



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



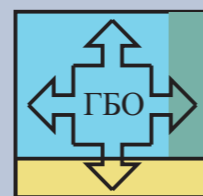
РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК



ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ
ВНУТРЕННИХ ВОД
ИМ. И. Д. ПАПАНИНА РАН



НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО
ГИДРОБИОЛОГИИ И
ИХТИОЛОГИИ РАН



Гидробиологическое
общество при РАН



Российский фонд
фундаментальных
исследований

ВОЛГА И ЕЕ ЖИЗНЬ, 2018



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ВОЛГА И ЕЕ ЖИЗНЬ

Тезисы докладов

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД РАН

им. И.Д. Папанина (ИБВВ РАН)

22–26 октября 2018 г.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ГИДРОБИОЛОГИИ И ИХТИОЛОГИИ РАН
ВСЕРОССИЙСКОЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ПРИ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

ВОЛГА И ЕЕ ЖИЗНЬ

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
22–26 октября 2018 года, ИБВВ РАН**

Борок
2018

УДК 574:556(470.316)
ББК 28.082(2Рос-4Яро,21)
В67

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. – 158 с.

ISBN 978-5-6041676-0-1

В сборнике представлены тезисы докладов участников Всероссийской конференции “Волга и ее жизнь”, отражающих результаты исследований гидрологического, гидрохимического и биологического режимов водохранилищ Волжско-Камского каскада, а также ряда водоемов и водотоков бассейна реки.

Сборник рассчитан на экологов, гидробиологов, ихтиологов, специалистов в области охраны природы.

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук *Н.М. Минеева*
доктор географических наук *С.А. Поддубный*
доктор биологических наук, проф. *Ю.В. Герасимов*
научный сотрудник ИБВВ РАН *А.И. Цветков*
доктор биологических наук, проф. *А.В. Крылов*

Проведение конференции и издание тезисов осуществлено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-20043-Г

ISBN 978-5-6041676-0-1

© 2018 г. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, макет, оформление, верстка

© 2018 г. Коллектив авторов, текст

ПРЕДИСЛОВИЕ

Задачи фундаментальной науки тесно переплетаются с ключевыми задачами развития России, улучшения состояния природных ресурсов и качества жизни населения. Среди уникальных и символических для России водных объектов особое место занимает река Волга. В ее бассейне сосредоточены богатые запасы биологических ресурсов, состояние которых определяет качество воды и условия жизни населения, составляющего более трети населения страны (более 60 млн. человек), развитие промышленности и сельского хозяйства. Это стало одной из основных причин разработки приоритетного проекта "Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги" (утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам (протокол от 30 августа 2017 г. № 9)).

Решение основных задач в рамках этого проекта невозможно без четкого понимания направленности изменений экосистем водохранилищ Волги, а также водоемов и водотоков ее бассейна, которые произойдут в результате реализации мероприятий по оздоровлению реки. Оценка изменений состояния водных объектов осложняется тем, что происходят они не только в результате реализации проекта, но и на фоне влияния множества разнотипных природных и антропогенных факторов, которые включают такие глобальные воздействия как изменение климата, метеорологические аномалии, эвтрофирование, загрязнение, вселение и натурализация чужеродных видов, а также искусственное регулирование уровня.

Для определения направленности изменений водных экосистем успешно используются гидрологические, гидрохимические и биологические показатели, а для оценки качества среды – методы биоиндикации и биотестирования. Именно этому

посвящены фундаментальные и прикладные исследования сотрудников большинства научных организаций, работающих в бассейне Волги, а также на других крупных реках страны. Результаты их изысканий позволяют наиболее полно оценить биологическое разнообразие разнотипных водных экосистем бассейна, выявить закономерности и понять механизмы изменений гидрологического, гидрохимического и биологического режимов водотоков и водоемов в условиях воздействия разнообразных системообразующих факторов среды. Сбор и анализ этой информации позволит в дальнейшем наиболее полно и объективно оценить успех всех мероприятий, последствия реализации мероприятий, предусмотренных проектом по оздоровлению Волги, а также внести существенный вклад в решение фундаментальных задач гидробиологии и экологии.

В связи с этим основная цель конференции "Волга и ее жизнь", тезисы докладов которой опубликованы в настоящем сборнике, – представление результатов исследований и обмен опытом специалистов, изучающих разные стороны жизни реки Волги, ее водохранилищ, водоемов и водотоков бассейна, а также крупных речных экосистем страны.

Достижение цели конференции должно стать важной вехой в улучшении понимания особенностей реакции разных элементов водных экосистем на влияние того или иного фактора, выявлении общих и специфических черт организации сообществ разных трофических групп гидробионтов.

