shirokova, E.P. Shchapova, Y.A. Lubyaga, V.A. Emshanova, D.V. Aksenov-Gribanov. THE ASSESMENT OF THE WATER POLLUTION AND PARASITIC INFESTATION INFLUENCE ON THE ACTIVITY OF ANTIOXIDATIVE ENZYMES IN PULMONATE MOLLUSC LYMNAEA STAGNALIS	264
A.V. Shatsky. THE IMPACT OF ILLEGAL FISHING ON THE BIOMASS OF CHIRONOMIDS IN SOME LAKES OF THE LENINGRAD REGION	266
N.G. Sherysheva, G.A. Osipov. TAXONOMIC COMPOSITION AND DOMINANT STRUCTURE OF BACTERIOBENTHOS IN THE LAKE SILTS	268
S.P. Shulepina. ZOOBENTHOS OF MOUNTAIN LAKE OISKOE	270

IV. STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF LAKE ECOSYSTEMS. FISH COMMUNITIES: THEIR STATE, STRUCTURE AND TRANSFORMATION

V. Kesminas, A. Steponėnas, O. Kaminskis. DYNAMICS OF FISH COMMUNITY CONDITIONED BY THERMAL POLLUTION IN LAKE DRŪKŠIAI AS A COOLER OF THE IGNALINA NUCLEAR POWER PLANT (INPP)	272

H. Sasi, H. Demir. AGE AND GROWTH PARAMETERS OF THINLIP GREY MULLET, <i>LIZA RAMADA</i> (RISSO, 1827) FROM BAFIA LAKE LAGOON (TURKEY)	274
N. Škute, A. Karklinš. EPIGENETIC VARIABILITY OF INVASIVE SPECIES <i>PERCCOTTUS GLENII</i> DYBOWSKI, 1877 IN WATER RESERVOIRS OF THE DAUGAVAS RIVER BASIN IN LATVIA	276
E.V. Barbukho. THE RESULTS OF HAEMATOLOGICAL RESEARCHES OF FISH IN LAKE VOLZHIN AND LAKE CHERNECHNOE OF CHERNIGOV POLESYA	277
V. Bezmaternykh, G.Kh. Shcherbina. TENCH <i>TINCA TINCA</i> NUTRITION IN SMALL MACROPHYTES-GROWN LAKE	279
L.A. Belicheva, J.N. Lukina. HISTOPATHOLOGICAL CHANGES IN FISH LIVING IN WATER BODY UNDER LONG-TERM TECHNOPOGENIC INFLUENCE	281
N.L. Bolotova, M.V. Stepanov, G.T. Frumin, O.V. Bolotov. DYNAMICS OF FISH POPULATION DIVERSITY IN LARGE LAKES OF VOLOGDA REGION	283
E. Bukelskis, V. Umbrasaitė. DIETARY SPECIALIZATION OF <i>COREGONUS ALBULA</i> (L.) IN LAKES OF LITHUANIA	285
V.N. Burik. LAKE BIOTOPES AND ICHTHYOCOENOSIS OF THE MIDDLE AMUR BASIN (ON THE TERRITORY OF THE JEWISH AUTONOMOUS REGION)	287
S.M. Degtjarik. PARASITES DANGEROUS FOR FISH IN BELARUSIAN LAKES	289
V.G. Kostousov, V.A. Mischenkov. DEPENDENCE OF LAKE'S FISH PRODUCTIVITY ON SOME BIOLIMNOLOGICAL FACTORS	291
P.A. Mitrakhovich, V.G. Kostousov, V.M. Samoilenko. THE USE OF PLANKTON EATING FISH TO PREVENT «BLOOMING» IN THE COOLING POND OF THE THERMAL POWER PLANT	293
Yu.V. Slynko. THE ORIGIN AND EVOLUTION OF THE FISH FAUNA OF WESTERN MONGOLIA	295
P.M. Terentjev, N.A. Kashulin. THE MERCURY ACCUMULATION IN FISH OF THE NORTH FENNOSCANDIA WATER BODIES	296

V. WATER QUALITY AND MECHANISMS OF ITS FORMATION

B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, T.M. Mikheyeva, R.Z. Kovalevskaya, N.V. Dubko, Y.K. Veras. SEDIMENTATION FLUX IN SHALLOW LAKES OF DIFFERENT TROPHIC STATE	298

