



2019

Выпуск/Issue 85 (88)

**ТРУДЫ ИНСТИТУТА
БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД
ИМЕНИ И.Д. ПАПАНИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**TRANSACTIONS OF PAPANIN INSTITUTE
FOR BIOLOGY OF INLAND WATERS
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД ИМЕНИ И.Д. ПАПАНИНА РАН



ТРУДЫ ИБВВ РАН

ВЫПУСК 85(88)

2019

ЯНВАРЬ – МАРТ

Выходит 4 раза в год

п. Борок

2019

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION



THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES



**PAPANIN INSTITUTE FOR BIOLOGY OF INLAND WATERS
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**



TRANSACTIONS OF IBIW RAS

ISSUE 85(88)

2019

JANUARY – MARCH

The Journal is published quarterly

Borok

2019

Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок : Институт биологии внутренних вод – 2019. – Вып. 85(88). – 84 с.

Е. В. Веницианов, Г. В. Аджиенко, К. И. Prokina, С. В. Быкова, В. С. Вишняков, И. А. Барышев, А. А. Prokin, A. S. Sazhnev, Ю. И. Соломатин, Ю. В. Герасимов, А. Е. Минин, В. В. Вандышева, М. И. Базаров, М. И. Малин, Д. П. Карабанов, Д. Д. Павлов

В очередном номере журнала представлены статьи, посвященные разным сторонам исследований поверхностных вод. Проведен анализ современного состояния системы регулирования качества поверхностных вод России, обоснован переход к риск-ориентированному подходу в регулировании качества вод. Дана информация о видовом богатстве сифональных жёлто-зелёных водорослей рода *Vaucheria* Байкальского региона в пределах Иркутской области и Республики Бурятия, а также гетеротрофных жгутиконосцев Киргизии. Подробно рассмотрен видовой состав и количественные характеристики свободноживущих инфузорий глубоководной зоны водохранилищ Камского каскада, зообентоса водотоков бассейна реки Ковда (Республика Карелия и Мурманская область), впервые представлены сведения о структуре донных макробеспозвоночных двух малых водохранилищ Монголии. Проведен сравнительный анализ видового разнообразия и плотности рыбного населения русловой части Чебоксарского водохранилища в конце прошлого и начале нынешнего веков.

Представленные материалы рассчитаны на гидробиологов и экологов, а также студентов биологических и экологических факультетов высших учебных заведений.

Ответственный секретарь **А. А. Сажнева**

Рецензенты:

*А. В. Крылов, д.б.н. (ИБВВ РАН)
Н. Г. Косолапова, к.б.н. (ИБВВ РАН)
Д. В. Козлов, д.т.н. (МГСУ)*

*А. С. Сажнев, к.б.н. (ИБВВ РАН)
А. И. Азовский, к.б.н. (МГУ)*

Редакционная коллегия Трудов ИБВВ РАН:

*С. А. Поддубный (гл. редактор), д.г.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия
А. В. Крылов (зам. гл. редактора), д.б.н., проф., ИБВВ РАН, Борок, Россия
А. А. Бобров, к.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия
Б. К. Габриелян, д.б.н., проф., НАН РА НЦ ЗГЭ, Ереван, Армения
Ю.В. Герасимов, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия
А. Н. Дзюбан, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия
Хай Доан Нё, д.ф., Институт океанографии, ВАНТ, Нячанг, Вьетнам*

*В. Т. Комов, д.б.н., проф., ИБВВ РАН, Борок, Россия
В. И. Лазарева, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия
Н. М. Минеева, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия
Лам Нгуен Нгок, д.ф., проф., Институт океанографии, ВАНТ, Нячанг, Вьетнам
А. А. Протасов, д.б.н., проф., ИГБ НАНУ, Киев, Украина
К. Робинсон, д.ф., EAWAG, Цюрих, Швейцария
В. П. Семенченко, д.б.н., чл.-кор. НППЦ НАН по биоресурсам, Минск, Беларусь*

Печатается по решению Ученого совета ИБВВ РАН.

Исследования проведены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России.

Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS. – Borok : Institute for Biology of Inland Waters. – 2019. – Issue 85(88). – 84 p.

E. V. Venitsianov, G. V. Ageenko, K. I. Prokina, S. V. Bykova, V. S. Vishnyakov, I. A. Baryshev, A. A. Prokin, A. S. Sazhnev, Iu. I. Solomatin, Iu. V. Gerasimov, A. E. Minin, V. V. Vandysheva, M. I. Bazarov, M. I. Malin, D. P. Karabanov, D. D. Pavlov

The current issue of the journal contains articles on various aspects of surface water research. An analysis of the modern state of the system for regulating the quality of surface waters in Russia has been carried out, and the transition to a risk-oriented approach in regulating water quality has been substantiated. Data on the species richness of siphonous yellow-green algae of genus *Vaucheria* of the Baikal region within the Irkutsk Region and the Republic of Buryatia, as well as heterotrophic flagellates of Kyrgyzstan is given. The species composition and quantitative characteristics of free-living ciliates of the deepwater zone of the Kama cascade reservoirs, zoobenthos of River Kovda basin (Republic of Karelia and the Murmansk region) are considered in detail, information on the structure of bottom macroinvertebrates of two small reservoirs in Mongolia is presented for the first time. A comparative analysis of the species diversity and density of the fish population of the riverbed part of the Cheboksary reservoir at the end of the past and the beginning of this century has been carried out.

The presented materials are intended for hydrobiologists and ecologists, as well as students of biological and ecological faculties of higher educational institutions.

Coordinating Editor **A. A. Sazhneva**

Reviewers:

A. V. Krylov, Doctor of Biology (IBIW RAS)

A. S. Sazhnev, Ph.D. (IBIW RAS)

N. G. Kosolapova, Ph.D. (IBIW RAS)

A. I. Azovskiy, Ph.D. (MSU)

D. V. Kozlov, Doctor of Technical Sciences (MGSU)

Editorial board of IBIW RAS Transactions:

S. A. Poddubny (editor), Dr. of geogr., IBIW RAS, Borok, Russia

Yu. V. Gerasimov, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia

A. V. Krylov (deputy editor), Dr. of biol., prof., IBIW RAS, Borok, Russia

V. T. Komov, Dr. of biol., prof., IBIW RAS, Borok, Russia

A. A. Bobrov, Ph.D., IBIW RAS, Borok, Russia

V. I. Lazareva, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia

Hai Doan Nhu, Ph.D., Institute of Oceanography, VAST, Nha Trang, Vietnam

N. M. Mineeva, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia

Lam Nguyen Ngoc, Ph.D., prof., Institute of Oceanography, VAST, Nha Trang, Vietnam

A. N. Dzuban, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia

A. A. Protasov, Dr. of biol, prof., IHB NASU, Kiev, Ukraine

B. K. Gabrielyan, Dr. of biol., prof., SC ZHE NAS RA, Yerevan, Armenia

C. Robinson, Ph.D., EAWAG, Zurich, Switzerland

V. P. Semenchenko, Dr. of biol., corr. member NASB, Minsk, Belarus

Published by the decision of IBIW RAS Academic council.

The research was carried out with the financial support of the state in the person of the Ministry of education and science of the Russian Federation.

*Editorial address: 152742. Borok, Yaroslavl region, Nekouz district,
Institute for Biology of Inland Waters, RAS
tel./fax (48547) 2-48-09; e-mail: trud@ibiw.yaroslavl.ru*

СОДЕРЖАНИЕ

Е. В. Веницианов, Г. В. Аджиенко

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД .. 7

К. I. Prokina

FREE-LIVING HETEROTROPHIC FLAGELLATES FROM FRESHWATERS OF KYRGYZSTAN 17

С. В. Быкова

СВОБОДНОЖИВУЩИЕ ИНФУЗОРИИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ 23

В. С. Вишняков

МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВОШЕРИЙ (VAUCHERIA, XANTHOPHYCEAE) В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ 44

И. А. Барышев

ЗООБЕНТОС ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА РЕКИ КОВДА (СОСТАВ, ОБИЛИЕ, ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ И САПРОБНОСТИ) 59

А. А. Prokin, А. S. Sazhnev

FIRST DATA ON MACROZOOBENTHOS OF THE ORKHON AND IDER RESERVOIRS (MONGOLIA) 69

Ю. И. Соломатин, Ю. В. Герасимов, А. Е. Минин, В. В. Вандышева, М. И. Базаров, М. И. Малин, Д. П. Карабанов, Д. Д. Павлов

РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ РУСЛОВОЙ ЧАСТИ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ПЛОТНОСТЬ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ В 1980 И 2010-Е ГОДЫ 77

CONTENTS

E. V. Venitsianov, G. V. Ageenko

MODERN PROBLEMS OF QUALITY MANAGEMENT SURFACE WATER	7
---	---

K. I. Prokina

FREE-LIVING HETEROTROPHIC FLAGELLATES FROM FRESHWATERS OF KYRGYZSTAN	17
--	----

S. V. Bykova

FREE-LIVING CILIATES IN THE DEEP-WATER PART OF THE KAMA RIVER RESERVOIRS	23
--	----

V. S. Vishnyakov

THE LOCALITIES OF VAUCHERIA (XANTHOPHYCEAE) IN IRKUTSK REGION AND REPUBLIC OF BURYATIA	44
--	----

I. A. Baryshev

ZOOBENTHOS OF WATERCOURSES OF THE KOVDA RIVER BASIN (COMPOSITION, ABUNDANCE, DIVERSITY AND SAPROBITY)	59
---	----

A. A. Prokin, A. S. Sazhnev

FIRST DATA ON MACROZOOBENTHOS OF THE ORKHON AND IDER RESERVOIRS (MONGOLIA)	69
--	----

Iu. I. Solomatin, Iu. V. Gerasimov, A. E. Minin, V. V. Vandysheva, M. I. Bazarov, M. I. Malin, D. P. Karabanov, D. D. Pavlov

FISHES OF THE CHANNEL PART OF THE CHEBOKSARY WATER RESERVOIR: DENSITY AND SPECIES DIVERSITY IN 1980's AND 2010's	77
--	----

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Е. В. Веницианов, Г. В. Аджиенко

Институт водных проблем РАН,

119333 Москва, ул. Губкина, 3, e-mail: eugeny.venitsianov@gmail.com

Представлен анализ современного состояния системы регулирования качества поверхностных вод России. Обозначены основные проблемы управления качеством: оторванность экономического механизма управления качеством от его реальных потребностей, устаревшая и противоречивая нормативно-правовая база управления, низкая эффективность надзорной деятельности, несовершенство системы мониторинга и статистики, недостаточное внимание научно-методической базе управления качеством. Обосновывается необходимость перехода к риск-ориентированному подходу в регулировании качества вод.

Ключевые слова: качество природных вод, управление качеством, нормативы качества, риск-ориентированный подход к управлению.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10001

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние качества поверхностных вод по данным Государственных докладов о состоянии окружающей среды в Российской Федерации за 2003–2017 гг. остается стабильным, однако характеризуется рядом проблем, в совокупности ставящих под сомнение эффективность действующей системы управления водными ресурсами в РФ. Следствием недостатков действующей системы управления на протяжении длительного периода времени являются высокие объемы поступлений загрязняющих веществ в составе сбросов сточных вод и диффузного стока с водосборов, низкое качество поверхностных и подземных вод, неудовлетворительное качество питьевой воды в системах водоснабжения населенных пунктов, загрязнение водоохраных зон и др.

Водоснабжение, водоотведение и состояние водных объектов. Услугами централизованного водоснабжения в Российской Федерации пользуются около 120 млн человек (82% населения страны). Если в крупных и средних городах услугами систем централизованного водоснабжения (СЦВ) обеспечено 100% населения, то в сельских населенных пунктах не превышает 33% [Жилищное хозяйство в России, 2016]. Из общего объема воды, подаваемой в СЦВ, через системы водоподготовки пропускается не более 59%, а в сельских населенных пунктах менее 20%. Каждый второй житель РФ вынужден использовать для питьевых целей воду, не соответствующую по ряду показателей установленным нормативам [Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. N 1235-р]. Порядка 15% подземных и 33% [О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия насе-

ления в Российской Федерации в 2016], [Охрана окружающей среды в России. 2018] поверхностных источников питьевого водоснабжения не соответствуют санитарно-эпидемиологическим требованиям, в большинстве своем по причине отсутствия зон санитарной охраны. Около четверти водозаборов из поверхностных источников водоснабжения не имеют необходимых очистных сооружений. Более 20% проб водоемов первой и второй категорий водопользования не соответствуют гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям. Статистика демонстрирует, что за последние шесть лет ситуация кардинально не изменилась [Государственный доклад, 2017].

В большинстве субъектов РФ серьезной экологической проблемой остается низкое качество или отсутствие очистки сточных вод. В 2015 г. общий объем сбросов сточных вод в РФ составил 42.9 млрд м³, из которых 14.4 млрд м³ (35%) классифицированы как загрязненные. При этом 55% загрязненных сточных вод приходится на очистные сооружения коммунальной канализации (ОСКК) городов вследствие полного отсутствия очистных сооружений в населенных пунктах или ввиду сильного износа или перегрузки. ОСКК также ответственны за сброс большей части загрязняющих веществ: 70% хлоридов, 45% общего азота, 76% нитрат-ионов, 93% жиров и масел природного происхождения, 64% сульфатов. При этом сама отрасль водопроводно-коммунального хозяйства сама справиться с данной проблемой не может, в первую очередь, ввиду высокого износа основных фондов, достигшего 42.2% [Жилищное хозяйство в России, 2016].

Значимой проблемой является воздействия на водные объекты диффузного стока с сельскохозяйственных и селитебных территорий, площадей размещения коммунальных и промышленных отходов. До сих пор отсутствует законодательное и нормативно-правовое обоснование необходимости контроля и охраны водных объектов от диффузного загрязнения.

Текущее состояние российского водного хозяйства имеет ряд иных проблем, но причины большинства из них, как и перечисленных выше, заключаются в несовершенстве действующей системы управления водным хозяйством РФ, коренные недостатки которой предлагается рассмотреть далее.

Причины недостатков системы управления водным хозяйством. Проблемы финансового обеспечения системы управления водным хозяйством. Ключевая проблема российского водного хозяйства – оторванность его экономического механизма от реальных потребностей управления водопользованием, прежде всего – водоохраны. В Государственном док-

ладе «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году» сообщается, что в условно сопоставимых ценах текущие затраты на охрану и рациональное использование водных ресурсов в 2015 году по сравнению с 2005 годом составили 85–86%. За 10 лет отсутствуют позитивные тренды ключевых вложений в водное хозяйство (рис. 1).

По оценке специалистов, готовящих новый вариант Стратегии развития водного хозяйства России (до 2030 г.), по сценарию неухудшения состояния водных ресурсов требуется ежегодно сумма порядка 45 млрд руб., а для улучшения состояния – более 70 млрд. Очевидно, что для осуществления подобных предположений требуется резко увеличить либо бюджетную поддержку водоохранных мероприятий, либо в несколько раз повысить ставки водного налога. Радикальное изменение ситуации с финансированием водного хозяйства имеет ключевое значение для экологического благополучия водных ресурсов России и, в конечном счете, для здоровья населения.

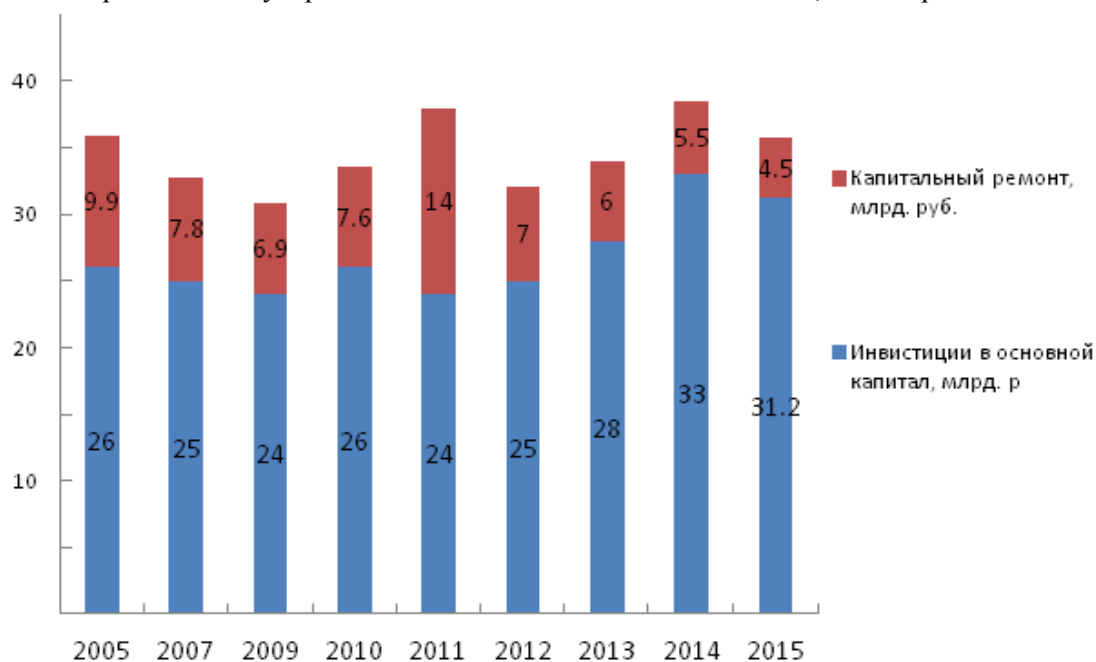


Рис. 1. Динамика основных видов затрат на охрану и рациональное использование водных ресурсов в РФ в условно сопоставимых ценах 2005 г. [Государственный доклад, 2017].

Fig. 1. Dynamics of the main types of costs for the protection and rational use of water resources in the Russian Federation at conventionally comparable prices in 2005 [Gosudarstvennyy doklad, 2017].

Управление качеством вод водных объектов. Актуальной проблемой для России является переход на принцип нормирования в соответствии с наилучшими доступными технологиями (НДТ) по отраслям промышленности и ЖКХ. В 2019 году должен быть осуществлен переход к системе регламентации антропогенных воздействий на водные объекты,

основанный на комплексных экологических разрешениях (КЭР). Порядок выдачи, переоформления, пересмотра КЭР, внесения в них изменений должен соответствовать Федеральному закону от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон от 10.01.2002 “Об охране окружающей среды” № 7-ФЗ и другие законодательные акты Рос-

сийской Федерации» (с изменениями и дополнениями вступило в силу 01.01.2016, далее – 219-ФЗ).

К началу 2019 года должны быть подготовлены нормативно-правовые акты (НПА), на основе которых будет осуществляться регулирование в соответствии с этим законом. В частности, в статье 31.1 219-ФЗ указано (п.3), что заявка на получение КЭР должна содержать расчеты технологических нормативов. Однако до настоящего времени такие акты отсутствуют. Более того, сейчас МПР выпустило перечень НПА, которые должны быть подготовлены к переводу системы регулирования на основе НДТ. Он содержит 20 НПА, из которых 13 не представлены к разработке.

В настоящее время основой действующей системы регламентации сбросов является «Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей», утвержденная приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 17 декабря 2007 г. № 333.

В соответствии с Постановлением Правительства России № 469 от 23.07.07 г. нормативы НДС должны разрабатываться на основе нормативов допустимых воздействий (НДВ) для конкретного расчетного участка. НДС должны устанавливаться для каждого выпуска сточных вод действующего или проектируемого предприятия водопользователя, исходя из условий недопустимости превышения нормативов качества воды в контрольном створе и/или сохранения (неухудшения) состава и свойств воды, сформировавшихся под влиянием природных факторов. Однако до сих пор отсутствует нормативно-методический документ, устанавливающий расчет НДС на основе НДВ.

В статье 23 219-ФЗ указано, что нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов устанавливаются, исходя из нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, нормативов качества окружающей среды, а также технологических нормативов. Однако для этих нормативов отсутствуют нормативно-методические документы.

Таким образом, возникает правовая коллизия. Одновременно действуют несколько правовых актов при отсутствии механизма их согласованного использования.

При переходе к новой системе регламентации должны быть задействованы три независимые системы ПДК:

- санитарно-гигиенические ПДКв;

- рыбохозяйственные ПДКвр;

- технологические нормативы, определяемые по Информационно-техническим справочникам НДТ (ИТС).

В настоящее время разработано более 50 ИТС. Во многих из них отсутствуют Технологические показатели (ТП) НДТ, на основе которых должны быть разработаны технологические нормативы.

До сих пор отсутствуют правовые документы, на основании которых устанавливается норматив платы за сброс загрязняющих веществ, поскольку плата проводится в пределах допустимых законом нормативов. Этот вопрос имеет важное для водопользователей значение, так как внедрение НДТ осуществляется за счет средств водопользователя.

В США выдача разрешения на сброс загрязняющих веществ регулируется Национальной системой предотвращения сбросов загрязняющих веществ National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES). Разрешение NPDES содержит предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод, требования к мониторингу и отчетности. В разрешении также может быть рекомендовано применение той или иной наилучшей доступной технологией, обеспечивающей содержание загрязняющего вещества в пределах установленного лимита [National Pollutant Discharge Elimination System: NPDES Basics], [National Pollutant Discharge Elimination System: NPDES Permit Limits]. При разработке лимитов на сброс загрязняющих веществ исполнительные органы Агентства окружающей среды штатов руководствуются:

- технологическими возможностями очистки сточной вод. В таком случае устанавливаются предельные концентрации загрязняющих веществ в сточных водах исходя из возможностей применяемой технологии очистки (Technology-based effluent limitations, TBELs);

- стандартами качества воды, если технологически обоснованные лимиты не способны обеспечить необходимое качество вод. В этом случае в отношении приоритетных водных объектов устанавливаются максимально допустимые суточные нагрузки загрязняющих веществ (Total maximum daily loads, TMDLs) [National Pollutant Discharge Elimination System: NPDES Permit Limits].

В США выделено три критерия риска при нормировании качества сточных вод [National Pollutant Discharge Elimination System: NPDES Basics]:

1) критерии качества – допустимая концентрация загрязняющего вещества;

2) период времени (продолжительность), на протяжении которого концентрация вещества в воде водного объекта усредняется с целью сравнения с допустимой концентрацией;

3) допустимая частота нарушения допустимой концентрации без оказания негативного воздействия на конкретный вид водопользования.

Существует и проблема разработанных во всех водных бассейнах Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), которые в соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов РФ от 4 июля 2007 г. № 169 “Об утверждении Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов” должны были, в частности, обеспечить:

- оценку экологического состояния и ключевые проблемы речного бассейна;

- целевые показатели качества воды в водных объектах рассматриваемого речного бассейна;

- водохозяйственные балансы и балансы загрязняющих веществ;

- лимиты и квоты на забор воды из водных объектов и сброс сточных вод, позволяющие сконцентрировать всю необходимую информацию для разработки «мероприятий по достижению целевого состояния речного бассейна», в том числе и по качеству водных ресурсов (водного объекта).

Однако СКИОВО не являются нормативным документом, а используемые до сих пор при регулировании качества вод нормативно-методические акты игнорируют разработанные в СКИОВО целевые показатели качества вод, лимиты и квоты на забор воды из водных объектов и сброс сточных вод.

Также неустребованными оказались продекларированные «экологически и экономически обоснованные программы мероприятий по улучшению состояния водных ресурсов».

В итоге большая работа оказалась неустребованной. Очевидно, что необходимо использовать опыт развитых стран по использованию математических моделей. Например, в США для общей максимальной суточной нагрузки (аналога НДС и НДС) на участок водного объекта или объект в целом, используются сертифицированные программные комплексы, ориентированные на индивидуальный под-

ход для каждого водного объекта и каждого водопользователя [Guidance, 1991].

Отдельного внимания заслуживает тема управления качеством вод водохранилищ, созданных на многих равнинных российских реках. Водоохранилища стали огромными отстойниками, аккумулирующими в донных отложениях значительную часть загрязняющих веществ. Научные исследования последних лет показали, что объём и химический состав этих отложений в настоящее время таковы, что вероятность выхода вторичных загрязнений высока. В законодательстве РФ отсутствуют какие-либо нормативы содержания загрязняющих веществ в донных осадках. Фактически отсутствует мониторинг донных отложений, хотя Водный кодекс РФ предписывает ведение «мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохранных зон» (пункт 5.2 части 4 статьи 30).

Эффективность надзорной деятельности. Контрольно-надзорную деятельность Росприроднадзора также нельзя охарактеризовать как достаточно эффективную. Декларированная основная задача Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) – снижение нагрузки на окружающую среду объектами, подлежащими федеральному государственному экологическому надзору (на 10% к концу 2018 года и на 30% к концу 2025 года). Однако данные на рис. 2 свидетельствуют, что Росприроднадзор демонстрирует реактивную, а не превентивную политику, т.е. играет фискальную функцию, что вовсе не является задачей ведомства. Об эффективности работы свидетельствовало бы снижение суммы штрафов за загрязнение водных объектов. Затраты на охрану окружающей среды по охране водных ресурсов демонстрируют систематическое снижение (см. таблицу).

Затраты на охрану окружающей среды

Environmental Costs

Годы/the years	2005	2010	2014	2015	2016	2017
Объем затрат на охрану окружающей среды в процентах к ВВП Expenditures on environmental protection as a percentage of GDP	1.1	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7

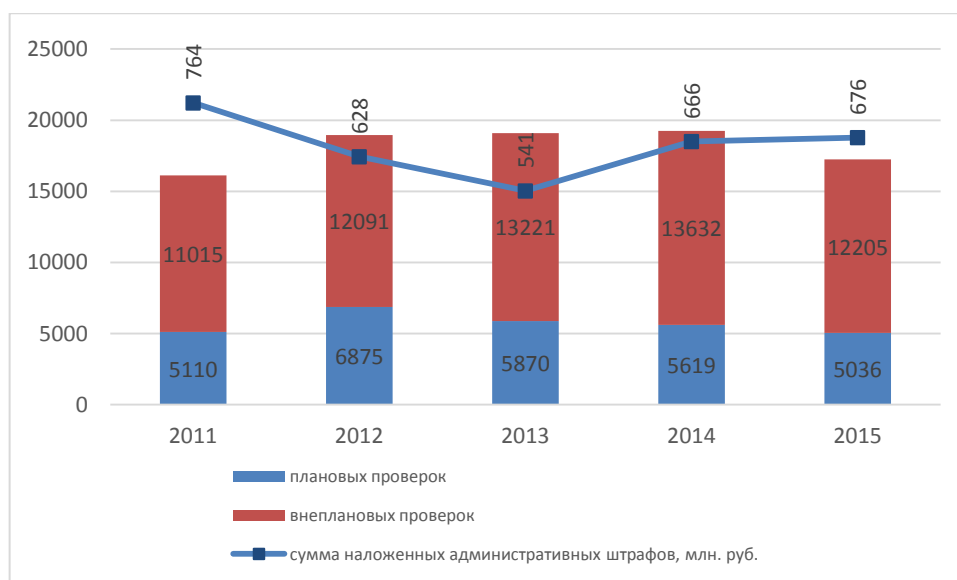


Рис. 2. Основные результаты контрольно-надзорной деятельности Росприроднадзора за 2011–2015 гг. [9 Доклад Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, 2016].

Fig. 2. The main results of the supervisory activities of Rosprirodnadzor for 2011–2015 [9 Report of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, 2016].

Несовершенство системы мониторинга и статистики. Неудовлетворенность в оценке воздействия на водные объекты РФ различных видов хозяйственной деятельности вызывает существующая система статистического учета. Статистика сбросов предприятиями загрязняющих веществ часто не достоверна, перечень компонентов устарел, отсутствуют методики оценки неконтролируемого (диффузного) стока и вторичных загрязнений от донных осадков [Гордин, 2006 (Gordin, 2006)].

Публикуемые данные не дают полной картины об источниках загрязнения водных объектов, так как содержат лишь качественные по сути характеристики сточных вод: загрязненные, очищенные и пр. Форма отчетности 2-ТП (водхоз) составляется самими предприятиями, и достоверность такой исходной информации Росприроднадзором не контролируется, хотя одной из его задач является “повышение информативности субъектов природопользования”.

Данные формы 2-ТП (водхоз) характеризуют лишь часть источников загрязнения: не контролируются диффузные источники, которые для ряда водных объектов, например, бассейна р. Волги, превышают объем загрязнений от контролируемых точечных источников [Кирпичникова, 1991 (Kirpichnikova, 1991)].

Недостатки научно-методической базы управления качеством вод. Научно-методическая база оценки и управления качеством природных вод в России, ориентирующаяся на системы ПДК и интегральные индексы, также устарела. В ней не учтены существ-

венно влияющие на качество природных вод физико-химические (например, осаждение) и гидробиологические процессы, эффекты синергизма компонентов состава (например, влияние жесткости на токсичность тяжелых металлов). Устарела методическая и приборная база мониторинга качества вод. Не проводится мониторинг органических ксенобиотиков (микрозагрязнителей), хотя в развитых странах количество таких наблюдений активно растет с начала 1990-х годов. Отсутствует методическая база оценки вредного влияния ксенобиотиков на экологическое состояние водных объектов и организм человека. Отсутствует мониторинг донных отложений, необходимый, прежде всего, для водоемов и водохранилищ.

Ограниченный учет опасных загрязняющих веществ. В условиях недостатка информации о реальном состоянии охраняемых водных объектов появляются весьма спорные документы, например, Распоряжение Правительства РФ от 8 июля 2015 г. N 1316-р “Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды”. Не пояснен термин “меры государственного регулирования”. Но более важен другой вопрос: в этом Распоряжении приведен список из 140 веществ и 17 стойких органических веществ в воде водных объектов, но количество ПДКв и ПДКвр значительно больше, и их списки пополняются. Как быть, если загрязняющее вещество найдено в концентрации, превышающей ПДК, но не входит в Пе-

речень указанного Распоряжения Правительства? И наоборот: концентрация меньше ПДК, но вещество входит в этот Перечень – применять ли к нему «меры государственного регулирования» и какие?

Наконец, номенклатура поллютантов не включает большие группы загрязняющих веществ, называемых органическими ксенобиотиками. Несмотря на сверхнизкие концентрации их обнаружения в водных объектах, их воздействие на обитателей водных объектов и человека через потребляемую питьевую воду весьма значительно. Особенно существенна данная проблема для водоемов-источников питьевого водоснабжения, так как типовые системы водоочистки не ориентированы на удаление этих веществ. Именно поэтому в развитых странах загрязнению ксенобиотиками уделяется большое внимание.

Двойственность подходов к нормированию негативного воздействия. В России принят подход на основании нормирования воздействия с использованием предельно допустимых концентраций (ПДК), в мировой практике получивший название опасность-ориентированного подхода, или концепции “нулевого” риска. Критерием допустимости загрязнения является выполнение неравенства $C < \text{ПДК}$, где C – концентрация загрязняющего вещества в т.н. “контрольном створе”.

В настоящее время в России существуют две основные системы нормативов качества природных поверхностных вод – при водохозяйственном (ПДКв) и рыбохозяйственном (ПДКвр) использовании водных объектов. Каждая из этих систем устанавливает единый норматив для всех водных объектов страны, несмотря на огромное различие физико-географических, климатических и социально-экономических условий. При этом рыбохозяйственные нормативы более жёсткие, чем водохозяйственные для большинства контролируемых загрязняющих веществ. На практике именно рыбохозяйственные нормативы используются как основные нормативы качества. Фактически, качество сточных вод по ряду действующих нормативно-методических документов должно быть значительно лучше, чем воды питьевого назначения. Более того, нормативы по алюминию, свинцу, цинку, меди даже более жёсткие, чем требования ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная.

Современный российский бизнес и муниципальные предприятия ни технологически, ни экономически не готовы к выполнению действующих высоких стандартов. Установление технологически недостижимых, экономи-

чески неоправданных и экологически необоснованно жёстких нормативов приводит, вопреки намерениям законодательных органов, не к улучшению экологической ситуации, а к её ухудшению. Любой хозяйствующий субъект, чтобы обеспечить рентабельность своего производства, может выделить лишь ограниченный ресурс на очистку сточных вод, реализацию водоохранных мероприятий и т. п. Если для выполнения установленных нормативов требуются затраты, превышающие этот ресурс, водопользователь вынужден решать свои проблемы вне рамок правового поля, не заботясь о поэтапном проведении неспешных для него водоохранных мероприятий.

Критика распространения рыбохозяйственных нормативов на все водные объекты страны не означает каких-либо претензий к самому рыбному хозяйству как водопользователю. Рыбное хозяйство (рыболовство и рыбоводство) испытывает немалые трудности из-за того, что до сих пор не сформулированы чёткие условия определения статуса водного объекта (или его участка) как рыбохозяйственного и критерии его зонирования для участков нереста, нагула, промысла. При этом должен учитываться видовой состав рыбной фауны, с выделением объектов, где обитают ценные виды.

В свою очередь, в природоохранительном законодательстве развитых стран, в частности в Европейском Союзе, уже более 20 лет происходит планомерный переход к риск-ориентированному подходу [General Report 2015. European Chemicals Agency, 2016]. На основании результатов оценки рисков принимается решение о способах водоохраны, а также о размере платежей за загрязнение.

Риск-ориентированный подход в регулировании качества вод. Риск-ориентированный подход (РОП) к регулированию качества вод на основе опыта развитых стран должен быть реализован по следующим направлениям:

- система требований к выдаче разрешений на осуществление хозяйственной деятельности для объектов негативного воздействия;
- система контрольно-надзорной деятельности природоохранных органов исполнительных власти при планировании и осуществлении проверок;
- система регулирования рынка производителей и экспортеров химических веществ.

В России в настоящее время отсутствует как законодательное, так и нормативно-методическое обеспечение этих видов РОП. Обратимся к опыту развитых стран.

Регулирование системы выдачи разрешений, основанное на РОП. В странах Европейского Союза (Великобритании, Ирландии, Шотландии, Нидерландах, Португалии) РОП применяется при выдаче экологических разрешений на сбросы сточных вод и водопользование. Ответственным органом за реализацию РОП в этих странах являются органы исполнительной власти, в основном, Агентства по охране окружающей среды (ООС). Такими Агентствами разработаны методики оценок рисков, а также правила снижения рисков для определенных видов деятельности.

Суммируя опыт развитых стран можно выделить шесть этапов в оценке рисков [Risk assessments, 2016]:

- определение и анализ рисков и источников рисков от объекта деятельности. Приводится укрупненный перечень видов деятельности, включающий вид опасности (напр., сточные воды), пути воздействия риска, мероприятия по снижению риска, уровень риска с учетом этих мероприятий.

- определение реципиентов, на которые воздействуют риски от рассматриваемой деятельности. В учет должны приниматься такие факторы, как нахождение вблизи особо охраняемых природных территорий и памятников культурного наследия, указываются все представители экосистемы водоема, на которые может быть оказано воздействие.

- определение возможных путей воздействия источников риска на реципиентов.

- оценка рисков, относящихся к характеру деятельности предприятия, уровни контроля.

- разработка системы управления рисками. Уровень системы управления рисками определяется степенью значимости выявленных рисков. Система должна включать описание всех видов операций на объекте; план технического обслуживания и ремонта оборудования; план реагирования на чрезвычайные ситуации; план управления развитием персонала и повышения компетенций; план вывода объекта из эксплуатации; проведение общественных слушаний.

- включение оценки риска в состав документации к заявке на получение КЭР (комплексного экологического разрешения).

Помимо этой стандартной процедуры на предприятия накладываются дополнительные обязательства в случае, если в составе сточных вод планируется сброс в водные объекты опасных веществ: аммиак; мышьяк; бор, бром, олово, ванадий, цинк, марганец, серебро, хром (III и VI), кобальт, медь, железо (II), хлор и его

производные (хлорфенолы, 3,4-дихлоранилин, дихлорбензол и др.), цианид, фталаты (диэтилфталат и др.), формальдегиды, сульфаты, сероводород, фенол, стирол, ксилол, триклозан, карбендазим. Природопользователь обязан провести оценку объемов их поступлений и тестирование для определения рисков окружающей среде.

По каждому веществу оценивается максимальное, минимальное и среднее значение концентрации в сточной воде, максимальный и средний объем сброса сточных вод. При отсутствии данных мониторинга сточных вод расчет осуществляется теоретически с использованием функций распределения фоновой концентрации и расходов воды в реке.

Определяется годовой объем образования каждого вещества, который сопоставляется, во-первых, с максимально допустимой концентрацией стандарта качества воды при оценке краткосрочного эффекта воздействия от сброса, во-вторых, с годовой предельно-допустимой нагрузкой (ГПДН) с учетом долгосрочного эффекта воздействия. Если по результатам сравнения установлено превышение ГПДН, проводится оценка рисков по специальной методике. Такую работу поручают сторонним консультантам.

По итогам оценки, объекты лицензирования подразделяются на три группы, согласно уровням негативного воздействия:

Объекты I группы – оказывают низкое воздействие на окружающую среду (например, рыболовство). Требования к ним ограничиваются оплатой лицензии и прохождением редких контрольно-надзорных проверок.

Объекты II группы – оказывают умеренное воздействие на ОС. Им выдаются стандартные разрешения и лицензии, применяется упрощенная Схема оценки производственных рисков.

Объекты III группы – наиболее технологически сложные и опасные производственные объекты. Им выдаются индивидуальные разрешения, для них проводится полноценная оценка рисков по специальной Схеме.

Риск-ориентированный подход в контрольно-надзорной деятельности. Необходимая степень контроля определяется на основании текущего статуса объекта с учетом оценки производственных рисков. В странах ЕС такая оценка проводится на основании пяти групп риск-факторов:

- сложность объекта воздействия: оценка вероятности существенного воздействия на одну или несколько сред (воздух, почва, вода); использование одного или нескольких отдель-

ных, но взаимосвязанных технических процессов; вероятность аварийных выбросов/сбросов; масштаб воздействия.

- входные и выходные потоки: состав и объем поступления загрязняющих веществ, нормативы допустимых сбросов; характер воздействия веществ на водную среду.

- местоположение: близость к территории проживания населения; близость к особо охраняемым природным территориям; наличие мер контроля; вероятность подтопления.

- система менеджмента предприятия и ее результативность: наличие или отсутствие системы экологического менеджмента; компетентность персонала, система обучения, наличие процедур мониторинга, аудита и оценки; наличие планов действий в чрезвычайных ситуациях.

- степень соответствия нормативно-правовым требованиям. История нарушений требований законодательства субъектом хозяйственной деятельности.

Совокупность рисков позволяет выявить итоговый уровень риска для конкретного предприятия и установить соответствующую величину платы для предприятия и издержек регулирующего органа на осуществление надзорной деятельности [Risk and Regulatory Policy, 2010].

Риск-ориентированная система регулирования рынка химических веществ представляет отдельную важную систему регулирования. Она действует в странах ЕС, США, Канаде, Швейцарии, Южной Корее, Китае, Турции. Большинство таких систем базируются на подходе REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals – Регистрация, Оценка, Разрешение и Ограничение Химических веществ).

Система введена в 2007 г. Высший орган исполнительной власти Европейского союза – Европейская Комиссия утвердила систему регулирования производства, размещения на рынке и использования химических веществ (как в чистом виде, так и в составе продукции) REACH, действующую по настоящий момент [Краткий обзор нового Регламента Европейского Союза по Химическим веществам REACH, 2006] и направленную на контроль за оборотом химических веществ и минимизацию вреда от их использования на здоровье человека и окружающую среду (ОС). Контроль выполнения закона осуществляет Европейское Химическое Агентство (ЕЧА).

Одним из основных требований REACH является возложение ответственности за оценку рисков и опасности химических веществ на

производителей и поставщиков. Они обязаны провести оценку безопасности для здоровья человека и окружающей среды химических веществ, которые они поставляют на рынки стран ЕС в составе продукции или в чистом виде, в случае если количество химического вещества превышает одну тонну.

Принципиальный подход к оценке экологической безопасности вещества включает [Краткий обзор, 2006], [Guidance in a Nutshell, 2009] оценку опасности, оценку воздействия и характеристику риска. На основании результатов такой оценки определяется необходимость разработки дополнительных мер контроля для снижения рисков.

Оценка проводится на основании набора первичных данных о физико-химических и токсикологических свойствах вещества, миграционном цикле в ОС и его экологической опасности, а также информации об основных направлениях и условиях использования исследуемого вещества. Для проведения оценки должны быть определены все стадии жизненного цикла (ЖЦ) вещества.

Оценка экологического риска проводится в три этапа. На первом этапе определяются условия использования вещества и оцениваются существующие меры по снижению риска, например, наличие сооружений очистки сточных вод и т.д. На втором этапе производится оценка объемов поступлений вещества в ОС (в составе выбросов, сбросов, поверхностного стока, отходов). На третьем этапе осуществляется оценка распределения вещества между компонентами ОС (атмосферным воздухом, водной средой, осадком, почвой), а также проводится оценка трансформации в ОС (биотическая/абиотическая деградация, аккумуляция) и воздействия на биообъекты.

Оценка степени воздействия вещества на биообъекты является основой оценки экологического риска и рассчитывается как отношение прогнозируемой концентрации вещества в ОС (РЕС) к прогнозируемой безопасной концентрации вещества (PNEC) в ОС. Если РЕС рассчитывается на основании теоретических данных, то PNEC определяется в ходе лабораторных тестов на биообъектах трех трофических уровней для определения воздействия при миграции вещества в пищевой цепи.

По итогам оценки степень риска исследуемого вещества для каждого из компонентов окружающей среды определяются по следующим критериям [Meriz, 2015]:

$РЕС/PNEC \leq 0.1$ – риск для окружающей среды является несущественным;

$0,1 < PEC/PNEC \leq 1$ – риск для окружающей среды является низким;

$1 < PEC/PNEC \leq 10$ – риск для окружающей среды является средним;

$PEC/PNEC > 10$ – риск для окружающей среды является высоким.

Авторы ставили перед собой задачу не проанализировать качество поверхностных вод Российской Федерации, а обозначить основные проблемы системы управления качеством природных вод, реализуемой через систему регулирования антропогенных нагрузок на водные объекты. Данные о состоянии природных вод приводятся в ежегодных Государственных докладах “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации” в соответствующем году.

В последние годы отмечается «стабилизация состояния загрязненности воды водных объектов по большинству компонентов химического состава», причем «экстремально высокие» (ЭВЗ) и «высокие уровни загрязнения» (ВЗ) поверхностных пресных вод на территории Российской Федерации были зафиксированы в 2017 г. по 37 основным ингредиентам: взвешенные вещества, марганец, нитритный азот, а также дефицит растворенного в воде кислорода и загрязнение тяжелыми металлами

Если установленный уровень риска указывает на высокий уровень риска при производстве и использовании вещества, необходимо проводить повторную оценку с указанием мер его снижения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

(Mn, Zn, Cu, Ni, Fe, Hg, Mo, Pb). Динамика количества случаев ВЗ и ЭВЗ поверхностных вод суши имеет тенденцию к росту на 20% за последние 10 лет [Государственный доклад, 2017].

Проанализированы основные, с точки зрения авторов, причины низкой эффективности регулирования качества воды водных объектов в России: плохое состояние и отставание от современного уровня нормативно-методической базы регулирования, экономического механизма водопользования, надзорной деятельности.

Отмечено отставание подзаконных методических документов в направлении перехода к регулированию качества на основе НДТ. Практически не разрабатывается риск-ориентированный подход, что будет тормозить охрану водных объектов от большого числа новых загрязняющих веществ (ксенобиотиков).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гордин И.В. Кризис водоохраных зон России. М.: Физматлит, 2006. 196 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа. 2016. 639 с.
- Доклад Федеральной службы по надзору в сфере природопользования об осуществлении и эффективности государственного контроля (надзора) за 2016 г.
- Жилищное хозяйство в России 2016 г. Федеральная служба государственной статистики.
- Кирпичникова Н.В. Исследование неконтролируемых источников загрязнения (на примере Ивановского водохранилища). Автореферат на соиск. уч. ст. к.т.н. 1991. 24 с.
- Краткий обзор нового Регламента Европейского Союза по Химическим веществам REACH, 2006.
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. М. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. 220 с.
- Охрана окружающей среды в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. М. 2018. 125 с.
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. N 1235-р “Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года”.
- General Report 2015. European Chemicals Agency, Helsinki, March 2016.
- Guidance in a Nutshell. Chemical Safety Assessment. European Chemicals Agency, 2009. P. 22.
- Guidance for Water Quality-Based Decisions / The TMDL Process. // U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Washington, D.C. Doc. No. EPA 440/4-91-001. April 1991.
- Meriz S. Environmental Risk Assessment of 20 Human Use Antibiotics in Surface Water and Urban Wastewater/ S. Meriz, F. Ekmekyapar, G. Varol // Jacobs Journal of Civil Engineering. 2015, V 1(1): 007. P. 6.
- National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES): NPDES Basics by United States Environmental Protection Agency.
- National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES): NPDES Permit Limits by United States Environmental Protection Agency.
- Risk assessments for your environmental permit. Guidance. Department for Environment, Food & Rural Affairs and Environment Agency, England, 2016.
- Risk and Regulatory Policy / Improving the Governance of Risk by OECD Reviews of Regulatory Reform, 2010.