В тезисах нашли отражение фундаментальные вопросы, связанные закономерностями сукцессии водохранилищ, различающихся по времени существования, морфометрии, режиму регулирования и степени антропогенной нагрузки. Важнейшая задача фундаментальных исследо-

ваний – изучение трофических сетей, по которым передается вещество и энергия от низших звеньев к высшим. Загрязнение, в том числе тяжелыми металлами, ведет к потере качества пищи, накоплению вредных веществ в гидробионтах. Высшим звеном потребления водных биологических ресурсов выступает человек и от качества биологических ресурсов зависит состояние здоровья населения. В связи с этим особое значение приобретают данные о накоплении загрязняющих веществ в воде, грунтах и гидробионтах, что в дальнейшем позволит выйти на анализ связей здоровья населения с состоянием водных экосистем.

Проведение настоящей конференции, имеющей статус Всероссийской, на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (ИБВВ РАН) не случайно. С момента основания ИБВВ РАН вся основная работа сотрудников базируется на изучении гидрологии, гидрохимии и биологии водохранилищ Волги, озер и рек ее бассейна. Основные научные направления исследований с самого начала были связаны с вопросами формирования фауны внутренних и контурных сообществ беспозвоночных литоральной зоны и пелагиали (профундали) водохранилищ, оценкой экологического состояния разнотипных пресноводных экосистем, расселением каспийских эндемиков за пределы Каспийского моря – в бассейны Волги, Дона, Днепра, биологией и экологией отдельных таксономических групп гидробионтов. Си-

лами сотрудников ИБВВ РАН проведен ряд тематических конференций, связанных с проблемами Волжского бассейна: Волга – 1 (1968 г.), Волга – 2 (1974 г.), Бассейн Волги в XXI веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ (2012 г.), многочисленные совещания, посвященные изучению водохранилищ. Сотрудники ИБВВ РАН принимали самое активное участие в работе ряда конференций, посвященных Волге и проведенных силами Института экологии Волжского бассейна РАН. Кроме того, сотрудники ИБВВ РАН принимали самое активное участие в работе ряда конференций, посвященных Волге и проведенных силами Института экологии Волжского бассейна РАН. В настоящее время ИБВВ РАН выступает в роли головного научного академического учреждения, которое ежегодно проводит комплексные гидроэкологические исследования на всем каскаде водохранилищ Волги, активно изучает водоемы и водотоки ее бассейна.

Необходимо отметить, что в 2018 г. исполняется 40 лет с момента выхода монографии “Волга и ее жизнь” (отв. редактор Ф.Д. Мордухай-Болтовской, Л.: Наука, 1978. 348 с.). Эта книга на многие годы стала и, уверены, останется бесценным источником знаний о жизни великой реки. Однако необходимо периодически обобщать новые результаты, описывать происходящие изменения экосистемы, чему служат и представленные в сборнике тезисы, расширенные варианты которых могут составить основу для подготовки новой обобщающей монографии о жизни Волги.

А. Крылов

ФИТОПЛАНКТОН КАЗАНСКОГО ЗАЛИВА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2017 Г.

К. И. Абрамова, Р. П. Токинова, С. В. Бердник, Р. Р. Шагидуллин, Л. К. Мустафина,
Н. В. Шурмина, О. А. Богданова

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
420087, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, д. 28, e-mail: kseiaiv@yandex.ru

Казанский залив – устьевой участок р. Казанки, находящийся в зоне подпора Куйбышевского водохранилища, расположен в черте г. Казани, одного из наиболее крупных промышленно-урбанизированных центров Среднего Поволжья. Будучи центральным природным элементом городского ландшафта, залив является приемником ливневых сточных вод и важной частью системы инженерной защиты города. Вместе с тем, большая часть водовыпусков не оборудована очистными сооружениями и с ливневым стоком в акваторию залива стекают загрязнения с прилегающих улиц. В верхнюю часть залива с течением поступают воды, загрязняемые сбросами сточных вод промышленных и коммунальных предприятий, расположенных в Высокогорском муниципальном районе Республики Татарстан.

В течение нескольких последних лет в Казанке систематически фиксируются превышения ПДК_{рх} по фосфатам, нитритам, фенолам, отмечается ухудшение качества воды по критическому показателю загрязненности – от грязной (класс 4а и 4б) до очень грязной (4в) (по данным ФГБУ «УГМС РТ» и МЭПР РТ). В летний период в заливе регулярно отмечается «цветение воды»; в 2015 г. наблюдались случаи всплытия рыбы на поверхность, в 2016 г. – случаи гибели рыб и уток. Для разработки научно обоснованных решений, направленных на предупреждение и устранение возможных негативных последствий антропогенного эвтрофирования водного объекта, Институтом проблем экологии и недропользования (АН РТ) организован комплексный мониторинг р. Казанки, особое внимание в котором уделено изучению состояния фитопланктона Казанского залива.