Feyyaz Keskin, Ahmet Demirak, Nevin Güler Dinçer. PRIMARY COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF HEAVY METALS RISK IN THE SEDIMENT OF LAKE KOYCEGIZ	300
K. Jawgiel. CHANGES OF WATER LEVEL AS REACTION TO HEAVY RAINFALL, FLASH FLOODS ON THE CITY OF POZNAŃ EXAMPLE	301
K. Jawgiel. FLASH FLOOD MONITORING WITH USE OF VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION ON THE EXAMPLE OF POZNAŃ	302
O.Yu. Astrakhantseva. GEOCHEMICAL STABILITY OF LAKE BAIKAL RESERVOIRS TO TECHNOGENIC POLLUTION	304
S.L. Belova, O.M. Gorshkova, K.A. Chevel, D.D. Badyukov, A.A. Zhiltsova, S.V. Patsaeva. THE MAIN INDICATORS OF MOZHAISK RESERVOIR NATURAL WATER QUALITY	307
O.M. Gorshkova. COLLOIDAL FORMS OF DISSOLVED ORGANIC MATTER IN MARINE AND FRESH WATERS	309
O.M. Gorshkova, S.V. Patsaeva, K.A. Chevel, D.D. Badyukov, S.L. Belova, A.A. Zhiltsova. FLUORESCENCE OF MOZHAYSK WATER RESERVOIR DOM	311
M.G. Grechushnikova, D.V. Lomova, A.S. Savvichev. METHANE CONCENTRATION IN LAKES OF KERZENECZ RESERVE	313
V.M. Domysheva, M.V. Sakirko, T.V. Khodzher. DYNAMICS OF MINERAL AND TOTAL PHOSPHORUS IN THE NORTHERN BAIKAL IN 2013–2015	315
A.A. Ershova, O.Yu. Moreva, T.Ya. Vorobyeva, A.V. Chupakov, S.A. Zabelina, N.V. Neverova, S.I. Klimov. BIOCHEMICAL NITROGEN CYCLE IN POLYTYPIC BOREAL INLAND WATER	317
L.E. Efimova, D.V. Lomova, O.V. Korabliova, E.V. Terskaya, E.S. Povalishnikova. HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL ASPECTS OF FLOODPLAIN LAKES EXPLORATION IN THE KERZHENETS RIVER VALLEY	319
T.A. Efremova, A.V. Sabylina, P.A. Lozovik. ORGANIC MATTER AND ITS LABILE COMPONENTS (CARBOHYDRATES, LIPIDS, PROTEINS) IN LAKES LADOGA AND ONEGA	321
N.M. Kokryatskaya, X.V. Titova. INORGANIC SULFUR COMPOUNDS IN FRESHWATER MEROMICTIC LAKE SVETLOE (ARKHANGELSK REGION)	323

M.V. Kolchenko, D.N. Sudnitsyna. ENVIRONMENTAL STATUS ASSESSMENT OF LAKE PSKOVSKO-CHUDSKOE LITTORAL (RUSSIA) USING PHYTOPLANKTON AND EPIPHYTON VARIABLES	325
G.N. Losyuk, N.M. Kokryatskaya. SULFATE REDUCTION PROCESS IN LAKE ELOVOE (KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA)	327
E.A. Mamontova, T.V. Zhukova, E.N. Tarasova, A.A. Mamontov. PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN THE NATIONAL PARK «NAROTCHANSKIY», BELARUS	329
A. Moisejenkova, N. Tarasiuk. A MECHANISM OF LAKES SECONDARY POLLUTION	331
O.V. Mukhortova, S.E. Bolotov, Z.R. Sabitova, N.G. Tarasova, S.V. Bykova, M.V. Umanskaya, M.Yu. Gorbunov, T.N. Burkova. ZOOPLANKTON OF LAKE BOLSHOYE VASILYEVSKOYE IN TOGLIATTI, SAMARA REGION	333
O.V. Oleinikova, L.S. Shirokova, A.Yu. Bychkov, O.Yu. Drozdova, S.A. Lapitskiy, E. Gerard, O.S Pokrovsky. EXPERIMENTAL STUDY OF DISSOLVED ORGANIC MATTER BIODEGRADATION AND THE BEHAVIOR OF CONJUGATE TRACE ELEMENTS IN SURFACE WATERS OF BOREAL CLIMATIC ZONE	335
D.I. Sokolov. ORGANIC MATTER INFLOW IN MOZHAYSK RESERVOIR IN SPRING	337
L.M. Sorokovikova, I.V. Tomberg, V.N. Sinyukovich. CHEMICAL COMPOSITION OF THE LAKE BAIKAL TRIBUTARIES AND ITS TRANSFORMATION IN THE MIXING ZONE OF RIVER AND LAKE WATERS	339
K.V. Titova, N.M. Kokryatskaya, T.A. Zhibareva. MONITORING OF SULPHUR CYCLE COMPOUNDS IN LAKE SVYATOE WATER (ARKHANGELSK REGION)	341
G.T. Frumin. ATMOSPHERIC DEPOSITION OF NUTRIENTS TO THE LAKE PEIPSI – LAKE PIHKVA	343
G.M. Chuiko. PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPS) IN THE LAKE AND RIVER ECOSYSTEMS OF CENTRAL EUROPEAN RUSSIA	345
A.V. Chupakov, L.S. Shirokova, O.S. Pokrovsky. SMALL WATER BODIES OF NORTH-WEST RUSSIA SWAMPY LANDSCAPE AND THERMOKARST LAKES IN WESTERN SIBERIA	347