REFERENCES

- Doklad Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere prirodopol'zovaniya ob osushchestvlenii i effektivnosti gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) za 2016 g. [Report of the Federal Service for Supervision of Natural Resources on the implementation and effectiveness of state control (supervision) for 2016] [In Russian]
- General Report 2015. European Chemicals Agency, Helsinki, March 2016.
- Guidance in a Nutshell. Chemical Safety Assessment. European Chemicals Agency, 2009. P. 22.
- Guidance for Water Quality-Based Decisions: The TMDL Process. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Washington, D.C. Doc. № EPA 440/4-91-001. April 1991.
- Gordin I.V. 2006. Krizis vodookhrannykh zon Rossii [The crisis of water protection zones of Russia] M.: Phizmatlit. 196 p. [In Russian]
- Gosudarsyvennyy doklad "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoi federatsii v 2017" [State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2017"] M.: Минприроды России, NIA Priroda. 639 p. [In Russian]
- Zhilishchnoye khozyaystvo v Rossii. 2016. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Housing in Russia. 2016. Federal State Statistics Service] . [In Russian]
- Kirpichnikova N.V. Issledovaniye nekontroliruyemykh istochnikov zagryazneniya (na primere Ivan'kovskogo vodokhranilishcha). Avtoreferat na soiskaniye stepeni k.t.n. [Study of uncontrolled sources of pollution (on the example of the Ivankovo reservoir. Abstract for the degree of Ph.D.) Institute of Water Problems RAS. 1991. 24 p. [In Russian]
- Kratkiy obzor novogo Reglamenta Yevropeyskogo Soyuza po Khimicheskim veshchestvam REACH [A brief overview of the new REACH European Union Regulation on Chemicals] 2006 [In Russian]
- Meriz S. Environmental Risk Assessment of 20 Human Use Antibiotics in Surface Water and Urban Wastewater/ S. Meriz, F. Ekmekyapar, G. Varol // Jacobs Journal of Civil Engineering. 2015, V 1(1): 007. P. 6.
- National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES): NPDES Basics by United States Environmental Protection Agency.
- National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES): NPDES Permit Limits by United States Environmental Protection Agency.
- O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2016 godu: Gosudarstvennyy doklad. Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2016: State report. Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare] 2017. 220 p. [In Russian]
- Okhrana okruzhayushchey sredy v Rossii. 2018 [Environmental protection in Russia. 2018] Rosstat. M. 2018. 125 p. [In Russian]
- Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27 avgusta 2009 g. N 1235-r "Vodnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda" [Order of the Government of the Russian Federation of August 27, 2009 N 1235-p "Water Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2020"] [In Russian]
- Risk assessments for your environmental permit. Guidance. Department for Environment, Food & Rural Affairs and Environment Agency, England, 2016.
- Risk and Regulatory Policy: Improving the Governance of Risk by OECD Reviews of Regulatory Reform, 2010.

MODERN PROBLEMS OF QUALITY MANAGEMENT SURFACE WATER

E. V. Venitsianov, G. V. Ageenko

Institute of water problems of RAS

119333 Moscow, Gubkina, 3, e-mail: eugen.venitsianov@gmail.com

The analysis of the current state of surface water quality in Russia is presented. The main problems of quality management are outlined: every second inhabitant of the Russian Federation is forced to use for drinking purposes water that does not meet the established standards; isolation of its economic mechanism of quality management from its real needs; outdated and contradictory legislative and regulatory framework of management; low efficiency of supervisory activities; imperfection of monitoring and statistics; insufficient attention to the scientific and methodological basis of quality management. The necessity of transition to risk-oriented approach in water quality regulation is substantiated.

Keywords: natural water quality, quality management, quality standards, risk-oriented approach to management

FREE-LIVING HETEROTROPHIC FLAGELLATES FROM FRESHWATERS OF KYRGYZSTAN

K. I. Prokina^{1,2}

¹Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, 152742 Borok, Russia

²Laboratory of Cellular and Molecular Protistology, Zoological Institute Russian Academy of Sciences, 199034 Saint Petersburg, Russia, e-mail: kristin892@mail.ru

A total of 42 species and seven forms not identified to species level of heterotrophic flagellates were found in studied locations in Kirgizia. The following species were found most frequently: *Ancyromonas sigmoides*, *Bodo saltans*, *Neobodo designis* and *Petalomonas poosilla*. Distribution of species across locations is not uniform: maximum and minimum numbers of species were encountered in two bays of Lake Issyk-Kul. The similarity of studied biotopes by species composition was very low.

Keywords: protists, species composition, Lake Issyk-Kul, Middle Asia

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10002

INTRODUCTION

Free-living heterotrophic flagellates are a polyphyletic group of single-cell eukaryotes that have one or more flagella during at least one of the stages of the life cycle [Patterson, Larsen, 1991]. These organisms are ubiquitous in waterbodies of different types. Having a number of important ecological functions they are an integral unit of microbial food web [Arndt et al., 2000]. The majority of heterotrophic flagellates consume bacteria facilitating recirculation and remineralization of biogenic elements as well as participating in the processes of purification of waterbodies from organic matter [Umorin, 1976; Zhukov, Mylnikov, 1983].

Biogeography and ecology of heterotrophic flagellates are currently being actively studied, which is facilitated by the large amount of new data on the species composition and distribution of species [Mazei, Tikhonenkov, 2005; Lee, Patterson, 1998; Azovsky et al., 2016 etc.]. However, many regions remain unstudied. Also, we did not find data on the species composition of heterotrophic flagellates on the territory of Kyrgyzstan.

Aim of the study – to determine the species composition and distribution patterns of heterotrophic flagellates in the northeastern part of Kyrgyzstan (Lake Issyk-Kul area) using methods of light microscopy.

MATERIALS AND METHODS

The northeastern part of Kyrgyzstan (Lake Issyk-Kul and its environs) was investigated: four small bays of Issyk-Kul Lake (sampling sites 2, 4, 5, 9), three mouths of watercourses flowing into Issyk-Kul Lake (sampling sites 1, 3, 7), two separate waterbodies (sampling sites 6, 8) and green moss in the Aksu valley (sampling site 10). In each of these locations, 1–3 samples were taken, which were subsequently summarized. Salinity in the Issyk-Kul Lake – 6.22‰ [Isanova et al., 2017]. Detailed data on sampling sites is presented in the table and in figure 1.

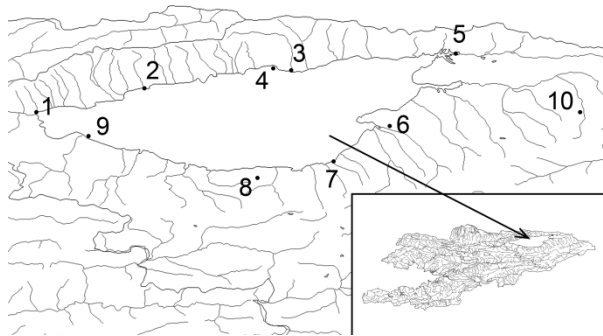


Fig. 1. Map-scheme of sampling sites (numbering in accordance with the table).

The samples were collected by B.A. Levin within the joint expedition of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences and the Biological-Soil Institute of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic from July 23 to July 27, 2016. Water samples with a portion of the bottom soil from waterbodies were placed in plastic 15 ml tubes, moss particles were placed in plastic 50 milliliter tubes and filled with sterile water. Non-fixated samples were delivered to the laboratory at 4 °C in the dark. In the chamber conditions, the samples were placed in Petri dishes, enriched with a suspension of *Pseudomonas fluorescens* Migula bacteria (0.15 ml of bacteria suspension per 5 ml of sample) and kept in a thermostat at 22 °C in the dark. Live flagellates were viewed for 10 days to identify hidden species diversity according to generally accepted methods [Vørs, 1992]. An AxioScope A1 light microscope (Carl Zeiss, Germany) with phase-contrast and DIC devices and water immersion objectives (total magnification × 1120) was used for the observations. Recording flagellates on video produced analog video demo AVT HORN MC1009/S, followed by digitization.

The method of single addition based on the calculation of the Bray–Curtis faunal similarity coefficient in the PAST program [Hammer et al., 2001] was used to build a dendrogram of species composition similarity of waterbodies.

Sampling sites for heterotrophic flagellates in Kyrgyzstan

№	Coordinates, N, E	Location	Microbiotope	Altitude, m	Water temperature, °C	Number of species
1	42°27'03.4" 76°11'18.7"	The mouth of the stream flowing into the Issyk-Kul Lake	–	1569	14.2	4
2	42°34'41.6" 76°44'04.0"	A small bay of Issyk-Kul Lake	–	–	20.8	1
3	42°39'21.2" 77°28'40.0"	Mouth of the Chon-Aksu River	–	1552	8.3	8
4	42°39'24.7" 77°27'37.8"	A small bay one kilometer west of the mouth of the Chon-Aksu River	Sludge	1553	11.9	24
5	42°44'42.8" 78°18'27.1"	Tup Bay	Sludge	–	16.9	5
6	42°42'54.0" 77°55'08.6"	Separate water body in the vicinity of the Kyzyl-Suu Bay of Issyk-Kul Lake	Sand, detritus	–	–	8
7	42°12'33.2" 77°41'03.8"	Mouth of the Dzhangylchak River	–	–	–	6
8	42°10'33.3" 78°19'59.9"	Karakul Lake in the vicinity of Issyk-Kul Lake	–	1600	20.0	16
9	42°18'49.4" 76°27'53.9"	Bay of Issyk-Kul Lake	Sand, detritus	–	19.0	3
10	42°29'35.8" 78°56'05.49"	Valley of Aksu River	Green moss	2680	–	7

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 42 species and 7 forms of heterotrophic flagellates belonging to 34 genera and four macrotaxonomic clusters. The modern generally accepted macrosystem of eukaryotes, which does not indicate the status of macro-taxa (marked with asterisks), is used in the study [Adl et al., 2012].

AMOEBOZOA Lühe, 1913 emend. Cavalier-Smith, 1998

*Eumycetozoa Zopf, 1884 emend. Olive, 1975

**Incertae sedis Eumycetozoa

Hyperamoeba flagellata Alexeieff, 1923. Lake Issyk-kul Bay (site 9).

OPISTHOKONTA Cavalier-Smith, 1987 emend. Adl et al., 2005

**Choanoflagellata Cavalier-Smith, 1998

***Craspedida Cavalier-Smith, 1997 emend. Nitsche et al., 2011

Codosiga botrytis (Ehrenberg, 1838) Kent, 1880 [bas.: *Epistylis botrytis* Ehrenberg, 1838]. At the mouth of the stream, which flows into Lake Issyk-Kul (site 1), at the mouth of the Chon-Aksu River (3), in Karakul Lake (8).

Monosiga ovata Kent, 1880. Lake Karakul (site 8).

Salpingoeca amphoridium James-Clark, 1868. Lake Karakul (site 8).

A number of publications were used to identify species [Zhukov, Mylnikov, 1983; Larsen, Patterson, 1990; Vørs, 1992; Ekebom et al., 1995; Al-Quassab et al., 2002; Schroeckh et al., 2003; Howe et al., 2011].

SAR (group including Stramenopiles, Alveolata, Rhizaria)

*Stramenopiles Patterson, 1989 emend. Adl et al., 2005

**Bicosoecida Grasse, 1926 emend. Karpov, 1998

Caecitellus parvulus (Griessmann, 1913) Patterson et al., 1998 [bas.: *Bodo parvulus* Griessmann, 1913]. At the mouth of the stream, which flows into Lake Issyk-Kul (site 1).

**Chrysophyceae Pascher, 1914

Spumella sp. In a waterbody close to Kyzyl-Suu bay of Lake Issyk-Kul (site 6), in the mouth of Dzhangylchak River (7), in Lake Karakul (8).

*Rhizaria Cavalier-Smith, 2002

**Cercozoa Cavalier-Smith, 1998 emend. Adl et al., 2005

***Cercomonadidae Kent, 1880 emend. Mylnikov et Karpov, 2004

Cercomonas directa Brabender et al., 2012. In Tyup bay of Lake Issyk-Kul (site 5), in a waterbody close to Kyzyl-Suu bay of Lake Issyk-Kul (6).

Cercomonas sp. 1. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).

Cercomonas sp. 2. In moss in the valley of River Aksu (site 10).

***Glissomonadida Howe et Cavalier-Smith, 2009
Allantion tachyploon Sandon, 1924. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 2).
Allapsa sp. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
Sandona sp. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 9).
Teretomonas rotunda Howe et al., 2009. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
 ***Tremula Howe et al., 2011
Tremula vibrans (Sandon, 1927) Cavalier-Smith in Howe et al., 2011 [bas.: *Cercobodo vibrans* Sandon, 1927; syn.: *Cercomonas vibrans* (Sandon, 1927) Karpov et al., 2006]. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
 ***Granofilosea Cavalier-Smith et Bass, 2009
Massisteria marina Larsen et Pattersen, 1990. In a waterbody close to Kyzyl-Suu Bay of Lake Issyk-Kul (site 6).
 ***Thecofilosea Cavalier-Smith, 2003 emend. Cavalier-Smith, 2011
 ****Cryomonadida Cavalier-Smith, 1993
Protaspa simplex (Vørs, 1992) Cavalier-Smith in Howe et al., 2011 [bas.: *Protaspis simplex* Vørs, 1992]. In the mouth of Chon-Aksou River (site 3), in a bay of Lake Issyk-Kul (4), in Lake Karakul (8).
 Incertae sedis Cercozoa
Microcometes paludosa Cienkowski, 1876. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 9).
 **Incertae sedis Rhizaria
Helkesimastix faecicola Woodcock et Lapage, 1915. In Lake Karakul (site 8).
 EXCAVATA Cavalier-Smith, 2002 emend. Simpson, 2003
 *Discoba Simpson in Hampl et al., 2009
 **Jakobida Cavalier-Smith, 1993 emend. Adl et al., 2005
 ***Histonidae Flavin et Nerad, 1993
Histiona aroides Pasher, 1942. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
Reclinomonas americana Flavin et Nerad, 1993. In moss in the valley of Aksu River (site 10).
 **Discicristata Cavalier-Smith, 1998
 ***Heterolobosea Page et Blanton, 1985
 ****Tetramitida Cavalier-Smith, 1993 emend. Cavalier-Smith in Cavalier-Smith et Nikolaev, 2008
Percolomonas similis Lee et al., 2003. In Lake Karakul (site 8).
 ***Euglenozoa Cavalier-Smith, 1981 emend. Simpson, 1997
 ****Euglenida Bütschli, 1884 emend. Simpson, 1997

*****Heteronematina Leedale, 1967
Anisonema trepidum Larsen, 1987. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4), in the mouth of Dzhangylchak River (7).
Entosiphon sulcatum (Dujardin, 1841) Stein, 1878 [bas.: *Anisonema sulcata* Dujardin, 1841]. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
Heteronema globulifera (Ehrenberg, 1838) Stein, 1878 [bas.: *Trachelius globulifer* Ehrenberg, 1838]. In a waterbody close to Kyzyl-Suu Bay of Lake Issyk-Kul (site 6).
Heteronema hexagonum (Playfair, 1921) Skuja, 1948 [bas.: *Anisonema hexagonum* Playfair, 1921]. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
Notosolenus apocamptus Stokes, 1884. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
Notosolenus similis Skuja, 1939. At the mouth of the Chon-Aksu River (site 3), in a waterbody close to Kyzyl-Suu Bay of Lake Issyk-Kul (site 6).
Petalomonas labrum Lee et Patterson, 2000. Lake Karakul (site 8).
Petalomonas minuta Hollande, 1942. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4), Lake Karakul (8).
Petalomonas ornata Skvortzov, 1957. In the mouth of Dzhangylchak River (site 7).
Petalomonas poosilla (Skuja, 1948) Larsen et Patterson, 1990 [bas.: *P. pusilla* Skuja, 1948]. At the mouth of the stream, which flows into Lake Issyk-Kul (site 1), at the mouth of the Chon-Aksu River (3), in a bay of Lake Issyk-Kul (4), Lake Karakul (8).
Petalomonas tricarinata Skuja, 1939. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
Petalomonas sp. 1. Lake Karakul (site 8).
Petalomonas sp. 2. Lake Karakul (site 8).
Ploeotia obliqua (Klebs, 1893) Schroeckh et al., 2003 [bas.: *Entosiphon obliquum* Klebs, 1893]. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).
 ****Kinetoplastea Honigberg, 1963
 *****Metakinetoplastina Vickerman in Moreira et al., 2004
 *****Neobodonida Vickerman in Moreira et al., 2004
Neobodo curvifilus (Griessmann, 1913) Moreira et al., 2004 [bas.: *Bodo curvifilus* Griessmann, 1913]. In the mouth of Chon-Aksou River (site 3).
Neobodo designis (Skuja, 1948) Moreira et al., 2004 [bas.: *Bodo designis* Skuja, 1948]. In the mouth of Chon-Aksou River (site 3), in two bays of Lake Issyk-Kul (4, 5), in a waterbody close to Kyzyl-Suu Bay of Lake Issyk-Kul (6), in the mouth of Dzhangylchak River (7), Lake Karakul (8).
Rhynchomonas nasuta (Stokes, 1888) Klebs, 1893 [bas.: *Heteromita nasuta* Stokes,

1888]. At the mouth of the stream, which flows into Lake Issyk-Kul (site 1), in a waterbody close to Kyzyl-Suu Bay of Lake Issyk-Kul (6), Lake Karakul (8).

*****Parabodonida Vickerman in Moreira et al., 2004

Parabodo caudatus (Dujardin, 1841) Moreira et al., 2004 [bas.: *Amphimonas caudata* Dujardin, 1841; syn.: *Diplomastix caudata* Kent, 1880; *Bodo caudatus* (Dujardin, 1841) Stein, 1878]. In moss in the valley of Aksou River (site 10).

*****Eubodonida Vickerman in Moreira et al., 2004

Bodo saltans Ehrenberg, 1838 [syn.: *Pleuromonas jaculans* Perty, 1852]. In two bays of Lake Issyk-Kul (sites 4, 5), in a waterbody close to Kyzyl-Suu Bay of Lake Issyk-Kul (6), in the mouth of Dzhangylchak River (7), in moss in the valley of Aksou River (10).

*****Incertae sedis Kinetoplastea

Bordnamonas tropicana Larsen et Patterson, 1990. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).

Incertae sedis EUKARYOTA

Pseudophyllomitus apiculatus (Skuja, 1948) Lee, 2002 [bas.: *Phyllomitus apiculatus* Skuja, 1948]. In the mouth of Chon-Aksou River (site 3), in a bay of Lake Issyk-Kul (4), in moss in the valley of Aksou River (10).

*Ancyromonadida Cavalier-Smith, 1998

Ancyromonas sigmoides Kent, 1880 [syn.: *Planomonas mylnikovi* Cavalier-Smith in Cavalier-Smith et al., 2008]. In two bays of Lake Issyk-Kul (sites 4, 5), Lake Karakul (8), in moss in the valley of Aksou River (10).

*Apusomonadida Karpov et Mylnikov, 1989

Amastigomonas caudata Zhukov, 1975. In two bays of Lake Issyk-Kul (sites 4, 5).

Amastigomonas griebensis Mylnikov, 1999. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).

Amastigomonas marina (Mylnikov, 1989) Mylnikov, 1999 [bas.: *Cercomonas marina* Mylnikov, 1989]. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4).

Amastigomonas muscula Mylnikov, 1999. In the mouth of Chon-Aksou River (site 3).

*Cryptophyceae Pascher, 1913 emend. Adl et al., 2012

**Goniomonas Stein, 1878

Goniomonas amphinema Larsen et Patterson, 1990. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4), in the mouth of Dzhangylchak River (7), Lake Karakul (8).

Goniomonas truncata (Fresenius, 1858) Stein, 1878 [bas.: *Monas truncata* Fresenius,

1858]. In a bay of Lake Issyk-Kul (site 4), in moss in the valley of Aksou River (10).

The maximum species richness is recorded in Excavata – 23 species, and SAR (a group comprising 3 large taxa – Stramenopiles, Alveolata, Rhizaria) – 14 species. The minimal number of species is found in Opisthokonta (3 species), and Amoebozoa (1 species). The flagellates of uncertain systematic position include 8 species. The most common species in the samples were: *Neobodo designis* (6 locations), *Bodo saltans* (5), *Ancyromonas sigmoides* and *Petalomonas poosilla* (4 locations each). The same species are most common in other freshwater habitats we studied [Prokina, Philippov, 2017 (Prokina, Philippov, 2017); Prokina et al., 2017a, 2017b; Prokina, Mylnikov, 2018]. The most rare (found in only one sampling site) – 33 species.

All of the identified species are probably new to the country, since we did not find data on the species composition of heterotrophic flagellates of Kyrgyzstan.

The maximum (site 4 – 24 species) and minimum (site 2 – 1 species) species diversity is recorded in the bays of Lake Issyk-Kul. In other cases, the total species richness of the studied biotopes is 3–16 species. The average number of species per location is 8.2, the distribution of species is non-uniform (see table).

In Lake Issyk-Kul (sites 2, 4, 5, 9), 29 species of heterotrophic flagellates were found. Among them are unique (found only here) – 18 species (62.1%): *Allantion tachyploon*, *Allapsa* sp., *Amastigomonas caudata*, *A. griebensis*, *A. marina*, *Bordnamonas tropicana*, *Cercomonas* sp. 1, *Entosiphon sulcatum*, *Heteronema hexagonum*, *Histiona aroides*, *Hyperamoeba flagellata*, *Microcometes paludosa*, *Notosolenus apocampatus*, *P. tricarinata*, *Ploeotia obliqua*, *Sandona* sp., *Teretomonas rotunda*, *Tremula vibrans*. The average number of species in each location is 8.25.

In the streams flowing into the Lake Issyk-Kul (sites 1, 3, 7), 15 species were recorded. Of these, 4 species (26.7%) are unique: *Amastigomonas muscula*, *Caecitellus parvula*, *Neobodo curvifilis*, *Petalomonas ornata*. The average number of species in each location is 6.

In two separate waterbodies located in close proximity to the Lake Issyk-Kul (sites 6 and 8), 21 species were found. Of these, 9 species (42.9%) are unique: *Helkesimastix faecicola*, *Heteronema globulifera*, *Massisteria marina*, *Monosiga ovata*, *Percolomonas similis*, *Petalomonas labrum*, *Petalomonas* sp. 1, *Petalomonas* sp. 2, *Salpingoeca amphoridium*.

The average number of species in each location is 12.

Seven species of heterotrophic flagellates were associated with green moss (site 10). Of these, 3 soecies (42.9%) are unique: *Cercomonas* sp. 2, *Parabodo caudatus*, *Reclinomonas americana*.

Thus, the maximum number of species, as well as the largest number of unique species, was identified in Issyk-Kul Lake (29 species in total, of which 62.1% are unique). However, more samples were studied in this lake than in other biotopes; therefore, we also compared the average number of species for each location within a certain type of biotope, and the maximum value was found in watercourses flowing into Lake Issyk-Kul (12 species on average in each site).

When comparing the species composition of heterotrophic flagellates of Lake Issyk-Kul and the neighboring waterbodies, no regularity was found: 7–8 common species were recorded between these types of water bodies. Only one species – *Bodo saltans* was found in all 4 types of biotopes.

Forty-nine species of heterotrophic flagellates have been found in the investigated locations of Kyrgyzstan, all of them are new to the country. The distribution of species over locations is extremely uneven: the maximum and minimum

The author are grateful to B.A. Levin (IBIW RAS) for sampling and A.P. Mylnikov (IBIW RAS) for advice on the species identification. This work was supported by the Russian Foundation for Basis Research (grants 17-04-005656, 18-504-51028 NIF_a, 15-29-02518 ofi_m).

CONCLUSION

number of species are recorded in two bays of Lake Issyk-Kul. The studied locations are characterized by extremely low species composition similarity.

REFERENCES

- Adl S.M., Simpson A.G.B., Lane C.E., Lukeš J., Bass D. et al. 2012. The revised classification of eukaryotes // *Journal of Eukaryotic Microbiology*. V. 59. P. 429–493. DOI: 10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x
- Al-Quassab S., Lee W.J., Murray S., Simpson A.G.B., Patterson D.J. 2002. Flagellates from stromatolites and surrounding sediments in Shark Bay, Western Australia // *Acta Protozoologica*. V. 41. P. 91–144.
- Arndt H., Dietrich D., Auer B., Cleven E.-J., Grafenhan T., Wietere M., Mylnikov A.P. 2000. Functional diversity of heterotrophic flagellates in aquatic ecosystems. In: *The flagellates: Unity, diversity and evolution*. (Eds: Leadbeater B.S.C. and Green J.C.). Taylor and Francis, London and New York. pp. 240–268.
- Azovsky A.I., Tikhonenkov D.V., Mazei Yu.A. 2016. An estimation of the global diversity and distribution of smallest eukaryotes: biogeography of marine benthic heterotrophic flagellates // *Protist*. V. 167. P. 411–424. <http://dx.doi.org/10.1016/j.protis.2016.07.001>
- Ekeboom J., Patterson D.J., Vørs N. 1995. Heterotrophic flagellates from coral reef sediments (Great Barrier Reef, Australia) // *Archiv für Protistenkunde*. V. 146. P. 251–272.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. V. 4. № 1. 9pp.
- Howe A.T., Bass D., Scoble J.M., Lewis R., Vickerman K., Arndt H., Cavalier-Smith T. 2011. Novel cultured protists identity deep-branching environmental DNA clades of Cercozoa: new genera *Tremula*, *Micrometopion*, *Minimassisteria*, *Budifila*, *Peregrinia* // *Protist*. V. 162. P. 332–372. doi:10.1016/j.protis.2011.06.002
- Isanova G., Asankulov T., Temirbaeva K. 2017. Mnogoletnaya dinamika gidrokhimii ozera Issyk-Kul [Long-term dynamics of hydrochemistry of the Issyk-Kul Lake] // *Vestnik. Seriya geograficheskaya*. № 2 (45). S. 86–91. [In Russian]

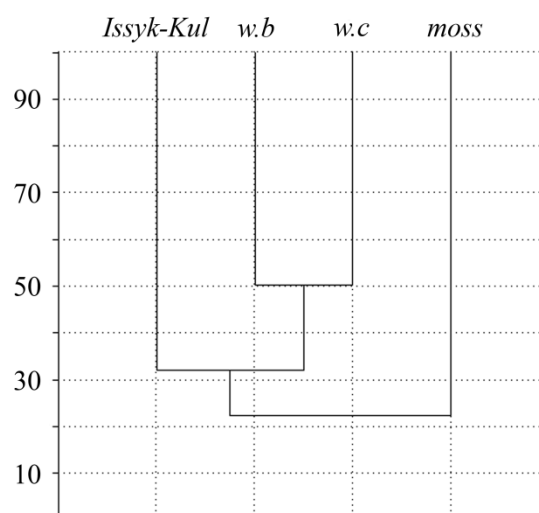


Fig. 2. Dendrogram of the similarities (%) of types of biotopes by species composition. Abbreviations: *w.b* – water bodies; *w.c* – water courses.

The dendrogram of species composition similarity also shows minimal similarity between individual samples (in all cases clusters with a similarity of less than 50%), and between individual types of biotopes (only waterbodies and streams are grouped into a cluster with a similarity of 50%) (Fig. 2, 3).

- Larsen J., Patterson D.J. 1990. Some flagellates (Protista) from tropical marine sediments // *Journal of Natural History*. V. 24. P. 801–937.
- Lee W.J., Patterson D.J. 1998. Diversity and geographic distribution of free-living heterotrophic flagellates—analysis by PRIMER. *Protist*. V. 149. № 3. P. 229–244.
- Lee W.J., Patterson D.J. 2000. Heterotrophic flagellates (Protista) from marine sediments of Botany Bay, Australia // *Journal of Natural History*. V. 34. P. 483–562.
- Mazei Yu.A., Tikhonenkov D.V., Mylnikov A.P. 2005. Vidovaya struktura soobshchestva i obiliye geterotrophnykh zhgutikonostsev v malykh presnykh vodoyomakh [The species structure of community and abundance of heterotrophic flagellates in small freshwater bodies] // *Zoologicheskii Zhurnal*. T. 84. № 9. S. 1027–1040. [In Russian]
- Patterson, D.J., Larsen, J. 1991. *Biology of free-living heterotrophic flagellates*. Oxford, University Press. 503 p.
- Prokina K.I., Mylnikov A.P. 2018. Geterotrophnyie zhgutikonostsy presnovodnykh i morskikh mestoobitaniy Yuzhnoi Patagonii i Ognennoi Zemli (Chili) [Heterotrophic flagellates from freshwater and marine habitats of South Patagonia and Tierra del Fuego, Chile]. // *Zoologicheskii Zhurnal*. T. 97. № 6 (in press). [In Russian] DOI: 10.1134/S0044513418120097
- Prokina K.I., Mylnikov A.P., Galanina O.V., Philippov D.A. 2017a. First report on heterotrophic flagellates in the mires of Arkhangelsk region, Russia // *Biology Bulletin*. V. 44. № 9. P. 1067–1078. DOI: 10.1134/S1062359017090096
- Prokina K.I., Mylnikov A.P., Zelalem W. 2017b. First data on heterotrophic flagellates and helozoans of Ethiopia // *Biology Bulletin*. V. 44. № 8. P. 896–912. DOI: 10.1134/S106235901708012X

СВОБОДНОЖИВУЩИЕ ИНFUЗОРИИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

С. В. Быкова

Институт экологии Волжского бассейна РАН

445003, г. Тольятти, 10, Самарская обл., e-mail: svbykova@rambler.ru

Изучен видовой состав (113 видов) и распределение свободноживущих инфузорий глубоководной зоны водохранилищ Камского каскада в летнюю межень 2014 и 2016 гг. Показано незначительное снижение видового разнообразия сверху вниз по течению р. Камы; проведено его сравнение с показателями видового разнообразия в водохранилищах Волжского каскада. Проанализирован состав структурообразующих видов (из отр. Tintinnida, отр. Choreotrichida и п/кл. Scuticociliatia), их распределение по акватории отдельных водохранилищ и вдоль продольной оси каскада. Численность инфузорий на участке от пос. Пыскор до Атабаево варьировала в пределах 119–4892 тыс. экз./м³, биомасса – от 1.4 до 186 мг/м³, продукция – от 1.1 до 134 мг/м³. Максимальные показатели отмечались в районе устья р. Белой, минимальные – на глубоководных станциях с дефицитом кислорода в придонных слоях. Рассмотрено пространственное распределение количественных показателей сообщества инфузорий по морфологическим районам водохранилищ. Формирование резких градиентов абиотических факторов (в частности, содержания кислорода) приводит к синхронизации параметров сообщества инфузорий и их высокой вариабельности (амплитуде колебаний). Дана сапробиологическая оценка водохранилищ по инфузориям-индикаторам сапробности среды: вода в водохранилищах относится к β - α -мезосапробной зоне. Наибольшие индексы сапробности характерны станций в районе сброса сточных вод и станции с большими глубинами в приплотинных участках водохранилищ.

Ключевые слова: инфузории, планктон, Камский каскад водохранилищ, видовой состав, пространственное распределение.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10003

В основе любых масштабных мероприятий по сохранению природных ресурсов бассейна Волги (федеральной целевой программы «Возрождение Волги» [Постановление правительства..., 1998 (Postanovlenie Pravitel'stva ..., 1998)] или приоритетного проекта «Оздоровление Волги» [Паспорт приоритетного..., 2017 (Pasport prioritetnogo ..., 2017)]) лежат знания о “незначительных” с точки зрения глобальности поставленных проблем элементах биоты – простейших. В то время как роль последних в трансформации вещества и энергии в экосистемах давно доказана [Мордухай-Болтовская, Сорокин, 1965 (Morduhaj-Boltovskaya, Sorokin, 1965); Мамаева, Копылов, 1978 (Mamaeva, Kopylov, 1978); Мамаева, 1986 (Mamaeva, 1986); Оболкина, 2015 (Obolkina, 2015); Berninger et al., 1986; Porter et al., 1986; Beaver, Crisman, 1989; Berninger et al., 1991; Foissner et al., 1999 и др.], бесспорным остается и то, что инфузории остаются наименее изученными по сравнению с ихтиофауной, зоо- и фитопланктоном. Особенно это касается главного притока Волги – р. Камы. Все исследования инфузорий Волжского бассейна сводились, в основном, к исследованиям в волжских водохранилищах [Волга и ее жизнь, 1978 (Volga i ee zhizn', 1978); Мамаева, 1979 (Mamaeva, 1979), Жариков, Ротарь, 1994 (Zharikov Rotar, 1994)]. Наиболее изученной считается фауна Рыбинского (Верхняя Волга) [Экологические про-

блемы..., 2001 (Ehkologicheskie-problemy..., 2001)] и Куйбышевского водохранилищ (Средняя Волга) [Жариков, Ротарь, 1992 (Zharikov, Rotar, 1992); Ротарь, 1995 (Rotar, 1995)]. Можно считать, что первые сведения о простейших р. Камы были получены в результате обследования р. Исеть, Чусовского залива и Камской ветви Куйбышевского водохранилища [Белихов, 1964 (Belihov, 1964)]. Позже З.М. Мыльникова [1990 (Mylnikova, 1990)] выявила восемь массовых видов свободноживущих инфузорий в Воткинском и Нижнекамском водохранилищах. В 2003 г. были опубликованы сведения Т.А. Кондратьевой [2003 (Kondratieva, 2003)] о составе инфузорий р. Меши – притока Камы, впадающего в Камский плес Куйбышевского водохранилища. Новый этап в изучении фауны и особенностей развития инфузорий в водохранилищах Камского каскада начался с 2009 г., когда сотрудниками лаборатории экологии простейших и микроорганизмов ИЭВБ РАН были организованы исследования в прибрежной зоне р. Камы, начиная от пос. Чепец на незарегулированном участке реки вплоть до ее устья [Жариков, Быкова, 2012 (Zharikov, Bykova, 2012); Быкова, 2013 (Bykova, 2013); Быкова, Жариков, 2014 (Bykova, Zharikov, 2014)]. Кроме того, в 2014 г. силами Пермского отделения ГосНИОРХа [Мелехин, 2016 (Melekhin, 2016)] проведено исследование инфузорий русловой

и мелководной правобережной частей Воткинского водохранилища. Для получения полного представления о распределении инфузорий по акватории водохранилищ и трансформации их сообществ вдоль по каскаду необходимы сведения об их развитии во всех зонах, в том числе (или в первую очередь) глубоководной, и желательно в один сезон, чему способствовала «сквозная экспедиция» ИБВВ РАН по всему

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе представлены данные исследования инфузорий, полученные в периоды 4–6 и 18–21 августа 2014 г. на Камском и Воткинском водохранилищах (соответственно 11 и 9 станций по стандартной сетке станций Пермского отделения ГосНИОРХа), и 18–25 августа 2016 г. по всем камским водохранилищам, начиная от Камского плеса Куйбышевского водохранилища до Березники (21 станция по сетке станций ИБВВ РАН). Названия станций в 2016 г. и их координаты представлены в работе В.И. Лазаревой с соавторами [2018 (Lazareva et al., 2018)]. Пробы отбирали батометром в глубоководной (русловой) части водохранилищ. Для исследования пространственного распределения инфузорий по каскаду водохранилищ учитывали интегральные пробы, полученные путем смешивания равных объемов воды с разных горизонтов водной толщи. Синхронно с отбором гидробиологических проб, участниками экспедиций измерялись прозрачность воды по диску Секки, температура, pH, концентрация растворенного кислорода и его насыщение (зондом). Эти базовые физико-химические данные были любезно предоставлены сотрудниками ИБВВ РАН, Пермского отделения ГосНИОРХа и взяты из работы: [Лазарева и др., 2018 (Lazareva et al., 2018)]. Видовую идентификацию инфузорий осуществляли с использованием стандартных цито-гистохимических методов (импрегнация азотнокислым серебром и протарголом, окраска ядер по Фельгену). Количественный учет проводили на временных сулемовых препаратах после концентрирования (до 10 мл) пробы объемом от 250 до 500 мл в зависимости от содержания взвеси в толще воды и обилия инфузорий. Продукцию инфузорий рассчитывали “физиологическим” методом [Винберг, 1983 (Vinberg, 1983); Хлебович, 1983 (Khlebovich, 1983)]. Для оценки видового разнообразия и видовой структуры, кроме индекса видового разнообразия Шеннона, индекса доминирования Симпсона (d), индекса выравненности Пиелу (E), использовали индекс доминирования Паля-Ковнацки (Di), учитывающий одновременно численность и

каскаду. Цель данной работы – представить сведения о видовом составе и особенностях развития сообществ свободноживущих инфузорий русловой части водохранилищ Камского каскада и провести сравнение с особенностями их развития в мелководной (литоральной) зоне и Волжско-Камском каскаде водохранилищ в целом.

частоту встречаемости. Статистическую обработку проводили с помощью программ Excel, Canoco, Statistica.

Район исследования (рис. 1.). Кама («длинная река») – главный, самый крупный и многоводный левобережный приток р. Волги. Сток реки зарегулирован каскадом водохранилищ: Камским, Воткинским и Нижнекамским. В свободном (нерегулированном) состоянии находятся участок Верхней Камы выше пос. Керчевский и 64 км р. Кама в нижнем бьефе Воткинского гидроузла. Основные морфометрические и гидрологические характеристики водохранилищ описывались ранее [Жариков, Быкова, 2012 (Zharikov, Bykova, 2012)]. Камские водохранилища вытянулись с севера на юг на >800 км. Самые крупные и глубоководные (глубины <30 м) из камских водохранилищ – это Камское и Воткинское. Отличаются они друг от друга тем, что Воткинское водохранилище характеризуется меньшей боковой приточностью (5–7% приходной части водного баланса), в то время как в Камском боковая приточность выше – 30–40% [Двинских, Китаев, 2008 (Dvinskikh, Kitaev, 2008)]. Для Камского водохранилища характерно более резкое изменение динамики водных масс по длине водохранилища в отличие от Воткинского, где гидродинамические характеристики меняются равномерно. Мелководья в Камском водохранилище сосредоточены в его верхних участках, а в Воткинском – в центральном и приплотинном. Самое мелководное среди камских водохранилищ – Нижнекамское (средняя глубина чуть более 3 м). По разным оценкам, на долю мелководий в нем приходится от 30.2% [Двинских, Березина, 2010 (Dvinskikh, Berezina, 2010)] и до 40% и более всей площади [Шакирова и др., 2013 (Shakirova et al., 2013)]. Камское и Нижнекамское водохранилища характеризуются более сложной морфометрией (значительной изрезанностью береговой линии, резким чередованием расширений и сужений, резким изменением глубин), Воткинское – относительно простой морфометрией, оно больше соответствует типу простого

долинного водохранилища. [Двинских, Китаев, 2008 (Dvinskikh, Kitaev, 2008)].

При исследовании гидробионтов очень важно учитывать пространственную неоднородность водохранилищ [Матарзин, Мацкевич, 1970 (Matarzin, Matskevich, 1970); Двинских, Березина, 2010 (Dvinskikh, Berezina, 2010)]. Существует несколько схем районирования камских водохранилищ по одному или не-

скольким гидрологическим или морфометрическим показателям. В работе использовано районирование Камского и Воткинского водохранилищ по схеме: [Матарзин, Мацкевич, 1970 (Matarzin, Matskevich, 1970)], а Нижнекамского – по: [Шакирова и др., 2013 (Shakirova et al., 2013)], в соответствии с чем акватория водохранилищ делится на верхний, центральный и приплотинный районы (рис. 1).

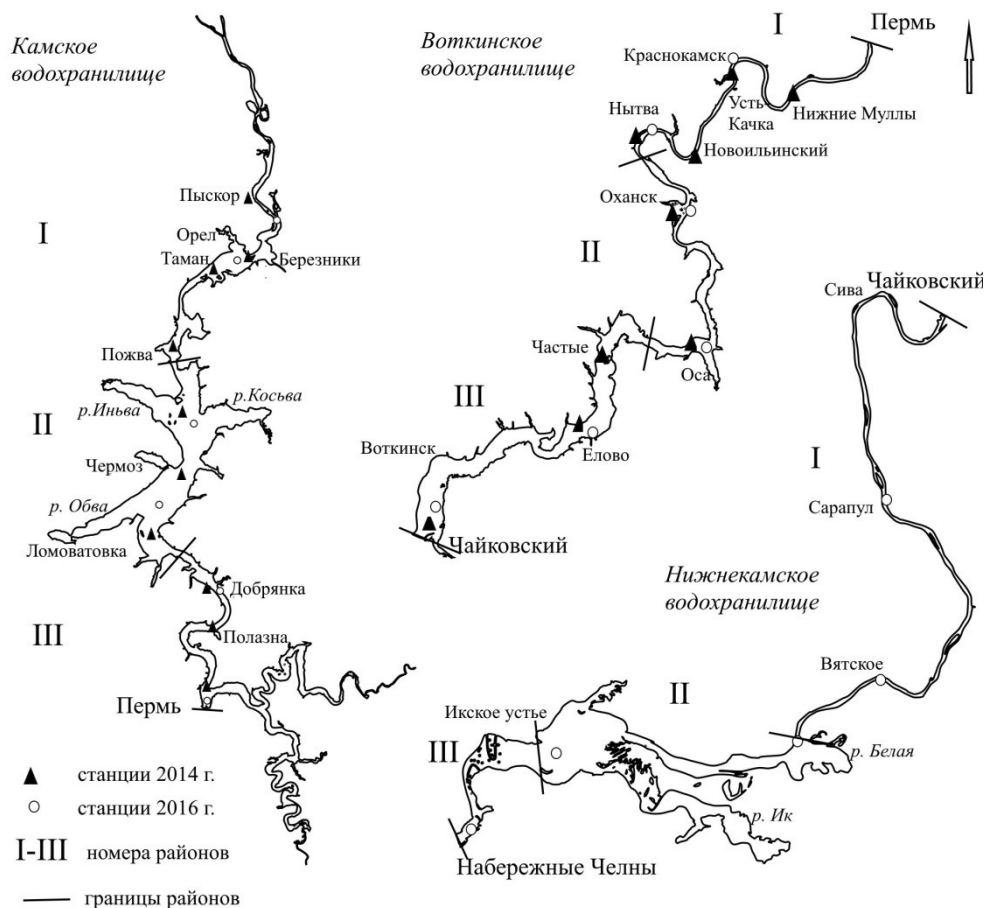


Рис. 1. Схема станций отбора проб на камских водохранилищах в 2014 и 2016 гг. Районы: I – верхний, II – центральный, III – приплотинный. За основу взяты карты из: <https://www.openstreetmap.org/>

Fig. 1. The scheme of the sampling stations on the Kama reservoirs in 2014 and 2016. Areas: I – upper, II – central, III – near-dam. The scheme is based on the maps taken from: <https://www.openstreetmap.org/>

Физико-химические условия в камских водохранилищах в августе 2014 и 2016 гг. Гидрологическая особенность 2016 года, когда проводились исследования по всему Камскому каскаду водохранилищ заключалась в том, что количество осадков и объем поверхностного притока в бассейне р. Камы были на 18% ниже средних многолетних величин, а температура существенно (на 6°C) превышала среднюю многолетнюю [Беляева и др., 2018 (Belyaeva, 2018)]. Так, в августе 2016 г. (по сравнению с аналогичным периодом 2014 г.) температура воды в глубоководной части водохранилищ была выше в среднем на 2.6°C в Камском водохранилище и на 3.7°C – в Воткинском, а в поверхностных слоях различия были еще вы-

ше (табл. 1). Вероятно, с большим прогревом водной толщи связаны и изменения других физико-химических показателей. Так, средняя прозрачность воды понизилась в >1.5 раза: в Камском водохранилище – на 75 см, в Воткинском – на 65 см. Увеличение температуры, вероятно, спровоцировало более интенсивное развитие фитопланктона. Это объясняет незначительный сдвиг активной реакции среды в щелочную сторону, увеличение концентрации кислорода (и его насыщения) в поверхностном слое и увеличение мощности слоя с дефицитом кислорода и частоты его встречаемости. По данным В.И. Лазаревой с соавторами [Лазарева и др., 2018 (Lazareva et al., 2018)], “заморным” было все русло Камы от г. Березники

до плотины Камской ГЭС, за небольшим исключением, а также значительная часть Камы в пределах Воткинского водохранилища от с. Елово до плотины Воткинской ГЭС. В Нижнекамском водохранилище вся толща воды была аэробной.

Электропроводность максимальна в Камском водохранилище – 460 мСим/см, затем в Воткинском и Нижнекамском она снижалась до 230 и 280 мСим/см и вновь возрастала в камской ветви Куйбышевского водохранилища – 340 мСим/см. Трофическое состояние всех камских водохранилищ по содержанию Хл *a* в водной толще в августе 2016 г. характеризова-

лось как эвтрофное [(Беляева и др., 2018 (Belyaeva, 2018))]. При этом в прибрежной зоне в 2009 г. содержание хлорофилла соответствовало мезоэвтрофному уровню продуктивности, хотя по общему содержанию фосфора потенциальный трофический статус водохранилищ – эвтрофный и высокоэвтрофный [Уманская и др., 2011 (Umanskaya et al., 2011)]. Вероятно, из-за большого количества мертвого взвешенного вещества в составе sestona этот потенциал на большинстве станций не реализовывался. Тем не менее, наиболее трофное в каскаде – Воткинское водохранилище.

Таблица 1. Физико-химические показатели воды в русловой части водохранилищ Камского каскада в 2014 и 2016 гг.