В вегетационный период 2017 г. (с апреля по октябрь) в Казанском заливе обнаружено 209 видовых и внутривидовых таксонов водорослей, среди которых наибольшим видовым богатством выделяются отделы Chlorophyta (34% таксонов), Bacillariophyta (29%) и Cyanophyta (16%). Средние значения численности фитопланктона изменяются от 3.85 млн до 129.92 млн кл./л, биомасса – от 2.12 до 26.50 мг/л. Ведущая роль в формировании структуры альгофлоры (не менее 10% от численности или биомассы) принадлежит: из диатомовых – представителям класса Centrophyceae с диаметром створок 6.0–7.5, 8.5–10.0 и 12.5–17.5 мкм, видам рода *Nitzschia*; из синезеленых – *Planktothrix agardhii*, *Aphanizomenon flos-aquae* и *Anabaena flos-aquae*; из зеленых – *Chlamydomonas* sp.; из золотистых – видам рода *Chromulina*, *Dinobryon divergens*; из криптофитовых – *Chroomonas acuta* и видам рода *Cryptomonas*; из динофитовых – *Ceratium hirundinella* и *Peridinium* sp.

Сезонная динамика количественных показателей характеризуется тремя подъемами биомассы (в мае–июне – диатомовые, в июле – синезеленые и криптофитовые, в августе – динофитовые) и двумя пиками по численности (в мае – диатомовые и в июле–августе – синезеленые). В период массового развития синезеленых структура фитопланктона проявляет черты упрощения – снижаются индекс видового разнообразия Шеннона (1.08–1.68 бит/экз.) и индекс выравненности. Трофический статус водного объекта, по средневегетационной биомассе 12.29 ± 3.63 мг/л, характеризуется как эвтрофно-высокоэвтрофный. Статистический анализ содержания биогенных элементов в воде залива указывает на существование значимой корреляции между общей численностью фитопланктона и концентрацией в воде доступного фосфора ($r=0.67$, $p<0.05$). Численность и биомасса синезеленых также тесно связаны с динамикой содержания фосфат-ионов: коэффициенты корреляции составили 0.58 и 0.47 соответственно.

Предполагается, что одной из основных причин наблюдаемого ежегодно массового «цветения» синезеленых водорослей в Казанском заливе Куйбышевского водохранилища может являться изменение отношения концентраций минеральных форм азота и фосфора.

ПЛОТНОСТЬ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ТРАЛОВО-АКУСТИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

М. И. Базаров

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: bazarov2009@gmail.com*

За последнее время в большинстве Волжских водохранилищ, на фоне общего снижения промыслового годового вылова ценных промысловых видов рыбы, увеличились уловы мелких промысловых видов. Исключение составляет Угличское водохранилище. Рыбные запасы Угличского водохранилища слабо изучены по сравнению с другими водохранилищами Верхневолжского каскада [1].

В данной работе проведена оценка изменений плотности и видового разнообразия рыбного населения Угличского водохранилища по материалам тралово-акустической съемки глубоководной части всего водоема по стандартным станциям. Всего в водоеме отмечены 30 видов рыб типичных для всего Волжского бассейна [2]. В наших уловах, по данным траловых ловов, в пелагическом комплексе они представлены густерой, жерехом, лещом, окунем, плотвой, судаком, тюлькой, уклейкой, чехонью, щукой. В придонном комплексе встречаются густера, ерш, лещ, плотва, сом, синец, стерлядь, чехонь.

Соотношение видов в уловах в пелагиали показало численное превосходство тюльки (99%) над остальными видами за последний период наблюдений. Доля в уловах пелагического трала рыб других видов в 2010-е гг. значительно снизилась. Вероятно, основной причиной этого является высокая конкурентоспособность тюльки, позволяющая ей лимитировать численность других видов, представленных в основном молодь карповых и окуневых рыб, а не снижение естественного воспроизводства популяций этих видов, численность которых по данным анализа научно-исследовательских траловых уловов увеличивается.

В последнее время в придонных горизонтах, как и ранее, в уловах по численности и ихтиомассе преобладает лещ (в 2017 г. до 98.6%). Общее увеличение ихтиомассы придонного комплекса рыб в Угличском водохранилище, по всей вероятности, результат введения запрета на промысловую добычу рыб в водоеме.

Плотность рыбного населения значительно изменяется на различных участках водохранилища. В самой глубоководной части обнаружены максимальные плотности рыб придонного комплекса (80–90 км от плотины – 128.6 кг/га в 2017 г.). На вышележащих участках их значения меньше и лежат в диапазоне 10.4–15.1 кг/га в 2017 г. (2–75 км от плотины) при максимуме в 2015 г. – 111.0 кг/га. Такое распределение (аккумулирующий эффект) свойственно для большинства водохранилищ волжского каскада и связано хорошей кормовой базой для рыб.