A.V. Chupakov, L.S. Shirokova, O.S. Pokrovsky. RARE EARTH ELEMENTS IN THE TWO STRATIFIED LAKES OF NORTHERN TAIGA (ARKHANGELSK REGION)	349
N.V. Shorina. THE STUDY OF IRON DISTRIBUTION IN BOREAL LAKES OF NORTH-WEST RUSSIA (ARHANGELSK REGION)	351

VI. NATURAL RESOURCES OF LAKES AND THE PROBLEMS OF THEIR RATIONAL USE

O.Yu. Goncharov. BUDGET OF AUTOCHTHONOUS ORGANIC MATTER IN SALT LAKE KUYALNIK	353
J. Oreha, N. Škute, A. Orupe, V. Kostousov. THE ESTIMATION OF SPATIAL GENETIC DIVERSITY OF VENDACE (COREGONUS ALBULA L.) POPULATIONS IN LATVIAN-BELARUSIAN LAKELAND	355
R. Wiśniewski. RESTORATION OF SHALLOW HYPEREUTROPHIC LAKES. SUCCESSES AND FAILURES	356
A.V. Alekhnovich, D.V. Molotkov. SPECIFIC VALUE OF CRAYFISH IN MACROZOOBENTHOS BIOMASS IN THE LAKES OF BELARUS	358
N.M. Vetsler, E.V. Lepskaya, T.V. Bonk. THE STRUCTURE OF THE PELAGIC BIOCECENOSIS IN LAKE SARANNOYE (THE BERING ISLAND, COMMANDER ARCHIPELAGO)	360
O.S. Yezhova, A.A. Novikov, V.S. Liushtyk, V.A. Sipach, O.A. Semenov. MANAGEMENT NATIONAL PARK "NAROCHANSKIY" OF LAKE ECOSYSTEMS BASED ON GIS	362
A.V. Izmailova. CURRENT LAKE FUND STATUS OF THE EUROPEAN PART OF THE RUSSIAN FEDERATION	364
O.V. Kozlov, S.V. Arshevsky. SMALL LAKES FAUNISTIC COMPLEXES OF WESTERN SIBERIA FOREST-STEPPE ZONE AS THE BASIS FOR AQUATIC INVERTEBRATES FISHERY	366
N.M. Mingazova, E.I. Kilmamatova, V.M. Ivanova, D.Y. Mingazova, R.S. Dbar. EVALUATION OF UNDERGROUND LAKES KARST CAVES OF ABKHAZIA (CAUCASUS)	368
I.I. Rudneva, V.G. Shaida. CURRENT STATE OF CRIMEAN SALT LAKES AND THEIR BIOLOGICAL RESOURCES	370
E.N. Unkovskaya, O.V. Palagushkina, O.Y. Derevenskaya, N.G. Tarasova. THE DYNAMICS OF PLANKTON COMMUNITIES STRUCTURE IN THE VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE LAKES (REPUBLIC OF TATARSTAN, RUSSIA)	372