Table 1. Physical and chemical parameters of water in the deep-water part of the Kama cascade of reservoirs in 2014 and 2016

Водохранилище / Reservoir	Горизонт / layer	Прозрачность, см Transparency, sm	Температура, °C Temperature, °C	pH	Кислород, мг/л Oxygen, mg/l	Кислород, % Oxygen, %
Камское / Kama reservoir	пов.	190±13	август 2014 г. 20.5±1.82	8.13±0.18	6.1±0.57	70±7
Воткинское / Votkinsk reservoir	пов.	168±24	19.9±0.8	7.94±0.20	5.88±0.26	65±3
Камское / Kama reservoir	пов.	115±23	август 2016 г. 24.3±0.4	8.36±0.31	10.8±0.5	129±7
	дно		22.0±0.9	–	2.3±2.9	27±35
Воткинское / Votkinsk reservoir	пов.	103±18	24.5±0.8	8.29±0.17	10.9±2.2	129±28
	дно		22.0±1.7	–	4.6±3.7	53±43
Нижнекамское / Nizhnekamsk reservoir	пов.	135±38	24.5±0.9	8.24±0.20	10.1±2.1	122±27
	дно		24.2±0.6	–	8.9±1.4	106±18
Куйбышевское / Kuibyshev (Камский плес / Kama reach)	пов.	105±21	25.1±0.3	8.27±0.15	9.6±0.7	118±9
	дно		24.8±0.4	–	8.0±1.5	97±19

Примечание. Использованы данные лаборатории гидрологии и гидрохимии ИБВВ РАН и по: [Лазарева и др. 2018 (Lazareva et al., 2018)].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Видовое богатство и видовое разнообразие. В результате исследований инфузорий в глубоководной части камских водохранилищ всего зарегистрировано 113 видов. Это сравнимо с видовым богатством в прибрежной зоне, включая заросли макрофитов (123 вида), и притоках Камы (94 видов) (табл. 2). В Камском и Воткинском водохранилищах большее видовое богатство отмечалось в глубоководной зоне, а в Нижнекамском – в мелководной. Возможно, это обусловлено тем, что в русловую часть Камского водохранилища значительная часть видов поступает с водами притоков, а в Нижнекамском водохранилище происходит преимущественное развитие инфузорий в прибрежной мелководной зоне, богатой зарослевыми биотопами. Межгодовое сходство видового

состава инфузорий глубоководной зоны верхнекамских водохранилищ в 2014 г. и 2016 г. составило 75%. На дендрограмме фаунистического сходства инфузорий явно выделились сообщества разных лет (рис. 2А), что свидетельствует о единстве внутрикаскадных процессов внутри каждого года и еще раз подчеркивает различия в условиях развития гидробионтов в разные годы. При этом в период летней межени как на русле (в 2016 г.), так и в мелководной зоне (в 2009 г.) наиболее общей была фауна инфузорий Воткинского и Нижнекамского водохранилищ (среднее положение в каскаде). В период же весеннего половодья [Быкова, 2013 (Bykova, 2013); Быкова, Жариков, 2014 (Bykova, Zharikov, 2014)] более сходными по видовому составу инфузорий

были сообщества Воткинского и Камского водохранилищ (верхнее положение в каскаде). Обособленность сообществ инфузорий Камского водохранилища в летнюю межень легко объяснить его “своеобразием”. С одной стороны, это резкие колебания величины и типа минерализации [Уманская и др., 2011 (Umanskaya

et al., 2011)], резкое изменение динамики водных масс по длине водохранилища [Двинских, Китаев, 2008 (Dvinskikh, Kitaev, 2008)], повышенное органическое загрязнение в промышленных участках, и с другой – меньшая проточность, “обостряющая” все вышеперечисленное именно в летнюю межень.

Таблица 2. Видовое богатство инфузорий водохранилищ Камского каскада и их притоков

Table 2. Quantity of ciliates species of the Kama cascade of reservoirs and their inflows

Водохранилища / Reservoirs	Зоны водохранилищ		Притоки Inflows
	глубоководная deep water area	мелководная shallow area	
	2014, 2016 гг.	2009, 2012 гг.	
Незарегулированный участок Камы Not regulated section of Kama	–	51	48
Камское / Kama Reservoir	96	77	76
Воткинское / Votkinsk Reservoir	84	72	38
Нижекамское / Niznekamsk Reservoir	63*	86	31
Камский плес Куйбышевского Kama reach of Kuibyshev Reservoir	60*	60	31
Кама вся / Kama in general	113	123	94

Примечание. “*” – данные только в 2016 г.

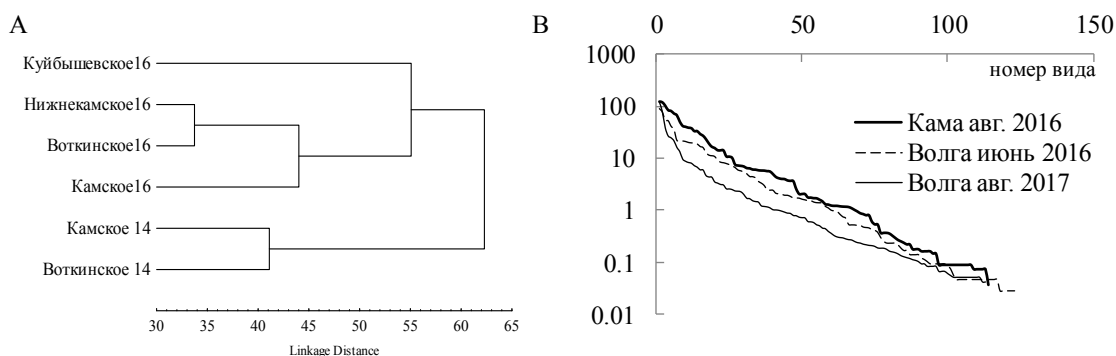


Рис. 2. Дендрограмма сходства фауны инфузорий глубоководной зоны водохранилищ Камского каскада в 2014 и 2016 гг. (А) и кривые доминирования-разнообразия инфузорий глубоководной зоны водохранилищ Камского и Волжского каскадов в 2016, 2017 гг. (В).

Fig. 2. Dendrogram of similarity of ciliates fauna from the deep-water zone of the Kama cascade of reservoirs in 2014 and 2016 years (A); dominance-diversity curves of ciliates from deep-water zone of the Volga and Kama cascades of reservoirs in 2016, 2017 (B).

В целом видовое разнообразие инфузорий глубоководной части водохранилищ Камского каскада выше, чем Волжского (кривые доминирования разнообразия выше) (рис. 2В). Особенно сильно это выражено в сопоставимые гидрологические периоды – август 2016 г. и август 2017 г. Наряду с природными особенностями водохранилищ сыграли роль и различия этих лет по температурному режиму и уровню приточности. Так, в экстремальном по уровню приточности 2017 г. [Цветков, Цветкова, 2018 (Tsvetkov, Tsvetkova, 2018)] в волжских сообществах из-за необычных условий было более выражено доминирование, соответственно видовое разнообразие было ниже: средние по водохранилищам индексы Шенно-

на в камских водохранилищах варьировали от 3.54 до 3.82, а в волжских – от 2.97 до 3.30 (лишь в Чебоксарском индекс видового разнообразия достигал 3.61). Индекс доминирования Симпсона вдвое выше в Волжском каскаде; это подтверждается и тем, что на долю первых двух доминантов приходится более 42% общей численности, в то время как в Камском каскаде – всего 18% (виды с вкладом больше 10% вообще отсутствуют). Среднее удельное число видов тоже было выше в сообществах камских водохранилищ (26–31), по сравнению с волжскими (16–23). Различие проявляется и в составе видов, занимающих первые позиции в списке доминирования (по численности): в Волжском каскаде – это *Tintinnopsis cylindrata*

Kof. & Cam., 1892, *Tintinnidium fluviatile* (Stein, 1863) и *Rimostrombidium hyalinum* (Mirabdullaev, 1985), в Камском – *R. hyalinum* и *Codonella cratera* (Leidy, 1887). Более корректное сравнение “волжской” и “камской” фауны (т.е. в одно и то же время и только водохранилищ, находящихся примерно в одной и той же лесной зоне и расположенных до места слияния двух рек) тоже указывает на большее видовое богатство “камских” сообществ (103 камских и 92 волжских видов). При этом фауна инфузорий водохранилищ Волжского и Камского каскадов сходна на 81%.

За период исследования в глубоководной зоне водохранилищ число видов инфузорий в пробе колебалось от 11 видов, зарегистрированных в верхнем бьефе Камской ГЭС в 2014 г. и до 51 вида – в верхней части Камского водохранилища (Березники) в 2016 г. Таким образом, нижний и верхний пределы видового

богатства зафиксированы в рамках акватории одного Камского водохранилища, что еще раз свидетельствует о сильной неоднородности условий в нем (табл. 3). В период большого прогрева водной толщи в августе 2016 г. все показатели ценоотического разнообразия инфузорий двух верхнекамских водохранилищ были несколько выше, по сравнению с августом 2014 г. В целом же сверху вниз по течению Камы происходит незначительное снижение видового богатства, разнообразия, выравнинности сообщества. Несмотря на то, что оно статистически недостоверно, данная тенденция аналогична показанной для фитопланктона Волжского каскада в 1989–1991 гг. и в 2015 г. [Корнева, 2015 (Korneva, 2015); Корнева и др., 2018 (Korneva et al., 2018)] и инфузорий в 2016–2017 гг. [Быкова, 2018 (Bykova, 2018)].

Таблица 3. Показатели видового разнообразия сообществ инфузорий в глубоководной зоне водохранилищ Камского каскада (от пос. Березники до пос. Атабаево)

Table 3. The species diversity parameters of ciliates communities in the deep zone of the Kama cascade of reservoirs (from Berezniki to Atabaev)

Водохранилища / Reservoir	Параметры / Parameters			
	<i>n</i>	<i>Hn</i>	<i>Dn</i>	<i>En</i>
август 2014 г.				
Камское / Kama Reservoir	27±13 11–48	3.36±1.01 0.59–4.37	0.20±0.22 0.06–0.85	0.73±0.20 0.17–0.89
Воткинское / Votkinsk Reservoir	30±9 12–39	3.70±0.37 3.23–4.21	0.13±0.04 0.07–0.20	0.77±0.07 0.67–0.91
август 2016 г.				
Камское / Kama Reservoir	30±11 20–51	3.82±0.14 3.59–4.00	0.11±0.01 0.08–0.12	0.79±0.06 0.69–0.86
Воткинское / Votkinsk Reservoir	31±10 18–47	3.82±0.38 3.17–4.31	0.12±0.06 0.08–0.24	0.78±0.09 0.60–0.87
Нижнекамское / Niznekamsk Reservoir	28±7 14–36	3.69±0.32 3.26–4.19	0.12±0.02 0.08–0.13	0.78±0.06 0.71–0.86
Kama reach of Kuibyshev Reservoir	26±7 18–38	3.54±0.52 2.74–4.12	0.16±0.09 0.07–0.32	0.76±0.10 0.58–0.88

Примечание. *n* – число видов в пробе, экз.; *Hn* – индекс видового разнообразия Шеннона, бит/экз.; *Dn* – индекс доминирования Симпсона, *En* – индекс выравнинности Пielу. В числителе – среднее значение±стандартное отклонение, в знаменателе – пределы варьирования показателя.

Встречаемость видов. За период исследования в 2014 и 2016 гг. часто встречающихся видов (т.е. обнаруженных в >50% проб) было всего лишь 16 % общего числа видов, а виды с частотой встречаемости <10% составили почти половину видового состава. В таблице 4 приведены основные структурообразующие виды (доминанты и субдоминанты, вклад в численность >1%) с высокой частотой встречаемости (>50%) в порядке доминирования по индексу Паия-Ковнацки, показана степень их доминирования по вкладу в общую численность в разных водохранилищах. В Камском и Воткинском водохранилищах в состав доми-

нирующего комплекса входили *Codonella cratera*, *Tintinnopsis cylindrata*, *Halteria grandinella* (O.F. Müller, 1773), *Ctedoctema acanthocrypta* Stokes, 1884; в Нижнекамском и камской ветви Куйбышевского водохранилища – *T. cylindrata*, *Rimostrombidium hyalinum*, *R. lacustris* (Foissner, Skogstad & Pratt, 1988). По сравнению с 1987 г. [(Мыльникова, 1990 (Mylnikova, 1990))], на современном этапе из состава доминирующих (“массовых”) видов выпали *Stokesia vernalis* Wenzich, 1929 и *Limnostrombidium viride* (Stein, 1867) (= *Strombidium viride* у З.М. Мыльниковой). Вклад в численность первого вида не превы-

шает по каскаду 0.1% (4.6% по биомассе) и встречается он всего лишь в 17% проб. А роль второго в формировании общей численности тоже незначительна – не более 0.3%, несмотря на то, что его частота встречаемости достигает 37%. Указываемый ранее как массовый *Rimostrombidium velox* встречался всего в 13% проб, и, вероятно за него принимали *R. lacustris*, который в настоящее время является обычным (в 87% проб) и часто входит в доминирующий комплекс видов во всем Вол-

го-Камском бассейне. Колониальные формы не получают широкого распространения по Камскому каскаду, во всяком случае, в летнюю межень. Частота встречаемости *Epicarchesium pectinatum* (Zacharias, 1897) составила всего 4%, лишь *Epistylis procumbens* Zacharias, 1897 встречался в каждой третьей пробе. Тем не менее, их вклад в общие численность и биомассу по каскаду в целом составлял чуть более 1% или меньше.

Таблица 4. Виды инфузорий глубоководной зоны камских водохранилищ с высокой частотой встречаемости

Table 4. The ciliates species with high frequency of occurrence in the deep-water zone of the Kama cascade of reservoirs

Виды / Species	По водохранилищам / By reservoir						По каскаду / By cascade			
	2014 г.		2016 г.							
	КВ	ВВ	КВ	ВВ	НКВ	КуВ	N, %	B, %	v, %	Di
<i>Codonella cratera</i> (Leidy, 1887)	++	++	+++	+++	+	++	9.2	6.0	91	8.44
<i>Tintinnopsis cylindrata</i> Kof. & Cam., 1892	++	++	++	+++	++	+++	7.9	1.7	96	7.59
<i>Rimostrombidium hyalinum</i> (Mirabdullaev, 1985)	–	+++	++	++	+++	+++	9.5	1.5	76	7.25
<i>Tintinnidium fluviatile</i> (Stein, 1863)	+++	++	++	++	++	++	6.3	4.9	96	6.02
<i>Halteria grandinella</i> (O.F. Müller, 1773)	++	++	+++	++	++	++	6.5	2.7	87	5.68
<i>Urotricha</i> spp. (<i>U. farcta</i> Clap. & Lachmann, 1859+ <i>U. furcata</i> Schewiakoff, 1893)	++	++	++	++	++	++	5.2	0.6	89	4.63
<i>R. lacustris</i> (Foissner, Skogstad & Pratt, 1988)	+	++	++	++	+++	++	5.6	27.3	80	4.52
<i>Vorticella</i> spp.	++	++	++	++	++	+	3.9	1.5	89	3.50
<i>Askenasia volvox</i> (Eichwald, 1852)	++	++	+	++	++	+	3.0	1.9	78	2.34
<i>Tintinnidium fluviatile</i> f. <i>minima</i> Mamaeva, 1979	++	++	++	++	+	+	2.6	0.2	67	1.74
<i>Coleps hirtus viridis</i> Ehrenberg, 1831	+	++	+	++	+	+	2.3	1.3	76	1.72
<i>Ctedoctema acanthocrypta</i> Stokes, 1884	++	+	+++	+	++	+	2.9	0.5	52	1.53
<i>Cinetochilum margaritaceum</i> Perty, 1852	++	++	+	+	++	++	1.8	0.3	72	1.29
<i>Calyptotricha lanuginosa</i> (Penard, 1922)	++	–	++	+	+	++	2.6	0.6	48	1.23
<i>Balanion planctonicum</i> (Foissner, Oleksiv & Müller, 1990)	+	++	+	+	++	+	1.2	0.1	61	0.74
<i>Pelagostrombidium mirabile</i> (Penard, 1916)	+	++	+	+	+	+	1.1	1.6	63	0.70
<i>Limnostrombidium pelagicum</i> (Kahl, 1932)	+	+	+	++	+	+	1.1	0.8	52	0.57
<i>Pelagovorticella natans</i> (Faure-Fremiet, 1924)	++	+	+	+	+	++	1.1	1.5	50	0.55

Примечание. N, % – вклад вида в общую численность, v, % – частота встречаемости, Di – индекс Паляя-Ковнацки; +++ – доминирование вида ($N > 10\%$), ++ – субдоминирование ($1\% < N < 10\%$), + – вид не доминирует ($N < 1\%$); “–” – отсутствие вида. Водохранилища: КВ – Камское, ВВ – Воткинское, НКВ – Нижнекамское, КуВ – Камский плес Куйбышевского водохранилища. Виды даны в порядке убывания индекса доминирования Паляя-Ковнацки.

Из одиночных эупланктонных перитрих наиболее обычна *Pelagovorticella natans* (Faure-Fremiet, 1924) (табл. 4). *Pelagovorticella mayeri* (Faure-Fremiet, 1920) регистрировали в водохранилищах Камского каскада в 13% проб, что само по себе является довольно частым для данного вида. К редко встречаемым из перитрих следует отнести *Hastatella aesculacantha*: ее зарегистрировали в одной пробе в Камском плесе Куйбышевского водохранилища. Очень неравномерно во времени и в пространстве развивалась эпипланктонная (т.е. развивающаяся на планктонных водорослях) перитриха *Pseudohaplocaulus infravacuolatus* Foissner & Brozek, 1996. Особо часто (в каждой второй пробе) она

встречалась в августе 2014 г. в Камском и Воткинском водохранилищах и достигала в период массового развития колоний цианобактерий на отдельных станциях 531 тыс. экз./м³ (41% общей численности). При исследовании инфузорий мелководной зоны водохранилища в 2012 г. в Чусовском заливе Камского водохранилища была зафиксирована значительная численность *Pseudohaplocaulus infravacuolatus* (10.8 млн экз./м³) при почти абсолютном доминировании – 90% общей численности. Интересно, что в Волжском каскаде этот вид довольно редок (частота встречаемости 5.8%) и малочислен. Кроме данного вида, на цианобактериях и нитчатых диатомовых часто (частота встречаемости 89%) развивались эпиби-

онтные инфузории р. *Vorticella* (табл. 4). Единично регистрировались *Placus luciae* (Kahl, 1926); *Pelagodileptus trachelioides* (Zacharias, 1894); *Furgasonia* sp.; *Hypotrichidium conicum* Powaisky, 1921; *Coleps elongatus* (Ehrenberg, 1830); *Pelagovasicola cinctum* (Voigt, 1901) Jankowski, 1980 и др. *Leprotintinnus pellucides* (Cleve, 1899), ранее предположительно считавшийся каспийским вселенцем, устойчиво (практически в каждой пробе) встречался на отрезке между Икским устьем и Камским устьем. Вклад его в общую численность составлял на большинстве станций 1.6–7.4%, а на ст. Балахино он даже входил в число доминантов ($N=332$ тыс. экз./м³, 25% общей численности).

Общие количественные показатели развития сообществ инфузорий в камских водо-

Таблица 5. Средние значения (\pm стандартное отклонение) и пределы варьирования основных параметров развития сообществ инфузорий планктона глубоководной зоны водохранилищ Камского каскада в 2014 и 2016 гг.

Table 5. Average (\pm standard deviation) and variation limits of basic parameters of plankton ciliates communities in the deep-water zone of Kama cascade of reservoirs in 2014 and 2016

Водохранилища/Reservoirs	Параметр / Parameter				W
	N	B	P	P/B	
	2014 г.				
Камское / Kama Reservoir	<u>979±776</u> 135–2191	<u>20.3±15.5</u> 2.2–45.8	<u>16.8±13.5</u> 1.7–40.5	<u>0.79±0.10</u> 0.62–0.98	<u>0.021±0.005</u> 0.015–0.030
Воткинское / Votkinsk Reservoir	<u>1109±691</u> 119–2185	<u>24.5±15.2</u> 1.4–47.4	<u>18±11</u> 1.1–34.1	<u>0.74±0.07</u> 0.60–0.84	<u>0.021±0.005</u> 0.011–0.030
	2016 г.				
Камское / Kama Reservoir	<u>1421±1192</u> 680–3808	<u>40.5±71.5</u> 6.6–186.2	<u>26.3±33.1</u> 7.3–93.7	<u>1.03±0.27</u> 0.52–1.23	<u>0.018±0.015</u> 0.010–0.049
Воткинское / Votkinsk Reservoir	<u>1714±1420</u> 368–3924	<u>50±64.6</u> 3.5–174.6	<u>39.1±43.8</u> 4.5–122	<u>1.02±0.26</u> 0.66–1.32	<u>0.021±0.015</u> 0.008–0.044
Нижнекамское / Niznekamsk Reservoir	<u>1788±1602</u> 244–4892	<u>47.9±63.7</u> 3.8–173.9	<u>41.1±47.2</u> 4.3–134.1	<u>1.01±0.18</u> 0.78–1.19	<u>0.021±0.010</u> 0.011–0.036
Камский плес Куйбышевского Kama reach of Kuibyshev Reservoir	<u>964±641</u> 220–1964	<u>27±17.2</u> 3.2–48.6	<u>26.5±17.3</u> 3.7–49.1	<u>1.00±0.12</u> 0.87–1.18	<u>0.029±0.014</u> 0.014–0.051

Примечание. N – численность, тыс. экз./м³; B – биомасса, мг/м³; P – продукция, мг/(м³ сут); P/B – суточный коэффициент сообщества, сут⁻¹; W – средняя масса особи в сообществе, мкг. В числителе даны средние значения \pm стандартные отклонения, в знаменателе – пределы варьирования показателя.

Отличия количественных показателей сообществ инфузорий в глубоководной зоне от таковых в мелководной довольно неоднозначны. Так, в Воткинском водохранилище в 2014 г. развитие инфузорий преобладало в мелководной зоне, а в Камском – наоборот (табл. 5, 6). В целом, значения численности и биомассы в этих экотопах вполне сопоставимы, за исключением случаев, когда в Нижнекамском водохранилище и Камском плесе Куйбышевского значения численности и биомассы в мелководье из-за сильной вариабельности различались более чем на порядок (табл. 6).

Примечательно, что в один и тот же период (август 2016 г.) сообщества инфузорий водохранилищ Камского каскада по количест-

венными характеристиками значительно отличались от сообществ инфузорий волжских водохранилищ, расположенных примерно в тех же широтах (Горьковское, Чебоксарское, Волжский плес Куйбышевского водохранилища). Так, в камских водохранилищах среднее число видов инфузорий в пробе было выше в 1.5 раза, а средние численность и биомасса – в 3.4 раза, по сравнению с волжскими водохранилищами.

В сравнении с 1987 г. [Мыльникова, 1990 (Mylnikova, 1990)], численность инфузорий в 2016 г. была в 3.3–3.9 раза выше при одинаковом уровне биомассы. Очевидно, это обусловлено либо действительно появлением видов меньших размерных групп, либо различиями в учете мелких форм.

Таблица 6. Средние значения (\pm стандартное отклонение) числа видов, численности и биомассы инфузорий мелководной зоны водохранилищ Камского каскада

Table 6. Average (\pm standard deviation) of number of species, abundance and biomass in the shallow water zone of the Kama cascade of reservoirs

Водохранилище / Reservoir	Параметр / Parameter	2009 г.	2012 г.	2014 г.
Камское / Kama Reservoir	<i>n</i>	25 \pm 7	26 \pm 6	23 \pm 12
	<i>N</i>	1188 \pm 849	1574 \pm 1725	890 \pm 934
	<i>B</i>	29.1 \pm 21.4	41.0 \pm 46.8	18.4 \pm 20.8
Воткинское / Votkinsk Reservoir	<i>n</i>	30 \pm 7	20 \pm 5	31 \pm 11
	<i>N</i>	2687 \pm 2150	1001 \pm 696	1679 \pm 1780
	<i>B</i>	121.4 \pm 52.8	22.6 \pm 15.0	29.1 \pm 25.9
Нижнекамское /Niznekamsk Reservoir	<i>n</i>	25 \pm 5	12 \pm 5	—
	<i>N</i>	1948 \pm 863	156 \pm 38	—
	<i>B</i>	46.1 \pm 23.9	4.7 \pm 2.6	—
Камский плес Куйбышевского Kama reach of Kuibyshev Reservoir	<i>n</i>	17 \pm 9	25 \pm 7	—
	<i>N</i>	240 \pm 173	1764 \pm 3151	—
	<i>B</i>	8.5 \pm 9.3	43.2 \pm 79.6	—

Все водохранилища в той или иной степени характеризуются повторяемостью условий: сверху вниз по их длине происходит снижение скорости течения и нарастание глубин к приплотинному участку. И в 2014 г., и в

2016 г. на станциях с глубинами 21–22 м и более (Добрянка в Камском водохранилище; Елово, Воткинск, Чайковский в Воткинском водохранилище) происходило снижение численности и биомассы инфузорий (рис. 3А, В).

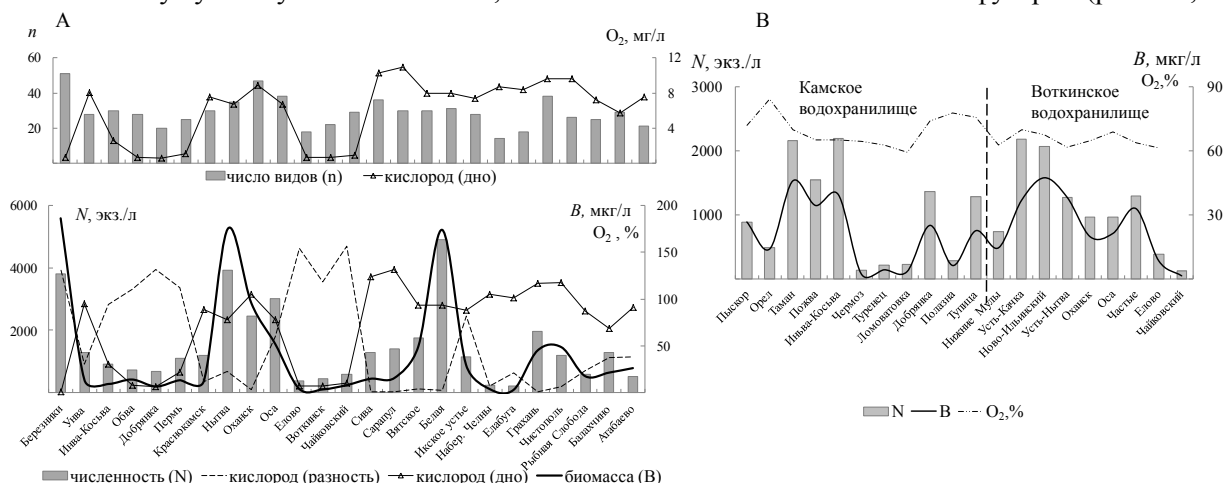


Рис. 3. Изменение числа видов (*n*), численности (*N*), биомассы (*B*) сообщества инфузорий, концентрации кислорода или его насыщения (%) вдоль по каскаду водохранилищ Камы в 2016 г. (А) и по акватории Камского и Воткинского водохранилищ в 2014 г. (В).

Fig. 3. Changes of the quantity of species (*n*), abundance (*N*), biomass (*B*) of ciliates community, oxygen concentration or its saturation (%) along the cascade of Kama reservoirs in 2016 (А) and in the waters of the Kama and Votkinsk reservoirs in 2014 (В).

Однако особенность распределения инфузорий в 2016 г. заключалась в том, что почти все основные показатели сообщества, включая и видовое богатство, менялись вдоль по акватории водохранилищ более резко и синхронно. Так, в Камском и Воткинском водохранилищах амплитуды волн количественных показателей (т.е. максимумы численности и биомассы) значительно выше в 2016 г. (табл. 5, рис. 3). Можно предположить, что этому способствовали значительные градиенты основных факторов: концентрации кислорода и температу-

ры. Резкое и одновременное снижение численности, биомассы и числа видов происходило на станциях, где разность температур составляла 5.3–5.8°C (ст. Добрянка, Елово, Пермь), а разность в содержании кислорода у поверхности и у дна превышала более 10 мг/л (12.6 мг/л на ст. Елово).

В целом, показано, что видовое разнообразие и биомасса достоверно связаны с содержанием кислорода ($r = 0,60$ и $0,40$ при $p < 0,05$) (рис. 4).

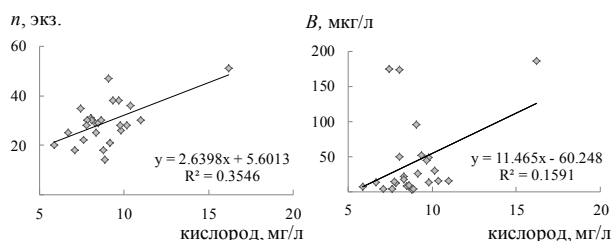


Рис. 4. Связь видового богатства и биомассы инфузорий с содержанием кислорода в воде камских водохранилищ

Fig. 4. The correlation of species diversity and biomass of ciliates with the oxygen concentration in the water of the Kama reservoirs

Пики численности и биомассы, как правило, приурочены к более мелководным участкам, часто расположенным в районе впадения притоков: Белой, Сива (ст. Сива), Тулвы (ст. Оса), Вятки (ст. Грахань). Так максимальные показатели зарегистрированы в Камском водохранилище на ст. Березники (р. Усолка) – численность (3808 тыс. экз./м³, биомасса 186 мг/м³); в Воткинском – на станциях Нытва и Оса (численности, соответственно 3924 и 3020 тыс. экз./м³; биомассы – 174 и 52 мг/м³). Максимальные показатели для всего каскада зарегистрированы в Нижнекамском водохранилище в районе впадения р. Белой (4892 тыс. экз./м³ и 174 мг/м³). В Камском плесе Куйбышевского водохранилища максимум численности и биомассы регистрировался на станции Грахань после впадения р. Вятки (1964 тыс. экз./м³ и 45 мг/м³). Исключение составило ст. Икское устье, где количественное развитие было ниже ожидаемого. Но именно здесь снова возрастала разность между поверхностной и придонной концентрацией кислорода (рис. 3А). Однако увеличение этого «перепада» концентраций происходило не за счет отсутствия кислорода в придонных слоях, а счет перенасыщения в поверхностном слое, связанном, предположительно, с сильным цветением воды. Вероятно, именно резкий градиент в содержании кислорода (как из-за его дефицита, так и из-за его перенасыщения) ограничивает возможности сообщества инфузорий одинаково хорошо развиваться во всем столбе воды, что сказывается на интегральной численности. Известно, что в озерах устойчивая стратификация абиотических условий и наличие их резких градиентов на протяжении довольно длительного промежутка времени приводит к формированию разнообразных ниш, обуславливающих высокое видовое разнообразие и стабильно высокие количественные показатели различных гидробионтов, в том числе и инфузорий. В водохранилищах же отсутствие устойчивых сообществ инфузорий с

высокими количественными характеристиками на глубоководных станциях с расслоением абиотических параметров объясняется, вероятно, нестабильными гидрологическими условиями.

Таким образом, анализ распределения инфузорий в глубоководной части водохранилищ показал, что на характер изменения показателей развития сообщества инфузорий вдоль по каскаду, наряду с особенностями морфометрии водохранилищ (а именно, нарастание глубины к верхнему бьефу гидроузлов) влияют и климатические особенности (в частности, сильный прогрев придонных горизонтов и возникновение зон с дефицитом кислорода). Формирование резких градиентов абиотических факторов (в частности, содержания кислорода) приводит к синхронизации параметров сообщества инфузорий и к их высокой вариабельности (высота пиков).

Состав структурообразующих видов в камских водохранилищах (табл. 7, 8). Как и в волжских, в камских водохранилищах, в комплекс доминирующих видов входят виды следующих таксонов: тинтиниды (отр. Tintinnida) – *Tintinnidium fluviatile*, *Tintinnopsis cylindrata*, *Codonella cratera*; хореотрихиды (отр. Choreotrichida, сем. Strobilidiidae) – *Rimostrombidium humile*, *R. hyalinum*, *R. lacustris*; олиготрихи (п/кл. Oligotrichia) – *Halteria grandinella*. Особенностью камских водохранилищ можно считать существенную роль в их сообществах скутикоцилиат (п/кл. Scuticociliatia): *Ctetoctema acanthocrypta*, *Calypotricha lanuginosa* (табл. 4), и менее значимую (по сравнению с 1987 г.) среди олиготрих роль видов р. *Limnostrombidium* – *L. pelagicum* и *L. viride* (ранее = *Strombidium viride*, Stein, 1932). Численность *L. viride* не превышала 12 тыс. экз./м³, а *L. pelagicum* – 100 тыс. экз./м³ (табл. 4). Другая пара близких видов р. *Pelagostrombidium* – *P. mirabile* (Penard, 1916) и *P. fallax* (Zach., 1895) тоже могла быть неверно отнесена к «*Strombidium viride*». Но и они не имеют определяющего значения для формирования общей численности и биомассы: чаще встречающийся *P. mirabile* (63%) (табл. 4) достигает своей максимальной численности в устье р. Белой – всего 120 тыс. экз./м³, а *P. fallax* встретился единично лишь в 5 пробах.

Вдоль по каскаду меняется соотношение основных таксономических групп доминантов: если роль тинтинид в целом остается неизменной, с небольшими колебаниями, по продольному профилю камского каскада, то вклад представителей сем. Strobilidiidae увеличива-

ется по направлению от Камского водохранилища к Куйбышевскому (рис. 5А). В этой группе на большинстве станций численно преобладают, особенно, в верхних в каскаде водохранилищах, мелкие *Rimostrombidium*, за исключением ст. Обва (Камское водохранилище) и Нытва (Воткинское водохранилище), где регистрируются вспышки крупного *R. lacustris* (рис. 5В). Начиная со ст. Сива Нижнекамского водохранилища, отмечено появление вида но-

вого рода – предположительно, *Pelagostrobilidium*, который в районе Чистополя формирует более 54% общей численности и 74% численности инфузорий Сем Strobilidiidae. В группе тинтинид сверху вниз по течению тоже происходит изменение соотношения основных доминантов от *Codonella cratera* в пользу р. Tintinnidium и р. Tintinnopsis (рис. 5С).

Таблица 7. Численность (средняя/максимальная, тыс. экз./м³) основных структурообразующих видов и их вклад (%) в общую численность инфузорий камских водохранилищ

Table 7. The abundance (average/maximum, thousand ind./m³) of dominant species and their contribution (%) to the total abundance of ciliates from Kama reservoirs

Виды / Species	Водохранилища / Reservoirs											
	Камское / Kama Reservoir			Воткинское / Votkinsk Reservoir			Нижнекамское / Niznekamsk			Куйбышевское / Kuibyshev		
	N	N, %	N	N, %	N	N, %	N	N, %	N	N, %	N	N, %
<i>Codonella cratera</i>	43/168	4.4	169/424	12	75/185	6.1	347/1416	20	124/244	6.9	14/44	1.6
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	158/743	16	33/52	2.3	87/211	7.0	92/280	5.4	31/84	1.7	28/44	3.3
<i>Tintinnopsis cylindrata</i>	58/198	5.9	113/376	7.9	26/69	2.1	203/472	12	157/352	8.8	101/272	12
<i>Rimostrombidium humile+hyalinum</i>	54/172	5.5	78/276	5.5	248/726	21	85/184	4.9	292/1088	17	126/332	15
<i>Halteria grandinella</i>	27/99	2.7	182/672	13	78/218	6.3	134/508	7.8	101/440	5.7	33/64	3.8
<i>Coleps hirtus viridis</i>	8/30	0.8	86/200	6.1	18/69	1.5	58/156	3.4	20/44	1.1	5/16	0.6
<i>R. lacustris</i>	8/40	0.8	18/56	1.3	50/152	4.0	134/792	7.8	231/924	13	50/116	5.8
<i>Pseudohaplocaulus infravacuolatus</i>	74/376	7.5	2.7/16	0.2	117/531	9.5	6/28	0.3	0	0	0.6/4	0.1
<i>Ctedoctema acanthocrypta</i>	19/86	1.9	174/808	12	1/5	0.1	16/48	0.9	27/104	1.5	24/152	2.8
<i>Calypotricha lanuginosa</i>	53/224	5.5	97/352	6.9	0	0	10/44	0.6	1/4	0.1	35/204	4.0
<i>Colpoda</i> c.f. <i>inflata</i> .	108/1185	11	0	0	0	0	4/28	0.2	0	0	0	0
<i>Pelagostrobilidium</i> sp.	0	0	0	0	3/20	0.3	0	0	29/72	1.6	94/656	11
<i>Urotricha</i> spp. (<25mkm)	20/105	2.1	69/244	4.9	108/360	8.8	75/196	4.4	149/556	8.4	13/28	1.5
<i>Urotricha</i> spp. (25–40)	29/201	3.0	15/56	1.0	17/50	1.4	63/268	3.7	133/536	7.4	13/28	1.5
<i>Vorticella</i> spp.	54/449	5.5	55/100	3.9	54/205	4.4	47/120	2.8	59/196	3.3	32/96	3.7

Скутикооцилаты часто встречаются в камских водохранилищах на глубоководных станциях верхних бьефов, переходя в нижний бьефы следующих по течению водохранилищ. Максимальный вклад их зарегистрирован в районе расположения Соликамско-Березниковского промышленного комплекса (33% общей численности) в Камском водохранилище, значительна роль их и на станциях с «заморными» явлениями: верхнем бьефе Пермской ГЭС в Камском водохранилище (21%), на ст. Елово в Воткинском (14%), а также на ст. Сива в Нижнекамском (14%) и в Камском плесе Куйбышевского водохранили-

ща в районе впадения р. Вятки (25%). В составе этой группы интересны находки зарегистрированных впервые для Волжско-Камского бассейна в мелководной зоне в 2009–2012 гг. видов: *Cristigera phoenix*, *Histiobalantium* cf. *bodamicum* Krainer & Muller, 1995. В глубоководной части водохранилищ *Histiobalantium* cf. *bodamicum* встречался только в 2014 г. в 55% проб верхнекамских водохранилищ с максимальной численностью 63 тыс. экз./м³ на ст. Добрянка. Максимальная численность *Cristigera phoenix* (частота встречаемости 6%) 28 тыс. экз./м³ отмечена на ст. Елово.

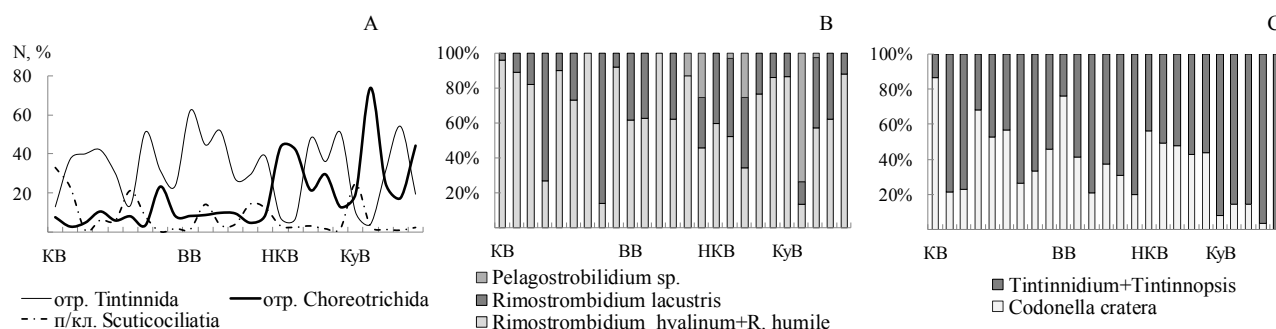


Рис. 5. Изменение вдоль по Камскому каскаду водохранилищ вкладов отдельных групп инфузорий (А) и соотношения вкладов отдельных представителей в составе этих групп: сем Strobilidiidae (В) и отр. Tintinnida (С).

Fig. 5. The changes in contributions of some ciliates groups (А) and in the ratio of species contributions in the groups: Strobilidiidae (В) and Tintinnida (С) along the Kama cascade reservoirs.

В табл. 8 представлена десятка первых по вкладу (>2%) в общую биомассу видов. Вместе они формируют более 65% биомассы. Сюда вошли большей частью крупные виды, которые не всегда доминируют по численности и могут быть довольно случайны, однако их нельзя игнорировать из-за крупных размеров. Например, на ст. Березники в 2016 г. три крупные инфузории (р. *Nassula*, *Obertrumia*,

Stokesia) при доле в общей численности 2.4% вносят в общую биомассу более 74%. Частота встречаемости этих видов всего 7–17%. Интересен факт, что в 2016 г. в состав комплекса доминирующих видов на станциях с максимальной численностью и биомассой инфузорий практически не входили, за исключением *Codonella cratera*, «классические» волжские доминанты – тинтиниды.

Таблица 8. Виды инфузорий, доминанты по биомассе, в глубоководной зоне водохранилищ Камского каскада

Table 8. Biomass-dominant ciliates species in deep zone of the Kama cascade of reservoirs

Вид Species	Водохранилища / Reservoirs								Каскад в целом Cascade in total		
	Камское Kama		Воткинское Votkinsk		Нижнекамское Niznekamsk		Куйбышевское Kuibyshev		B, %	N, %	v, %
	B	B, %	B	B, %	B	B, %	B	B, %			
<i>Rimostrobilidium lacustris</i>	1.5/6.95	5	9.0/98.3	31.3	29/114	59.7	6.2/14.4	25.8	27.3	5.6	80
c.f. <i>Obertrumia aurea</i>	7.3/87.7	24	3.1/21.9	10.9	0	0	0	0	9.8	0.0	7
<i>Codonella cratera</i>	1.8/6.5	5.8	2.9/21.9	10.1	1.9/3.8	4.0	0.2/0.7	0.9	6.0	9.2	91
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	2.3/20.0	7.5	0.9/3.2	3.0	0.4/1.0	0.8	0.3/0.5	1.4	4.9	6.3	96
<i>Stokesia vernalis</i>	2.9/28.3	9.4	1.0/14.1	3.6	0	0	1.0/3.5	4.2	4.6	0.2	17
cf. <i>Pelagostrobilidium</i>	0	0	0	0	1.3/3.2	2.7	4.2/29.2	17.5	2.8	1.5	17
<i>Pseudohaplocaulus infravacuolatus</i>	1.2/0.4	4.0	0.6/5.3	2.0	0	0	0.01/0.1	0.1	2.8	3.1	28
<i>Halteria grandinella</i>	1.3/9.7	4.1	0.7/5.2	2.5	1.0/4.8	2.2	0.3/0.5	1.1	2.6	6.5	87
<i>Cyclotrichium viride</i>	0	0	0.9/10.6	3.1	3.2/19.5	6.7	0	0	2.4	0.1	9
<i>Linostomella vorticella</i>	0.4/3.3	1.4	0.25/3.3	0.9	0.6/3.3	1.2	2.4/10.2	10.1	2.3	0.1	22

Примечание. B – биомасса, мг/м³ (средняя / максимальная); B, % – вклад в биомассу; v, % – частота встречаемости; N, % – вклад в численность.

Распределение видов по акватории водохранилищ (в частности по районам) на первый взгляд кажется довольно случайным и хаотичным и не повторяется в разные годы (табл. 9). Тем не менее, для большинства видов характерно снижение в районе плотин, что естественно при снижении общей численности сообщества на станциях, где в придонных слоях регистрируется недостаток кислорода. Часто распределение по акватории близких видов (группа родов *Codonella*, *Tintinnidium*, *Tintinnopsis*, с одной стороны, и рода *Rimostrobilidium*, с другой) происходит “в противофазе” (табл. 9).

В 1987 г. в Нижнекамском водохранилище максимальное развитие основных доминантов *Tintinnidium fluviatile*, *Codonella cratera* и *Strobilidium velox* (с большой долей вероятности, это *Rimostrobilidium lacustris*) было тоже приурочено к среднему району – участку выше устья р. Белой и в самом устье. В Воткинском водохранилище максимумы тинтинид отмечали в верхнем районе (пос. Уральский), а *Strobilidium velox* – в центральном районе, ниже г. Оханска [Мыльникова, 1990 (Mylnikova, 1990)].

Таблица 9. Пространственное распределение видов по акватории водохранилищ

Table 9. The spatial distribution of ciliates species by the water areas of reservoirs

Параметр / Parameter	Район /Area	<i>Codonella cratera</i>	<i>Tintinnidium fluvatile</i>	<i>Tintinnopsis cylindrata</i>	<i>Rimostrombidium hyalinum+R. humile</i>	<i>Coleps hirtus viridis</i>	<i>Rimostrombidium lacustris</i>	<i>Urotricha spp. (furcata+farcta)</i>	<i>Halteria grandinella</i>	<i>Pseudohaplocaulus infravacuolatus</i>
Камское водохранилище / Kama Reservoir 2014 г.										
N	в	8.3/13.2	271/743	35/99	94/172	7/20	1.5/3.3	13/33	63/99	184/376
	ц	71/86	198/568	70/191	33/59	9/23	1.1/3.3	9/23	7/20	24/73
	п	56/168	13/26	71/198	30/43	7/30	17/40	35/106	5/13	0
N, %	в	0.6/2.7	21.3/34.4	2.7/6.4	7.4/11.1	0.6/1.3	0.2/0.4	1.0/3.7	5.0/4.3	14.5/28.7
	ц	8.4/41.5	23.4/25.9	8.3/8.7	3.9/19.5	1.0/2.4	0.5/1.5	1.0/2.4	0.8/0.9	2.8/3.3
	п	7.1/12.4	1.7/5.8	9.0/20.3	3.8/14.5	0.9/2.2	3.4/10.5	4.5/12.8	0.6/2.9	0
Камское водохранилище / Kama Reservoir 2016 г.										
N	в	264/424	36/36	152/276	154/276	122/200	8/12	128/244	336/672	8/16
	ц	146/208	24/24	150/244	28/36	32/36	32/56	38/48	94/136	0
	п	96/108	38/52	36/64	50/64	104/152	14/24	42/56	116/152	0
N, %	в	10.3/11.1	1.4/2.8	6.0/21.3	6.0/7.2	4.8/15.4	0.3/0.3	5.0/6.4	13.2/17.6	0.3/0.4
	ц	17.8/28.7	2.9/5.0	18.2/26.5	3.4/3.9	3.9/5.0	4.3/7.7	4.6/5.2	11.4/14.8	0
	п	10.8/15.9	4.3/4.7	4.1/9.4	5.6/5.8	11.7/13.9	1.4/2.2	4.7/8.2	13.1/22.4	0
Воткинское водохранилище / Votkinsk Reservoir 2014 г.										
N	в	39/76	58/112	22/43	436/726	31/69	86/152	161/360	111/218	54/218
	ц	135/185	151/211	39/69	70/91	7/13	17/20	59/96	589/74	189/531
	п	20/36	13/17	3.3/6.6	21/30	0	2/3.3	30/43	12/20	75/152
N, %	в	2.5/3.5	3.7/5.4	1.4/2.1	28/35	2.0/6.2	5.4/5.3	10.3/16.5	7.1/10.5	3.5/17.1
	ц	12.6/19.2	14.1/22.0	3.6/7.2	6.5/8.2	0.6/1.4	1.6/2.1	5.5/10.0	5.5/6.9	18/41
	п	7.9/9.2	5.3/13.9	1.3/1.7	8.6/11.1	0.0	0.4/0.8	11.9/13.9	4.6/16.7	30.4/40
Воткинское водохранилище / Votkinsk Reservoir 2016 г.										
N	в	286/412	108/136	420/472	80/120	78/96	396/792	118/196	114/200	6/12
	ц	842/1416	184/280	156/200	168/184	108/156	56/184	88/100	324/508	14/28
	п	59/68	20/20	91/112	32/44	12/16	11/20	37/72	20/44	0
N, %	в	11.2/13.5	4.2/6.7	16.4/31.0	3.1/3.4	3.1/5.1	10.1/20.1	4.6/5.0	4.5/5.1	0.2/0.3
	ц	30.8/46.9	6.7/9.3	5.7/8.1	6.1/7.5	3.9/5.2	1.9/3.2	3.2/4.1	11.8/20.7	0.5/1.1
	п	12.5/18.5	4.3/8.9	19.3/25.0	6.8/9.8	2.6/4.3	2.2/3.4	8.0/12.2	4.3/7.4	0
Нижнекамское водохранилище / Niznekamsk Reservoir 2016 г.										
N	в	99/116	39/84	200/352	184/444	27/44	115/308	96/152	44/72	0
	ц	206/244	34/44	148/240	574/1088	10/20	512/924	294/556	234/400	0
	п	36	0	48	52	20	16	20	8	0
N, %	в	6.7/9.1	2.6/6.0	13.5/25.1	12.4/25.3	1.8/3.4	7/17.5	6.5/11.9	3.0/5.6	0
	ц	6.8/21.1	1.1/2.1	4.9/20.8	19.0/24.6	0.3/1.7	14.0/18.9	9.7/11.4	7.7/9.0	0
	п	14.7	0	19.7	21.3	8.2	6.6	8.2	3.3	0
Камский плес Куйбышевского / Kama reach of Kuibyshev Reservoir 2016 г.										
N		16/44	27/36	103/272	146/332	6/16	57/116	14/28	37/64	0.7/4
N, %		4.2/20	3.4/14.5	12.9/38.2	16.6/39.1	0.6/1.8	6/10	2.8/7.3	4.2/6.7	0.3/1.8

Примечание. Районы: в – верхний, ц – центральный, п – приплотинный.

В период наших исследований развивающийся на планктонных водорослях *Pseudohaplocaulus infravacuolatus* входил в комплекс доминирующих видов глубоководной зоны довольно неустойчиво (только в 2014 г.). Как уже отмечалось, в 2012 г. он в массе развивался в прибрежной зоне Чусовского (Краевой плес Камского водохранилища) и Сылвенского заливов. И потому ожидается его развитие в 2014–2016 гг. ближе к плотине Пермской ГЭС. Однако в 2014 г. он

достигал значительных численностей в верхнем районе Камского водохранилища – Пыскор (254 тыс. экз./м³) и Пожва (376 тыс. экз./м³) (возможно привнесение с водами рек Вишеры и Пожвы), в центральном районе Воткинского водохранилища – Частые (531 тыс. экз./м³). При этом максимальный вклад вида (до 41% численности) отмечался в сообществе инфузорий в верхнем бьефе Воткинской ГЭС (Елово). *Coleps hirtus viridis*, напротив, большее значение имел в 2016 г. Как

известно, в озерах этот вид хорошо развивается в толще над верхней границей кислородной и бескислородной зон. Видимо, его появление в достаточных для доминирования количествах (до 13.9% общей численности) связано именно с большим прогревом и расслоением водной толщи и появлением зон с недостатком кислорода в этот период. Кроме того, значителен его вклад и в верховьях Камского водохранилища (15.9%) и в приплотинном районе Нижнекамского (8.2%) (куда он, возможно, приносится притоками Вишерой, Ик, Иж), поскольку, как мы уже отмечали, в притоках вклад миксотрофных инфузорий выше, по сравнению с водохранилищами. Отсутствие четких закономерностей в распределении отдельных видов по акватории водохранилищ свидетельствует, видимо, в пользу того, что диапазоны толерантности видов соответствуют пределам колебаний абиотических факторов в водохранилищах. Однако на уровне сообщества инфузорий в целом проявляется некая закономерность в распределении показателей по акватории: в Камском и Воткинском водохранилищах они снижаются сверху вниз, за небольшим исключением: от верхних районов к приплотинным, и лишь в Нижнекам-

ском – центральный район характеризуется большим развитием инфузорий (рис. 6А, В). При этом в Камском водохранилище по уровню развития сообществ инфузорий верхний район выделяется сильнее, чем в Воткинском, где различия между районами в отдельные годы сглаживаются и развитие может даже незначительно преобладать в центральном районе. Это обусловлено в некоторой степени тем, что в Камском водохранилище, помимо крупных притоков (р. Вишеры, р. Колвы и др.), в верховьях сосредоточена большая часть мелководий, а в Воткинском – мелководья приурочены к центральной части. Более подробно распределение инфузорий по морфометрическим районам в Камском и Воткинском водохранилищах рассматривалось нами ранее [Быкова, Жариков, 2016 (Bykova, Zharikov, 2016); Быкова, 2017 (Bykova, 2017)]. Примечательно также, что в 1987 г. максимумы общей численности отмечались приблизительно в районе тех же станций, что и при нашем исследовании: выше устья р. Белой в Нижнекамском водохранилище ($N = 2300$ тыс. экз./м³) и в районе поселка Уральский (недалеко от пос. Нытва) ($N = 850$ тыс. экз./м³) [Мыльникова, 1990 (Mylnikova, 1990)].

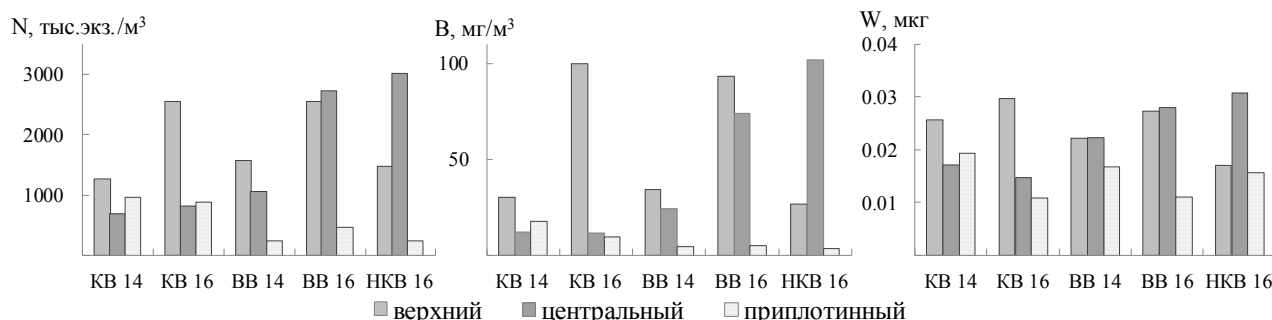


Рис. 6. Распределение общей численности (N), общей биомассы (B) и средней массы особи в сообществе (W) инфузорий по морфометрическим районам водохранилищ: Камского (KB), Воткинского (ВК) и Нижнекамского (НКВ) в 2014 и 2016 гг.

Fig. 6. Distribution of total abundance (N), total biomass (B) and average mass of individuals of the ciliates community (W) along the morphometric areas of reservoirs in 2014 and 2016.

Структурные показатели сообществ инфузорий вдоль по каскаду. В соответствии с изменением видовой структуры вдоль по каскаду водохранилищ, происходят изменения и в соотношении размерных и трофических групп инфузорий. Косвенным показателем размерной структуры служит средняя масса особи в сообществе. Согласно этому показателю, в Камском водохранилище более крупные виды развиваются в верхнем районе, в Воткинском – в верхнем и центральном, в Нижнекамском – в центральном районе (рис. 6С).

В трофической структуре в направлении от Камского водохранилища к Нижнекамскому доминирующая роль бактериодетритофагов

и гистофагов (рис. 7А), активно участвующих в разложении органического вещества, снижается от 65% до 31% общей численности и переходит к инфузориям альгофагам и неселективным всеядам (их совместный вклад возрастает от 32% до 66%). При этом четких закономерностей в распределении трофических группировок по районам водохранилищ не выявлено (рис. 7В). Даже в приплотинных районах средние показатели не очень отличались от показателей других районов. Лишь в Воткинском водохранилище в 2014 г. доля бактериодетритофагов четко удваивалась от верхнего района к приплотинному (с 31% до 64% общей численности). Кроме того, в 2014 г. в

приплотинном участке Камского водохранилища была зарегистрирована вспышка бактериодетритофага – *Colpoda* cf. *inflata*, который формировал 92% численности. Данный вид, индикатор полисапробной зоны (индекс са-

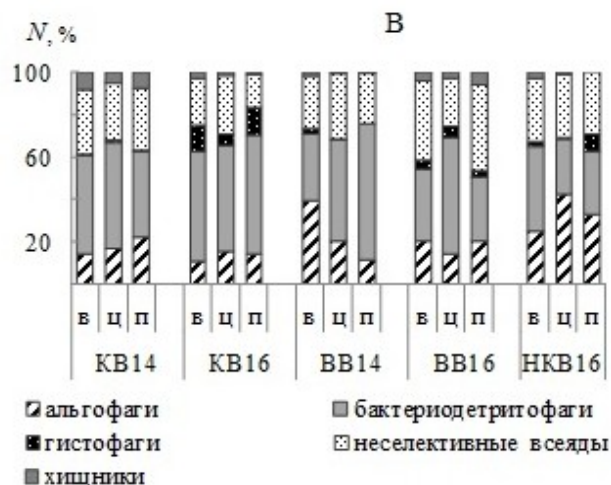
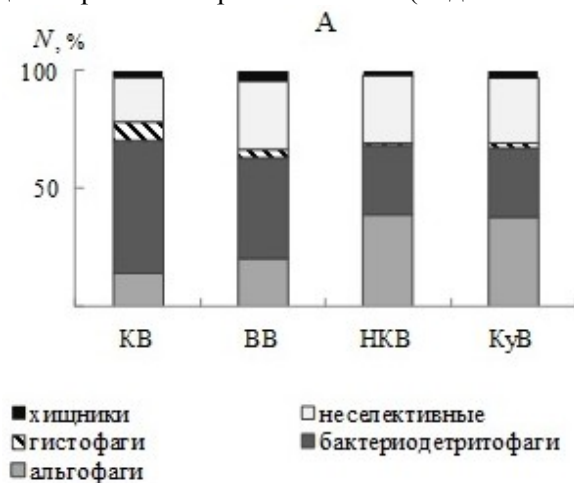


Рис. 7. Изменение соотношения численности трофических групп инфузорий вдоль по каскаду камских водохранилищ (А) и по их морфологическим районам (В): в – верхний, ц – центральный, п – приплотинный.

Fig. 7. Changes in the ratio of trophic groups of ciliates along the Kama cascade of reservoirs (А) and by their morphological areas (В): b – upper, c – central, p – sub-dam.

миксотрофные инфузории обычны для пресноводных экосистем. Доля их составляет в среднем 23% [Foissner et al., 1999] достигая в отдельных случаях 90% общей численности и выше. Их появлению могут способствовать разные факторы: дефицит кислорода, световой режим, закисление, олиготрофия. Поскольку все эти факторы в водохранилищах довольно “умеренны”, то и роль миксотрофов в водохранилищах незначительна, по сравнению с озерами. Миксотрофные (симбиотрофные) инфузории как особая группа инфузорий более обильны в верхних в каскаде водохранилищах: вклад их достигает почти 19% и затем по направлению к устью Камы их вклад уменьшается до 4%. В пределах каждого водохранилища они вносят большой вклад в численность сообщества, как правило, в верхних, более проточных, участках. Однако в 2016 г. максимальная доля их была зарегистрирована в приплотинных участках: в верхнем бьефе Пермской ГЭС (22.6% общей численности) и Нижнекамской ГЭС (11.5%). В Камском водохранилище на глубоководных станциях с дефицитом кислорода довольно многочисленны виды, способные использовать симбионты в качестве поставщиков кислорода: *Coleps hirtus viridis*, *Pelagohalteria viridis*. Они довольно обычны для стратифицированных озер с анаэробным гипolimниом в горизонтах над окисклином и в придонных хорошо освещаемых слоях неглубоких озер. В Нижнекамском водохрани-

лище, где вся толща воды аэробна, состав миксотрофных инфузорий несколько другой, по сравнению с др. камскими водохранилищами: помимо *Coleps hirtus viridis*, здесь отмечаются не часто встречающиеся *Rimostrombidium velox*, *Limnostrombidium viride*. Т.е. это в основном виды, использующие симбионты в качестве поставщиков органических веществ. Значительное число видов-миксотрофов (*Pelagostrombidium mirabile*, *Limnostrombidium viride*, *Cyclotrichium viride*, *Enchelys simplex*, *Didinium chlorelligerum*, *Spathidium viride* и др.) попадают в водохранилище с водами р. Белой.

Визуализация результатов систематизации сообществ инфузорий водохранилищ Камского каскада. Кластеризация данных 2016 г. (по вкладу в общую численность) позволила выделить 3 основные группы сообществ (кластера) (рис. 8А). Первый кластер “камский” объединяет сообщества 2/3 проб из Камского водохранилища и 1/3 – из Воткинского; второй “воткинско-нижекамский” – 20% из Камского и по 40% проб из Воткинского и Нижнекамского водохранилищ и, наконец, третий кластер “куйбышевский” на 2/3 состоит из сообществ куйбышевских (Камский плес) станций и на 1/3 – из нижекамских. Таким образом, при переходе сверху вниз по течению от 1 кластера к 3 происходит последовательное, с небольшими исключениями, замещение сообществ инфузорий одного водохранилища на другое. Таким образом,

несмотря на волнообразность распределения и изменение количественных характеристик сообществ в районе плотин, сохраняется их относительная “преemptивность”.

Ординация видов и станций, на которых они развиваются (рис. 8В), демонстрируют равномерное распределение сообществ инфузорий разных водохранилищ в пространстве факторов среды. Тем не менее, их разделение на группу “средних в каскаде” (Воткинское и Нижнекамское) и “крайних” (Камское и Камский плес Куйбышевского водохранилища) может быть объяснено влиянием таких факторов как цветность, прозрачность, активная реакция среды и, вероятно, минерализация (поскольку “средние в каскаде” менее минерализованы). Другое разделение сообществ: на “верхние” в каскаде – Камское и Воткинское водохранилища (более глубоководные, с более

резкими градиентами температуры и дефицитом кислорода у дна) – и занимающие нижнее по течению положение в каскаде – Нижнекамское водохранилище и Камский плес Куйбышевского (с полностью аэробной толщей и менее различающимися поверхностной и придонной температурами) – происходит по векторам содержания кислорода, его насыщения и температуры. Кроме того, большинство структурообразующих видов сосредоточены в центре диаграммы, что означает, вероятно, соответствие в целом их оптимумов развития сложившимся условиям в водоемах, и что они относительно индифферентны к имеющимся пределам колебаний факторов; лишь относительно редкие “выпадают” из центра и, вероятно, именно они обуславливают различия сообществ водохранилищ.

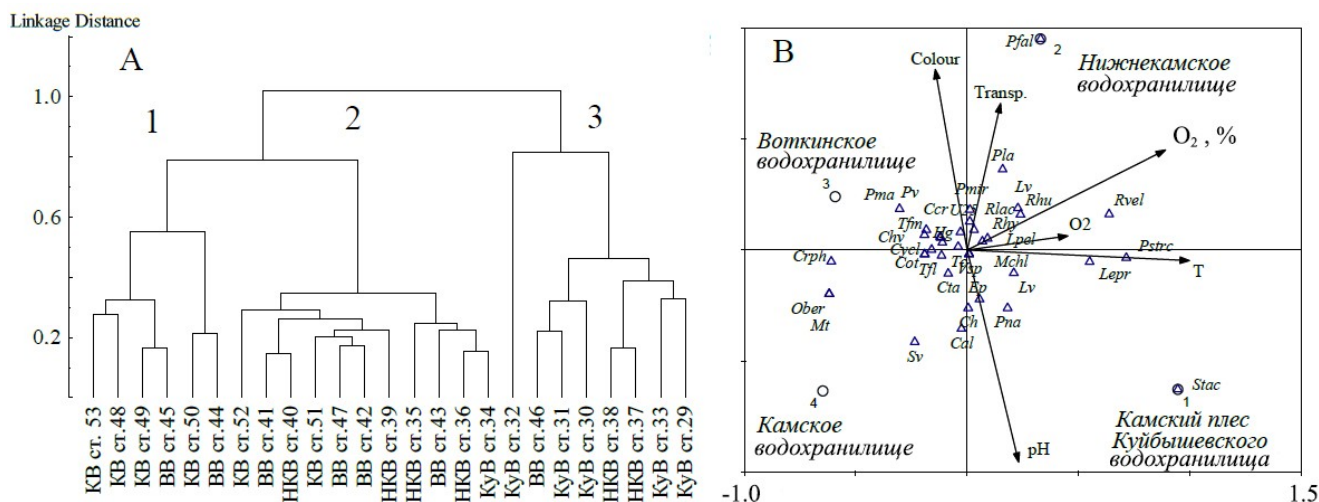


Рис. 8. Дендрограмма сходства сообществ инфузорий водохранилищ Камского каскада (в основе кластерного анализа – доли видов по численности) (А) и результаты ординации видового состава инфузорий (В). Обозначения: KB – Камское водохранилище, BB – Воткинское, НКВ – Нижнекамское, КуВ – Камский плес Куйбышевского водохранилища.

Fig. 8. Dendrogram of similarity of ciliates communities of the Kama reservoirs cascade (based on the cluster analysis of the proportions of species abundances) (A) and the ordination of ciliates species composition (B). Designation: KB – Kama reservoir, BB – Votkinsk reservoir, НКВ – Nizhnekamsk reservoir, КуВ – Kama reach of the Kuybyshev reservoir; abbreviated names of species: Ccr – *Codonella cratera*, Ch – *Coleps hirtus*, Cot – *Cothurnia* sp., Crph – *Cristigera phoenix*, Cta – *Ctedoctema acanthocrypta*, Cycl – *Cyclidium* spp., Ep – *Enchelys pupa*, Lepr – *Leprotintinnus pellucides*, Lpel – *Limnostrombidium pelagicum*, Lv – *L. viride*, Lv – *Linostomella vorticella*, Mchl – *Monodinium chlorelligerum*, Ober – *Obertruria*, Pv – *Pelagohalteria viridis*, Pfal – *Pelagostrombidium fallax*, Pmir – *P. mirabile*, Phv – *Phascolodon vorticella*, Rhu – *Rimostrombidium humile*, Rhy – *R. hyalinum*, Rlac – *R. lacustris*, Rvel – *R. velox*, Stac – *Stichotricha aculeata*, Sv – *Stokesia vernalis*, Tf – *Tintinnidium fluviatile*, Tfm – *T. fluviatile* f. *mini*, Tc – *Tintinnopsis cylindrata*, U25 – *Urotricha* spp. (<25мкм), V sp. – *Vorticella* sp.

Сапробиологический анализ качества воды по инфузориям – индикаторам показал, что сапробность воды в водохранилищах в целом соответствует β - α -мезосапробной зоне. При этом коэффициенты сапробности в более прогретом 2016 г. на несколько десятых единиц выше. По литературным данным [Мыльникова, 1990 (Mylnikova, 1990)], в

августе 1987 г. акватория Нижнекамского и Воткинского водохранилищ относилась “к β -мезосапробному классу с небольшими колебаниями на отдельных участках”. Полученные данные нельзя сопоставлять с данными 1987 г., поскольку ранее анализ проводился лишь по 6 массовым видам, являющимся индикаторами только олиго- и β -

мезосапробной зон, и делать однозначный вывод, что класс сапробности повысился с β -мезо– до β - α – мезосапробности некорректно. На обследованном в 2016 г. участке Камы от ст. Пыскор до ст. Атабаево индексы сапробности варьировали в пределах от 1.69 до 2.32. Меньшей степенью органического загрязнения воды ($S=1.69$ – 1.99 , β -мезосапробная зона) характеризовались всего лишь 23% станций. Это станции верхних и центральных районов водохранилищ: Вятское, устье р. Белой, Икское устье (Нижекамское водохранилище), Оса и устье р. Нытвы (Воткинское водохранилище) и устье р. Обвы (Камское водохранилище). Наибольшие значения индексов сапробности отмечались в приплотинных участках всех трех водохранилищ (индексы сапробности варьировали в пределах $S=2.19$ – 2.32 , β - α -мезосапробной зона), в районе расположения Соликамско-Березниковского промышленного комплекса ($S=2.28$) (Камское водохранилище), на разрезе Иньва-Косьва ($S=2.12$) и в районе Чистополя ($S=2.3$) (Куйбышевское водохранилище). В основном, это все станции, которые, по литературным данным [Двинских и Китаева, 2011 (Dvinskikh, Kitaeva, 2011)], относятся к территориям – лидерам по уровню суммарной антропогенной нагрузки на водную среду: города Березники (источники сброса загрязненных сточных вод – ОАО

«Промканал» (ОХК «Уралхим»)), Пермь, Чусовой (Чусовской металлургический завод), Соликамск («Соликамскбумпром»), Чайковский, Краснокамск (ЦБК «Кама») и др. Наиболее загрязненными реками края являются правобережный приток р. Иньва и левобережные притоки р. Камы – реки Косьва, Вильва, Северная Вильва и Кизел. Их воды характеризуются как загрязненные и очень загрязненные [Двинских и Китаева, 2011 (Dvinskikh, Kitaeva, 2011)]. В 2014 г. на ст. выше Перми разово зафиксирован случай массового развития полисапробного вида, что отразилось на общем индексе сапробности ($S=3.4$). Данное локальное развитие вида могло быть обусловлено либо кратковременными «заморными» явлениями, либо влияниями каких-либо точечных источников загрязнения. Еще один полисапробный вид *Sphaerophrya magna* Mauras 1881 ($S=3.8$) встречался единично на разрезе Иньва-Косьва и на ст. Пожва, а на ст. Березники – в количестве 52 экз./л (1.4% общей численности). Такие факты, как преобладание в водохранилищах видов с большей сапробностью, значительный вклад в трофической структуре инфузорий, использующих в пищу бактерий и детрит и гниющие остатки, свидетельствуют о существенном антропогенном воздействии на экосистему водохранилищ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данной работой по изучению сообществ инфузорий глубоководной зоны подведен небольшой итог исследованию важного компонента планктона – свободноживущих инфузорий водохранилищ Камского каскада, начатого в прибрежной зоне с 2009 г. Видовое богатство в глубоководной (руслевой) зоне не ограничивается выявленными 113 видами, поскольку не учтены сезонные изменения видового состава, недостаточно подробно исследована пространственная неоднородность по продольной оси и т.д. Тем не менее, видовое разнообразие инфузорий камских водохранилищ выше волжских. В целом же сверху вниз по течению Камы так же, как и по продольной оси Волжского каскада, происходит незначительное снижение видового богатства и видового разнообразия. Пики количественного развития инфузорий приурочены к неглубоководным участкам – местам разливов и заливов, образованных притоками. Они чередуются с областями минимального развития инфузорий в районе станций с большими глубинами в верхних бьефах гидроузлов. При этом пики численности и биомассы в Камском и Воткинском водохра-

нилищах более выражены и синхронизированы в период стратификации водной толщи и появления областей с дефицитом кислорода. Структурные перестройки сообществ сверху вниз по каскаду сводятся к уменьшению роли бактериодетритофагов и гистофагов, и, напротив, увеличению вкладов альгофагов и неселективных всеядов. Миксотрофы чаще встречаются в Камском водохранилище. Вдоль по каскаду меняется соотношение основных таксономических групп доминантов. В комплекс доминантов и субдоминантов в глубоководной и мелководной зонах входят представители отрядов Tintinnida, Choreotrichida и подкласса Scuticociliatia. В отличие от «волжских» сообществ, в камских значительна роль *Codonella cratera* среди тинтинид и примечателен сам факт доминирования скутикоцилиат на многих станциях. Последние, по сравнению с тинтиннидами, являются индикаторами несколько повышенной сапробности, и их доминирование является объективным отражением повышенной антропогенной нагрузки в данном регионе.

Автор выражает признательность сотрудникам ИБВВ РАН, принимавшим участие в экспедиции по волжским и камским водохранилищам в 2016 г. и предоставившим физико-химические данные, членам команды судна «Академик Топчиев» за помощь в сборе полевого материала, а также сотруднику Пермского отделения ГосНИОРХ Максиму Мелехину за отбор проб в 2014 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белихов Д.В. Санитарно-биологическое исследование рек Исети, Чусовой и Волги в зоне Кубышевского водохранилища. Казань, 1964. 313 с.
- Беляева, П.Г., Минеева Н.М., Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А., Макарова О.С. Содержание растительных пигментов в воде и донных отложениях водохранилищ р. Камы // Гидрология, гидрохимия и растительные пигменты водохранилищ Волжского каскада / отв. ред. Ю.В. Герасимов. Борок: Институт биологии внутренних водоемов им. И.Д. Папанина РАН. Труды, 2018. Вып. 81(84). С. 97–104.
- Быкова С.В. Инфузории бассейна Камского водохранилища и его сапробиологическая оценка // Вода: химия и экология. 2017. № 8. С. 48–55.
- Быкова С.В. Свободноживущие инфузории водохранилищ Волжского каскада в 2016–2017 гг.: состав и распределение // Волга и ее жизнь: сборник тезисов докладов Всероссийской конференции / Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 22–26 октября 2018 г. Ярославль: Филигрань, 2018. С. 15.
- Быкова С.В. Свободноживущие инфузории притоков и водохранилищ Камы в период летней межени 2009 г. // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов. Том I: Теория и методы изучения и охраны окружающей среды. Экологические основы природопользования. Под ред. проф. Латыповой В.З., проф. Ермолаева О.П., проф. Роговой Т.В., проф. Зарипова Ш.Х. Казань: Изд-во «Отечество», 2013. С. 281–287.
- Быкова С.В., Жариков В.В. Инфузории Воткинского водохранилища // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2016. Т. 25, № 4. С. 167–174.
- Быкова С.В., Жариков В.В. Инфузории мелководной зоны водохранилищ Камского каскада и притоков Камского водохранилища в период весеннего половодья // Изв. СНЦ РАН. 2014. Т. 16. № 5. С. 235–243.
- Винберг Г.Г. Температурный коэффициент Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса в биологии // Журн. общ. биол. 1983. Т. 44. Вып. 1. С. 31–42.
- Волга и её жизнь. Л., Наука, 1978. 348 с.
- Двинских С. А., Китаев А. Б. Особенности формирования химического состава поверхностных вод гумидной зоны (на примере Пермского края) // Проблемы региональной экологии. 2011. № 5. С. 29–34.
- Двинских С.А., Березина О.А. К вопросу районирования Нижнекамского водохранилища // Географический вестник [Geographical bulletin]. 2010. № 4(15). С. 31–37.
- Двинских С.А., Китаев А.Б. Гидрология Камских водохранилищ: монография / С.А. Двинских, А.Б. Китаев; Перм. Гос.ун-т. Пермь, 2008. 266 с.
- Жариков В.В., Быкова С.В. Инфузории (Ciliophora) планктона мелководной зоны водохранилищ Камского каскада // Изв. СНЦ РАН. Т.14, № 5, 2012. С. 172–178.
- Жариков В.В., Ротарь Ю.М. К оценке реакции свободноживущих инфузорий водохранилищ Средней и Нижней Волги на изменения некоторых факторов среды // Биоиндикация: теория, методы, приложения. Тольятти, 1994. С. 205–225.
- Жариков В.В., Ротарь Ю.М. Состав фауны свободноживущих инфузорий Куйбышевского водохранилища // Биол. внутр. вод: Информ. бюл. 1992. № 92. С. 19–30.
- Кондратьева Т.А. Оценка качества воды рек Меши, Казанки и Свияги по биологическим показателям. Цилиопланктон // Экологические проблемы малых рек республики Татарстан. Казань: Фэн, 2003. С. 226–228.
- Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с.
- Корнева Л.Г., Соловьева В.В., Макарова О.С., Гречухина Л.Г., Тарасова Н.Г. Распределение фитопланктона в волжских водохранилищах летом 2015 г. // Труды ИБВВ РАН. Разнообразие, распределение и обилие гидробионтов в водохранилищах Волжско-Камского бассейна. 2018. Вып. 82(85). С. 21–27.
- Лазарева В.И., Степанова И.Э., Цветков А.И., Пряничникова Е.Г., Перова С.Н. Кислородный режим водохранилищ Волги и Камы в период потепления климата: последствия для зоопланктона и зообентоса // Труды Института биологии внутренних вод РАН. Гидрология, гидрохимия и растительные пигменты водохранилищ Волжского каскада. 2018. Вып. 81(84). С. 47–84.
- Мамаева Н. В. Инфузории как компонент планктонного сообщества: Автореф. дис.... докт. биол. наук. Л., 1986. 34 с.
- Мамаева Н.В. Инфузории бассейна Волги. Л.: Наука, 1979. 150 с.
- Мамаева Н.В., Копылов А.И. К изучению питания пресноводных инфузорий // Цитология. Т. 20, № 4, 1978. С. 472–476.
- Матарзин Ю.М., Мацкевич И.К. Вопросы морфометрии и районирования водохранилищ // Вопр. формирования водохранилищ и их влияния на природу и хозяйство. Пермь: из-во Перм. гос ун-та, 1970. Вып. 1. С. 92–111.
- Мелехин М. С. Инфузории Воткинского водохранилища // Рыбохозяйственные исследования на внутренних водоемах: Материалы докладов II Всероссийской молодежной конференции (Санкт-Петербург, 19–21 апреля 2016 г.). СПб, 2016. С.242–249.

- Мордухай-Болтовская Э.Д., Сорокин Ю.И. Питание инфузорий водорослями и бактериями // Труды ин-та биологии внутр. вод. 1965. № 8 (11). С.12–14.
- Мыльникова З.М. Планктонные инфузории камских водохранилищ // Биология внутренних вод. Информ. бюл. Л., Наука. 1990. № 86. С. 38–41.
- Оболкина Л.А. Планктонные инфузории озера Байкал / Л.А. Оболкина. Новосибирск: Наука, 2015. 231 с.
- Паспорт приоритетного проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам, протокол от 30.08.2017 N 9). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
- Постановление Правительства РФ от 24 апреля 1998 г. N 414 "О федеральной целевой программе «Оздоровление экологической обстановки на реке Волге и ее притоках, восстановление и предотвращение деградации природных комплексов Волжского бассейна на период до 2010 года" (программа «Возрождение Волги»)» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1998, № 18. С. 2051.
- Ротарь Ю.М. Планктонные инфузории Куйбышевского водохранилища: Дис....канд. биол. наук. СПб., 1995. 161 с.
- Уманская М.В., Краснова Е.С., Горбунов М.Ю. Химический состав воды и трофический статус прибрежных участков водохранилищ камского каскада в 2009 г. // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20, № 3. С. 39–49.
- Хлебович Т.В. Методы изучения состояния кормовой базы рыбохозяйственных водоемов // Сб. тр. Гос.НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1983. Вып. 196. С. 57–60.
- Цветков А.И., Цветкова М.В. Приточность водохранилищ Волжско-Камского каскада в период экстремальной водности 2017 г. // Волга и ее жизнь: сборник тезисов докладов Всероссийской конференции / Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. Ярославль: Филигрань, 2018. С. 141–142.
- Шакирова Ф.М., Говоркова Л.К., Анохина О.К. Современное состояние Нижнекамского водохранилища и возможности рационального освоения его рыбных ресурсов // Изв. СНИЦ РАН. 2013. Т.15, № 3 (1). С. 518–527.
- Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. 427 с.
- Beaver J.R., Crisman T.L. The role of ciliated protozoa in pelagic freshwater ecosystems // Microbial Ecology. 1989. T. 17. №. 2. P. 111–136.
- Berninger U.G., Finlay B.J., Canter H.M. The Spatial Distribution and ecology of Zoochlorellae bearing ciliates in a productive pond 1 // The Journal of protozoology. 1986. T. 33. №. 4. P. 557–563.
- Berninger U.G., Finlay B.J., Kuuppo-Leinikki P. Protozoan control of bacterial abundances in freshwater // Limnology and oceanography. 1991. T. 36. №. 1. P. 139–147.
- Foissner W., Berger H., Schaumdurg J. Identification and Ecology of Limnetic Plancton Ciliates // Informationsberichte des Bayern. Hf. 3/99. Munchen: Landesamtes für Wasserwirtschaft, 1999. 793 p.
- Gates M. A. Quantitative importance of ciliates in the planktonic biomass of lake ecosystems // Hydrobiologia. 1984. T. 108. №. 3. P. 233–238.
- Porter, K.G., Sherr E.B., Sherr B.F., Pace M., Sanders R.W. Protozoa in Planktonic Food Webs1, 2 // The Journal of protozoology. 1985. T. 32. №. 3. P. 409–415.

REFERENCES

- Beaver J.R., Crisman, T.L. 1989. The role of ciliated protozoa in pelagic freshwater ecosystems. Microbial Ecology, 17(2), 111–136.
- Belihov D.V. 1964. Sanitarno-biologicheskoe issledovanie rek Iseti, Chusovoj i Volgi v Zone Kuibyshevskogo vodohranilishcha [Sanitary-biological research of the rivers Iset, Chusovaya and the Volga river in the zone of the Kuybyshev reservoir]. Kazan. 313 s. [In Russian]
- Belyaeva P.G., Mineeva N.M., Sigareva L.E., Timofeeva N.A., Makarova O.S. 2018. Soderzhanie rastitelnyh pigmentov v vode i donnyh otlozheniyah vodohranilishch reki Kamy [Content of the pigments in water and bottom sediments of the Rama river reservoirs] // Hidrologiya, gidrokhimiya i rastitelnye pigment vodohranilishch volzhskogo kaskada [Hydrology, Hydrochemistry and plant pigments reservoirs of the Volga cascade] / Trudy Instituta biologii vnutrennih vod im. I.D. Papanina RAN [Transactions of Papanin institute for biology of inland waters RAS]. Borok. 81(84). S. 97–104. [In Russian]
- Berninger U.G., Finlay B.J., Canter H.M. 1986. The Spatial Distribution and Ecology of Zoochlorellae-Bearing Ciliates in a Productive Pond 1. The Journal of protozoology, 33(4), 557–563.
- Berninger U.G., Finlay, B.J., Kuuppo-Leinikki 1991. Protozoan control of bacterial abundances in freshwater. Limnology and oceanography, 36(1), P.139–147.
- Bykova S.V. 2017. Infuzorii bassejna Kamskogo vodohranilishcha i ego saprobiologicheskaya ocenka [Ciliates of the Kama reservoir basin and its saprobiological assessment] // Voda: himiya i ehkologiya. № 8. S. 48–55. [In Russian]
- Bykova S.V. 2013. Svobodnozhivushchie infuzorii pritokov i vodohranilishch kamy v period letnej mezheni 2009 g. [Free-living ciliates of the tributaries and reservoirs of the Kama river during the summer low water period of 2009] // Okruzhayushchaya sreda i ustojchivoe razvitie regionov. Tom I: Teoriya i metody izucheniya i ohrany okruzhayushchej sredy ehkologicheskie osnovy prirodopolzovaniya. Pod red. prof. Latypovoj V.Z., prof. Ermolaeva O.P., prof. Rogovoj T.V., prof. Zaripova Sh.H. Kazan: Izd-vo Otechestvo. S. 281–287. [In Russian]
- Bykova S.V. 2018. Svobodnozhivushchie infuzorii vodohranilishch volzhskogo kaskada v 2016–2017 gg: sostav i raspredelenie [Free-living ciliates of reservoirs of the Volga cascade in 2016-2017: composition and distribution] //

- Volga i ee zhizn: sbornik tezisov dokladov vserossijskoj konferencii / Institut biologii vnutr. vod im. I.D. Papanina RAN. Yaroslavl: Filigran. S. 15. [In Russian]
- Bykova S.V., Zharikov V.V. 2014. Infuzorii melkovodnoj zony vodohranilishch kamskogo kaskada i pritokov kamskogo vodohranilishcha v period vesennego polovodya [Ciliates of the shallow zone of the Kama cascade reservoirs and tributaries of the Kama reservoir in the period of spring flood] // *Izv. SNC RAN*. T. 16. № 5. S. 235–243. [In Russian]
- Bykova S.V., Zharikov V.V. 2016. Infuzorii Votkinskogo vodohranilishcha [Ciliates of Votkinsk reservoir] // *Samarskaya Luka: problemy regionalnoj i globalnoj ehkologii*. T. 25, № 4. S. 167–174. [In Russian]
- Dvinskih S.A., Kitaev A.B. 2011. Osobennosti formirovaniya himicheskogo sostava poverhnostnyh vod gumidnoj-zony (na primere Permskogo kraja) [Features of formation of the chemical composition of surface waters of the humid zone (for example Perm edge)] // *Problemy regional'noj ehkologii*. № 5. S. 29–34. [In Russian]
- Dvinskih S.A., Berezina O.A. 2010. K voprosu rajonirovaniya Nizhnjekamskogo vodohranilishcha [To the question of division into districts of the Nizhne-Kamsky water basin] // *Geograficheskij vestnik* [Geographical bulletin]. № 4(15). S. 31–37. [In Russian]
- Dvinskih S.A., Kitaev A.B. 2008. *Gidrologiya Kamskih vodohranilishch: monografiya* [Hydrology of Kama reservoirs: monograph] / S.A. Dvinskih, A.B. Kitaev. Perm. Gos.un-t. Perm'. 266 s. [In Russian]
- Ehkologicheskie problemy Verhnej Volgi: Kollektivnaya monografiya [Ecological problems of the Upper Volga: Collective monograph]. Yaroslavl: Izd-vo YAGTU, 2001. 427 s. [In Russian]
- Foissner W., Berger H., Schaumdurg J. 1999. Identification and Ecology of Limnetic Plankton Ciliates // *Informationsberichte des Bayern. Hf. 3/99*. Munchen: Landesamtes für Wasserwirtschaft. 793 p.
- Gates M.A. 1984. Quantitative importance of ciliates in the planktonic biomass of lake ecosystems. *Hydrobiologia*, 108(3), 233–238.
- Khlebovich T.V. 1983. Metody izucheniya sostoyaniya kormovoj bazy rybohozyajstvennyh vodoemov [Methods of studying the state of the forage base of fishery water bodies] // *Sb. tr. Gos.NII ozer. i rech. ryb. hoz-va*. Vyp. 196. S. 57–60. [In Russian]
- Kondratieva T.A. 2003. Ocenka kachestva vody rek Meshi, Kazanki i Sviyagi po biologicheskim pokazatelyam. Cilioplankton [Assessment of water quality of the rivers Meshi, Kazanka and Sviyaga on biological indicators. Planktonic ciliates] // *Ehkologicheskie problemy malyh rek respubliki Tatarstan*. Kazan: Fehn. S. 226–228. [In Russian]
- Korneva L.G. 2015. Fitoplankton vodohranilishch bassejna Volgi [The phytoplankton of reservoirs of the Volga basin] / Pod. Red. A.I. Kopylova. Kostroma: Kostromskoj pechatnyj dom. 284 s. [In Russian]
- Korneva L.G., Solovyeva V.V., Makarova O.S., Grechukhina L.G., Tarasova N.G. 2018. Raspredelenie fitoplanktona v volzhskih vodohranilishchah letom 2015 g. [Distribution of phytoplankton in the Volga river reservoirs in summer 2015] // *Trudy Instituta biologii vnutrennih vod RAN. Raznoobrazie, raspredelenie i obilie gidrobiontov v vodohranilishchah Volzhsko-Kamskogo bassejna*. Yaroslavl: Filigran'. Vyp. 82(85). S. 21–27. [In Russian]
- Lazareva V.I., Stepanova I.E., Tsvetkov A.I., Pryanichnikova E.G., Perova S.N. 2018. Kislorodnyj rezhim vodohranilishch Volgi i Kamy v period potepleniya klimata: posledstviya dlya zooplanktona i zoobentosa [The oxygen regime in the Volga and Kama reservoirs during the period of climate warming: impact on zooplankton and zoobenthos] // *Trudy Instituta biologii vnutrennih vod RAN. Gidrologiya, gidrohimiya i rastitel'nye pigmenty vodohranilishch Volzhskogo kaskada*. Vyp. 81(84). S. 47–84. [In Russian]
- Mamaeva N. V. 1986. Infuzorii kak komponent planktonnogo soobshchestva [Ciliates as a component of the plankton community]: Avtoref. dis.... dokt. biol. nauk. L.. 34 s. [In Russian]
- Mamaeva N.V. 1979. Infuzorii bassejna Volgi [Ciliates of the Volga basin]. L.: Nauka. 150 s. [In Russian]
- Mamaeva N.V., Kopylov A.I. 1978. K izucheniyu pitaniya presnovodnyh infuzorij [To study the nutrition of freshwater infusoria] // *Citologiya* [Cell and Tissue Biology]. T. 20, № 4. S. 472–476. [In Russian]
- Matarzin YU.M., Mackevich I.K. 1970. Voprosy morfometrii i rajonirovaniya vodohranilishch [Morphometry and zoning of reservoirs issues] // *Voprosy formirovaniya vodohranilishch i ih vliyaniya na prirodu i hozyajstvo*. Perm': iz-vo Perm. gos. un-ta, Vyp. 1. S. 92–111. Cited by: Dvinskih, Kitaev, 2008. [In Russian]
- Melekhin M. S. 2016. Infuzorii Votkinskogo vodohranilishcha [Ciliates of the Votkinsk reservoir] // *Rybohozyajstvennye issledovaniya na vnutrennih vodoemah: Materialy dokladov II Vserossijskoj molodezhnoj konferencii* (Sankt-Peterburg, 19–21 aprelya 2016 g.). SPb. 475 s. (FGBNU «GosNIORH»). S. 242–249. [In Russian]
- Morduhaj-Boltovskaya E.D., Sorokin YU.I. 1965. Pitanie infuzorij vodoroslyami i bakteriyami [Feeding of ciliates on algae and bacteria] // *Trudy instituta biologii vnutrennih vod*. № 8(11). S. 12–14. [In Russian]
- Mylnikova Z.M. 1990. Planktonnye infuzorii kamskih vodohranilishch [Planktonic ciliates of Kama reservoirs] // *Biologiya vnutrennih vod*. Inform. byul. L.: Nauka. № 86. S. 38–41. [In Russian]
- Obolkina L.A. 2015. Planktonnye infuzorii ozera Bajkal [Planktonic ciliates of lake Baikal] / L.A. Obolkina. Novosibirsk: Nauka. 231 s. [In Russian]
- Pasport prioritetnogo proekta «Sohranenie i predotvrashchenie zagryazneniya reki Volgi» [Passport of the priority project "preservation and prevention of pollution of the Volga river"] (utv. prezidiu-mom Soveta pri Prezidente RF po strategicheskomu razvitiyu i prioritetnym proektam, protokol ot 30.08.2017 N 9). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
- Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 24 aprelya 1998 g. № 414 "O federal'noj celevoj programme «Ozdorov-lenie

- ehkologicheskoy obstanovki na reke Volge i ee pritokah, vosstanovlenie i predotvrashchenie degra-dacii prirodnyh kompleksov Volzhskogo bassejna na period do 2010 goda" (programma «Vozrozhdenie Volgi»)) [Resolution of the government of the Russian Federation of April 24, 1998 № 414 "on the Federal target program" Improvement of ecological situation on the Volga river and its tributaries, restoration and prevention of degradation of natural complexes of the Volga basin for the period up to 2010" (the program "revival of the Volga")"]// *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii*. 1998, № 18. S. 2051.
- Porter, K.G., Sherr E.B., Sherr B.F., Pace M., Sanders R.W. 1985. Protozoa in Planktonic Food Webs 1, 2. *The Journal of protozoology*, 32(3), 409–415.
- Rotar' YU.M. 1995. Planktonnye infuzorii Kujbyshevskogo vodohranilishcha [Planktonic ciliates of the Kuibyshev reservoir]: Dis...kand. biol. nauk. SPb.. 161 s. [In Russian]
- Shakirova F.M., Govorkova L.K., Anokhina O.K. 2013. Sovremennoe sostoyanie Nizhnekamskogo vodohranilishcha i vozmozhnosti racional'nogo osvoeniya ego rybnih resursov [The current state of the Nizhnekamsk reservoir and the possibility of rational development of its fish resources] // *Izv. Samar. NC RAN*. T. 15, № 3 (1). C. 518–527. [In Russian]
- Tsvetkov A.I., Tsvetkova M.V. 2018. Pritochnost' vodohranilishch Volzhsko-Kamskogo kaskada v period ehkstremal'noj vodnosti 2017 g. [Inflow of the Volga-Kama cascade reservoirs in the period of extreme water content in 2017] // *Volga i ee zhizn': sbornik tezisov dokladov Vserossijskoj konferencii / In-t biologii vnutr. vod im. I.D. Papanina RAN*. Yaroslavl': Filigran'. S. 141–142. [In Russian]
- Umanskaya M.V., Krasnova E.S., Gorbunov M.YU. 2011. Himicheskij sostav vody i troficheskij status pribrezhnyh uchastkov vodohranilishch kamskogo kaskada v 2009 g. [Chemical water composition and trophic status of coastal areas of Kama cascade reservoirs in 2009] // *Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj ehkologii*. T. 20, № 3. S. 39–49. [In Russian]
- Vinberg G.G. 1983. Temperaturnyj koeffficient Vant-Goffa i uravnenie Arreniusa v biologii [Temperature coefficient of Van't Hoff and Arrhenius equation in biology] // *Zhurn. Obshch. Biol.* T. 44. Vyp. 1. S. 31–42. [In Russian]
- Volga i ee zhizn' [The Volga and its life]. L.: Nauka, 1978. 348 s. [In Russian]
- Zharikov V.V., Bykova S.V. 2012. Infuzorii (Ciliophora) planktona melkovodnoj zony vodohranilishch Kamskogo kaskada [Ciliates (Ciliophora) of the plankton of the shallow zone of the Kama cascade reservoirs] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN*. T.14. № 5. S. 172–178. [In Russian]
- Zharikov V.V., Rotar' YU.M. 1992. Sostav fauny svobodnozhivushchih infuzorij Kujbyshevskogo vodohranilishcha [The fauna composition of free-living ciliates of Kuibyshev reservoir] // *Biol. vnutr. vod: Inform. byul.* № 92. S. 19–30. [In Russian]
- Zharikov V.V., Rotar' YU.M. 1994. K ocenke reakcii svobodnozhivushchih infuzorij vodohranilishch Srednej i Nizhnej Volgi na izmeneniya nekotoryh faktorov sredy [To evaluation of the reaction of free-living ciliates of the reservoirs of the Middle and Lower Volga to changes of some environmental factors] // *Bioindikaciya: teoriya, metody, prilozheniya*. Tol'yatti. S. 205–225. [In Russian]

FREE-LIVING CILIATES IN THE DEEP-WATER PART OF THE KAMA RIVER RESERVOIRS

S. V. Bykova

Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, 445003 Togliatti, Russia, svbykova@rambler.ru

The article presents the study results of free-living ciliates in the deep-water area of the Kama reservoirs (Kama, Votkinsk, Nizhnekamsk and Kama the reach of the Kuybyshev reservoir) in August 2014 and 2016. The need for research is dictated by the lacking of data on ciliates from deep-water parts of the Kama River: previously ciliates had been studied only in the coastal zones of reservoirs. 113 species of ciliates were registered in total; the number of species in the sample ranged from 11 to 51 species (an average of 26-31 reservoirs). It was determined that there is a slight decrease in species diversity richness and diversity of the ciliates community from top to bottom in the Kama cascade. The abundance of ciliates varied within 119–4892 thousand ind./m³, biomass – from 1.4 to 186 mg/ m³, production – from 1.1 to 134 mg / m³. The maximum values of parameters were observed in the area of the confluence of the Belaya River, the minimum – at deep-water stations with oxygen deficiency in the bottom layers. It has been shown that the dominance of ciliates from subclass Scuticociliatia (indicators of increased saprobity) is the particularity of the species dominant complex of ciliates communities from some of the Kama reservoirs that is due to anthropogenic pressures in the region. Saprobity according to ciliates-indicators corresponds to the β-α-mesosaprobic zone.