N.S. Shevtsova. TYPES OF TOURISTIC AND RECREATIONAL RIVER FLOW USAGE IN THE GRODNO REGION.....	374

VII. ALIEN SPECIES AND THEIR ROLE IN WATER ECOSYSTEMS

Y.V Besspalaya, I.N. Bolotov, O.V. Aksenova, A.V. Kondakov, S.E. Sokolova. THE FIRST RECORD OF CORBICULA CLAMS (BIVALVIA, CORBICULIDAE) IN NORTHERN-EUROPEAN RUSSIA	377
A. Krevš, A. Kučinskienė. THE IMPACT OF INVASIVE <i>ACER NEGUNDO</i> LEAF LITTER ON MICROBIAL CHARACTERISTICS IN THE COASTAL ZONE OF THE RIVER NERIS	379
A. Morozova, N. Shkute. GENETIC STRUCTURE OF THE INVASIVE MUSSEL <i>DREISSENA POLYMORPHA</i> (PALLAS) FROM LATVIAN LAKES	381
J. Paidere, A. Brakovska, A. Škute. OCCURRENCE AND POPULATION STRUCTURE OF <i>PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES</i> G.O. SARS, 1894 IN THE PĻAVIŅAS RESERVOIR OF THE DAUGAVA RIVER (LATVIA)	382
D. Poppela, A. Poppels, M. Kalnins. DIVING BEETLE <i>CYBISTER LATERALIMARGINALIS</i> DE GEER, 1774 DISTRIBUTION IN VARIOUS MICROHABITATS IN LAKE LIELAIS BALTEZERS, LATVIA	383
V.N. Bolshakov, N.L. Ivanova. THE EURASIAN MARSH FROG (<i>PELOPHYLLAX RIDIBUNDUS</i> PALLAS, 1771) – ALIEN SPECIES IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF THE MIDDLE URALS	384
G. Vaitonis, V. Razlutskijs, A. Aklehnovich, A. Rybakovas, M. Moroz, E. Šidagytė, V. Šniukštaitė. THE INVASION OF THE SPINY-CHEEK CRAYFISH <i>ORCONECTES LIMOSUS</i> (RAFINESQUE, 1817) IN LITHUANIA AND BELARUS AND RELATED ECOLOGICAL PROBLEMS	386
M.V. Vinarski. THE ARCHAEOLOGY OF AN INVASION: THE HISTORY OF <i>PHYSELLA ACUTA</i> DISPERSAL IN EUROPE AND CENTRAL ASIA	388
N.G. Nazarov, R.R. Mingaliev, L.Y. Balezina, R.I. Zamaletdinov. ECOLOGICAL PECULIARITIES OF <i>AMUR SLEEPER</i> IN WATER BODIES OF KAZAN	390

V.I. Razlutskiy, L.N. Ungureanu, E.I. Zubcova, E.A. Sysova, Z.F. Buseva, O.V. Munjiu, L.A. Lebedenko, D.S. Tumanova, N.K. Railian. INFLUENCE OF INVASIVE BIVALVES ON PLANKTON COMMUNITIES OF COOLING RESERVOIRS	392
A.I. Sidorova. ROLE OF INVASIVE SPECIES <i>GMELINOIDES FASCIATUS</i> (CRUSTACEA: AMPHIPODA) IN THE MACROZOOBENTHOS COMMUNITY IN LITTORAL ZONE OF LAKE ONEGO	394
Yu.V. Slynko, E.E. Slynko. GENETIC STRATEGIES AND MECHANISMS FOR ALIEN SPECIES ADAPTATIONS	396
S.I. Philipenko, M.V. Mustea. ABOUT THE FIRST DISCOVERY OF THE MUD CRAB <i>RHITHROPANOPEUS HARRISI TRIDENTATA</i> (MAITLAND, 1874) IN TRANSDNIESTRIA	397
G.Kh. Shcherbina, E.V. Nikitenko. <i>DREISSENA POLYMORPHA</i> IN THE CHOGRAY RESERVOIR ECOSYSTEM	399
AUTHORS INDEX (in Russian)	401
AUTHORS INDEX (in English)	407

Научное издание

**ОЗЕРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ:
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ,
АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ,
КАЧЕСТВО ВОДЫ**

Материалы
V Международной научной конференции
12—17 сентября 2016 г., Минск — Нарочь

На русском, белорусском и английском языках

Ответственный за выпуск *Н. Г. Щербакова*

Подписано в печать 24.08.2016. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 26,04. Уч.-изд. л. 28,00.
Тираж 155 экз. Заказ 476.

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/159 от 27.01.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика
в республиканском унитарном предприятии
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/63 от 19.03.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.