Keywords: ciliates, plankton, the Kama cascade of reservoirs, species composition, spatial distribution

МЕСТОНаХОЖДЕНИЯ ВОШЕРИЙ (*VAUCHERIA*, *XANTHORHYZACEAE*) В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ

В. С. Вишняков

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: aeonium25@mail.ru

Приведён список и анализ местонахождений 14 таксонов (13 видов и 1 разновидность) сифональных жёлто-зелёных водорослей рода *Vaucheria* Байкальского региона в пределах Иркутской области и Республики Бурятия. Общее число изученных популяций составило 413. Флористический фон определяют только 4 мультирегиональных вида: *V. bursata*, *V. racemosa*, *V. canalicularis*, *V. frigida* var. *frigida*, на долю которых приходится 79% всех популяций. Имеющиеся по региону данные могут рассматриваться как репрезентативные для континентальных районов Азиатской России.

Ключевые слова: *Vaucheria*, видовой состав, распространение, новые находки, Сибирь.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10004

ВВЕДЕНИЕ

Байкальский регион – крупная трансграничная территория в центре Азии, организующим центром которой является объект Всемирного природного наследия ЮНЕСКО озеро Байкал, система гор и межгорных тектонических впадин Байкальской рифтовой зоны и переходных к ней областей. Территории Иркутской обл. и Республики Бурятия составляют более половины российской части Байкальского региона. К ним относится значительная часть бассейна Байкала, а также верхние части бассейнов Енисея и Лены [Батуев и др., 2015 (Batuev et al., 2015)].

Макроскопические водоросли Байкальского региона изучены неравномерно как в пределах отдельно взятых территорий, так и таксономических групп. В основном исследовали макроводоросли Байкала, известные своим эндемизмом и необычной морфологией [Ижболдина, 2007 (Izhboldina, 2007)]. Между тем, сведения о макроводорослях, типичных для малых и часто эфемерных водных объектов, а также почв Байкальского региона, крайне скудны. Сифональные жёлто-зелёные водоросли рода *Vaucheria* DC. длительное время составляли одну из таких групп.

Первые достоверные сведения о вошериях окрестностей Байкала появились у В.Ч. Дорогостайского [Dorogostaisky, 1904], которым упомянуты *V. terrestris* Lyngbye, *V. racemosa* (Vauch.) DC. sensu Götz и *V. sessilis* (Vauch.) DC. Вероятно, так были определены виды, актуально трактуемые как *V. frigida* (Roth) C. Ag., *V. geminata* (Vauch.) DC. и *V. bursata* (O.F. Müller) C. Ag. соответственно. В дальнейшем сведения о видовом составе вошерий пополнялись незначительно. Только А.Б. Громаковой были опубликованы находки *V. terrestris* и *V. aversa* Hassall в малых

реках Баргузинского заповедника [Бочка, 2000 (Bochka, 2000)].

Указания на обнаружение вошерий в стерильном состоянии, в котором невозможно установить их видовую принадлежность, есть для р. Кая, притока р. Иркут [Яснитский, 1926 (Yasnitsky, 1926)], р. Бол. Котинка, притока оз. Байкал [Кожова, Ижболдина, 1994 (Kozhova, Izhboldina, 1994)], водоёмов бассейна р. Китой, левобережного притока р. Ангара [Егорова и др., 2001 (Egorova et al., 2001)], стоячих водоёмов и болот вблизи устья р. Давша у восточного берега Байкала [Бочка, 2000 (Bochka, 2000)], Аллинского [Тахтеев и др., 2000 (Takhteev et al., 2000)], Верхнезаимкинского и Ключевского источников в Бурятии [Судакова, Егорова, 2009 (Sudakova, Egorova, 2009)]. Эти находки свидетельствовали о широком распространении представителей рода на территории Байкальского региона.

В 2011 г. автором статьи начаты целенаправленные исследования вошерий. За семь полевых сезонов 2011–2015, 2017 и 2018 гг. обнаружено 13 видов и 1 разновидность. Впервые для России из Байкальского региона идентифицированы *V. alaskana* Blum, *V. birostris* Simons, *V. cruciata* (Vauch.) DC., *V. prona* T.A. Christ., установлены первые достоверные в азиатской части России местонахождения *V. fontinalis* (L.) T.A. Christ., *V. frigida* var. *major* (Rieth) Wang et Bao, обнаружен потенциально новый вид секции *Tubuligeriae* из родства *V. aversa* [Вишняков, 2015, 2016, 2018 (Vishnyakov, 2015, 2016, 2018)]. Опубликованы, как правило, наиболее интересные находки новых, редких и слабо изученных в географическом отношении видов.

Сообщение о роде *Vaucheria* [Вишняков, 2018 (Vishnyakov, 2018)] было нацелено на

приведение кратких сведений по морфологии и распространению его представителей и не предусматривало систематизации сведений о местонахождениях. Между тем, они имеют большое значение для понимания хорологии вошерий в границах Байкальского региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Южные районы Иркутской обл. и юго-западные районы Республики Бурятия, где собран материал для исследования, лежат в пределах 50.5–54° с. ш., 100.5–107° в. д. и относятся к месту стыка равнинной окраины Средне-сибирского плоскогорья с системой гор Восточного Саяна, Олхинским плато, обрамляющими Байкал хребтами и, далее на восток, к долине р. Селенга до границы с Монголией. Сбор образцов проводили в различных по степени увлажнения биотопах в зоне распространения светлохвойных и смешанных мелколиственных лесов с островами степей и лесостепей (Тажеранские, Кяхтинские степи, сосновая лесостепь Иркутско-Черемховской равнины). Больше всего сборов приходится на лесную зону в интервале абсолютных высот 400–800 м. С целью максимально полного выявления видового состава часть местонахождений по возможности изучали в течение нескольких сезонов одного года или разных лет.

Ввиду эфемерности появления почти всех вошерий было принято, что большой точности при локализации их местонахождений

В 2018 г. вошерии были найдены в ранее не исследованных районах. В связи с этим цель настоящей работы – обобщение сведений обо всех известных местонахождениях представителей этого рода в Иркутской обл. и Республике Бурятия.

не требуется, поэтому местонахождения привязывали к названиям населённых пунктов, природных географических объектов и т.п.

После предварительной очистки образцов в поле от грубого детрита, крупных беспозвоночных, почвы вошерий готовили к микроскопированию путём аккуратного разделения нитей и приготовления серии временных препаратов. Препараты изучали на световых лабораторных микроскопах марок Olympus (Япония) и Opto-Edu (Китай) в диапазоне увеличений от $\times 40$ до $\times 1000$.

Образцы определяли исключительно по фертильному материалу. В случаях, когда гаметангии обнаружить не удавалось, часть исходного образца сохраняли на окнах северной экспозиции в плоских ёмкостях объёмом < 0.5 л с добавлением отстоянной водопроводной воды. В большинстве случаев уже через 10–15 дней можно было зафиксировать появление гаметангиев.

Номенклатура таксонов приведена с учётом работ (Christensen, 1969; Blum, 1972; Wang, Bao, 1991).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Местонахождения сгруппированы по принципу административно-территориального деления. В квадратных скобках после названия региона указано общее число местонахождений в его пределах. Все сборы, кроме обозначенных специально, были выполнены автором статьи. Подавляющее число образцов собрано в фертильном состоянии в полевых условиях, поэтому для них указана одна дата, соответствующая времени сбора. В некоторых случаях приведены две даты: первая – дата сбора материала в стерильном состоянии, вторая, в квадратных скобках, – дата обнаружения гаметангиев в культуре.

1. *V. alaskana* Blum

Иркутская обл. [11] *Иркутский городской округ*. Болотно-озёрный комплекс (БОК) в Ленинском р-не: озеро рядом с заводом ЖБК, на сыром торфе по берегу, 31.07.2015.

БОК: два озера в Посёлке им. Горького в окр. ж/д ст. Военный Городок, по обсыхающим берегам на сыром грунте, 2.07.2013.

Берег затона р. Ангара в Левобережном округе, около Академического моста, на замшелой почве по урезу воды и на тропинке, 11.08.2015.

Берега двух карьеров в левобережной пойме р. Ангара в Посёлке Боково, 13.08.2015.

Шишиловская протока р. Ангара, берег о-ва Конный около ул. Верх. Набережная, на сыром грунте на отмели под *Eleocharis palustris*, 20.08.2015.

Кайские озёра: оз. Чертовое, на сыром грунте на отмели вдоль берега, 9.06.2013; там же, в озере у ж/д, на обсыхающих берегах, 9.06.2013.

Иркутский р-н. Пастбище на берегу карьера в окр. с. Мамоны (за ж/д переездом), на сырой почве около лужи с *Chara vulgaris*, 21.07.2014.

Ольхонский р-н. Пролив Мал. Море оз. Байкал: солончаковый луг на берегу бухты Загли на о-ве Ольхон, на сырой истоптанной коровами почве, 10.07.2014.

Черемховский р-н. Левый берег р. Бол. Белая у моста дороги на с. Олот, на сыром

заиленном песке среди зарослей камыша, 27.07.2014.

Галечник р. Олот в с. Олот, на сыром грунте между камнями, 26.07.2014.

Республика Бурятия [2] *Тункинский р-н.* Правый берег р. Зун-Мурэн в п. Зун-Мурино, около трассы, на сырой почве среди валунов, 24.09.2013.

Берега р. Хулугайша под мостом дороги на п. Монды, на сыром песчаном грунте между камнями вблизи уреза воды, 16.07.2017.

Примечание. Большая часть местонахождений вида цитировалась ранее [Вишняков, 2015 (Vishnyakov, 2015)]. С того времени одно новое местонахождение было установлено по долине горного течения р. Иркут в Тункинской котловине (р. Хулугайша). В настоящей статье исправлены данные об одном местонахождении в Иркутской обл. (левый берег р. Бол. Белая у моста дороги на с. Олот).

2. *V. aff. aversa* Hassall

Иркутская обл. [13] *Иркутский р-н.* Река Бол. Котинка в п. Бол. Коты, 200 м от устья, на замшелых валунах, 28.07.2011; там же, 300–400 м от устья, 21.06.2012; там же, 23.07.2012; там же, 500 м от устья, левый короткий приток, 27.07.2012; там же, правый короткий приток на территории села, 250 м от устья, 26.07.2012; там же, 5.09.2012.

Родники по правому берегу р. Бол. Котинка, 350 м от устья, 27.07.2012.

Ручей Жилище в п. Бол. Коты, 30 м от устья, рядом с кладбищем, на урезе по берегам и в русле среди валунов, 23.07.2012; там же, 6.09.2012; там же, 12.07.2017.

Река Чёрная в окр. п. Бол. Коты, 150–200 м от устья, в небольшом зарастающем рукаве, 25.07.2012.

Слюдянский р-н. Река Тибельти в с. Тибельти, на сыром песке под мостом, 24.09.2013.

Река Мал. Быстрая, в небольшом отмежевавшемся рукаве около моста в месте пересечения трассой на Монды, 24.09.2013.

Республика Бурятия [1] *Тункинский р-н.* Река Хабухай в с. Зактуй, в воде у берегов и на сыром грунте под мостом, 22.09.2013.

Примечание. Необычно крупные образцы, значения размеров нитей, гаметангиев и ооспор у которых значительно превышают те, что известны по литературным данным для *V. aversa* из других регионов мира [Вишняков, 2018 (Vishnyakov, 2018)]. Ближайшие интерпретируемые находки *V. aversa* относятся к Западной Сибири [Свириденко и др., 2015 (Sviridenko et al. 2015)], северо-восточному Китаю (Rieth, 1963; Wang, Bao, 1991) и север-

ной Индии (Santra, Adhya, 1976). Все они представляют собой таксон, имеющий более тонкие нити, менее крупные оогонии и ооспоры.

3. *V. birostris* Simons

Иркутская обл. [6] *Ангарский р-н.* Берег старицы р. Ангара в окр. п. Меget, на сырой торфянистой почве под зарослями камыша, 31.07.2014.

Иркутский р-н. Карьерное озеро в п. Хомутово (Западный) на р. Куда, на переувлажнённом аллювии по обсыхающим берегам, 5.07.2013; там же, 31.07.2014.

Высохшие пойменные озёра на левом берегу р. Куда в д. Куда, на сыром грунте под зарослями череды и тарана, 7.08.2015.

Берег левой протоки р. Ангара за садоводством «Ангара-3», на сырой замшелой почве, 13.08.2015.

Берег протоки 1-го русла р. Бол. Голоустная в п. Бол. Голоустное, со стороны тальника, на влажной нарушенной скотом почве, 16.07.2018.

Республика Бурятия [1] *Кяхтинский р-н.* Истоптанная коровами отмель правобережной протоки р. Селенга в окр. с. Усть-Кяхта, 26.06.2018 + *Botrydium granulosum*.

Примечание. Новый вид для Бурятии. Находки 2014 и 2015 гг., сделанные в поймах рр. Ангара и Куда, цитировалась ранее [Вишняков, 2016 (Vishnyakov, 2016)]. Новое местонахождение в Иркутской обл. (берег р. Бол. Голоустная) относится к дельте реки по преодолению ею Приморского хребта.

4. *V. bursata* (O.F. Müller) C. Ag.

Иркутская обл. [134] *Ангарский р-н.* Река Меget ниже пруда у д. Шароны, в русле и на сыром грунте по берегу, 31.07.2014.

Баяндаевский р-н. д. Нуху-Нур. Придорожный заболоченный водоём в пойме р. Задай-Толгой, в зарослях осок на щебне со стороны насыпи дороги, 3.07.2018, + *Oedogonium* sp. fert.

Река Задай-Толгой у переезда перед д. Нуху-Нур, в массе в толще воды и по урезу воды вдоль берегов, t 19°C, ЕС 982 µS, pH 7.63, 3.07.2018.

Иркутский городской округ. БОК в Ленинском р-не: озеро рядом с храмом, напротив родникового ручья источника св. Софрония, 14.04.2012; там же, 22.02.2013; там же, 10.03.2013.

БОК: источник св. Иннокентия и родниковый ручей, 26.02.2012; там же, 17.09.2012; там же, 10.10.2012; там же, 28.10.2012, 3.11.2012; там же, 23.06.2013; там же, 11.09.2013; там же, 30.08.2015.

БОК: озеро рядом с заводом ЖБК, на сыром торфе по берегу, 31.07.2015.

БОК: лужи и канавы по левому берегу ручья Сарафановка, на сырой замшелой слабо задернованной глине, 1.05.2013; там же, 27.05.2013.

БОК: тростниково-рогозовое болото на берегу маленького безымянного озера рядом с автодорогой, 3.06.2012; там же, на высохшем грунте, 11.09.2013.

БОК: обводнённая яма с *Typha laxmannii* рядом с мостом через ж/д, 3.06.2012; там же, 23.06.2013; там же, 8.07.2013.

БОК: ручей Сарафановка в нижнем течении, под мостом, на камнях, битом кирпиче, древесине, затопленной траве, 29.10.2010; там же, 2.07.2012; там же, 10.10.2012; там же, 11.09.2013; там же, 28.10.2013.

БОК: выгоревшее тростниковое болото, на сырой торфянистой почве, 3.05.2013.

БОК: заболоченный берег маленького озера рядом с автодорогой, на переувлажнённой нарушенной почве, 3.05.2013; там же, 27.05.2013; там же, 23.06.2013.

БОК: раскопанная сырая почва под тополем на берегу озера перед храмом, 23.06.2013.

БОК: озеро в Посёлке им. Горького в окр. ж/д ст. Военный Городок, на почве по берегу, 2.07.2013.

БОК: берега старицы р. Иркут в Посёлке им. Горького вдоль ул. Олонская, 2.06.2013.

БОК: ручей Селиваниха в Посёлке им. Горького, на скоплениях детрита и у берегов, 10.07.2012; там же, на почве по берегам ручья, особенно много в тени под мостом, 7.08.2012.

Река Кая около ост. Кая, 9.06.2013; там же, ниже ж/д моста, 8.07.2013.

Река Иркут, на отмелях по берегу рукава напротив устья ручья Селиваниха, 7.08.2012.

Обводнённая дренажная канава в Посёлке им. Кирова за ул. Гл. Кировская, 10.07.2013.

Река Ушаковка рядом с устьем, 29.06.2013.

Река Ангара, затон у о-ва Конный, 2.07.2013.

Карьерные озёра на о-ве Конный (р. Ангара), 2.07.2013.

Берег затона р. Ангара в Левобережном округе, около Академического моста, на замшелой почве по урезу воды и на тропинке, 11.08.2015.

«Тёплые озёра» на р. Ангара, на сыром грунте по берегу карьера, 11.08.2015.

Шишиловская протока р. Ангара, берег о-ва Конный около ул. Верх. Набережная, на

сыром грунте на отмели под *Eleocharis palustris*, 20.08.2015.

Протока Иркут-Ангара, отделяющая Кировский п-ов, в Посёлке Жилкино, около моста на недавно обсохшем галечнике, 13.07.2017.

Берег нижнего пруда на р. Кая, в зарослях осок у тропинки, «коврики» на влажной почве, 10.07.2018.

Иркутский р-н. Ручей, соединяющий старицы р. Иркут около ж/д ст. Турбаза, на сырой каменной почве под мостом, 20.08.2012.

Река Бол. Котинка в п. Бол. Коты, 300–350 м от устья, галечник, 9.09.2011; там же, 300–400 м от устья, галечник, 21.06.2012; там же, 23.07.2012; там же, 500 м от устья, левый короткий приток, галечник, 27.07.2012; там же, правый приток, около 250 м от устья, галечник, 5.09.2012.

Родники по правому берегу р. Бол. Котинка, 350 м от устья, 27.07.2012.

Река Мал. Котинка, 30–40 м от устья, по берегам среди валунов, 20/22.06.2012; там же, 6.09.2012.

Река Бол. Сенная в окр. п. Бол. Коты, 40 м от устья, мелководье, 22.06.2012.

Река Чёрная в окр. п. Бол. Коты, 50–70 м от устья, на илистых грунтах по берегу, 25.07.2012.

Ручей Жилище в п. Бол. Коты, 40–50 м от устья, рядом с кладбищем, на урезе по берегам и в русле среди валунов, 23.07.2012; там же, 8.06.2013.

Ручей Чапаевка в п. Листвянка, 5.09.2012; там же, 8.06.2013.

Лужи на грунтовой дороге в пойме правого берега р. Крестовка в п. Листвянка, на сырой почве, 8.06.2013.

Река Куда на участке между пп. Хомутово и Куда, у левого берега, 5.07.2013; там же, 10.10.2013.

Берега карьера на р. Куда в п. Хомутово (Западный), 5.07.2013.

Высохшие пойменные озёра на левом берегу р. Куда в д. Куда, на сыром грунте, 7.08.2015.

Река Мха в д. Усть-Куда, ниже моста, 5.07.2013.

Карьерные озёра на о-ве Позднякова (р. Куда), 5.07.2013.

Река Вдовино в окр. г. Иркутск, на урезе воды под мостом, 15.09.2013; там же, 31.07.2014.

Заболоченное озеро в правобережной пойме р. Бурдугуз около залива Иркутского водохранилища, по обсыхающему грунту вдоль берега, с массой акинет, 4.10.2013.

Река Большая в р.п. Бол. Речка, затон ниже а/м моста 4.10.2013; 74. там же, на сырой замшелой почве под сваей пешеходного моста, 25.08.2015.

Река Бурдаковка в нижнем течении, на сырой замшелой почве по берегам, 25.08.2015.

Небольшие озёра в левобережной пойме р. Бурдугуз около Байкальского тракта, на замшелых берегах среди зарослей гелофитов, 25.08.2015.

Река Тальцинка в нижнем течении, в старом левом рукаве, в фильтрующей через галечник воде, + *Mougeotia* sp. ster., *Tribonema* spp., 25.08.2015.

Река Урик ниже пруда в д. Лыловщина, в бетонной трубе и на плите под дамбой, орошаемой брызгами воды, 10.10.2013.

Река Вересовка в окр. г. Иркутск, на сыром грунте по урезу воды и на переувлажнённом песке по берегу, 31.07.2014.

Берег левой протоки р. Ангара за садоводством «Ангара-3», на сырой почве, 13.08.2015.

Река Кая в р.п. Маркова, на сыром грунте под а/м мостом, 1.09.2015.

Небольшие прирусловые водоёмы р. Куда в с. Оёк, в фильтрующей через галечник воде и на урезе воды, t 16°C, EC 824 µS, pH 7.9, 3.07.2018.

Качугский р-н. Ручей Бирюлька между д. Кукуй и с. Бирюлька, на отмели в тени под мостом и в застойной воде, t 26°C, EC 607 µS, pH 8.24, 4.07.2018.

Окр. д. Мал. Голы, родник Суханай-Байбет у дороги на с. Анга, на урезе воды, влажной почве и мхах, t 5.3°C, EC 446 µS, pH 7.78, 4.07.2018.

Узкая родниковая протока р. Лена в с. Мал. Тарель, на галечнике и эпифитно на водных мхах, по которым достигает поверхности воды, t 17°C, EC 338 µS, pH 7.87, 4.07.2018.

Ольхонский р-н. Солонцеватый луг на берегу бухты Загли на о-ве Ольхон (оз. Байкал), 10.07.2014.

Слюдянский р-н. Река Тибельти в с. Тибельти, на сыром песке под мостом, 24.09.2013.

Ручей между 32 и 33 км трассы А-333, на сыром песке под мостом, 21.09.2013.

Река Мал. Быстрая, в небольшом рукаве около моста в месте пересечения трассой на Монды, 24.09.2013.

Усольский р-н. Ручей, впадающий в затон р. Ангара в г. Усолье-Сибирское, 30.06.2013.

Река Биликтуйка в месте пересечения трассой М-53, в воде на галечнике с

Cladophora glomerata и на влажном грунте по берегу, t 10°C, EC 372 µS, pH 8, 7.07.2018.

Река Картагон в месте пересечения трассой М-53, отмель, у трассы, 8.07.2018.

Усть-Удинский р-н. Водоток в окр. с. Нов. Уда, 30.08.2012, собр. О.А. Тимошкин.

Черемховский р-н. Заболоченная старица р. Голуметь в с. Голуметь, свободно плавающие дернинки в воде под мостом, 27.07.2014.

Шелеховский р-н. Река Олха в с. Олха, пляж в окр. ж/д ст. Олха, по урезу воды и на сыром грунте вдоль берега, 30.06.2012.

Берег р. Олха напротив пресного источника в с. Олха, 9.09.2013; там же, свободно плавающие скопления нитей у берега, 22.05.2015.

Олхинский пресный источник на берегу р. Олха, в истоке короткого ручья, 9.09.2013.

Яма на берегу р. Олха рядом с пресным источником, на сырой почве, 22.05.2015.

Родники по правому берегу р. Олха в п. Бол. Луг, 6.07.2012; там же, 21.09.2012; там же, 28.09.2013; там же, 10.07.2017.

Правый берег р. Олха в п. Бол. Луг напротив места разгрузки родников, 8.08.2015.

Ручей в с. Олха в окр. ж/д ст. Олха, в русле и на сырой почве по берегу, 21.06.2013; там же, большими скоплениями у берегов, 9.09.2013; там же, ниже по течению, после поклонного креста, вдоль уреза, 31.07.2012; там же, около придорожного коллектора, 9.09.2013; там же, выше по течению, в промзоне г. Шелехов, 8.10.2013.

Высыхающая яма с трубами от Шелеховской ТЭЦ, рядом с ж/д насыпью, 31.07.2012.

Лужа в яме для труб, проложенных к зооотвалу от Шелеховской ТЭЦ, рядом с ж/д насыпью между ст. Известковый и ст. Олха, 31.07.2012.

Река Ханчинка в нижнем течении, дерновины у берегов на урезе воды, 10.08.2012; там же, 28.09.2013.

Два озера рядом с объездной дорогой и мостом через р. Иркут, по левому берегу реки в окр. п. Пионерск, на сыром грунте, 28.09.2012.

Ручей Курья в с. Баклаши, на камнях и древесине в русле и по урезу воды, 5.10.2012; там же, 28.09.2013; там же, на сырой почве в прибрежных зарослях осок, 18.07.2014.

Старица р. Иркут рядом с карьерным озером на ю.-зап. окраине п. Пионерск, на урезе воды и по берегам, 5.10.2012.

Ручей Сырой Кук-Юрт в окр. п. Бол. Луг, у берега в 1 км от устья, 6.07.2012; там

же, у берегов перед скважиной солёного источника, 21.09.2012.

Река Шаманка, вдоль берегов на урезе перед устьем, 13.07.2012.

Лужа на обочине трассы М-55 в с. Моты, 20.07.2012.

Берег р. Олха в с. Смоленщина, ниже ж/д моста, на луговой почве по размываемому берегу, 12.06.2013.

Берег старицы р. Иркут в с. Баклаши, на сырой распаханной почве, 18.06.2013.

Ручей, дренирующий карьер, в окр. с. Баклаши, 18.06.2013.

Маленькая канава на берегу ручья в с. Олха рядом с ж/д мостом, 9.09.2013.

Старица р. Иркут на северной окраине с. Моты, в метафитоне, 18.09.2013.

Карьерное озеро на северной окраине с. Моты, по обсыхающему грунту у берегов, 18.09.2013.

Река Каторжанка в с. Моты, 18.09.2013.

Ручей в окрест г. Шелехов у Култукского тракта, 22.07.2014.

Правая протока р. Олха в с. Олха ниже деревянного моста, в застойной воде на скоплениях детрита и по сырому грунту по берегу, 5.08.2014.

Эхирит-Булагатский р-н. Берег р. Мурин около карьеров в окр. д. Алужина, на торфянистом грунте в прибрежных зарослях осок, 3.08.2014.

Берег придорожного озера на р. Булуса у поворота на с. Булуса, на сырой почве, истоптанной скотом, 3.08.2014.

Заболоченная старица р. Мурин рядом с карьерами в окр. д. Алужина, на сыром грунте среди зарослей рогоза, 3.08.2014.

Республика Бурятия [9] *Иволгинский р-н.* Отмель левой протоки р. Селенга между дд. Ошурково и Сотниково, у трассы, на влажном грунте в зарослях камыша, 29.06.2018.

Окинский р-н. Низинное болото в бассейне оз. Ильчир около дороги, 1950 м над у.м., на сыром грунте и растительном детрите, 7.07.2014.

Селенгинский р-н. Старица р. Чикой у дороги на Кяхту, между дд. Поворот и Зурган-Дэбэ, у берегов в высокоцветной воде, ЕС 1293 μS , pH 9.05, 25.06.2018.

Тункинский р-н. Река Тунка в с. Тунка, у берегов, с массой синзооспор, 22.09.2013.

Источники по левому берегу р. Кынгарга выше п. Аршан, напротив белых скал, на переувлажнённом грунте, 21.09.2013.

Левый рукав р. Кынгарга выше п. Аршан, на водных мхах на быстрине, + скопления *Odontidium* sp., 21.09.2013.

Берег р. Кынгарга под мостом дороги на улус Тагархай, на сыром грунте, 21.09.2013.

Низинное кочкарное болото на берегу крупной старицы р. Иркут в окр. с. Зактуй, на растительном детрите, 22.09.2013.

Берега р. Хулугайша под мостом дороги на Монды, на сыром песчаном грунте между камнями вблизи уреза воды, 16.07.2017.

5. *V. canalicularis* (L.) T.A. Christ.

Иркутская обл. [59] *Баяндаевский р-н.* Река Задай-Толгой у переезда перед д. Нуху-Нур, в массе в толще воды и по урезу воды вдоль берегов, t 19°C, ЕС 982 μS , pH 7.63, 3.07.2018.

Иркутский городской округ. БОК в Ленинском р-не: озеро рядом с заводом ЖБК, на сыром торфе по берегу, 17.09.2013; там же, 31.07.2015.

Ручей Сарафановка, 28.06.2012, 2.07.2012; там же, 11.09.2013.

Берег руч. Сарафановка, истоптанный коровами, 4.09.2015.

БОК: раскопанная почва на берегу озера перед храмом, 23.06.2013.

БОК: два озера в Посёлке им. Горького в окр. ж/д ст. Военный Городок, по обсыхающим берегам на сыром грунте, 2.07.2013.

Ручей Селиваниха в Посёлке им. Горького, на скоплениях детрита и у берегов, 10.07.2012.

Река Кая ниже ж/д моста, 8.07.2013.

Река Иркут, на отмелях по берегу рукава напротив устья руч. Селиваниха, 7.08.2012.

Берега двух карьеров в левобережной пойме р. Ангара в Посёлке Боково, 13.08.2015.

Шишиловская протока р. Ангара, берег о-ва Конный около ул. Верх. Набережная, на сыром грунте под *Eleocharis palustris*, в массе с апланоспорангиями, 20.08.2015.

Берег Шишиловской протоки, на сырой почве по краю тропы вдоль берега, 8.07.2013.

Кайские озёра, оз. Чертовое, на сыром грунте вдоль берега, 9.06.2013.

Кайские озёра, озеро у ж/д, на обсыхающих берегах, 9.06.2013.

«Тёплые озёра» на р. Ангара, на сыром грунте по берегу карьера, 11.08.2015.

Иркутский р-н. Берега карьера на р. Куда в п. Хомутово (Западный), 5.07.2013.

Высохшие пойменные озёра на левом берегу р. Куда в д. Куда, на сыром грунте, 7.08.2015.

Река Вересовка, на сыром грунте по урезу воды и на переувлажнённом песке по берегу, 31.07.2014.

Берег левой протоки р. Ангара за садоводством «Ангара-3», на сырой почве, 13.08.2015.

Пастбище на берегу карьера в окр. с. Мамоны (за ж/д переездом), на сырой почве около лужи с харой, 21.07.2014.

Река Кая за р.п. Маркова, на сыром грунте под а/м мостом, 1.09.2015.

Небольшие прирусловые водоёмы р. Куда в с. Оёк, в фильтрующей через галечник воде и на урезе воды, $t\ 16^{\circ}\text{C}$, ЕС 824 μS , pH 7.9, 3.07.2018.

Качугский р-н. Ручей Бирюлька между д. Кукуй и с. Бирюлька, на отмели в тени под мостом и в застойной воде, $t\ 26^{\circ}\text{C}$, ЕС 607 μS , pH 8.24, 4.07.2018.

Берег родниковой протоки р. Лена («Ключ») в с. Бирюлька, на влажной почве в старых следах от колёс, 4.07.2018.

Окр. д. Мал. Голы, родник Суханай-Байбет у дороги на с. Анга, на мхах, $t\ 5.3^{\circ}\text{C}$, ЕС 446 μS , pH 7.78, 4.07.2018.

Узкая родниковая протока р. Лена в с. Мал. Тарель, на галечнике и эпифитно на водных мхах, по которым достигает поверхности воды, $t\ 17^{\circ}\text{C}$, ЕС 338 μS , pH 7.87, 4.07.2018.

Ольхонский р-н. Солончаковый луг на берегу бухты Загли на о-ве Ольхон (оз. Байкал), 10.07.2014.

Тажеранская степь (ТС): оз. Шадар-Нур (Шалар-Нур), солончак с юж. и юго-вост. берега, на сыром грунте, истоптанном скотом и поросшем марью сизой и триостренником, 9.07.2017.

ТС: южный плёс оз. Гурби-Нур (изолирован в озеро), солончак с восточного берега, на сыром грунте, истоптанном скотом и поросшем марью сизой, 9.07.2017.

ТС: озеро «круглое» к северу от оз. Холбо-Нур, солончак, на сыром грунте, истоптанном скотом и поросшем марью сизой и триостренником, 9.07.2017.

ТС: оз. Скалистое, солончак у южного берега у каменистого мыса, на сыром грунте, истоптанном скотом, и на старом навозе, 9.07.2017.

Усольский р-н. Ручей, впадающий в затон р. Ангара в г. Усолье-Сибирское, 30.06.2013.

Река Картагон в месте пересечения трассой М-53, отмель, 8.07.2018.

Черемховский р-н. Берег пруда в д. Малиновка, на сырой почве на отмели под тополем, 27.08.2015.

Ручей Пьяный у дороги на с. Онот, 27.07.2014.

Окр. с. Бельск, родниковый ручей под Бельским утёсом, на почве по урезу воды, 8.07.2018.

Шелеховский р-н. Река Олха в с. Олха, пляж в окр. ж/д ст. Олха, по урезу воды и на сыром грунте вдоль берега, 30.06.2012; там же, 21.06.2013.

Берег р. Олха в с. Смоленщина, ниже ж/д моста, на луговой почве по размываемому берегу, 12.06.2013.

Берег р. Олха около Олхинского минерального источника (нижнего), на почве, 5.08.2014.

Правая протока р. Олхи в с. Олха ниже деревянного моста, на сыром грунте по берегу, 5.08.2014.

Родники под горой по правому берегу р. Олха в п. Бол. Луг, 6.07.2012; там же, 21.09.2012; там же, 28.09.2013; там же, 10.07.2017.

Ручей в с. Олха в окр. ж/д ст. Олха, в русле и на сырой почве по берегу, 21.06.2013.

Высыхающая яма с трубами от Шелеховской ТЭЦ, рядом с ж/д насыпью, 31.07.2012.

Лужа в яме для труб, проложенных к зооотвалу от Шелеховской ТЭЦ, рядом с ж/д насыпью между ст. Известковый и Олха, 31.07.2012.

Река Ханчинка в нижнем течении, на влажной почве у берега вблизи воды, 28.09.2013.

Ручей Курья в с. Баклаши, на сырой почве в прибрежных зарослях осок, 18.07.2014.

Старица р. Иркут рядом с карьерным озером на ЮЗ окраине п. Пионерск, на урезе воды и по берегам, 5.10.2012.

Река Шаманка под Шаманским утёсом, вдоль берегов на урезе перед устьем, 13.07.2012.

Река Иркут в окр. с. Шаманка, на мелководье на галечнике и по берегу, 13.07.2012.

Эхирит-Булагатский р-н. Берег р. Мурин около карьеров в окр. д. Алужина, на торфянистом грунте в прибрежных зарослях осок, 3.08.2014.

Берег придорожного озера на р. Булуса у поворота на с. Булуса, на сырой почве, истоптанной скотом, 3.08.2014.

Берег небольшого придорожного озера на правом берегу р. Булуса, на сырой почве, 3.08.2014.

Заболоченная старица р. Мурин рядом с карьерами в окр. д. Алужина, на сыром грунте среди зарослей рогоза, 3.08.2014.

Республика Бурятия [3] *Кяхтинский р-н.* Истоптанная коровами отмель правобе-

режной протоки р. Селенга в окр. с. Усть-Кяхта, 26.06.2018 + *Botrydium granulatum*; там же, отмель со стороны о-ва Козий, 26.06.2018.

«Холодный ключ» у фермы в окр. с. Усть-Кяхта, 26.06.2018.

Примечание. Новый вид для Бурятии.

6. *V. cruciata* (Vauch.) DC.

Иркутская обл. [18] *Иркутский городской округ*. БОК в Ленинском р-не: руч. Сарафановка в нижнем течении, 28.06.2012.

БОК: весенние лужи по левому берегу руч. Сарафановка, на сырой замшелой слабо задернованной глине, 1.05.2013.

БОК: берег небольшого озера рядом с гаражным кооперативом «Железнодорожник», на переувлажнённом грунте, 17.09.2013.

БОК: берег небольшого озера рядом с насыпью ж/д, на сырой почве, 16.05.2015.

Старица р. Иркут в Посёлке им. Горького вдоль ул. Олонская, на обсыхающих берегах и по урезу воды, 2.06.2013.

Кайские озёра: оз. Чертовое, на сыром грунте вдоль берега, 9.06.2013.

Иркутский р-н. Река Вересовка, на переувлажнённом песке по берегу под мостом, 31.07.2014.

Река Вдовино, на сыром грунте под мостом, 31.07.2014.

Река Кая в р.п. Маркова, на сыром грунте под а/м мостом, 1.09.2015.

Качугский р-н. Ручей Бирюлька между д. Кукуй и с. Бирюлька, на отмели в тени под мостом и в застойной воде, t 26°C, ЕС 607 µS, pH 8.24, 4.07.2018.

Окр. д. Мал. Голы, родник Суханай-Байбет у дороги на с. Анга, на урезе воды, влажной почве и мхах, t 5.3°C, ЕС 446 µS, pH 7.78, 4.07.2018.

Усольский р-н. Ручей, впадающий в затон р. Ангара в г. Усолье-Сибирское, 30.06.2013; там же, второй пересыхающий ручей, 30.06.2013.

Река Картагон в месте пересечения трассой М-53, отмель, 8.07.2018.

Черемховский р-н. Берег пруда в д. Малиновка, на сырой почве на отмели под тополем, 27.08.2015.

Шелеховский р-н. Берег старицы р. Иркут в с. Баклаши, на сырой распаханной почве, 18.06.2013.

Ручей Курья в с. Баклаши, на сырой почве в прибрежных зарослях осок, 18.07.2014.

Эхирит-Булагатский р-н. Бассейн р. Куда: заболоченная старица р. Мурин рядом с карьерами в окр. д. Алужина, на сыром грунте среди зарослей рогаза, 3.08.2014.

Республика Бурятия [3] *Иволгинский р-н*. Отмель левой протоки р. Селенга между дд. Ошурково и Сотниково, у трассы, на влажном грунте в зарослях камыша, 29.06.2018.

Кабанский р-н. с. Степной Дворец, берег р. Шумиха у моста, на истоптанном коровами влажном лугу, 29.06.2018.

Тункинский р-н. Низинное кочкарное болото на берегу крупной старицы р. Иркут в окр. с. Зактуй, на растительном детрите, 22.09.2013.

7. *V. fontinalis* (L.) T.A. Christ.

Иркутская обл. [9] *Ангарский р-н*. Река Мегет ниже пруда у д. Шароны, в русле на быстрине между камнями, 31.07.2014.

Иркутский р-н. Река Кая за р.п. Маркова, в перифитоне камней около а/м моста, в слабо текущей воде, 1.09.2015.

Река Большая в р.п. Бол. Речка, под сваяей пешеходного моста, в слабо проточной воде, 4.10.2013.

Река Тальцинка в нижнем течении, на камнях на быстрине, зооспорангии редки, 4.10.2013.

Черемховский р-н. Ручей Пьяный у дороги на с. Олот, на камнях на быстрине, 27.07.2014.

Шелеховский р-н. Ручей, вытекающий из старицы р. Олха в п. Бол. Луг напротив детдома, в бетонной трубе под дорогой, на быстрине, 6.07.2012.

Ручей в с. Олха в окр. ж/д ст. Олха, крупная дернина в застойной воде у берега, 9.05.2013.

Правая протока р. Олха в с. Олха ниже деревянного моста, в слабо проточной воде на камнях, + *Batrachospermum* sp., 22.05.2015.

Ручей на окраине п. Пионерск около объездной дороги, массовыми скоплениями в углублении перед бетонной трубой, 31.07.2014.

8. *V. frigida* (Roth) C. Ag. var. *frigida*

Иркутская обл. [34] *Иркутский городской округ*. БОК в Ленинском р-не: осоковое болото у грунтовой дороги, 1.06.2013.

БОК: лужи и канавы по левому берегу руч. Сарафановка, на сырой замшелой слабо задернованной глине, 1.05.2013.

Берега старицы р. Иркут в Посёлке им. Горького вдоль ул. Олонская, 2.06.2013.

Тоннель для труб под ж/д путями в окр. ст. Кая, на сыром грунте, 9.06.2013.

Ручей Демьяновка, 27.08.2012.

Река Ангара, затон у о-ва Конный, 2.07.2013.

Берег затона р. Ангара в Левобережном округе, около Академического моста, на зам-

шелой почве по урезу воды и на тропинке, 11.08.2015.

Иркутский р-н. Река Бол. Котинка в п. Бол. Коты, 300–400 м от устья, 21.06.2012; там же, 150–200 м от устья, левый короткий приток, 25.07.2012.

Галечник по правому берегу р. Бол. Котинка, 350 м от устья, 27.07.2012.

Река Мал. Котинка, 30–40 м от устья, по берегам среди валунов, 20/22.06.2012; там же, 6.09.2012.

Река Бол. Сенная, 40 м от устья, мелководье, 22.06.2012.

Ручей Жилище в п. Бол. Коты, 1 км от устья, дернинка на мелководье в расщелине между камнями, 7.08.2011.

Ручей Чапаевка в п. Листвянка, 8.06.2013.

Лужи на грунтовой дороге в пойме правого берега р. Крестовка в п. Листвянка, на сырой почве, 8.06.2013.

Ручей Банный рядом с базой МЧС в п. Никола, на сыром грунте под мостом, с акинетами, 4.10.2013.

Река Вдовино, 31.07.2014.

Река Бурдаковка в нижнем течении, на сырой замшелой почве по берегам, 25.08.2015.

Небольшие озёра в левобережной пойме р. Бурдугуз у Байкальского тракта, на замшелых берегах, 25.08.2015.

Река Тальцинка в нижнем течении, на аллювиальных отложениях левого берега, 25.08.2015; там же, в старом левом рукаве, в фильтрующейся через галечник воде, 25.08.2015.

Качугский р-н. Окр. д. Мал. Голы, родник Суханай-Байбет у дороги на с. Анга, на урезе воды, влажной почве и мхах, $t\ 5.3^{\circ}\text{C}$, ЕС 446 μS , pH 7.78, 4.07.2018.

Ольхонский р-н. Солонцеватый луг на берегу бухты Загли на о-ве Ольхон (пролив Мал. Море оз. Байкал), 10.07.2014.

Слюдянский р-н. Река Тиганчиха в р.п. Култук, на сыром грунте под мостом, 24.09.2013.

Усольский р-н. Ручей, впадающий в затон р. Ангара в г. Усолье-Сибирское, 30.06.2013.

Шелеховский р-н. Берега левого рукава р. Олха ниже Олхинского минерального источника (верхнего), на сырой почве по берегу, 22.05.2015.

Яма на берегу р. Олха рядом с пресным источником, на сырой почве, 22.05.2015.

Пойменное озеро р. Олха на северной окраине п. Бол. Луг, при въезде в посёлок, 10.05.2013; там же, 3.06.2013.

Ручей в с. Олха в окр. ж/д ст. Олха, в русле и на сырой почве по берегу, 21.06.2013.

Правая протока р. Олха в с. Олха ниже деревянного моста, в застойной воде на скоплениях детрита и по сырому грунту по берегу, 5.08.2014.

Река Шаманка под Шаманским утёсом, вдоль берегов на урезе перед устьем, 13.07.2012.

Эхирит-Булагатский р-н. Заболоченная старица р. Мурин рядом с карьерами в окр. д. Алужина, на сыром грунте среди зарослей роза, 3.08.2014.

Республика Бурятия [1] *Тункинский р-н.* Берега р. Хулугайша под мостом дороги на Монды, на сыром песчаном грунте между камнями вблизи уреза воды, 16.07.2017.

Примечание. По-видимому, к этому виду следует относить ранние находки *V. terrestris* в Байкальском регионе.

9. *V. frigida* var. *major* (Rieth) Wang et Bao

Иркутская обл. [11] *Иркутский р-н.* Река Бол. Котинка, 200 м от устья, на замшелых валунах, 28.07.2011; там же, 350 м от устья, по берегам на урезе и на подтопленных почвах, 21.06.2012; там же, 23.07.2012; там же, 250 м от устья, правый короткий приток на территории села, 26.07.2012.

Галечник по правому берегу р. Бол. Котинка, около 350 м от устья, 27.07.2012.

Река Чёрная, 50 м от устья, на илистом грунте по берегу, 25.07.2012.

Черемховский р-н. Ручей Пьяный у дороги на с. Олот, в дернинах *V. canalicularis*, 27.07.2014.

Шелеховский р-н. Заболоченный сосново-берёзовый лес в долине р. Ханчинка в окр. п. Бол. Луг, в лужах со сфагнумом, 6.06.2012.

Родник под горой по правому берегу р. Олха рядом с мостом в п. Бол. Луг, 6.07.2012; 10. там же, 10.07.2017.

Правый берег р. Олха в п. Бол. Луг напротив места разгрузки родников, дернинки в слабо проточной воде, 8.08.2015.

10. *V. prona* T.A. Christ.

Иркутская обл. [4] *Иркутский городской округ.* Академгородок, тропинка к СИ-ФИБРУ, на уплотнённой почве, 8.07.2013.

Ливневая канава между домами № 1 и 2 по ул. Ак. Образцова, на сырой плотной почве по стенкам, 4.09.2015.

Иркутский р-н. Берег пруда в с. Мамоны, на сырой почве, 21.07.2014.

Черемховский р-н. Берег небольшого озера в окр. г. Черемхово, у карьеров, на сырой

почве среди зарослей *Eleocharis palustris*, 27.07.2014.

Республика Бурятия [1] *Кабанский р-н*. Тростниковое болото в средней части дельты р. Селенга, на берегу протоки около зимовья, 19.08.2012.

11. *V. racemosa* (Vauch.) DC.

Иркутская обл. [76] *Аларский р-н*. Река Голуметь (у границы с Черемховским р-ном), у а/м моста, 27.07.2014.

Баяндаевский р-н. Река Задай-Толгой у переезда перед д. Нуху-Нур, в массе в толще воды и по урезу воды вдоль берегов, t 19°C, ЕС 982 µS, pH 7.63, 3.07.2018.

Иркутский городской округ. БОК в Ленинском р-не: ручей Сарафановка, 28.06.2012, 2.07.2012; там же, 10.10.2012 [30.12.2012].

БОК: источник св. Иннокентия, 10.10.2012; там же, 27.05.2013; там же, 23.06.2013; там же, 30.08.2015.

БОК: заболоченный берег маленького озера рядом с автодорогой, на почве, 23.06.2013.

БОК: озеро рядом с заводом ЖБК, на сыром торфе по берегу, 31.07.2015.

БОК: ручей Селиваниха в Посёлке им. Горького, 10.07.2012.

Ручей Демьяновка (правый приток р. Кая), 27.08.2012.

Река Кая, ниже ж/д моста, 8.07.2013; там же, за р.п. Маркова, на сыром грунте под а/м мостом, 1.09.2015.

Обводнённая дренажная канава в Посёлке им. Кирова за ул. Гл. Кировская, 10.07.2013.

Река Ушаковка рядом с устьем, на отмелях, 29.06.2013.

Берег затона р. Ангара в Левобережном округе, около Академического моста, на замшелой почве по урезу воды и на тропинке, где больше увлажнение, 11.08.2015.

«Тёплые озёра» на р. Ангара, на сыром грунте по берегу, 11.08.2015.

Иркутский р-н. Река Чёрная в окр. п. Бол. Коты, 200 м от устья, левый короткий приток, 25.07.2012.

Река Бол. Котинка в п. Бол. Коты, 300–350 м от устья, 23.07.2012.

Родники по правому берегу р. Бол. Котинка, 350 м от устья, 27.07.2012.

Родник на берегу Байкала в п. Бол. Коты в одноимённой пади, 29.07.2012.

Река Крестовка в п. Листвянка, 4.10.2013.

Лужи на грунтовой дороге в пойме правого берега р. Крестовка, на сырой почве, 8.06.2013.

Река Куда на участке между п. Хомутово и Куда, у левого берега, 5.07.2013.

Берега карьера на р. Куда в п. Хомутово (Западный), 15.09.2013; там же, 7.08.2015.

Река Мха в д. Усть-Куда, ниже моста, 5.07.2013.

Река Вдовино в окр. г. Иркутск, 15.09.2013; 30. там же, 31.07.2014.

Озеро на сфагновом болоте около Байкальского тракта в окр. п. Ангарские Хутора, 4.10.2013.

Река Большая в р.п. Бол. Речка, затон ниже а/м моста, 4.10.2013; там же, на сырой замшелой почве под свайей пешеходного моста, 25.08.2015; там же, в слабо проточной воде на галечнике рукава реки в зоне подпора Иркутского водохранилища, в перифитоне камней, 25.08.2015.

Река Бурдаковка в нижнем течении, на сырой замшелой почве по берегам, 25.08.2015.

Небольшие озёра в левобережной пойме р. Бурдугуз около Байкальского тракта, на замшелых берегах среди зарослей гелофитов, 25.08.2015.

Река Тальцинка в нижнем течении, на аллювиальных отложениях левого берега, 25.08.2015; там же, в старом левом рукаве, в фильтрующейся через галечник воде, + *Mougeotia* sp. ster., *Tribonema* spp., 25.08.2015.

Берег левой протоки р. Ангара за садоводством «Ангара-3», на сырой почве, 13.08.2015.

Небольшие прирусловые водоёмы р. Куда в с. Оёк, в фильтрующейся через галечник воде и на урезе воды, t 16°C, ЕС 824 µS, pH 7.9, 3.07.2018.

Качугский р-н. Ручей Бирюлька между д. Кукуй и с. Бирюлька, на отмели в тени под мостом, t 26°C, ЕС 607 µS, pH 8.24, 4.07.2018.

Слюдянский р-н. Река Тиганчиха в р.п. Култук, на сыром грунте под мостом, 24.09.2013.

Река Тибельти, на сыром песке под мостом, 24.09.2013.

Ручей между 32 и 33 км трассы А-333, на сыром песке под мостом, 21.09.2013.

Усольский р-н. Ручей, впадающий в затон р. Ангара в г. Усолье-Сибирское, 30.06.2013.

Усть-Удинский р-н. Водоток в окр. с. Нов. Уда, 30.08.2012, собр. О.А. Тимошкин.

Черемховский р-н. Заболоченная старица р. Голуметь в с. Голуметь, свободно плавающие дерновины под мостом, 27.07.2014.

Ручей Пьяный у дороги на с. Онот, крупные скопления у берега, 27.07.2014.

Шелеховский р-н. Река Олха в с. Олха, пляж в окр. ж/д ст. Олха, по урезу воды и на сыром грунте вдоль берега, 30.06.2012.

Родники под горой по правому берегу р. Олха в п. Бол. Луг, 6.07.2012; там же, 21.09.2012; там же, + *Tribonema* spp., *Zygnema* sp. ster., *Mougeotia* sp. ster., 28.09.2013; там же, 8.08.2015; там же, 10.07.2017.

Правый берег р. Олха в п. Бол. Луг напротив места излияния родников, 8.08.2015.

Левая протока р. Олха в п. Бол. Луг, 21.07.2012.

Правая протока р. Олха в с. Олха, в застойной воде на скоплениях детрита и по сырому грунту по берегу, 5.08.2014.

Ручей в с. Олха в окр. ж/д ст. Олха: около ж/д моста, 21.06.2013; там же, ниже по течению, после поклонного креста, большими скоплениями у берегов, 31.07.2012; там же, 4.10.2012; там же, 9.09.2013; там же, около придорожного коллектора, 9.09.2013; там же, выше по течению, в промзоне г. Шелехов, 8.10.2013.

Лужа в яме для труб, проложенных к золоотвалу от Шелеховской ТЭЦ, 31.07.2012.

Река Ханчинка в нижнем течении, 10.08.2012; там же, на влажной почве у берега, погибшие нити, 28.09.2013.

Ручей Сырой Кук-Юрт в окр. п. Бол. Луг, 6.07.2012.

Река Шаманка под Шаманским утёсом, вдоль берегов на урезе перед устьем, 13.07.2012.

Река Иркут в окр. с. Шаманка, на мелководье и по берегу, 13.07.2012.

Ручей Верхние Моты в окр. с. Моты, 5.10.2012.

Олхинский минеральный источник (верхний), на бетонной стене, орошаемой брызгами воды, 7.08.2015.

Маленькая канава на берегу ручья в с. Олха рядом с ж/д мостом, 9.09.2013.

Канава с дренажными водами золоотвала Шелеховской ТЭЦ, 9.09.2013.

Старица р. Иркут на северной окраине с. Моты, в метафитоне, 18.09.2013.

Река Каторжанка в с. Моты, 18.09.2013.

Ручей в окрест г. Шелехов у Култукского тракта, 22.07.2014.

Республика Бурятия [9] *Иволгинский р-н.* Левая отмирающая протока р. Селенга между деревнями Ошурково и Сотниково, у трассы, на галечниках в слабо проточной воде, эпифитно на водных растениях, 29.06.2018.

Окинский р-н. Низинное болото в бассейне оз. Ильчир, около дороги, 1950 м над

у.м., на сыром грунте и растительном детрите, 7.07.2014.

Селенгинский р-н. Старица р. Чикой у дороги на Кяхту, между дд. Поворот и Зурган-Дэбэ, у берегов в высокоцветной воде крупными куртинами, щётками и лепёшками над зарослями роголистника и на мелководье со стороны зарослей схеноплектуса, ЕС 1293 μ S, pH 9.05, 25.06.2018.

Тункинский р-н. Река Кырен в п. Кырен, выше а/м моста, + *Tribonema* spp., *Ulothrix zonata*, *Oedogonium* sp. ster., 23.09.2013.

Временное русловое озеро р. Кыргарга под мостом дороги на улус Тагархай, + скопления стерильных *Spirogyra*, *Zygnema* и *Cladophora fracta*, 22.09.2013.

Река Кыргарга выше п. Аршан, дерновины вошерий в русле одной из протоков, + *Ulothrix zonata*, *Didymosphenia* spp., 21.09.2013.

Река Хабухай в с. Зактуй, в воде у берегов и на сыром грунте под мостом, 22.09.2013.

Река Эхэ-Угун в курорте Нилова Пустынь, на сыром грунте и в медленно текущей воде правого рукава, ниже радонового источника, 5.07.2014.

Берега р. Хулугайша под мостом дороги на Монды, на сыром песчаном грунте между камнями вблизи уреза воды, 16.07.2017.

Примечание. Некоторые образцы из Иркутской обл. (из местонахождений в пойме р. Крестовка, р. Тиганчиха) и Республики Бурятия (реки Хабухай, Хулугайша) представлены редкой морфой с частично спиральными нитями.

12. *V. schleicheri* De Wildeman

Иркутская обл. [2] *Иркутский р-н.* Река Куда на участке между п. Хомутово и д. Куда, на заиленной дресве с песком у левого берега, 5.07.2013.

Шелеховский р-н. Ручей в с. Олха в окр. ж/д о.п. Олха, в эпипелоне на чёрном илистом грунте, отдельными крупными пятнами в средней части русла и у берегов, 21.06.2013.

Примечание. С времени первых находок [Вишняков, Романов, 2017 (Vishnyakov, Romanov, 2017)] целенаправленные поиски вида, в том числе в известных местонахождениях, не увенчались успехом.

13. *V. taylorii* Blum

Республика Бурятия [1] *Тункинский р-н.* Правый берег р. Харагун в районе устья ручья, впадающего перед а/м мостом, 22.09.2013.

14. *V. uncinata* Kützing

Иркутская обл. [5] *Иркутский р-н.* Река Большая в р.п. Бол. Речка, затон ниже а/м моста, под сваей пешеходного моста, в слабо

проточной воде, 4.10.2013; там же, в слабо проточной воде на галечнике выше пешеходного моста, на детрите и субаэрофильно, 25.08.2015; там же, на сырой почве на галечнике около пересохшего рукава в 50 м ниже по течению реки, 25.08.2015; там же, в слабо проточной воде на галечнике рукава реки в зоне подпора Иркутского водохранилища, в перифитоне камней, 25.08.2015.

Небольшие озёра в левобережной пойме р. Бурдугуз около Байкальского тракта, на замшелых берегах среди зарослей гелофитов, 25.08.2015.

Примечание. Сведения о первой находке этого вида в р. Большая приводились ранее [Вишняков, 2015 (Vishnyakov, 2015)]. С того времени новые находки были сделаны на той же реке в 2015 г. и по долине р. Бурдугуз, ещё одного притока Иркутского водохранилища.

Таким образом, из разнотипных водоёмов, водотоков, с поверхности обсохших гидрогенных грунтов и влажных почв Байкальского региона идентифицировано 14 таксонов вошерий (413 популяций). В Иркутской обл. известно 13 таксонов, в Бурятии – 10. Данные различия объяснимы разницей усилий по выявлению местонахождений этих водорослей, что хорошо иллюстрируется и большими различиями по числу встреченных популяций таких тривиальных видов, как, например, *V. bursata* (134 против 9), *V. racemosa* (76 против 9), *V. canalicularis* (59 против 3). Между тем, таксономический состав вошерий в регионе в целом выявлен достаточно полно, и новые виды не отмечались здесь после 2014 г.

Впервые приведены местонахождения двух новых для Бурятии видов, *V. birostris* и *V. canalicularis*. Они относятся к отмелям р. Селенга в районе Селенгинского среднегорья недалеко от монгольской границы. Вероятно, оба вида, и особенно *V. canalicularis*, имеют более широкое распространение по долине р. Селенга и её притоков.

Большинство местонахождений вошерий относится к территории Иркутской обл. к долинам крупных левобережных притоков р. Ангара (Иркут, Белая), малым рекам-притокам оз. Байкал и Иркутского водохранилища. Объективной предпосылкой этому служит сравнительно высокая густота речной сети, большое типологическое разнообразие водоёмов (пруды, карьеры, родники, минеральные источники, каналы и т.д.), наличие нарушенных наземных местообитаний.

Как видно из представленных выше данных, основные типы биотопов Байкальского

региона, в которых поселяются вошерии, – это отмели рек или мелкие эфемерные водоёмы, берега ручьёв, стариц, галечники, полосы прибрежно-водных растений, т.е. участки переменного затопления или сезонного осушения. Часто в таких биотопах можно встретить *V. bursata*, *V. canalicularis*, *V. frigida* var. *frigida*, *V. cruciata*. Исключительно такие биотопы населяют *V. alaskana* и *V. birostris*. В водных биотопах вошерии также широко распространены, предпочитая мелководные (обычно до 0.5 м) и аэрируемые участки. Нередко их дернины можно обнаружить частично погружёнными в воду, а частично выступающими в воздушную среду, плавающими в виде лепёшек на поверхности мелких стоячих водоёмов, сплошным «ковром» покрывающими мягкие грунты или обособленными дернинками растущими на погружённых в воду предметах. Для растительности крупных озёр и водохранилищ Байкальского региона эти водоросли нехарактерны, поскольку их уровни относительно стабильны.

Вошерии могут обитать в водоёмах очень широкого диапазона минерализации, жёсткости и pH, однако предпочитают умеренно минерализованные жёсткие воды за значениями pH выше нейтральных. Многие реки на изученной территории содержат воды гидрокарбонатного класса, группы кальция, отличаются низкой минерализацией, но испытывают значительные её колебаниями в течение года [Бочкарёв, 1959 (Bochkarev, 1959)]. Реки правобережья р. Ангара, водосборы которых находятся в области недостаточного увлажнения и близости залегания гипсоносных пород, характеризуются умеренной или повышенной минерализацией, их воды относятся к гидрокарбонатному классу или имеют тенденции к переходу в сульфатный класс (например, воды рек Куда, Мурин, притоков р. Лена) [Бочкарёв, 1959 (Bochkarev, 1959)]. Сведения по гидрохимическим характеристикам большинства исследованных водоёмов отсутствуют, в тех же случаях, когда таковые известны, они не всегда отражают условия биотопов, в которых преимущественно поселяются вошерии, а именно зоны уреза воды или сырого грунта по берегу. Тем не менее, можно предположить, что местные гидрохимические особенности водоёмов влияют на распространение, по крайней мере, трёх видов, которые связаны исключительно или преимущественно с водоёмами. Например, *V. schleicheri* пока известен из среднеминерализованных водотоков с повышенным содержанием сульфат-ионов [Вишняков, Романов, 2017 (Vishnyakov, Roma-

nov, 2017)] и, весьма вероятно, более широко распространён в реках правобережья р. Ангара. Только в водотоках, получающих преимущественно дождевое питание, найдена робустная морфа *V. aff. aversa*. Условия р. Бол. Котинка, где в течение нескольких лет отмечались массовые популяции этого таксона, соответствуют чистому щелочному водотоку с низкими значениями электропроводности воды. Неравномерное распространение в пределах Байкальского региона *V. canalicularis*, одного из наиболее обычных видов, также можно связывать с общей минерализацией воды и/или грунтового раствора. Так, в низкоминерализованных водотоках, какие относятся к долине р. Иркут в Тункинской котловине и склонам Приморского хребта, *V. canalicularis* обнаружить не удалось. Однако этот вид часто встречается в районах выхода на поверхность гипсоносных и известняковых пород, например, по долине верхнего течения р. Лена, по долине среднего течения р. Олха, на солончаках Тажеранской степи в Приольхонье, в карстовых источниках по долине р. Белая.

Из 14 таксонов только 4 можно рассматривать часто встречающимися в Байкальском регионе. Суммарно на них приходится почти 79% популяций вошерий: *V. bursata* (143 популяции), *V. racemosa* (85), *V. canalicularis* (62), *V. frigida* var. *frigida* (35). Это мультирегиональные амфибиальные виды, обитающие как в водных, так и в наземных биотопах в пределах различных природно-климатических зон. Как и *V. canalicularis*, три других вида могут быть встречены в водоёмах и водотоках широкого диапазона минерализации воды, что находит объяснение их индифферентностью.

Большую часть вошерий Байкальского региона приходится рассматривать редкими. Некоторые из них (*V. alaskana*, *V. birostris*, *V. frigida* var. *major*, *V. schleicheri*), редки в мировом масштабе, однако другие (*V. taylorii*, *V. uncinata*), будучи обычными в других регионах мира, в Байкальском регионе известны по единичным местонахождениям. Причины редкости во всех этих случаях остаются не ясными, однако их точно нельзя связывать с недостаточной представленностью в регионе оптимальных для них биотопов. Напротив, редкость *V. prona* обусловлена тем, что типичные для него влажные почвенные биотопы слабо представлены в Байкальском регионе [Вишняков, 2018 (Vishnyakov, 2018)]. Примечательно,

что за исключением находки на тропе в Академгородке, все его местонахождения были открыты поблизости постоянных или временных водоёмов. Обращает в связи с этим внимание и тот факт, что такие амфибиальные виды, как *V. bursata*, *V. canalicularis*, *V. frigida* var. *frigida*, *V. uncinata*, которые в других регионах мира могут быть встречены в биотопах, не имеющих связи с водоёмами и получающих увлажнение исключительно за счёт атмосферных осадков, в Байкальском регионе встречаются преимущественно в водоёмах и на отмелях. В этом может проследиваться влияние резко-континентального засушливого и неустойчиво-влажного климата, господствующего над континентальными районами Сибири, которое ограничивает доступность для вошерий наземных биотопов.

Определённый ботанико-географический интерес представляет обнаружение *V. aff. aversa*. К настоящему времени этот таксон с робустной морфологией известен только из Байкальского региона и, возможно, имеет свой собственный, не перекрывающийся с другими близкими видами ареал, викарируя их в районе Байкала. Так или иначе, вывод об узкой эндемичности *V. aff. aversa* был бы преждевременным, поскольку вошерии обширных территорий севера и северо-востока Сибири остаются почти не исследованными.

В итоге, Байкальский регион представляется наиболее полно изученной в отношении таксономического разнообразия вошерий территорией Сибири и Азиатской России в целом. В сравнении с хорошо монографированными флорами вошерий других регионов умеренной зоны Евразии (например, Центральная Европа, Верхневолжье, Маньчжурия), насчитывающими по разным оценкам по 20–26 таксонов видового и внутривидового рангов, флора Байкальского региона представляется беднее главным образом за счёт отсутствия таксонов, обитающих исключительно на почвах. Это может быть связано с тем, что их ареалы прерываются в этом регионе по причине слабой доступности оптимальных биотопов – постоянно влажных почв.

Приведённый анализ местонахождений показывает, что распространение вошерий может зависеть, с одной стороны, от гидрохимических характеристик водоёмов, а, с другой, – от региональной климатической обстановки.

Автор благодарит О.А. Тимошкина за предоставленный образец и возможность принять участие в экспедициях в район п. Бол. Коты в 2011 и 2012 гг., Я. Ярину, Г.В. Вишнякову, О.В. Медвежонкову, А.С. и Р.С. Мориц, Э.В. Молчанова за содействие в сборе образцов, Р.Е. Романова и О.Н. Болдину за копии недоступных статей.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБВВ РАН, тема АААА-А18-118012690096-1. Обработка материалов по притокам оз. Байкал частично поддержана РФФИ (грант 17-29-05067 офи_м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Батуев А.Р., Бешенцев А.Н., Богданов В.Н., Гармаев Е.Ж., Доржготов Д., Коротный Л.М., Кузнецова Т.И., Лопаткин Д.А., Плюсин В.М., Ружников Г.М., Тикунов В.С., Фёдоров Р.К., Яблоков В.М. Концепция, структура и содержание Атласа развития Байкальского региона // Атласное картографирование: традиции и инновации: Мат. 10. научной конференции по тематической картографии. Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2015. С. 8–11.
- Бочка А.Б. Водоросли // Флора и фауна водоёмов и водотоков Баргузинского заповедника (Аннотированные списки видов). Флора и фауна заповедников. Вып. 91. М., 2000. С. 8–123.
- Бочкарёв П.Ф. Гидрохимия рек Восточной Сибири. Иркутск: Восточно-Сибирское книжное изд-во. 1959. 155 с.
- Вишняков В.С. *Vaucheria birostris* (*Xanthophyceae*), новый для России редкий вид из Верхнего Приангарья // Бот. журн. 2016. Т. 101. № 3. С. 287–293.
- Вишняков В.С. Виды родов *Botrydium* Wallroth и *Vaucheria* De Candolle (*Xanthophyceae*) юга Прибайкалья (Россия) // Альгология. 2018. Т. 28. № 4. С. 461–476.
- Вишняков В.С. Морфология и распространение новых для России видов *Vaucheria* (*Xanthophyceae*) // Бот. журн. 2015. Т. 100. № 9. С. 909–927.
- Вишняков В.С., Романов Р.Е. 2017. *Vaucheria schleicheri* (*Xanthophyceae*) в Азиатской России: новые находки и проблемы охраны вида // Бот. журн. Т. 102. № 1. С. 87–97.
- Егорова И.Н., Светличный Р.В., Судакова Е.А. Некоторые особенности альгофлоры болот и водоёмов бассейна р. Китой (Южное Предбайкалье) // Современные проблемы байкаловедения. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2001. С. 98–109.
- Ижболдина Л.А. Атлас и определитель водорослей бентоса и перифитона озера Байкал (мейо- и макрофиты) с краткими очерками по их экологии / Отв. ред. Тимошкин О.А., Генкал С.И. Новосибирск: Наука-Центр, 2007. 248 с.
- Кожова О.М., Ижболдина Л.А. Фитоценозы реки Большие Коты (приток Байкала, Россия) // Альгология. 1994. Т. 4, № 3. С. 84–87.
- Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В., Евженко К.С., Ефремов А.Н. Находка *Vaucheria aversa* Hass. (*Vaucheriales*, *Xanthophyta*) на Западно-Сибирской равнине // Вест. Санкт-Петерб. ун-та. Сер. 3. Биология. 2015. № 1. С. 66–69.
- Судакова Е.А., Егорова И.Н. Водоросли минеральных источников северных районов Иркутской области и Республики Бурятия // Биота водоёмов Байкальской рифтовой зоны / Отв. ред. Плешанов А.С. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2009. С. 41–71.
- Тахтеев В.В., Ижболдина Л.А., Помазкова Г.И., Провиз В.И., Ситникова Т.Я., Бондаренко Н.А., Мазепова Г.Ф., Рожкова Н.А., Старобогатов Я.И., Галкин А.Н., Плешанов А.С., Бессолицына И.А., Русинек О.Т., Амбросова Е.В. Биота некоторых термальных источников Прибайкалья и связанных с ними водоёмов // Исследования водных экосистем Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2000. С. 55–100.
- Яснитский В.Н. Материалы к познанию планктона рек Иркутской губернии // Изв. Вост.-Сиб. отдела Рус. геогр. общ-ва. 1926. Вып. 2. С. 105–114.
- Blum J.L. *Vaucheriaceae*. In: North American flora. Series II. Part 8. New York: New York Botanical Garden, 1972. P. 1–64.
- Christensen T.A. *Vaucheria* collections from Vaucher's region // Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter. 1969. Vol. 16. № 4. P. 1–36.
- Dorogostaisky V. Matériaux pour servir à l'algologie du lac Baikal et de son bassin // Bull. Soc. Imp. Nat. Moscou. Nouv. Sér. 1904. Vol. 18. № 1. P. 229–265.
- Rieth A. Die Algen der chinesisch-deutschen biologischen Sammelreise durch Nord- und Nordostchina 1956 I. Die *Vaucheriaceen*. 1. Teil // Limnologica. 1963. Vol. 1. № 4. S. 287–313.
- Santra S.C., Adhya T.K. *Vaucheriaceae* of Eastern Himalayas (India) // Nova Hedwigia. 1976. Vol. 27. № 3–4. P. 655–659.
- Wang Q.-X., Bao W.-M. A study on *Vaucheriaceae* from Northeastern China // Bull. Bot. Res. 1991. Vol. 11. № 2. P. 37–58.

REFERENCES

- Batuev A.R., Beshentsev A.N., Bogdanov V.N., Garmaev E.Zh., Dorzhgotov D., Korytnyy L.M., Kuznetsova T.I., Lopatkin D.A., Plyusnin V.M., Ruzhnikov G.M., Tikunov V.S., Fedorov R.K., Yablokov V.M. Kontseptsiya, struktura i soderzhanie Atlasa razvitiya Baykal'skogo regiona [Conception, structure and content of Atlas of development of the Baikal region] // Atlas mapping: traditions and innovations: Proceedings of the 10th scientific conference on thematic cartography. Irkutsk: Published by the Sochava Institute of Geography SB RAS. 2015, pp. 8–11. [In Russian]
- Blum J.L. *Vaucheriaceae*. In: North American flora. Series II. Part 8. New York: New York Botanical Garden, 1972. P. 1–64.

- Bochka A.B. Vodorosli [Algae]. In: Flora i fauna vodoemov i vodotokov Barguzinskogo zapovednika. Flora i fauna zapovednikov. Annotirovannye spiski vidov. Vyp. 91 [Flora and fauna of waterbodies and streams of Barguzin Reserve. Flora and fauna of reserves. Annotated lists of species. Vol. 91]. Moscow. 2000, pp. 8–123. [In Russian]
- Bochkarev P.F. Gidrokimiya rek Vostochnoi Sibiri [Hydrochemistry of the rivers of Eastern Siberia]. Irkutsk: Vostochno-Sibirskoe knizhnoe izdatelstvo. 1959. 155 pp. [In Russian]
- Christensen T.A. *Vaucheria* collections from Vaucher's region // Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter. 1969. Vol. 16. № 4. P. 1–36.
- Dorogostaisky V. Matériaux pour servir à l'algologie du lac Baikal et de son bassin // Bull. Soc. Imp. Nat. Moscou. Nouv. Sér. 1904. Vol. 18. № 1. P. 229–265.
- Egorova I.N., Svetlichnyi R.V., Sudakova E.A. Nekotorye osobennosti al'goflory bolot i vodoemov basseyna r. Kitoi (Yuzhnoe Predbaykal'e) [Some peculiarities of the algal flora of bogs and waterbodies of the Kitoi river basin (Southern Predbaikalie)] // Sovremennye problemy baykalovedeniya [Current problems of the Lake Baikal studies]. Irkutsk: Published by the Irkutsk State Univ., 2001. P. 98–109. [In Russian]
- Izhboldina L.A. Guide and key to benthonic and periphyton algae of Lake Baikal (meio- and macrophytes) with short notes of their ecology / Timoshkin O.A., Genkal S.I. (Eds.). Novosibirsk: Nauka-Center, 2007. 248 pp.
- Kozhova O.M., Izhboldina L.A. Phytocoenoses of Bolshiye Koty River (tributary to the Lake Baikal, Russia) // Algologia. 1994. Vol. 4. № 3. P. 84–87. [In Russian]
- Rieth A. Die Algen der chinesisch-deutschen biologischen Sammelreise durch Nord- und Nordostchina 1956 I. Die Vaucheriaceen. 1. Teil // Limnologica. 1963. Vol. 1. № 4. S. 287–313.
- Santra S.C., Adhya T.K. *Vaucheriaceae* of Eastern Hymalayas (India) // Nova Hedwigia. 1976. Vol. 27. № 3–4. P. 655–659.
- Sudakova E.A., Egorova I.N. Vodorosli mineral'nykh istochnikov severnykh raionov Irkutskoi oblasti i Respubliki Buryatiya [Algae from mineral springs of northern territories of Irkutsk region and Republic of Buryatia] // Biota vodoemov Baykal'skoi riftovoi zony [The biota of waterbodies of the Baikal rift zone] / Pleshanov A.S. (Ed.). Irkutsk: Published by the Irkutsk State Univ., 2009. P. 41–71. [In Russian]
- Sviridenko B.F., Sviridenko T.V., Yevzhenko K.S., Efremov A.N. *Vaucheria aversa* Hass. (*Vaucheriales*, *Xanthophyta*) found in the West Siberian plain // Vestnik of St. Petersburg University. Ser. 3. Biology. 2015. № 1. P. 66–69. [In Russian]
- Takhteev V.V., Izhboldina L.A., Pomazkova G.I., Proviz V.I., Sitnikova T.Ya., Bondarenko N.A., Mazepova G.F., Rozhkova N.A., Starobogatov Ya.I., Galkin A.N., Pleshanov A.S., Bessolitsyna I.A., Rusinek O.T., Ambrosova E.V. Biota nekotorykh termal'nykh istochnikov Pribaikal'ya i svyazannykh s nimi vodoemov [The biota of some thermal springs of Pribaikal'e and associated waterbodies] // Issledovaniya vodnykh ekosistem Vostochnoy Sibiri [Studies of the water ecosystems of Eastern Siberia]. Irkutsk: Published by the Irkutsk State Univ., 2000. P. 55–100. [In Russian]
- Vishnyakov V.S. Morphology and geographical distribution of *Vaucheria* species (*Xanthophyceae*) new for Russia // Bot. Zhurn. 2015. Vol. 100. № 9. P. 909–927. [In Russian]
- Vishnyakov V.S. Representatives of *Botrydium* Wallroth and *Vaucheria* De Candolle (*Xanthophyceae*) in the south of Baikal region (Russia) // Algologia. 2018. Vol. 28. № 4. P. 461–476. [In Russian]
- Vishnyakov V.S. *Vaucheria birostris* (*Xanthophyceae*), a new for Russia rare species from the Upper Angara region // Bot. Zhurn. 2016. Vol. 101. № 3. P. 287–293. [In Russian]
- Vishnyakov V.S., Romanov R.E. *Vaucheria schleicheri* (*Xanthophyceae*) in Asiatic Russia: new records and problems of the species protection // Bot. Zhurn. 2017. Vol. 102. № 1. P. 87–97. [In Russian]
- Wang Q.-X., Bao W.-M. A study on *Vaucheriaceae* from Northeastern China // Bull. Bot. Res. 1991. Vol. 11. № 2. P. 37–58.
- Yasnitskiy V.N. Materialy k poznaniyu planktona rek Irkutskoi gubernii [Materials to research of the plankton of rivers of Irkutsk province] // Izv. Vost.-Sib. otdela Rus. geogr. obshchestva. [Proceeding of East Siberian branch of Russian geographical society] 1926. Vol. 2. P. 105–114. [In Russian]

THE LOCALITIES OF *VAUCHERIA* (*XANTHOPHYCEAE*) IN IRKUTSK REGION and REPUBLIC OF BURYATIA

V. S. Vishnyakov

Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, 152742 Borok, Russia
e-mail: aeonium25@mail.ru

A complete synopsis of localities of 14 *Vaucheria* taxa (13 species and 1 variety) for the Baikal region within Irkutsk region and Republic of Buryatia is given. The total number of studied populations was 413. Only 4 wide-spread species, *V. bursata*, *V. racemosa*, *V. canicularis*, *V. frigida* var. *frigida*, prevail among *Vaucheria* collections accounting for 79 per cent of all populations. The presented data could be considered representative of the continental regions of Asian Russia.

Keywords: *Vaucheria*, species composition, new finds, Siberia

ЗООБЕНТОС ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА РЕКИ КОВДА (СОСТАВ, ОБИЛИЕ, ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ И САПРОБНОСТИ)

И. А. Барышев

Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
185910, Петрозаводск, Пушкинская, д. 11, e-mail: baryshev@bio.krc.kerelia.ru

Проведено исследование состава и обилия зообентоса водотоков бассейна реки Ковда (Республика Карелия и Мурманская область), впадающей в Белое море и слабо изученной в гидробиологическом отношении. Обследованы водотоки малого и среднего размера, устьевые участки. Выявлено 64 таксона беспозвоночных. Преобладают реофильные виды – поденки семейства Baetidae, ручейники (сем. Hydropsychidae, Polysentropodidae и Rhyacophilidae), веснянки Plescoptera. Среди хилономид видовым разнообразием отличается подсемейство Orthocladinae. Численность и биомасса зообентоса варьируют от 0.1 до 6.7 тыс. экз./м² и от 0.1 до 20.8 г/м². Средние значения составили 1.7±0.25 тыс. экз./м² и 4.1±0.82 г/м², что несколько меньше, чем в других реках региона. Видовое разнообразие относительно велико в реках малого и среднего размера и резко снижается в устьях, что связано с влиянием морских вод. Участки ниже проточных озер отличаются многократным увеличением обилия зообентоса, что характерно для озерно-речных систем.

Ключевые слова: донные беспозвоночные, реофилы, биомасса, фауна, север, озерно-речная система.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10005

ВВЕДЕНИЕ

Река Ковда, протекающая по территориям Республики Карелия и Мурманской области и впадающая в Белое море, имеет чрезвычайно разветвленную гидрологическую сеть, в которой озера соединены порожистыми протоками. Длина реки составляет 233 км, площадь водосбора 26190 км², расход воды в устье – 276 м³/с [Ресурсы поверхностных..., 1965 (Resursy poverhnostnyh..., 1965)]. Для территории характерна высокая заболоченность и изрезанность ландшафта. Благодаря удалению от крупных населенных пунктов водосборный бассейн практически не затронут хозяйственной деятельностью и сохраняет естественное состояние. Вместе с тем, река искусственно зарегулирована, и водный режим находится под влиянием трех гидроэлектростанций – Князегубской (1955 г.), Иовской (1961 г.) и Кумской (1963 г.). Для нужд гидроэнергетики устье реки было перенесено из деревни Ковда в Княжью губу путем подпора Ковдозера и строительства канала в пос. Зеленоборский в 1955–1957 гг. В настоящее время старый сток из Ковдозера закрыт плотиной, с которой стекает ручей. Старое устье в д. Ковда фактически отрезано от исторического водосбора, и малый водоток питается с небольшой площади.

Несмотря на большое хозяйственное значение, речные экосистемы этого крупного водосборного бассейна мало изучены. Фрагментарные сведения о составе и обилии зообентоса имеются только для территории нац. парка Паанаярви. Так, в местных сборниках опубликованы отрывочные данные о составе донных сообществ рек водосбора озера Паанаярви [Хренников, 1995 (Khrennikov, 1995); Широков, Хренников, 1995 (Shirokov, Khrennikov, 1995); Huhta et al., 1993]. Отчасти фауна амфибиотических насекомых известна по работам энтомологов [Яковлев и др., 2000 (Yakovlev et al., 2000); Bagge et al., 2004]. Оценка состояния речных экосистем необходима для понимания последствий гидротехнического строительства, мониторинга и определения объектов охраны. Исследование зообентоса р. Ковда проведено с целью анализа состава и структурных показателей сообществ донных беспозвоночных и оценки влияния на них экологических факторов.

Цель исследования – установить видовой состав и обилие донных беспозвоночных, выявить структурные показатели донных сообществ, определить сапробность, оценить влияние проточных озер и морских приливов на структуру зообентоса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал для исследования – количественные пробы зообентоса, отобранные в период с 2010 по 2017 гг. Обследованы пороговые участки как в верхнем, так и в нижнем течении

реки Ковда. Отбор проб в 2010 г произведен В.И. Кухаревым. Всего собрано и обработано 30 проб с 12-и станций (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика материала

Table 1. Overview of sampling sites

№	Название Name	Описание Flow pattern	Дата Date	N	E	Ширина, м Width, m	Тип Type	Число проб Number of samples
1	Силтайоки Syltaioki	Протока Duct	06.08.2015	66.309	30.456	2	1	3
2	Силтайоки Syltaioki	Лесная река Forest river	06.08.2015	66.276	30.456	7	2	3
3	Карманьга Karmanga	Лесная река Forest river	06.08.2015	66.009	30.627	30	2	3
4	Левгус Lewgus	Лесная река Forest river	05.08.2015	66.372	30.508	6	2	3
5	Ручей б/н Brook w/n	Лесной ручей Forest brook	05.08.2015	66.357	30.512	1.5	1	3
6	Коккойоки Kokkojoki	Лесная река Forest river	05.08.2015	65.499	31.317	10	2	3
7	Ковда Kovda	Устье (современное) Today's estuary	04.08.2017	66.871	32.390	60	3	3
8	Ковда Kovda	Устье (историческое) Historical estuary	03.08.2017	66.692	32.855	15	3	3
9	Ковда Kovda	Ручей с плотины Stream from the dam	04.08.2017	66.778	32.281	1	1	3
10	Тайболйоки Taibaljoki	Протока Duct	02.08.2010	66.365	31.737	5	2	1
11	Винча Vinchа	Лесная река Forest river	02.08.2010	66.355	32.079	30	2	1
12	Большая Bol'shaya	Сток с озера Lake outlet	02.08.2010	66.213	31.874	20	2	1
Всего Total								30

Примечание. 1 – малые водотоки, 2 – среднего размера, 3 – устьевые участки.

Note. 1 – small rivers, 2 – medium rivers, 3 – estuaries.

При выделении размерных групп учитывали ширину водотока: малые – менее 3 м (3 станции); среднего размера – более 3 м (7 станций). В отдельную группу объединили устьевые участки, которые могут испытывать влияние приливов морской воды (2 станции). В зоне влияния озер (<1 км вниз по течению) находятся станции 1, 9, 10, 12. Расположение станций представлено на рис. 1.

Отбор проб производили количественной рамкой площадью 0.04 м². В реках преобладали каменистые грунты (валун – 20–60 %, галька – 15–30 %, песок 5–50 %). Скорость течения на станциях составляла 0.2–0.5 м/с, глубина 0.1–0.5 м. Собранный материал фиксировали 70 % этанолом. В лаборатории изымали беспозвоночных из пробы и взвешивали с точностью 0.1 мг по таксономическим группам.

Названия видов приведены на основе базы данных Fauna Еигореа в соответствии со сложившейся к настоящему времени в Европе

системой [De Jong, Y. et al. , 2014]. Определение видов проводили по общепринятым руководствам [Определитель пресноводных..., 1997, 1999, 2001; Определитель зоопланктона и зообентоса..., 2016 (Opredelitel' presnovodnyh..., 1997, 1999, 2001; Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa..., 2016)]. Для оценки сапробности выбран метод Пантле-Букк в модификации, учитывающей «индикаторный вес» видов [Sladeczek, 1973]. Индексы биологического разнообразия (Шеннона и Симпсона) рассчитаны по стандартным формулам [Magurran, 1988]. Для сравнения численности и биомассы зообентоса использовали критерий Манн-Уитни, а для индексов разнообразия и сапробности – критерий Стьюдента [Шитиков и др., 2003 (Shitikov et al., 2003)]. Статистические расчеты проведены с использованием программы Past 3.15 [Hammer et al., 2001]. После знака «±» приведена стандартная ошибка (ошибка средней).

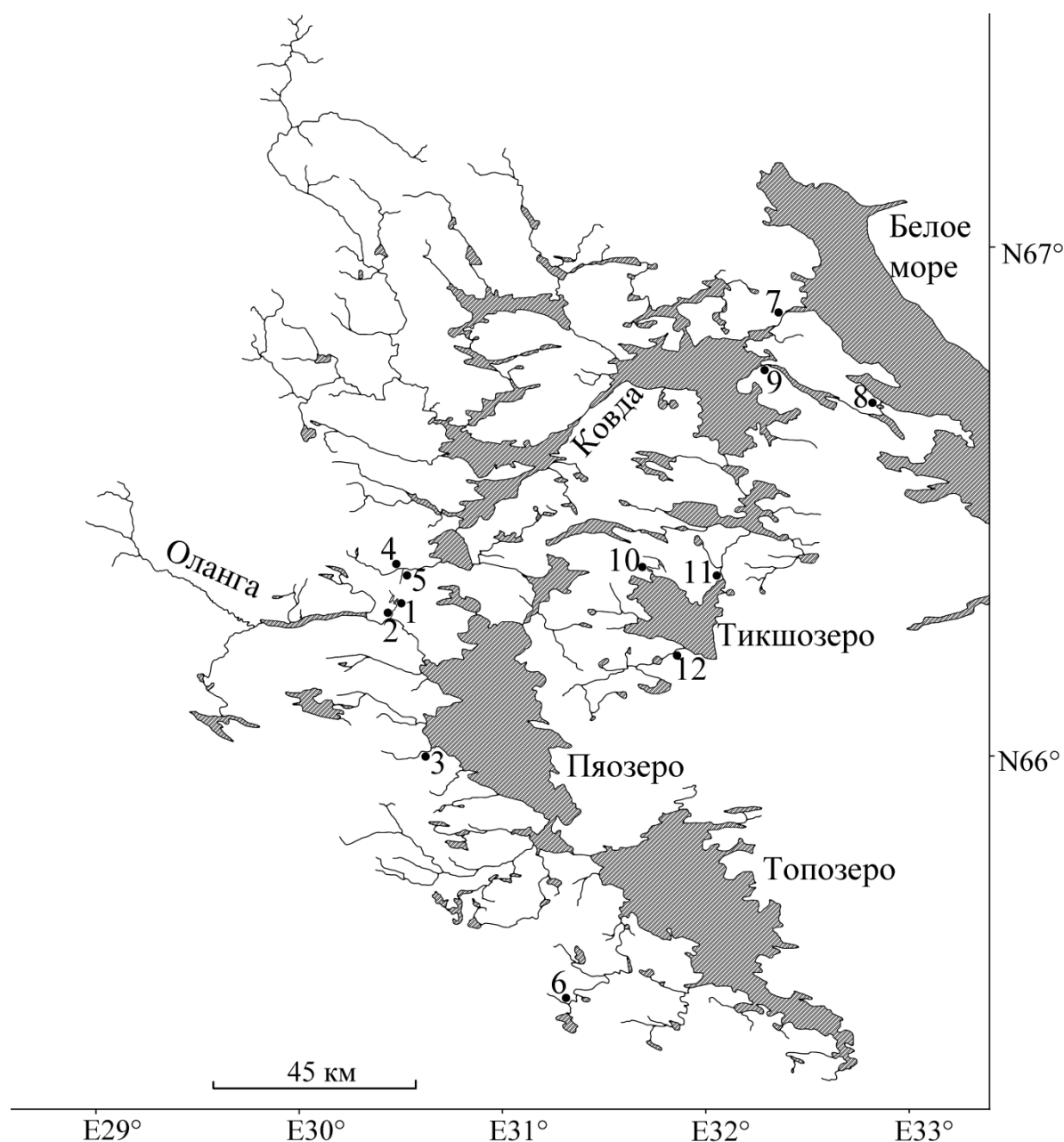


Рис. 1. Карта-схема расположения станций (1–12). Нумерация в соответствии с табл. 1.

Fig. 1. Map of station locations (1–12). Numbering in accordance with Table. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В составе зообентоса водотоков реки Ковда выявлено 64 таксона беспозвоночных. Основу донного населения составляют реофильные виды – поденки семейства Baetidae, ручейники (сем. Hydropsychidae,

Polycentropodidae и Rhyacophilidae), веснянки Plesoptera. Среди хирономид видовым разнообразием отличается подсемейство Orthocladiinae (табл. 2).

Таблица 2. Таксономический состав зообентоса водотоков бассейна р. Ковда

Table 2. The taxonomic composition of the zoobenthos of the Kovda River basin

Таксон Taxon	Малые Small	Средние Medium	Устье Estuary
Gordioidea sp.	–	+	–
Nematoda sp.	–	+	+
Тип Annelida			
Подкласс Oligochaeta			

<i>Nais simplex</i> Piguet, 1906	—	+	—
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	+	+	—
Сем. Enchytraeidae	—	—	+
Подкласс Hirudinea			
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	—	+	—
Тип Mollusca			
Класс Bivalvia			
<i>Pisidium</i> sp.	+	+	—
Класс Gastropoda			
<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller, 1774	—	+	—
<i>Lymnaea</i> sp.	—	+	+
<i>Anisus</i> sp.	+	—	—
Тип Arthropoda			
Класс Malacostraca			
Отряд Isopoda			
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	—
Отряд Amphipoda			
<i>Gammarus duebeni</i> Liljeborg, 1852	—	—	+
<i>Pallaseopsis quadrispinosa</i> (Sars, 1867)	—	—	+
Класс Arachnida			
Hydracarina sp.	+	+	—
Класс Insecta			
Отряд Ephemeroptera			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	+	+	—
<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1834	+	+	—
<i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus, 1761)	—	+	—
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	+	—	—
<i>Ephemerella aurivillii</i> (Bengtsson, 1909)	—	+	—
<i>Habrophlebia lauta</i> McLachlan, 1884	+	+	—
<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (Stephens, 1835)	—	+	—
<i>Heptagenia dalecarlica</i> Bengtsson, 1912	+	+	—
<i>Ephemerella lineata</i> Eaton, 1870	+	—	—
Отряд Plecoptera			
<i>Taeniopteryx nebulosa</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	—
<i>Leuctra fusca</i> (Linnaeus 1758)	—	+	—
<i>Leuctra</i> sp.	+	+	+
<i>Diura bicaudata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	—
<i>Diura nanseni</i> (Kempny, 1900)	—	+	—
Отряд Trichoptera			
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	—	+	—
<i>Hydropsyche siltalai</i> Doehler, 1963	+	—	—
<i>Ceratopsyche silfvenii</i> (Ulmer, 1906)	—	+	—
<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	+	+	—
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	+	—	—
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1758)	—	+	—
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	+	+	—
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	+	—	—
<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	+	+	—

<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	+	+	–
<i>Ceraclea</i> sp.	–	+	–
<i>Wormaldia subnigra</i> McLachlan, 1865	–	+	–
Отряд Coleoptera			
<i>Elmis maugetii</i> Latreille, 1802	+	+	–
<i>Elmis aenea</i> (Muller, 1806)	–	+	–
<i>Limnius volckmari</i> (Panzer, 1793)	–	+	–
<i>Oulimnius tuberculatus</i> (Muller, 1806)	–	+	–
<i>Hydraena gracilis</i> Germar, 1824	+	+	–
<i>Elodes</i> sp.	+	–	–
Отряд Diptera			
Сем. Simuliidae			
<i>Simulium (Archesimulium) polare</i> Rubtsov, 1940	–	+	–
<i>Simulium (Odagmia) frigidum</i> Rubtsov, 1940	–	+	–
<i>Simulium (Odagmia) intermedium</i> Roubaud, 1906	+	–	–
<i>Simulium (Odagmia) ornatum</i> (Meigen, 1818)	+	–	–
<i>Simulium (Odagmia) rotundatum</i> (Rubtsov, 1956)	–	+	–
Сем. Chironomidae			
<u>Подсемейство Tanypodinae</u>			
Tanypodinae sp.	+	+	–
<u>Подсемейство Orthoclaadiinae</u>			
<i>Eukiefferiella</i> sp.	–	+	–
<i>Orthocladus</i> sp.	–	–	+
<i>Paratrichocladus</i> sp.	–	–	+
<i>Psectrocladius simulans</i> (Johannsen, 1937)	+	–	–
<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	+	–	–
Orthocladeinae spp.	–	+	–
<u>Подсемейство Chironomini</u>			
<i>Micropsectra</i> sp.	+	+	–
<i>Chironomus</i> sp.	–	–	+
Chironomini sp.	–	+	–
Сем. Ceratopogonidae sp.	+	+	–
Сем. Empididae			
<i>Hemerodromia</i> sp.	+	+	–
Сем. Pediciidae			
<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel, 1829)	–	+	+
Всего таксонов	32	37	10

Обилие зообентоса варьировало по участкам в широких пределах – от 0.1 до 6.7 тыс. экз./м² и от 0.1 до 20.8 г/м². Средние значения составили 1.7±0.25 тыс. экз./м² и

4.1±0.82 г/м². Численность и биомасса зообентоса по таксонам отдельно для выделенных размерных групп водотоков приведены в табл. 3.

Таблица 3. Численность и биомасса зообентоса водотоков бассейна реки Ковда

Table 3. Abundance and biomass of zoobenthos of the Kovda River basin

Таксон Taxon	Малые Small				Средние Medium				Устье Estuary			
	N*	N %	B	B %	N	N %	B	B %	N	N %	B	B %
Nematoda	0	0.0	0.00	0.0	2	0.1	0.00	0.0	4	0.3	0.01	0.0
Oligochaeta	39	2.0	0.56	12.0	127	7.7	0.19	5.5	138	10.2	0.09	2.0
Hirudinea	0	0.0	0.00	0.0	7	0.4	0.16	4.4	0	0.0	0.00	0.0

Bivalvia	56	2.8	0.08	1.7	33	2.0	0.11	3.2	0	0.0	0.00	0.0
Gastropoda	3	0.1	0.01	0.2	15	0.9	0.15	4.3	13	0.9	0.55	11.9
Crustacea	8	0.4	0.03	0.5	10	0.6	0.19	0.5	258	19.1	2.88	62.3
Hydracarina	3	0.1	0.01	0.1	8	0.5	0.01	0.2	0	0.0	0.00	0.0
Ephemeroptera	444	22.5	0.65	13.7	93	5.6	0.13	3.6	0	0.0	0.00	0.0
Plecoptera	25	1.3	0.06	1.2	138	8.4	0.53	15.1	4	0.3	0.01	0.1
Trichoptera	197	10.0	2.36	49.7	422	25.5	1.63	46.3	0	0.0	0.00	0.0
Coleoptera	258	13.1	0.16	3.5	58	3.5	0.06	1.7	0	0.0	0.00	0.0
Simuliidae	281	14.2	0.42	8.8	387	23.4	0.35	9.9	0	0.0	0.00	0.0
Chironomidae	614	31.1	0.38	8.0	320	19.3	0.16	4.6	917	67.9	1.00	21.6
Ceratopogonidae	14	0.7	0.01	0.2	22	1.3	0.01	0.4	0	0.0	0.00	0.0
Diptera прочие	31	1.5	0.02	0.4	13	0.8	0.01	0.4	17	1.2	0.10	2.1
Всего	1972		4.7		1655		3.5		1350		4.6	
	±484		±1.41		±387		±1.37		±336		±1.17	

Примечание. N – численность, экз./м²; B – биомасса, г/м².

Note. N – abundance, ind./m², B – biomass, g/m².

Основа биомассы зообентоса малых и средних водотоков сформирована личинками ручейников (Trichoptera), двукрылых (Simuliidae, Chironomidae), поденок (Ephemeroptera) и веснянок (Plecoptera), а также олигохетами (Oligochaeta). Устьевые участки существенно отличаются по этому показателю, по биомассе доминируют бокоплавы *Gammarus duebeni*, личинки хирономид родов *Orthocladius* и *Paratrichocladius*, олигохеты сем. Enchytraeidae.

Показатели биологического разнообразия существенно варьировали по участкам: от

0.76 до 1.77 бит/экз. и от 0.57 до 1.69 бит/г – индекс Шеннона и от 0.23 до 0.69 – индекс Симпсона. Индексы разнообразия в малых и средних водотоках не показывают достоверных различий. В то же время устьевые участки значительно (и достоверно, крит. Стюд., $p=0.05$) отличаются от них сниженным разнообразием и доминированием в сообществах малого числа видов. Индекс сапробности удалось рассчитать только для малых и средних водотоков (табл. 4).

Таблица. 4. Индексы биологического разнообразия и сапробности по зообентосу водотоков бассейна р. Ковда

Table 3. Indices of biological diversity and saprobity by zoobenthos of the watercourse of the Kovda River basin

Индекс Index	Малые Small	Средние Medium	Устье Estuary
Индекс Шеннона по численности, бит/экз. Shannon Index by number, bits ind ⁻¹	1.39±0.209	1.77±0.074	0.76±0.088
Индекс Шеннона по биомассе, бит/г Shannon Index by biomass, bits g ⁻¹	1.50±0.210	1.69±0.072	0.57±0.156
Индекс Симпсона по численности Simpson Index by number	0.33±0.059	0.23±0.019	0.56±0.067
Индекс Симпсона по биомассе Simpson Index by biomass	0.27±0.055	0.26±0.027	0.69±0.090
Сапробность Saprobity	1.62±0.095	1.41±0.071	–

Устьевые участки в значительной степени подвергаются влиянию морских вод. В наибольшей степени действию морских вод подвержено старое (историческое) устье, где в настоящее время сток пресных вод многократно снижен (ст. 8). Основа донного населения представлена ракообразными *Gammarus duebeni* и немногочисленными личинками хирономид *Orthocladius* sp., *Paratrichocladius* sp., *Chironomus* sp. Новое устье (ст. 7) представляет собой канал, уровень воды в котором регу-

лярно меняется. Видовое разнообразие зообентоса снижено, многочисленны личинки хирономид *Paratrichocladius* sp. Здесь, ниже Княжегубской ГЭС, отмечен редкий для рек региона *Pallaseopsis quadrispinosa*, возможно попавший в реку из Ковдозера.

Существенное влияние на обилие зообентоса оказывают проточные озера. Так, средние значения численности и биомассы на удалении от озер составляют $1.1±0.14$ тыс. экз./м² и $2.3±0.49$ г/м², а ниже

озер (в пределах 1 км) – 3.3 ± 0.55 тыс. экз./м² и 9.1 ± 1.96 г/м². Различия достоверны, Крит. Манн Уитни, $p=0.05$. При этом отличий между значениями индексов разнообразия не выявлено. Увеличение биомассы достигается за счет

ОБСУЖДЕНИЕ

В зообентосе р. Ковда выявлено 64 таксона, что составляет относительно небольшую часть от видового списка бентосных организмов региона. Известно, что в пресноводных экосистемах северной части Республики Карелия и Мурманской области обитает более 500 видов беспозвоночных [Яковлев, 2005 (Yakovlev, 2005); Рябинкин, 2008 (Ryabinkin, 2008); Baryshev, 2017]. Вне всякого сомнения, продолжение работ, в частности обследование других биотопов и специализированное изучение отдельных таксономических групп принесет новые находки.

Наибольшее число видов выявлено в зообентосе рек среднего размера. Вместе с тем, установленное соотношение может быть следствием неравного количества проб, отобранных в этих местообитаниях. Самое низкое число видов – 10 обнаружено в устьевых зонах. Бедность эстуарной фауны не раз отмечали в различных регионах [Хлебович, 1974 (Khlebovich, 1974)]. Так, для эстуариев Белого моря ранее было показано низкое разнообразие с преобладанием личинок двукрылых и ручейников, бокоплавов рода *Gammarus* [Чертопруд и др., 2004 (Chertoprud et al., 2004)].

В водотоках бассейна реки Ковда выявлено относительно невысокое обилие зообентоса. Так, в других реках Карельского берега Белого моря ранее установлены значения 5.2 ± 0.97 тыс. экз./м² и 8.2 ± 1.13 г/м² [Барышев, 2015 (Baryshev, 2015)]. В реках Кандалакшского берега обилие зообентоса составляет в среднем 8.9 ± 1.10 тыс. экз./м² и 6.7 ± 0.40 г/м² [Барышев, Хренников, 2016 (Baryshev, Khrennikov, 2016)]. Тем не менее, на речных участках бассейна р. Ковда ниже проточных озер обилие зообентоса существенно возрастает (в три раза), что обычно для озерно-речных систем [Барышев, Кухарев, 2011 (Baryshev, Kukharev, 2011); Барышев, Хренников, 2016 (Baryshev, Khrennikov, 2016)].

Уровень биологического разнообразия сообществ донных беспозвоночных в реках малых и средних размеров обычен для региона. Так в соседних реках Карельского берега Белого моря были выявлены значения индекса Шеннона 1.62–1.69 бит/экз. [Барышев, 2015 (Baryshev, 2015)]. В реках Кандалакшского берега (кроме горного массива Хибин) индекс Шеннона составляет 1.21–1.57 бит/экз.

развития потребителей сносимого из озер сес-тона, в первую очередь личинок ручейников сем. Hydropsychidae и Polycentropodidae, доля которых по биомассе увеличивается с 0.6 % на удалении от озер до 30.0 % ниже озер.

[Барышев, Хренников, 2016 (Baryshev, Khrennikov, 2016)]. Малое число видов зообентоса, выявленное в устьевых зонах, также вполне закономерно. Низкие значения индексов разнообразия зообентоса в переходной зоне река-море – следствие малого числа видов. Это показано в ряде работ [Хлебович, 1974 (Khlebovich, 1974); Чертопруд и др., 2004 (Chertoprud et al., 2004)]. В соседних реках Карельского берега Белого моря в устьевых зонах был ранее выявлен аналогично низкий индекс Шеннона – 0.53 ± 0.171 бит/экз. [Барышев, 2015 (Baryshev, 2015)].

Несмотря на малое видовое разнообразие, устьевая зона по биомассе зообентоса не уступает другим участкам реки. Однако основа биомассы здесь – солоноватоводные бокоплавывы *Gammarus duebeni*. Ранее на высокую долю ракообразных рода *Gammarus* в донных сообществах устьев и эстуариев указывали М.В. Чертопруд с соавторами [2004, (Chertoprud et al., 2004)].

Сапробность малых водотоков бассейна р. Ковда оказалась выше, чем более крупных – 1.62 ± 0.095 против 1.41 ± 0.071 . Ранее было установлено, что в реках Фенноскандии значение сапробности увеличивается с увеличением размера реки. Так, в малых реках среднее значение сапробности составляет 1.63 ± 0.029 , в средних – 1.72 ± 0.023 , в крупных – 1.82 ± 0.067 [Барышев, 2011 (Baryshev, 2011)]. Аналогичная динамика выявлена в реках Европейской части России [Чертопруд, 2007 (Chertoprud, 2007)]. Выявленное соотношение не является обычным, но выяснение его причин – влияние случайных факторов (специфики станций отбора проб), следствие искусственного зарегулирования реки или особенностей ландшафта, требует уточнений в ходе дальнейших работ.

Особенности структуры зообентоса исторического русла р. Ковда указывают на сильное влияние морских вод. Это одно из следствий искусственного изменения направления стока реки из Ковдозера. Очевидно, что ранее, при расходе более 250 м³/с, поступающий в эстуарий объем речной воды формировал пресноводную зону. Снижение стока на два порядка позволяет соленой воде во время приливов проникать в реку значительно дальше, смещая зону критической солености.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основу макрозообентоса р. Ковда формируют реофильные виды, характерные для водотоков Севера. Очевидно, продолжение работ позволит расширить выявленный авторами таксономический состав. Численность и биомасса зообентоса уступают средним по региону значениям. Видовое разнообразие относительно велико в реках малого и среднего

размера и резко снижается в устье. Как и в других реках региона, участки ниже проточных озер отличаются многократным увеличением обилия зообентоса за счет потребителей озерного сестона, в первую очередь личинок ручейников сем. Hydropsychidae и Polycentropodidae.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081. Автор чрезвычайно признателен В.И. Кухареву за предоставленные пробы (материал 2010 г.) и С.В. Айбулатову (ЗИН РАН) за консультации по определению представителей Simuliidae.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барышев И.А. Оценка сапробности сообществ зообентоса пороговых участков рек Восточной Финляндии по методу Пантле-Букк // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием (г. Тольятти, 5–8 сентября 2011 г.), Тольятти: Касандра, 2011. С. 21.
- Барышев И.А. Особенности формирования структуры макрозообентоса пороговых участков рек Карельского берега Белого моря // Труды Карельского научного центра РАН. № 1. 2015. С. 29–36. DOI: 10.17076/есo36
- Барышев И.А., Кухарев В.И. Влияние проточного озера на структуру зообентоса в реке с быстрым течением (на примере р. Лижма, бассейн Онежского озера) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 6 (119). 2011. С. 16–19.
- Барышев И.А., Хренников В.В. Количественная характеристика макрозообентоса порогов рек Кандакшского побережья Белого моря как основы кормовой базы для молоди лососевых рыб // Поволжский экологический журнал. 2016. № 3. С. 255–262. DOI: 10.18500/1684-7318-2016-3-255-262
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК. 2016. 457 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3. Паукообразные и низшие насекомые. СПб.: Наука 1997. 440 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Высшие насекомые. Двукрылые. СПб.: Наука. 1999. 1000 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые (ручейники, чешуекрылые, жесткокрылые, сетчатокрылые, большекрылые, перепончатокрылые). СПб.: Наука. 2001. 836 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометеоиздат, 1965. 700 с.
- Рябинкин А.В. Фауна донных беспозвоночных бассейна р. Кеми // Труды Карельского научного центра РАН. Биogeография. Вып. 12. Петрозаводск. 2008. С. 134–145.
- Хлебович В.В. Критическая солёность биологических процессов. Л.: Наука, 1974. 235 с.
- Хренников В.В. Личинки ручейников в реках Паанаярвского национального парка // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 1995. С. 138–141.
- Чертопруд М.В. Модификация индекса сапробности Пантле-Букка для водоемов Европейской России // Сборник материалов международной конференции «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» (Санкт-Петербург, 23–27 октября 2006 г.). СПб.: ЛЕМА. 2007. С. 298–302.
- Чертопруд М.В., Удалов А.А., Столяров А.П., Борисов Р.Р. Разнообразие сообществ макробентоса эстуариев Белого моря // Океанология. 2004. Т. 44, № 6. С. 901–911.
- Широков В.А., Хренников В.В. Кормовая база молоди кумжи в реке Муткайоки // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 1995. С. 141–148.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
- Яковлев В.А. Пресноводный зообентос северной Финляндии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2005. Часть 1. 161 с.; Часть 2. 145 с.
- Яковлев Е.Б., Полевой А.В., Хумала А.Э., Щербаков А.Н. Новые данные по фауне насекомых национального парка «Паанаярви» // Научно-исследовательская работа на территории национального парка «Паанаярви»: школа-вуз-Академия наук. Пяозерский: НП «Паанаярви», 2000. С. 21–23.
- Bagge P., Mattila K., Salokannel J. Paanajärven vesihyönteisiä tutkimassa. Diamina. 2004. P. 38–40.
- Baryshev I.A. Taxonomic Composition and Trophic Structure of Benthic Fauna in Rocky Rapids and Riffles in Rivers of the Republic of Karelia and Murmansk Oblast // Inland Water Biology, 2017, Vol. 10, №. 4. P. 405–414. DOI: 10.1134/S1995082917040034

- De Jong, Y. et al. Fauna Europaea – all European animal species on the web. Biodiversity Data Journal 2: e4034. 2014. DOI: 10.3897/BDJ.2.e4034.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1). 2001. 9 pp.
- Huhta A., Kuusela K., Paasivirta L. Notes on the zoobenthos of the streams draining into lake Paanajärvi – Oulanka Reports. 1993. V. 12. 87–89.
- Magurran A.E. Ecological Diversity and Its Measurement. NJ. 1988. 7–45. 10.1007/978-94-015-7358-0_2.
- Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // *Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol.* 1973. V. 7. 218 p.

REFERENCES

- Bagge P., Mattila K., Salokannel J. 2004. Paanajärven vesihyönteisiä tutkimassa. *Diamina*. P. 38–40.
- Baryshev I.A. 2011. Otsenka saprobnosti soobshchestv zoobentosa porogovykh uchastkov rek Vostochnoi Fennoskandii po metodu Pantle-Bukk // *Tezisy dokladov Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* (g. Tol'yatti, 5–8 sentyabrya 2011 g.), Tol'yatti: Kasandra, S. 21. [In Russian]
- Baryshev I.A. 2015. Osobennosti formirovaniya struktury makrozoobentosa porogovykh uchastkov rek Karel'skogo berega Belogo moray [Peculiarities of Macrozoobenthos Structure Formation in Riffles of the Karelian Coast of the White Sea] // *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*. № 1. S. 29–36. DOI: 10.17076/eco36 [In Russian]
- Baryshev I.A. 2017. Taxonomic Composition and Trophic Structure of Benthic Fauna in Rocky Rapids and Riffles in Rivers of the Republic of Karelia and Murmansk Oblast // *Inland Water Biology*. Vol. 10, №. 4. P. 405–414. DOI: 10.1134/S1995082917040034
- Baryshev I.A., Khrennikov V.V. 2016. Kolichestvennaya kharakteristika makrozoobentosa porogov rek Kandalakshskogo poberezh'ya Belogo morya kak osnovy kormovoi bazy dlya molodi lososevykh ryb [Quantitative characteristics of macrozoobenthos in the rivers of the Kandalaksha coast of the White Sea as a forage base for juvenile salmonids] // *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*. № 3. S. 255–262. DOI: 10.18500/1684-7318-2016-3-255-262 [In Russian]
- Baryshev I.A., Kukharev V.I. 2011. Vliyaniye protochnogo ozera na strukturu zoobentosa v reke s bystryim techeniem (na primere r. Lizhma, bassein Onezhskogo ozera) // *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. № 6 (119). S. 16–19. [In Russian]
- Chertoprud M.V. 2007. Modifikatsiya indeksa saprobnosti Pantle-Bukka dlya vodoemov Evropeiskoi Rossii // *Sbornik materialov mezhdunarodnoi konferentsii «Bioindikatsiya v monitoringe presnovodnykh ekosistem»* (Sankt-Peterburg, 23–27 oktyabrya 2006 g.). SPb.: LEMA. S. 298–302. [In Russian]
- Chertoprud M.V., Udalov A.A., Stolyarov A.P., Borisov R.R. 2004. Raznoobrazie soobshchestv makrobentosa estuariy Belogo morya // *Okeanologiya*. T. 44, № 6. S. 901–911. [In Russian]
- De Jong, Y. et al. 2014. Fauna Europaea – all European animal species on the web. Biodiversity Data Journal 2: e4034. DOI:10.3897/BDJ.2.e4034.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1). 9 pp.
- Huhta A., Kuusela K., Paasivirta L. 1993. Notes on the zoobenthos of the streams draining into lake Paanajärvi – Oulanka Reports. V. 12. 87–89.
- Khlebovich V.V. 1974. Kriticheskaya solenost' biologicheskikh protsessov. L.: Nauka, 235 s. [In Russian]
- Khrennikov V.V. 1995. Lichinki rucheinikov v rekakh Paanayarvskogo natsional'nogo parka // *Priroda i ekosistemy Paanayarvskogo natsional'nogo parka*. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN. S. 138–141. [In Russian]
- Magurran A.E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. NJ. 7–45. 10.1007/978-94-015-7358-0_2.
- Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorij. T. 3. Paukoobraznye i nizshie nasekomye. [The key of freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. V. 3. Spider-like and lower insects]. SPb.: Nauka 1997. 440 s. [In Russian]
- Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorij. T. 4. Vysshie nasekomye. Dvukrylye. [Key to freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. V. 4. Higher insects. Diptera]. SPb.: Nauka. 1999. 1000 s. [In Russian]
- Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorij. T. 5. Vysshie nasekomye (rucheiniki, cheshuekrylye, zhestkokrylye, setchatokrylye, bol'shekrylye, pereponchatokrylye). [Key to freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. V. 5. Higher insects (Trichoptera, Lepidoptera, Coleoptera, Neuroptera, Megaloptera, Hymenoptera).]. Pod obshch. red. S.YA. Calolihina. SPB.: Nauka. 2001. 836 s. [In Russian]
- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropejskoj Rossii. T.2. Zoobentos. [The key of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. T.2. Zoobenthos.] M.-SPb.: Tovarishestvo nauchnykh izdanij KMK. 2016. 457 s. [In Russian]
- Resursy poverhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 2. Kareliya i Severo-Zapad [Surface water resources of the USSR: Hydrological study. T. 2. Karelia and the North-West]. L.: Gidrometeoizdat, 1965. 700 s. [In Russian]
- Ryabinkin A.V. 2008. Fauna donnykh bespozvonochnykh basseina r. Kemi // *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN. Biogeografiya*. Vyp. 12. Petrozavodsk. S. 134–145. [In Russian]

- Shirokov V.A., Khrennikov V.V. 1995. Kormovaya baza molodi kumzhi v reke Mutkaioi // Priroda i ekosistemy Paanayarvskogo natsional'nogo parka. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN. S. 141–148. [In Russian]
- Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. 2003. Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoi identifikatsii. Tol'yatti: IEVB RAN, 463 s.
- Sladeczek V. 1973. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol. V. 7. 218 p.
- Yakovlev E.B., Polevoi A.V., Khumala A.E., Shcherbakov A.N. 2000. Novye dannye po faune nasekomykh natsional'nogo parka «Paanayarvi» // Nauchno-issledovatel'skaya rabota na territorii natsional'nogo parka «Paanayarvi»: shkola-vuz-Akademiya nauk. Pyaozerskii: NP «Paanayarvi». C. 21–23. [In Russian]
- Yakovlev V.A. 2005. Presnovodnyi zoobentos severnoi Fennoskandii (raznoobrazie, struktura i antropogennaya dinamika) [Freshwater zoobenthos of northern Fennoscandia (diversity, structure and anthropogenic dynamic)]. Apatity: Izd. Kol'skogo NTs RAN. Chast' 1. 161 s.; Chast' 2. 145 s. [In Russian]

ZOOBENTHOS OF WATERCOURSES OF THE KOVDA RIVER BASIN (COMPOSITION, ABUNDANCE, DIVERSITY AND SAPROBITY)

I. A. Baryshev

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences,
185910 Petrozavodsk, Pushkinskaia 11, Russia,
e-mail: baryshev@bio.krc.kerelia.ru*

Kovda is a large and branchy lakes-rivers system in the northwest of Russia (drainage basin of the White Sea), poorly studied in hydrobiological sense. We studied the composition, abundance, diversity of zoobenthos and saprobity in watercourses. Small-sized watercourses (streams), medium-sized (rivers) and estuaries were examined. We found 64 invertebrate taxa. Most of them are rheophilic species – mayflies (family Baetidae), caddisflies (family Hydropsychidae, Polycentropodidae and Rhyacophilidae), stoneflies (Plecoptera) and others. Among the chironomids, a high species diversity shows the subfamily Orthoclaadiinae. The abundance and biomass of zoobenthos vary from 0.1 to 6.7 thous. ind./m² and from 0.1 to 20.8 g/m². The averages were 1.7±0.25 thous. ind./m² and 4.1±0.82 g/m², which is slightly less than in other rivers of the region. Species diversity is relatively large in small and medium-sized watercourses and significantly decreases in estuaries, which is due to the influence of saline waters. The river areas below the lake outlets are characterized by a multiple increase in the abundance of zoobenthos, which is typical for lakes-rivers systems.

Keywords: bottom invertebrates, rheophiles, biomass, fauna, north, lake-river system

FIRST DATA ON MACROZOOBENTHOS OF THE ORKHON AND IDER RESERVOIRS (MONGOLIA)

A. A. Prokin, A. S. Sazhnev

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Yaroslavl Oblast, Russia, e-mail: prokina@mail.ru, sazh@list.ru*

Composition and quantitative characteristics of macrozoobenthos of Orkhon (Kharkhorin) and Ider (Tosontsengel) small water reservoirs of Mongolia as well as parts of rivers in the zone of their influence have been studied for the first time. Benthic fauna of the Orkhon section contained 25 species in 2016-2017, 15 species in each year of studies; 32 species have been found in the Ider section in 2016. Drainage regulation leads to a number of rheophilic species disappearing from the fauna, and appearance of stagnophilous species, which, under favorable conditions, create high abundance and biomass of macrozoobenthos. Particularly high rates of quantitative development of macrozoobenthos, exceeding those in most of the country's studied waterbodies, were noted in the Orkhon reservoir in the low-water year of 2017, when the decrease in precipitation coincided with an increase in air temperature compared to 2016.

Keywords: Orkhon (Kharkhorin) HPS, Ider (Tosontsengel) HPS, reservoirs, macrozoobenthos, abundance, biomass, species richness, Mongolia

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10006

INTRODUCTION

The construction of hydroelectric power plants (HPS) is associated with the flooding of large land areas, regulation of water objects drainage, which, in the conditions of the arid climate to which Mongolia belongs, is of particular importance due to the instability and vulnerability of aquatic ecosystems to the anthropogenic effect. However, renewable energy is one of the priorities

of the Mongolian energy sector. There are 13 hydroelectric power plants on the territory of Mongolia at the moment. Most of them were built in the first decade of 21st century on watercourses of various types [In-Depth Review..., 2011]. A significant part of them are small hydropower plants with a capacity of under 2 MW, which include Orkhon and Ider (Fig. 1, 2).



Fig. 1. Space images of Reservoirs studied: A – Ider Reservoir, B – Orkhon Reservoir. © Google Earth.

The Orkhon (Kharkhorin) HPS is the first hydroelectric power plant in the country (installed power 525 kW) was built in 1959 [In-Depth Review..., 2011], is not operating now. HPS was formed as a part of irrigation system and consists of spillway dam in the Orkhon River channel, water reservoir and power plant connected with the river by an underground channel (Fig. 2B). Water reservoir area is $\sim 0.02 \text{ km}^2$, depth at the dam 1.5 m, coordinates: $47^\circ 10.734' \text{N}$, $102^\circ 47.384' \text{E}$, 1475 m. alt.

The Ider (Tosontsengel) HPS (installed power 210+165 kW) was built in 2000 on Ider

River and became operational in June of 2006 [In-Depth Review..., 2011]. HPS consists of a spillway dam, water reservoir and power plant (Fig. 2A). Shallow and prone to overgrowth water reservoir is situated above several canals of Ider River and Khodzhuyn River flowing into it. Water reservoir area is $\sim 0.58 \text{ km}^2$, depth at the dam 3 m, coordinates: $48^\circ 44.488' \text{N}$, $98^\circ 15.312' \text{E}$, 1705 m. alt.

Macrozoobenthos of these water reservoirs has not been studied previously and it determined the aim of our study.

MATERIALS AND METHODS

Qualitative samples of macrozoobenthos have been collected using Peterson grab with sampled area of 0.025 m² (2016) and Ekman grab with sampled area of 0.01 m² (2017), two lifts per sample.

Material was fixed with 75% ethanol, identification was carried out in laboratory. Twelve qualitative samples were collected and processed.

Total number of species, abundance (N, ind./m²) and biomass (B, g/m²) were analyzed during the study of macrozoobenthos structure.

Water's chemical and physical parameters were analyzed in 2016 using «YSI-85» portable analyzer.

Yearly and seasonal data on air temperature and precipitation in the studied area were obtained via <http://www.meteomanz.com>.

Space images of studied water reservoirs were taken from Google Earth. Area of the Orkhon reservoir in the period of studies was calculated using Landsat-8 images.

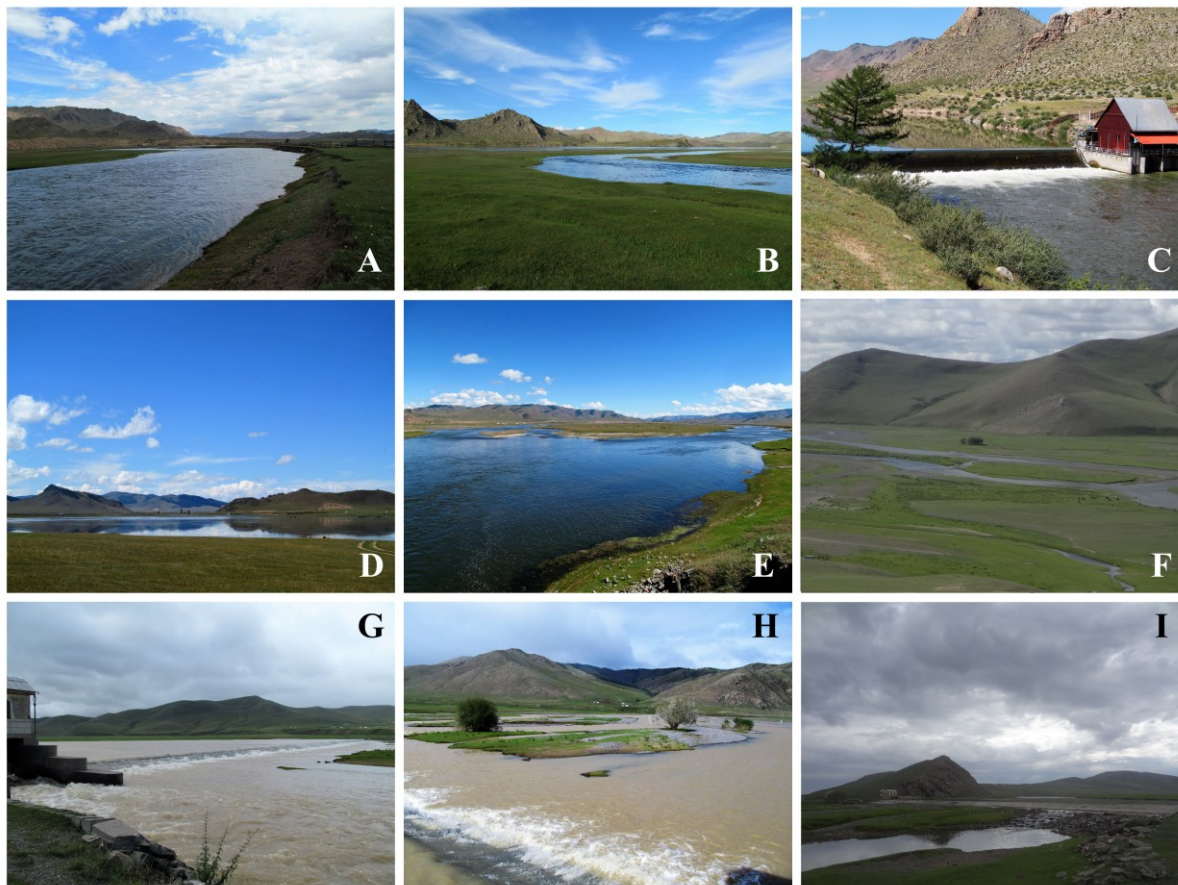


Fig. 2. Water bodies studied (author's photographs): A – Ider River, upstream of the Reservoir; B – Khodzhulyn River; C – Ider (Tosontsengel) HPS dam; D – Ider Reservoir; E – Ider River, downstream of the Reservoir; F – Orkhon River, upstream of the Reservoir in 2017 year; G – Orkhon (Kharkhorin) HPS dam in 2016 year; H – Orkhon River, downstream of the Reservoir in 2016 year; I – dam and Orkhon River, downstream of the Reservoir in 2017 year.

RESULTS

Water temperature decreased in the series from Orkhon River upstream of the reservoir – the Orkhon reservoir – Orkhon River downstream of the reservoir, parallel with decreasing oxygen content and pH and increasing electrical conductivity (Table 1). Water temperature in Khodzhulyn River was lower than in Ider River upstream of the reservoir. Water in the open littoral of the reservoir was colder than in macrophyte beds, in the section of Ider River downstream of the reservoir it was slightly lower than in the open littoral and significantly lower than in the river's section situated upstream of the reservoir. Water in

Khodzhulyn River had the lowest electrical conductivity and pH. The former index fluctuated synchronously with water temperature along Ider River when passing through the reservoir. Oxygen content in the water was stable and pH was insignificantly higher in the river downstream of the reservoir (Table 1). Considering the scatter of the values of the studied water parameters in different areas of the two reservoirs and the associated watercourses, it can be noted that the waters of the two studied areas were characterized by similar physicochemical properties.

Table 1. Characteristics of the studied biotopes, physical and chemical parameters of water in 2016

Station name	Zone	Depth, m	Substrate	T, °C	EC, µS/cm	O ₂ , mg/l	O ₂ , %	pH
OR↑,	ripal	0.2–0.3	gravel, sand	12.6	165	9.0	100	8.09
OR	littoral	0.3–0.4	silt, detritus	11.8	166	9.0	98	8.00
OR↓	ripal	0.3–0.4	gravel	11.4	177	8.9	96	8.00
KR	ripal	0.3–0.4	sand, silt	11.2	130	8.9	99	7.94
IR↑	ripal	0.3–0.4	gravel, sand	13.4	183	8.4	99	8.20
IR	open littoral	0.3–0.4	gravel, sand	12.7	142	9.6	112	8.27
	littoral,	0.2–0.3	flooded soil, sand	13.2	187	9.6	111	8.25
IR↓	macrophytes							
	ripal	0.3–0.4	silt, flooded soil	12.6	164	9.1	105	8.57

Note. OR↑ – Orkhon River, upstream of the Reservoir; OR – Orkhon Reservoir; OR↓ – Orkhon River, downstream of the Reservoir; KR – Khodzhuyn River; IR↑ – Ider River, upstream of the Reservoir; IR – Ider Reservoir; IR↓ – Ider River, downstream of the Reservoir. T – Temperature, EC – Electrical conductivity.

Macrozoobenthos of the Orkhon reservoir and Orkhon River in the zone of its influence was found to contain 25 species: 9 – Chironomidae, 3 of «other» Diptera и Ephemeroptera, 2 – Oligochaeta, 1 – Hirudinida, Bivalvia, Gastropoda, Hydracarina, Plecoptera, Heteroptera, Trichoptera and Coleoptera. Fourteen species were found in the reservoir itself, 15 – in Orkhon River upstream of the reservoir, 9 – downstream

(Table 2). Organisms from the following groups: Hirudinida, Gastropoda, Hydracarina, family Caenidae mayflies, families Limoniidae and Tabanidae dipterans were found in the reservoir, exclusively. Rheophilic Plecoptera, genus *Baetis* and family Heptageniidae mayflies, and family Hydropsychidae trichopterans were found only in the unregulated sections of Orkhon River.

Table 2. Taxonomic composition of macrozoobenthos in Orkhon Reservoir and Orkhon River in the zone of its impact

Taxa	OR↑	OR	OR↓
Oligochaeta			
<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	+	+	–
<i>Limnodrilus profundicola</i> (Verrill, 1871)	+	+	+
Hirudinida			
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	–	+	–
Bivalvia			
<i>Musculium compressum</i> Mousson, 1887	–	+	+
Gastropoda			
<i>Gyraulus stelmachotius</i> (Bourgignat, 1860)	–	+	–
Hydracarina			
Hydracarina sp.	–	+	–
INSECTA			
Ephemeroptera			
<i>Baetis</i> sp.	+	–	–
<i>Rhithrogena</i> sp.	–	–	+
<i>Caenis miliaria</i> (Tshernova, 1952)	–	+	–
Plecoptera			
<i>Agnetina brevipennis</i> (Navás, 1912)	–	–	+
Heteroptera			
<i>Micronecta</i> sp. (nymphae)	+	–	–
Trichoptera			
<i>Ceratopsyche nevae</i> (Kolenati, 1858)	–	–	+
Coleoptera			
<i>Haliphus</i> sp. (larva)	+	–	–
Chironomidae			
<i>Orthocladius</i> gr. saxicola	+	–	–
<i>Psectrocladius obvius</i> (Walker, 1856)	+	–	–
<i>Cladotanytarsus</i> gr. mancus	+	+	–
<i>Synendotendipes impar</i> (Walker, 1856)	+	–	–
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)	+	+	+
<i>Polypedilum tetracrenatum</i> Hirvenoja, 1962	+	–	–
<i>Cryptochironomus</i> gr. defectus	+	–	–
<i>Chironomus commutatus</i> Keyl, 1960	+	+	+
<i>Chironomus obtusidens</i> Goetghebuer, 1921	+	+	+

other Diptera			
<i>Idioptera pulchella</i> (Meigen, 1830)	–	+	–
<i>Bezzia</i> aff. <i>kuhetiensis</i> Remm, 1967	+	+	+
<i>Chrysops</i> sp.	–	+	–
Total:	15	14	9

Note. Designations as Table 1.

The overall abundance of macrozoobenthos was low in 2016 (Table 3), reaching values from 180 ind./m² in Orkhon River upstream of the reservoir mainly due to chironomids (77.8% *N*), and

littoral of the reservoir itself due to various groups of macroinvertebrates to 100 ind./m² in the river downstream of the reservoir, where *Ceratopsyche nevae* trichopterans dominated (60% *N*).

Table 3. The total abundance (*N*, ind./m²) of macrozoobenthos of Orkhon Reservoir and Orkhon River in the zone of its impact

Taxa	OR↑, ripal zone		OR			OR↓, ripal zone	
			littoral zone		profundal zone		
	2016	2017	2016	2017	2017	2016	2017
Oligochaeta	20	2000	40	–	25750	–	150
Hirudinida	–	–	40	–	–	–	–
Bivalvia	–	–	–	–	500	–	50
Gastropoda	–	–	20	–	50	–	–
Hydracarina	–	–	–	–	50	–	–
Ephemeroptera	20	–	–	–	150	20	–
Plecoptera	–	–	–	–	–	20	–
Heteroptera	–	100	–	–	–	–	–
Trichoptera	–	–	–	–	–	60	–
Coleoptera	–	50	–	–	–	–	–
Chironomidae	140	27100	40	4400	16750	–	11900
other Diptera	–	50	40	–	50	–	50
Total:	180	29300	180	4400	43300	100	12150

Note. Designations as Table 1.

Overall biomass of macrozoobenthos was also low in 2016 (Table 4). Minimal values of the index were noted in Orkhon River upstream of the reservoir (0.22 g/m²) where chironomids constituted the bulk of the community (63.6% *B*). Community of the littoral was characterized by

the maximum biomass (4.16 g/m²) due to mass development of *Erpobdella octoculata* leeches (88.5% *B*). The bulk of the biomass (69.2% *B*) in river's ripal zone downstream of the reservoir was made up by stoneflies *Agnatina brevipennis*.

Table 4. The total biomass (*B*, g/m²) of macrozoobenthos of Orkhon Reservoir and Orkhon River in the zone of its impact

Taxa	OR↑, ripal zone		OR			OR↓, ripal zone	
			littoral zone		profundal zone		
	2016	2017	2016	2017	2017	2016	2017
Oligochaeta	0.02	1.95	0.06	–	25.10	–	0.25
Hirudinida	–	–	4.16	–	–	–	–
Bivalvia	–	–	–	–	5.65	–	0.15
Gastropoda	–	–	0.20	–	0.25	–	–
Hydracarina	–	–	–	–	0.05	–	–
Ephemeroptera	0.06	–	–	–	0.15	0.08	–
Plecoptera	–	–	–	–	–	0.54	–
Heteroptera	–	0.10	–	–	–	–	–
Trichoptera	–	–	–	–	–	0.16	–
Coleoptera	–	0.15	–	–	–	–	–
Chironomidae	0.14	17.00	0.02	2.10	8.61	–	6.00
other Diptera	–	0.03	0.26	–	0.03	–	0.03
Total:	0.22	19.23	4.70	2.10	39.84	0.78	6.43

Note. Designations as Table 1.

The quantitative characteristics of the studied communities increased significantly in 2017 compared to 2016 (Table 3, 4). The total number of communities increased by 24.4–162.8 times, the total biomass in the Orkhon River increased

by 8.2–87.4 times, but decreased in the littoral of the reservoir by 2.2 times. In 2017 community of the latter biotope was represented exclusively by chironomids, which even with a total abundance of 4400 ind./m² dominated by *Stictochironomus*

crassiforceps (88.6% N), formed a biomass less than half the leeches had in 2016. Record indices of abundance and biomass of macroinvertebrates (43300 ind./m², 39.84 g/m²) have been registered in the profundal zone of the reservoir due to the massive development of oligochaetes and chironomids: *Tubifex tubifex* (46.3% N; 50.2% B), *Stictochironomus crassiforceps* (34.2% N). Chironomids *S. crassiforceps* (76.8% N; 55.9% B) dominated in the ripal zone of Orkhon River both in terms of abundance and biomass, same as in the ripal zone of the river downstream of the reservoir where *S. crassiforceps* (53.9% N; 70% B) and

Chironomus obtusidens (41.1% N; 18.7% B) dominated.

A total of 32 species – 15 Chironomidae, 4 Ephemeroptera and Trichoptera, 3 Hirudinida, 2 Gastropoda, 1 Crustacea, Hydracarina, Coleoptera and Ephydriidae (Diptera) constituted macrozoobenthos of the Ider reservoir and rivers in the zone of its influence. Sixteen species were found in the reservoir and section of Ider River downstream of the dam, while 4–6 species were found in the sections of the Ider and Khodzulin rivers upstream of the reservoir (Table 5).

Table 5. Taxonomic composition of macrozoobenthos in Ider Reservoir and rivers in the zone of its impact

Taxa	KR	IR↑	IR	IR↓
Hirudinida				
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	+	+
<i>Erpobdella nigricollis</i> (Brandes, 1900)	–	–	–	+
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	+	+
Gastropoda				
<i>Gyraulus chinensis</i> (Dunker, 1848)	–	–	+	–
<i>Radix intermedia</i> (Lamarck, 1822)	–	–	+	–
Crustacea				
<i>Gammarus lacustris</i> G.O. Sars, 1864	–	–	+	+
Hydracarina				
Hydracarina sp.	–	–	–	+
INSECTA				
Ephemeroptera				
<i>Baetis</i> sp.	–	+	–	–
<i>Ephemerella nuda</i> Tshernova, 1949	+	+	–	–
<i>Ephemerella</i> sp.	–	–	+	+
<i>Cloeon (Similicloeon)</i> sp.	–	–	–	+
Trichoptera				
<i>Ceratopsyche nevae</i> (Kolenati, 1858)	–	+	–	–
<i>Arctopsyche ladogensis</i> (Kolenati, 1859)	–	+	–	–
<i>Anabolia furcata</i> Brauer, 1857	–	–	–	+
Trichoptera sp. (pupa)	+	–	–	–
Coleoptera				
<i>Haliphus</i> sp. (larva)	–	–	–	+
Chironomidae				
<i>Monodiamesa</i> sp.	–	+	–	–
<i>Potthastia gaedi</i> (Meigen, 1838)	–	–	+	+
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	–	–	–	+
<i>Cricotopus</i> gr. <i>bicinctus</i>	–	–	–	+
<i>Orthocladius</i> gr. <i>saxicola</i>	–	–	+	+
<i>Eukiefferiella</i> sp.	–	–	–	+
<i>Psectrocladius obvius</i> (Walker, 1856)	–	–	+	–
<i>Paratanytarsus confusus</i> Palmen, 1960	–	–	–	+
<i>Paratanytarsus</i> sp.	–	–	+	–
<i>Tanytarsus</i> sp.	–	–	+	–
<i>Polypedilum tetracrenatum</i> Hirvenoja, 1962	+	+	+	–
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)	+	–	–	–
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	–	–	+	–
<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards, 1929)	–	–	+	–
<i>Chironomus commutatus</i> Keyl, 1960	–	–	+	–
other Diptera				
<i>Hydrellia</i> sp. (pupa)	–	–	+	+
Total:	4	6	16	16

Note. Designations as Table 1.

Gastropoda and a number of chironomid species are registered exclusively in the reservoir itself, in particular, the predominantly stagnophilous representatives of *Cryptochironomus*, *Glyptotendipes*, *Chironomus* genera. At the same time, rheophilous mayflies *Ephemerella nuda* and *Baetis* sp., family Hydropsychidae caddisflies and genus *Monodiamesa* chironomids are found only in the watercourses associated with the reservoir.

Overall abundance and biomass of communities varied within 140–1820 ind./m² and 0.2–10.57 g/m², correspondingly. Khodzhulyn River ripal zone community had the lowest abundance indices (Table 6, 7), where chironomids *Polypedilum tetracrenatum* dominated in terms of number abundance (57.1% *N*), and mayflies *Ephemerella nuda* in terms of biomass (40% *B*). Maximum quantitative characteristics were registered in the ripal zone of Ider River downstream of the reservoir where the biggest share of total

abundance was made up by different species of chironomids (56% *N*); biomass – amphipods *Gammarus lacustris* (60.9% *B*) and leeches *Erpobdella octoculata* (24% *B*). Mayflies *Ephemerella nuda* (40% *N*; 33.8 *B*) dominated in the Ider River upstream of the reservoir. In addition, chironomids *Polypedilum tetracrenatum* were important in terms of abundance (35% *N*); caddisflies *Arctopsyche ladogensis* by biomass (48.5% *B*). Quantitative indices of reservoir's littoral zone community in *Stuckenia* sp. macrophyte beds were twice as high as those of the littoral community outside the beds (Table 6, 7), due to Gastropoda living here and greater development of chironomids with two times the number of species. In the community of macrophyte beds, 69.9% of the total biomass was constituted by *Radix intermedia*, while amphipods *Gammarus lacustris* (44.6% *B*) dominated outside the overgrowths.

Table 6. The total abundance (*N*, ind./m²) of macrozoobenthos of Ider Reservoir and rivers in the zone of its impact

Taxa	KR, ripal zone	IR↑, ripal zone	IR		IR↓, ripal zone
			open littoral	littoral zone, macrophytes	
Hirudinida	–	–	160	–	140
Gastropoda	–	–	–	220	–
Crustacea	–	–	60	–	520
Hydracarina	–	–	–	–	20
Ephemeroptera	20	180	20	–	40
Trichoptera	20	60	–	–	20
Coleoptera	–	–	–	–	40
Chironomidae	100	160	80	380	1020
other Diptera	–	–	–	20	20
Total:	140	400	320	620	1820

Note. Designations as Table 1.

Table 7. The total biomass (*B*, g/m²) of macrozoobenthos of Ider Reservoir and rivers in the zone of its impact

Taxa	KR, ripal zone	IR↑, ripal zone	IR		IR↓, ripal zone
			open littoral	littoral zone, macrophytes	
Hirudinida	–	–	0.42	–	2.68
Gastropoda	–	–	–	3.68	–
Crustacea	–	–	0.86	–	6.44
Hydracarina	–	–	–	–	0.02
Ephemeroptera	0.08	0.50	0.58	–	0.54
Trichoptera	0.06	0.76	–	–	0.22
Coleoptera	–	–	–	–	0.06
Chironomidae	0.06	0.10	0.07	0.60	0.57
other Diptera	–	–	–	0.04	0.04
Total:	0.20	1.36	1.93	4.32	10.57

Note. Designations as Table 1.

DISCUSSION

As water passes through the reservoirs its temperature decreases and electrical conductivity increases which is explained by greater depths in the reservoirs compared with rivers and active sedimentation of suspended matter here. These changes of water parameters are also seen on river sections downstream of the reservoirs (Table 1).

Complexes of benthic macroinvertebrates possessing significant differences from the sections of the rivers upstream of the reservoirs and less significant from the sections downstream are formed on silted bottoms under conditions of slowed flow. This is manifested both at the level of species composition and richness, as well as in quan-

titative characteristics. In particular, drainage regulation leads to the disappearance of a number of rheophilic species from the fauna, while stagnophilous species appear, which, under favorable conditions, can provide a high abundance and biomass of macrozoobenthos. We have registered this phenomenon earlier in larger reservoirs of Mongolia [Prokin, 2018].

We associate the significant increase in quantitative indicators of macrozoobenthos of the Orkhon reservoir and areas of Orkhon River in 2017, compared to 2016, while maintaining the same species richness (15 species), with a significant decrease in water consumption and waterbodies' area in 2017 due to a decrease in precipitation (Fig. 3) along with increasing air temperature (Fig. 4). The surface area of the reservoir was 0.028 km² as of September 30, 2016 and 0.012 km² as of September 1, 2017.

It should be noted that the level of abundance and biomass of macrozoobenthos in the Orkhon reservoir and Orkhon River in the water-rich 2016 is comparable to the observed in natural lakes and

larger reservoirs of the region [Ayuushsuren, Shcherbina, 2015; Prokin, 2014, 2018; Shcherbina, Ayuushsuren, 2007; etc.], whereas in the water-poor 2017 it exceeded that in most of the studied waterbodies of Mongolia. At the same time, we have observed similar very high rates of macrozoobenthos abundance [Prokin, 2018] in a section of Dzabkhan River downstream of the Taishir reservoir in 2010–2015, when the planned level of its filling was not yet reached. Under these conditions, the flow of water into the river was reduced, while the amount of incoming suspended matter and nutrients, was maximum. We have previously described a similar situation for sections of watercourses downstream of beaver ponds [Prokin, 2012] and natural channels between Mongolian lakes [Prokin, 2014].

Significant interannual changes in the quantitative characteristics of invertebrate communities and level regime of the Mongolian reservoirs dictate the need to continue hydrobiological monitoring of these ecosystems of the region.

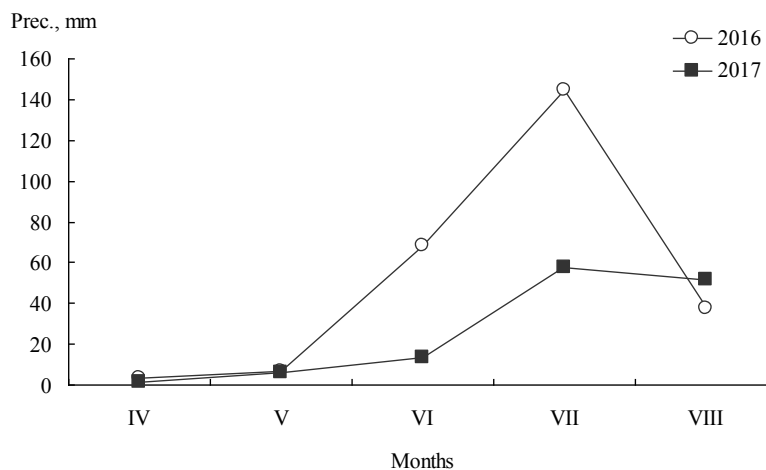


Fig. 3. Seasonal changes in the amount of precipitation ($Prec.$, mm) in the Orkhon reservoir area in 2016–17.

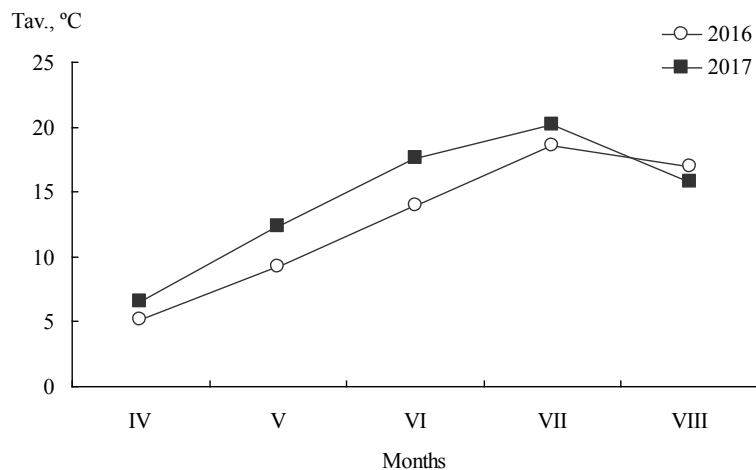


Fig. 4. Seasonal changes in average monthly temperature ($T_{av.}$, °C) in the Orkhon reservoir area in 2016–17.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to A.V. Krylov, D.B. Kosolapov, B. Mendsaihan, A. Dulmaa and Ch. Ayuushsuren for their help in field work, as well as A.V. Kutuzov for help with estimation of Orkhon Reservoir area. Material was collected during an expedition of the hydrobiological team of the “Joint Russian-Mongolian complex biological expedition of the Russian and Mongolian Academies of Sciences”, which was performed in the framework of the Russia state assignment (theme number AAAA-A18-118012690105-0).

REFERENCES

- Ayuushsuren Ch., Shcherbina G.Kh. Species composition and structure of macrozoobenthos in lake Ulaagchny Khar (Mongolia) // *Inland Water Biology*. 2015. Vol. 8, № 4. P. 366–372.
- In-Depth Review of Energy Efficiency Policies and Programmes: Mongolia. 2011. Brussels: Energy Charter Secretariat. 132 p.
- Prokin A.A. Zoobenthos. In: Beaver (*Castor fiber* L.) as a key species of a small river ecosystem (Prioksko-Terrasnyi Nature Biosphere Reserve). Moscow: KMK Scientific Press, 2012. P. 77–100. [In Russian]
- Prokin A.A. Macrozoobenthos at the beginning of the 21st century. In: Yu.Yu. Dgebuadze (ed.) *Limnology and Paleolimnology of Mongolia: Proceedings of the Joint Russian-Mongolian Biological Expedition RAS and MAS*, Vol. 60. Moscow: Rosselkhozakademia Publishing, 2014. P. 170–185. [In Russian]
- Prokin A.A. Initial stage of macrozoobenthos formation in reservoirs of Western Mongolia // *Inland Water Biology*. 2018. Vol. 11, № 2. P. 161–172.
- Shcherbina G.Kh., Ayuushsuren Ch. Structure of macrozoobenthos in some Mongolian lakes // *Biologiya Vnutrennikh Vod*. 2007. № 2. P. 62–70. [In Russian]

**РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ РУСЛОВОЙ ЧАСТИ
ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА:
ПЛОТНОСТЬ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ в 1980 и 2010-е годы**

**Ю. И. Соломатин¹, Ю. В. Герасимов¹, А. Е. Минин², В. В. Вандышева², М. И. Базаров¹,
М. И. Малин¹, Д. П. Карабанов¹, Д. Д. Павлов¹**

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: solomatin1988@gmail.com

²Нижегородский филиал ВНИРО

603116, г. Нижний Новгород, Московское ш., 31

Проведен сравнительный анализ видового разнообразия и плотности рыбного населения русловой части Чебоксарского водохранилища в 1980 и 2010-е годы. Установлено, что плотность рыбного населения в 2010-е гг. значительно снизилась по сравнению с 1980-ми: с 36.5 до 11.9 кг/га. Видовая структура и состав рыбного населения претерпели значительные изменения. Доля стерляди *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758, численность которой резко сократилась в середине 1990-х гг., в уловах донного трала уменьшилась с 44.6 до 0.8%, доля леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) и густеры *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758), напротив, заметно выросли: с 41.6 и 0.4% в 1980-е гг. до 63.3 и 19.7% в 2010-е гг., соответственно. Более выраженное снижение видового разнообразия отмечено для пелагического комплекса рыб: тюлька *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840), широко распространившаяся по водохранилищу в 1990-е гг., к настоящему моменту стала супердоминантом в пелагиали, составляя по численности 97.6% уловов. Общее количество встреченных в водоеме видов увеличилось благодаря появлению в водоеме в 2000-е гг. новых видов, в частности, представителей семейства бычковые *Gobiidae*: бычок-цуцик *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814), бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814), бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), звездчатая пугловка *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874). Снижение общей плотности рыбного населения русловой части Чебоксарского водохранилища и уменьшение видового разнообразия рыб в уловах донного трала связано, с одной стороны, с чрезмерной промысловой нагрузкой в 1990-е гг., а с другой – это следствие естественных процессов формирования структуры рыбного населения водоема в ходе его жизненного цикла. Изменения в видовом составе и структуре уловов пелагического трала обусловлены вселением и распространением инвазионных видов: тюльки и представителей семейства бычковые.

Ключевые слова: Чебоксарское водохранилище, рыбное население, тралово-акустическая съемка, видовое разнообразие, ихтиомасса.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10007

ВВЕДЕНИЕ

Чебоксарское водохранилище, залитое в течение 1980–1982 годов, – самое молодое среди водохранилищ Волжского каскада. Относится к водоемам руслового типа. На сегодняшний день уровень воды в Чебоксарском водохранилище не доведён до проектной отметки (68 м по Балтийской системе (БС)), и составляет 63 м. В целом, водоём обладает низкой промысловой рыбопродуктивностью [Минин и др., 2001 (Minin et al., 2001)]. Уровневый режим в Чебоксарском водохранилище весьма специфичен, для него характерны значительные колебания – как сезонные, так и межгодовые.

В настоящее время промысел на Чебоксарском водохранилище ведется исключительно при помощи ставных сетей. Траловый лов, являющийся эффективным способом промы-

слового изъятия рыб в русловой части водохранилищ, отсутствует. Принимая во внимание тот факт, что, начиная с 2007 г. интенсивность промысла на Чебоксарском водохранилище постоянно увеличивалась, и к 2016 г. промысловый вылов достиг максимального значения за весь период существования водохранилища (853 т), весьма актуальным представляется вопрос о возобновлении тралового лова в рассматриваемом водоеме. Для решения данного вопроса необходимы объективные данные о современном состоянии рыбных запасов русловой части Чебоксарского водохранилища.

Цель данной работы – сравнительный анализ плотности и видового разнообразия рыбного населения Чебоксарского водохранилища в 1980 и 2010-е годы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основой для настоящего исследования послужили результаты тралово-акустических съемок, проведенных в августе-сентябре 1982, 1984, 1985 и 2015–2017 гг. Съемки проводили

в светлое время суток по разработанной сетке станций (рис. 1). В современный период сделано несколько ночных съемок в приплотинной зоне водохранилища. В 1980-е гг. гидро-

акустические исследования проводили эхолотами Simrad Skipper-607 и “Лещ” с записью показаний на термобумагу и магнитную ленту согласно актуальным на тот момент методическим рекомендациям [Юданов и др., 1984 (Yudanov et al., 1984)]. В 2010-е годы для этих целей применяли современный научный эхолот Simrad EY500 с антенной ES120-7C (рабочая частота 120 кГц, расщепленный луч, круговая диаграмма направленности, угол луча 7°), съемки проводили согласно современным методикам и рекомендациям [Simmonds, MacLennan, 2005; Parker-Stetter et al., 2009]. Полученные данные обрабатывали методом эхоинтегрирования: аппаратно в 1980-е гг. (аналого-цифровым эхоинтегратором АЦЭИ-01, разработанным во ВНИРО) и программно в 2010-е гг. (в программном обеспечении Myriax

Echoview 5.0). Гидроакустические работы сопровождалась прицельными разноглубинными тралениями. Рыбу в придонном слое и в толще воды отлавливали с помощью донного и пелагического тралов соответственно. Траловую съемку проводили экспериментальными разноглубинными тралами: донным (горизонтальное раскрытие – 18 м, вертикальное раскрытие – 2 м, ячея в кутке – 22 мм) и пелагическим (горизонтальное раскрытием – 17 м, вертикальное раскрытие – 1.8 м, ячея в кутке – 4 мм) [Лапшин и др., 2010 (Lapshin et al., 2010)]. Коэффициенты уловистости орудий лова приняты равными 0.4 для пелагического [Лапшин и др., 2010 (Lapshin et al., 2010)] и 0.4–0.6 для донного трала [Сечин, 1990 (Sechin, 1990)].

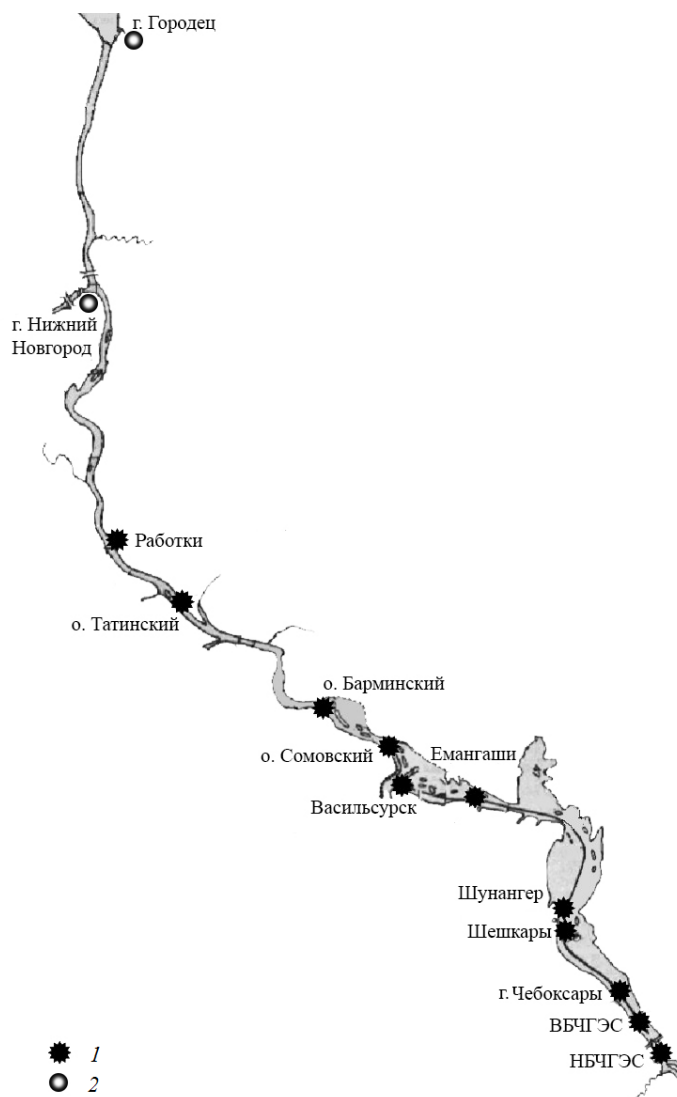


Рис. 1. Схема расположения станций проведения тралово-акустической съемки на Чебоксарском водохранилище (1 – станции тралово-акустической съемки, 2 – города).

Fig. 1. Schematic map of trawl-acoustic survey sites in the Cheboksary reservoir (1 – trawl-acoustic survey sites, 2 – cities and towns).

Гидроакустические данные использовались для оценки плотности рыбного населения, приведенной на единицу площади траления (кг/га). На основании данных траловых

уловов проведена оценка видового разнообразия рыбного населения по следующим показателям: доля вида в улове и частота встречаемости вида.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенного исследования установлено, что ихтиомасса русловой части Чебоксарского водохранилища снизилась с 36.5 (1980-е гг.) до 11.9 кг/га (2010-е гг.). Данный показатель снизился для рыб как пелагического, так и придонного комплекса. Ранее исследователи отмечали, что процесс снижения ихтиомассы русловой части водохранилища начался в середине 1980-х гг. и закончился лишь к середине 2000-х гг. [Минин, 2012 (Minin, 2012)]. Поскольку Чебоксарское водохранилище образовано в 1982 г., период 1980-х гг. с уверенностью можно отнести к этапу формирования структуры рыбного населения водоема. Интенсификация промысла на нем началась с 1987 г. и связана она была с увеличением промыслового запаса рыб. За период с 1982 г. по 1990 г. промысловые уловы выросли с 54 т до 427 т. Однако начавшиеся перемены в стране негативно повлияли на развитие про-

мысла и достоверность рыбопромысловой статистики на этом водохранилище. Таким образом, можно полагать, что более низкие современные значения плотности рыбного населения русловой части водохранилища объясняются как нерациональным ведением промысла в 1990-е гг., так и естественными процессами формирования структуры рыбного населения водоема в ходе его жизненного цикла.

Распределение ихтиомассы вдоль продольной оси исследуемого водоема не претерпевало значительных изменений в рассматриваемые периоды и имело сходный характер (рис. 2). Как в 1980-е, так и в 2010-е гг. максимальные значения биомассы рыбного населения были в центральной части водоема на удалении 45–115 км от плотины. Минимальные значения ихтиомассы отмечали в приплотинной зоне и в верхне- и среднеречном участках.

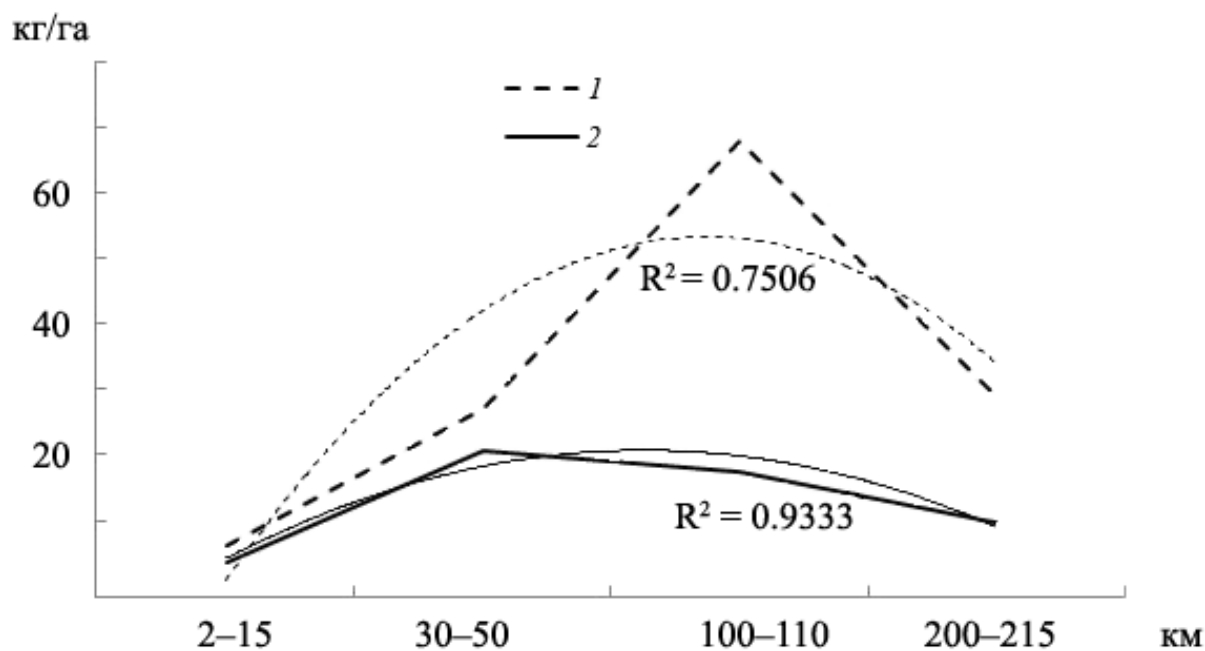


Рис. 2. Распределение ихтиомассы по продольной оси Чебоксарского водохранилища (в зависимости от расстояния до плотины Чебоксарской ГЭС) по данным тралово-акустических съемок (1 – 1980-е гг., 2 – 2010-е гг.).

Fig. 2. Distribution of fish biomass along the longitudinal axis of the Cheboksary reservoir (depending on the distance from Cheboksary HEP dam) according to the data of trawl-acoustic surveys (1 – in 1980's, 2 – in 2010's).

Причиной подобного характера распределения рыб могут быть неблагоприятные для них условия обитания. Для верховий речных участков водохранилищ характерны относительно высокие скорости стоковых течений, низкопродуктивный донный субстрат (песок) и от-

носительно узкая литораль, для приплотинных участков – большие глубины с развивающейся в летние месяцы температурной стратификацией и активная гидродинамика, обусловленная работой ГЭС и ветрами.

Видовой состав уловов в русловой части Чебоксарского водохранилища в 1980-е гг. представлен 16, а в 2010-е – 19 видами рыб (см. таблицу). Общее количество видов за рас-

сматриваемое время – 23. Часть видов, присутствующих в уловах в 2010-е гг., удалось зарегистрировать исключительно с помощью ночных тралово-акустических съемок.

Видовой состав рыбного населения русловой Чебоксарского водохранилища в 1980-е и 2010-е гг.

Species composition of fish population of the channel part of the Cheboksary water reservoir in 1980's and 2010's

Вид Species	Пелагиаль Pelagial				Придонный горизонт Near-bottom layer			
	1980-е		2010-е		1980-е		2010-е	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Белоглазка <i>Abramis sapo</i> (Pallas, 1814) Zope	0.4	14.3	0*	0*	6.8	44.8	5.1	57.9
Берш <i>Sander volgensis</i> (Gmelin, 1789) Volga zander	0	0	0*	0*	0	0	0.5	26.3
Бычок-кругляк <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814) Round goby	0	0	0*	0*	0	0	0	0
Бычок-песочник <i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814) Monkey goby	0	0	0*	0*	0	0	0	0
Бычок-цуцик <i>Proterorhinus marmoratus</i> (Pallas, 1814) Tubenose goby	0	0	0*	0*	0	0	0	0
Густера <i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758) Silver bream	1.8	28.6	0.5	13.0	0.4	27.8	19.7	73.7
Ерш <i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linnaeus, 1758) Ruff	0	0	0	0	0.1	8.3	0	0
Лещ <i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758) Bream	22.9	71.4	0.5	8.7	41.6	100	63.3	100
Налим <i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758) Burbot	0	0	0	0	0.1	19.4	0	0
Озерный голец <i>Phoxinus phoxinus</i> (Pallas, 1814) Lake minnow	0	0	0.2	4.3	0	0	0	0
Окунь <i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758 Perch	9.8	42.9	<0.1	4.3	<0.1	8.3	0	0
Пескарь <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758) Gudgeon	0	0	0*	0*	0	0	0	0
Плотва <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) Roach	11.1	71.4	0*	0*	<0.1	4.8	1.0	31.6
Пуголовка звездчатая <i>Benthophilus stellatus</i> (Sauvage, 1874) Stellate tadpole goby	0	0	0*	0*	0	0	0	0
Синец <i>Abramis ballerus</i> (Linnaeus, 1758) Blue bream	1.4	28.6	0	0	0.3	27.8	0.4	15.8
Сом <i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758 Wels catfish	0	0	0	0	1.7	66.3	0.7	15.8
Стерлядь <i>Acipenser ruthenus</i> Linnaeus, 1758 Sterlet sturgeon	0	0	0*	0*	44.6	95.2	0.8	15.8
Судак <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758) Zander	0	0	<0.1	4.3	0.4	34.5	0.2	21.1
Тюлька <i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann, 1840) Kilka	0.4	14.3	97.6	95.7	0	0	0	0
Уклейка <i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758) Bleak	0.7	14.3	<0.1	4.3	0.1	4.8	0	0
Чехонь <i>Pelecus cultratus</i> (Linnaeus, 1758) Sablefish	50.9	85.7	1.1	30.4	3.7	28.6	8.3	68.4
Щука <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 Pike	0.4	14.3	0	0	0	0	0	0
Язь <i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758) Ide	0.4	14.3	0	0	0.2	8.3	0	0

Примечание. I – доля вида по численности (%), II – частота встречаемости вида (%), 0* – значения параметров для видов, встреченных только в ночное время и в малых количествах.

Note. I – share of species in terms of abundance (%), II – frequency of species' occurrence (%), 0* – parameter values for species found only in the night time and in small numbers.

В дневное время по результатам учетных съемок 1980-х гг. в пелагиали Чебоксарского водохранилища обнаружено 11 видов рыб. Доминирующий по численности вид – чехонь: на ее долю приходится 50.9% уловов. Часто встречается в уловах пелагического трала лещ (22.9%), плотва (11.1%) и окунь (9.8%). В 2010-е гг. количество отмеченных в пелагиали видов уменьшилось до восьми, а видовая структура сообщества претерпела кардинальные изменения. Тюлька, активно расселявшаяся вверх по Волге в 1990 и 2000-е годы, стала супердоминантом в пелагиали большинства Волжских водохранилищ, в том числе и на Чебоксарском. Так, в 2015–2017 гг. она занимала 97.6% уловов пелагического трала. Благодаря тюлке даже при снижении ихтиомассы в пелагиали по сравнению с 1980-ми гг. общая численность рыб пелагического комплекса резко возросла – со 159 до 2940 экз./ч траления [Герасимов и др., 2018 (Gerasimov et al., 2018)]. Доля же тех видов, которые составляли основу этого комплекса в 1980-е гг. (чехонь, лещ, окунь, плотва) стала незначительной (суммарно менее 2%), что крайне негативно сказалось на видовом разнообразии. Аналогичным образом изменилась и частота встречаемости видов. В 1980-е гг. высокие значения этого параметра (выше 50%) отмечали для 3-х видов – чехони, леща и плотвы, в то время как в 2010-е – только для тюльки. Данные изменения в структуре пелагического комплекса рыб связаны с более высокой конкурентной способностью тюльки по сравнению с видами-аборигенами [Рыбы Рыбинского водохранилища..., 2015 (Ryby Rybinskogo vodokhranilischa..., 2015)].

Ночные съемки, проведенные в приплотинной зоне Чебоксарской ГЭС в 2015–2017 гг., свидетельствуют о более высоком видовом богатстве и разнообразии в сравнении с аналогичными дневными съемками. Появление в ночных уловах пелагического трала девяти видов рыб (см. таблицу), отсутствующих в пелагиали днём, связано с суточными вертикальными миграциями, характерными для

многих видов рыб пресноводных водоемов, а именно с ночным подъемом рыб придонного горизонта вверх. Важно отметить, что четыре из этих девяти видов, в частности, представители семейства бычковых (бычок-цуцик, бычок-кругляк, бычок-песочник, звездчатая пуголовка) – инвазионные и проникающие в Чебоксарское водохранилище только в 2000-е гг. [Касьянов, Клевакин, 2011 (Kasyanov, Klevakin, 2011), Минин и др., 2011 (Minin et al., 2011), Семенов, 2001 (Semenov, 2011)]. Отсутствие в уловах донного трала семейства бычковых в дневное время связано не столько с их активностью в ночной период (стерлядь, также наиболее активная ночью, встречается в дневных уловах донного трала), а сколько с размером ячеи орудия лова (по сравнению с таковой у пелагического трала), предназначенной для захвата более крупной рыбы.

Все виды, составляющие основу пелагического комплекса рыб как в 1980-е, так и в 2010-е гг. были представлены либо сеголетками, либо младшими возрастными группами.

В 1980-е гг. в придонном горизонте русловой части Чебоксарского водохранилища отмечено 14 видов рыб, из которых окунь и уклейка, вероятно, попали в донный трал случайно, во время его поднятия на поверхность. Основная доля по численности приходилась на два вида – стерлядь (44.6%) и лещ (41.6%). На белоглазку и чехонь приходилось по 6.8 и 3.7% соответственно. К 2010-м гг. доля леща в уловах донного трала заметно выросла (63.3%). Кроме того, значительную долю в общей численности занимает густера (19.7%). Доля стерляди в уловах в 2010-е гг. сократилась до 0.8%. Ведущие позиции по частоте встречаемости как в 1980-е, так и в 2010-е гг. занимали четыре вида, два из которых – лещ и белоглазка – в оба временных отрезка. Частота встречаемости стерляди и сома сократилась с 95.2 и 66.3% в 1980-е до 15.8% в 2010-е гг. соответственно. В то же время, частота встречаемости густеры и чехони в придонном горизонте значительно выросла (до 73.7 и 68.4% соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, видовой состав и структура рыбного населения русловой части Чебоксарского водохранилища в исследуемые отрезки времени значительно изменились. Снижение видового разнообразия в пелагиали в 2010-е гг. обусловлено широким расселением по водохранилищу тюльки, обладающей, по всей видимости, более высокой конкурентной способностью по сравнению с видами-

аборигенами. Уменьшившееся видовое разнообразие в придонном горизонте связано, в первую очередь, с отсутствием в уловах стерляди, которая с 1996 г. исчезла из траловых уловов (маловодный год с неблагоприятным кислородным режимом [Минин, 2012 (Minin, 2012)]). Плотность рыбного населения русловой части Чебоксарского водохранилища снизилась к настоящему времени в три раза, что

связано, с одной стороны, с чрезмерной промысловой нагрузкой в 1990-е гг., а с другой – является следствием естественных процессов формирования структуры рыбного населения водоема в ходе его жизненного цикла. Все перечисленные выше изменения, произошедшие

с рыбным населением Чебоксарского водохранилища с 1980-х гг., ставят под сомнение перспективность возобновления тралового промысла в русловой части рассматриваемого водоема.

Исследование выполнено при поддержке программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга». Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № АААА-А18-118012690102-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Герасимов Ю.В., Малин М.И., Соломатин Ю.И., Базаров М.И., Бражник С.Ю. Распределение и структура рыбного населения в водохранилищах Волжского каскада в 1980-е и 2010-е гг. // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2018. Вып. 82(85). С. 82–106.
- Касьянов А.Н., Клевакин А.А. Звездчатая пуголовка *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874) Чебоксарского водохранилища // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2011. № 3. С. 2–6.
- Лапшин О.М., Герасимов Ю.В., Малин М.И., Базаров М.И., Павлов Д.Д., Татарников В.А., Рой И.В. Определение коэффициента уловистости учетного трала на основе использования поведенческой модели процесса уловистости // Поведение рыб: Материалы докладов IV Всероссийской конференции с международным участием. Борок, 2010. С. 203–208.
- Минин А.Е., Блинов Ю.В., Клевакин А.А., Ненашев Г.А. Качественные и количественные изменения ихтиоценозов отдельных участков Чебоксарского водохранилища за период его существования // Тез. VIII съезда Гидробиологического общества РАН. Т. 1. Калининград. 2001. С. 124–125.
- Минин А.Е., Постнов Д.И., Логинов В.В., В.Н. Якимов К вопросу о статистическом анализе пространственной структуры рыбного населения побережья Чебоксарского водохранилища по данным неводных съемок // Известия КГТУ. Калининград: Изд-во КГТУ, 2011. № 22. С. 159–166.
- Минин А.Е. Формирование рыбных запасов и перспективы развития промысла на Чебоксарском водохранилище // Автореф. дис. ... к.б.н. Калининград. 2012. 25 с.
- Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология. Ред.: Ю.В. Герасимов. Ярославль: Филигрань, 2015. 418 с.
- Семенов Д.Ю. Данные по морфометрии и биологии бычка-цуцка *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) Куйбышевского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2011. № 2. С. 237–242.
- Сечин Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М.: ВНИИПРХ, 1990. 51 с.
- Юданов К.И., Калихман И.Л., Теслер В.Д. Руководство по проведению гидроакустических съемок. М.: ВНИРО, 1984. 124 с.
- Parker-Stetter S.L., Rudstam L.G., Sullivan P.J., Warner D.M. Standard operating procedures for fisheries acoustic surveys in the Great Lakes. Great Lakes Fish. Comm. 2009. Spec. Pub. 09-01. 170 p.
- Simmonds J., MacLennan D. Fisheries Acoustics: Theory and Practice. Second edition, Blackwell Science, 2005. Fish and Aquatic Resources Series 10. 437 p.

REFERENCES

- Gerasimov Yu.V., Malin M.I., Solomatin Yu.I., Bazarov M.I., Brazhnik S.Iu. Raspredelenie i struktura rybnogo naseleniia v vodokhranilishchakh Volzhskogo kaskada v 1980-e i 2010-e gg. [Distribution and structure of fish population in the reservoirs of the Volga cascade in the 1980s and 2010s] // Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod im. I.D. Papanina RAN. 2018. Vyp. 82(85). S. 82–106. [In Russian]
- Kas'ianov A.N., Clevakin A.A. Zvezdchataia pugolovka *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874) Cheboksarskogo vodokhranilishcha [Stellate tadpole goby *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874) in the Cheboksary water reservoir] // Rossiiskii Zhurnal Biologicheskikh Invazii. 2011. № 3. S. 2–6. [In Russian]
- Lapshin O.M., Gerasimov Yu.V., Malin M.I., Bazarov M.I., Pavlov D.D., Tatarnikov V.A., Roy I.V. Opredelenie koeffitsienta ulovistosti uchelnogo trala na osnove ispol'zovaniia povedencheskoi` modeli protcessa ulovistosti [Determination survey trawl catchability coefficient based on the utilization of behavioral model of the process of catchability] // Povedenie ryb: Materialy` docladov IV Vserossiiskoi konferentcii s mezhdunarodnym uchastiem. Borok, 2010. S. 203–208. [In Russian]
- Minin A.E., Blinov Yu.V., Clevakin A.A., Nenashev G.A. Kachestvennye i kolichestvennye izmeneniia ikhtiocенозов otdelnykh uchastkov Cheboksarskogo vodokhranilishcha za period ego sushchestvovaniia [Qualitative and quantitative changes in the ichthyocenoses of separate sections of the Cheboksary Reservoir during the period of its existence] // Tez. VIII s'ezda Gidrobiologicheskogo obshchestva RAN. T. 1. Kaliningrad. 2001. S. 124–125. [In Russian]
- Minin A.E., Postnov D.I., Loginov V.V., V.N. Iakimov K voprosu o statisticheskom analize prostranstvennoi struktury` rybnogo naseleniia pribrezhia Cheboksarskogo vodokhranilishcha po dannym nevodnykh s'emok [On the problem

- of statistical analysis of the spatial structure of fish population in the Cheboksary reservoir according to beach seine surveys] // *Izvestiia KGTU*. Kaliningrad: Izd-vo KGTU, 2011. № 22. S. 159–166. [In Russian]
- Minin A.E. Formirovanie rybnikh zapasov i perspektivy razvitiia promysla na Cheboksarskom vodokhranilishche [Formation of fish stocks and perspectives of commercial fisheries development in the Cheboksary reservoir] // *Avtoref. dis. ... k.b.n.* Kaliningrad. 2012. 25 s. [In Russian]
- Ryby Rybinskogo vodokhranilishcha: populiatsionnaia dinamika i ekologiia [Fishes of the Rybinsk reservoir: population dynamics and ecology]. Red.: Iu. V. Gerasimov. Yaroslavl: Filigran', 2015. 418 s. [In Russian]
- Semenov D.Iu. Dannye po morfometrii i biologii bychka-tcutcika *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) Kuibyshevskogo vodokhranilishcha [Data on the morphometry and biology of tubenose goby *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) in the Kuibyshev reservoir] // *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*. 2011. № 2. S. 237–242. [In Russian]
- Sechin Iu.T. Metodicheskie ukazaniia po ocenke chislennosti ryb v presnovodnykh vodoemakh [Guidelines for fish abundance estimation in freshwater waterbodies]. M.: VNIIPRKH, 1990. 51 s. [In Russian]
- Iudanov K.I., Kalikhman I.L., Tesler V.D. Rukovodstvo po provedeniiu gidroakusticheskikh s'emok [Guidelines for conducting hydroacoustic surveys]. M.: VNIRO, 1984. 124 s. [In Russian]
- Parker-Stetter S.L., Rudstam L.G., Sullivan P.J., Warner D.M. Standard operating procedures for fisheries acoustic surveys in the Great Lakes. *Great Lakes Fish. Comm.* 2009. Spec. Pub. 09-01. 170 p.
- Simmonds J., MacLennan D. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*. Second edition, Blackwell Science, 2005. Fish and Aquatic Resources Series 10. 437 p.

FISHES OF THE CHANNEL PART OF THE CHEBOKSARY WATER RESERVOIR: DENSITY AND SPECIES DIVERSITY IN 1980's and 2010's

**Iu. I. Solomatin¹, Iu. V. Gerasimov¹, A. E. Minin², V. V. Vandysheva², M. I. Bazarov¹,
M. I. Malin¹, D. P. Karabanov¹, D. D. Pavlov¹**

¹*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,
152742 Borok, Russia, e-mail: solomatin1988@gmail.com*

²*Nizhny Novgorod branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,
603116, Nizhny Novgorod, Moskovskoye sh., 31*

Present work provides a comparative analysis of species diversity and density of fishes of the channel part of the Cheboksary water reservoir in 1980's and 2010's. It was found that fish density has decreased dramatically in 2010's compared with 1980's: from 36.5 to 11.9 kg/ha. Species structure and composition of fish fauna have undergone significant changes. The abundance of sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758, has rapidly declined in mid-1990's and its share in bottom trawl catches dropped from 41.6 to 0.8%; on the contrary the shares of bream *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) and silver bream *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) have increased significantly: from 41.6 and 0.4% в 1980's up to 63.3 and 19.7% in 2010's, correspondingly. A much more pronounced decrease of species diversity is seen in the complex of pelagic fish species: Caspian kilka *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840) widely spread across the water reservoir in 1990's has presently become a superdominant in the pelagial, constituting 97.6% in catches. The total number of fish species found in the water reservoir has increased due to appearance of new species in 2000's, particularly gobiids: tubenose goby *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814), round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814), monkey goby *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), stellate tadpole goby *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874). We link the observed decrease of overall fish population density in the channel part of the Cheboksary reservoir as well as the decrease of fish species diversity in bottom trawl catches to excessive commercial fisheries press in 1990's and to the natural processes of fish population structure formation occurring during the life of a waterbody. Changes in species composition and the structure of pelagic trawl catches are due to the acclimation and distribution of invasive species: kilka and gobiids.

Keywords: Cheboksary reservoir, fish population, trawl-acoustic survey, species diversity, fish biomass

Научное издание

Е. В. Веницианов, Г. В. Аджиенко, К. I. Prokina, С. В. Быкова, В. С. Вишняков, И. А. Барышев, А. А. Prokin, A. S. Sazhnev, Ю. И. Соломатин, Ю. В. Герасимов, А. Е. Минин, В. В. Вандышева, М. И. Базаров, М. И. Малин, Д. П. Карабанов, Д. Д. Павлов

Труды ИБВВ РАН, 2019, вып. 85(88)

Подписано в печать 20.03.2019. Формат 60×90 1/8.
Усл. печ. л. 10,50. Заказ № 19062. Тираж 150 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ООО «Филигрань»
150049, г. Ярославль, ул. Свободы, 91, pechataet@bk.ru