Увеличение численности и ихтиомассы рыбного населения в Угличском водохранилище, связанное с введением запрета в 2007 г. на промысловый лов, показывают, что снижение уловов в остальных Волжских водохранилищах, вероятно, обусловлены чрезмерным промысловым изъятием рыбы в 1990–2000-е гг.

Список литературы

1. Базаров М.И., Соломатин Ю.И. Плотность рыбного населения и его видовое разнообразие на русловых участках Угличского водохранилища // Электрон. журн. Биологические науки. FUNDAMENTAL RESEARCH № 4, 2013 с. 99 – 102.
2. <http://lovitut.ru/content/uglichskoe-vodokhranilishche> 2014 © lovitut.ru

НОВЕЙШИЕ ДАННЫЕ ПО РУСЛОВЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ НИЖНЕЙ ВОЛГИ (УЧАСТОК ГРАЧИ-ЗАМЬЯНЫ) ЗА ПЕРИОД 2000–2015 ГГ.

А. В. Белобородов

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: beloborodov.lpmg@mail.ru*

Нижняя Волга – крупнейший водный объект европейской части России с объемом годового стока порядка 248 км³ и расходами половодья до 30 тыс. м³. В таких условиях масштабно проявляются процессы русловых (вертикальных и горизонтальных) деформаций. Однако до настоящего времени вопросы, связанные с русловым режимом р. Волги ниже Волгограда, являются недостаточно изученными, крайне мало обобщающих работ и материалов многолетних исследований [1, 3]. Объектом исследований являлись русловые горизонтальные (плановые) и вертикальные (донные) деформации р. Волга на участке протяженностью порядка 170 км от с. Грачи до с. Замьяны (центральная часть Астраханской области и Волго-Ахтубинской поймы). В задачи исследования входили оценка интенсивности русловых деформаций за период 2000–2015 гг. и оценка размеров зон половодного и паводкового затопления при уровнях различной обеспеченности. Исследованиями установлено [2], что масштабы и скорости русловых деформаций весьма значительны. Относительная амплитуда отрицательных вертикальных деформаций (зоны донного размыва русла) достигает значений 26 м, положительных (зоны аккумуляции и движения наносов) – 28 м на различных участках. Такие значения относительных амплитуд вертикальных деформаций обусловлены, в том числе, перемещениями вниз по течению подводных форм рельефа со скоростями от первых метров до десятков метров в год [3]. Исследования также позволили проанализировать изменения планового положения русла р. Волги. Так, в районе п. Волжский, характерная двухвершинная излучина русла за исследуемый период сместилась в восточном направлении на расстояние порядка 700–800 м, при этом смещение происходило без изменения плановых очертаний самой излучины. Горизонтальные деформации, выражающиеся в изменении плановой конфигурации русла р. Волга и сопутствующем разрушении или наращивании различных участков береговой линии, характеризуются скоростями до десятков метров в год.

Список литературы

1. Атлас русловой морфодинамики Нижней Волги / ред. В.Н. Коротаев, Д.Б. Бабич, Р.С. Чалов. М.: Изд-во Московского университета, 2009. С. 6.
2. Белобородов А.В. Изучение русловых деформаций Нижней Волги методами ГИС-анализа // Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире». 04–07 апреля 2016 г. Т. II. Пермь, 2016. С. 523–526.
3. Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика / под ред. Г.И. Рычагова и В.Н. Коротаева. М.: ГЕОС, 2002. С. 3.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ФОСФОРА В ВОДЕ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

К. В. Беспалова, А. В. Селезнева, В. А. Селезнев

*Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: seleznev53@mail.ru*

По данным многолетних наблюдений исследована внутригодовая изменчивость содержания растворенного минерального фосфора в воде в условиях антропогенного эвтрофирования водохранилища. Гидрохимические наблюдения проводились ежемесячно в период 2000–2016 гг. на Саратовском водохранилище в районе Жигулевской плотины. Измерение концентрации фосфора в пробе воды выполнялось фотометрическим методом. Полученные значения концентрации фосфора группировались по месяцам в ряды для статистической обработки с использованием программы Statistica v 6.0.

За период 2000–2016 гг. средняя годовая концентрация фосфора изменялась в диапазоне 0.051–0.084 мг Р/дм³. По результатам статистического анализа установлено, что средние месячные концентрации фосфора внутри года (с января по декабрь) изменялись от 0.029 до 0.095 мг Р/дм³ (см. рисунок). Летом (июнь–июль) наблюдались низкие 0.029–0.031 мг Р/дм³, а осенью (октябрь–ноябрь) высокие 0.089–0.095 мг Р/дм³ концентрации фосфора в волжской воде. Внутригодовые изменения содержания фосфора в воде имеют ярко выраженный сезонный ход, а амплитуда внутригодовых колебаний зависит от интенсивности процесса массового развития водорослей.

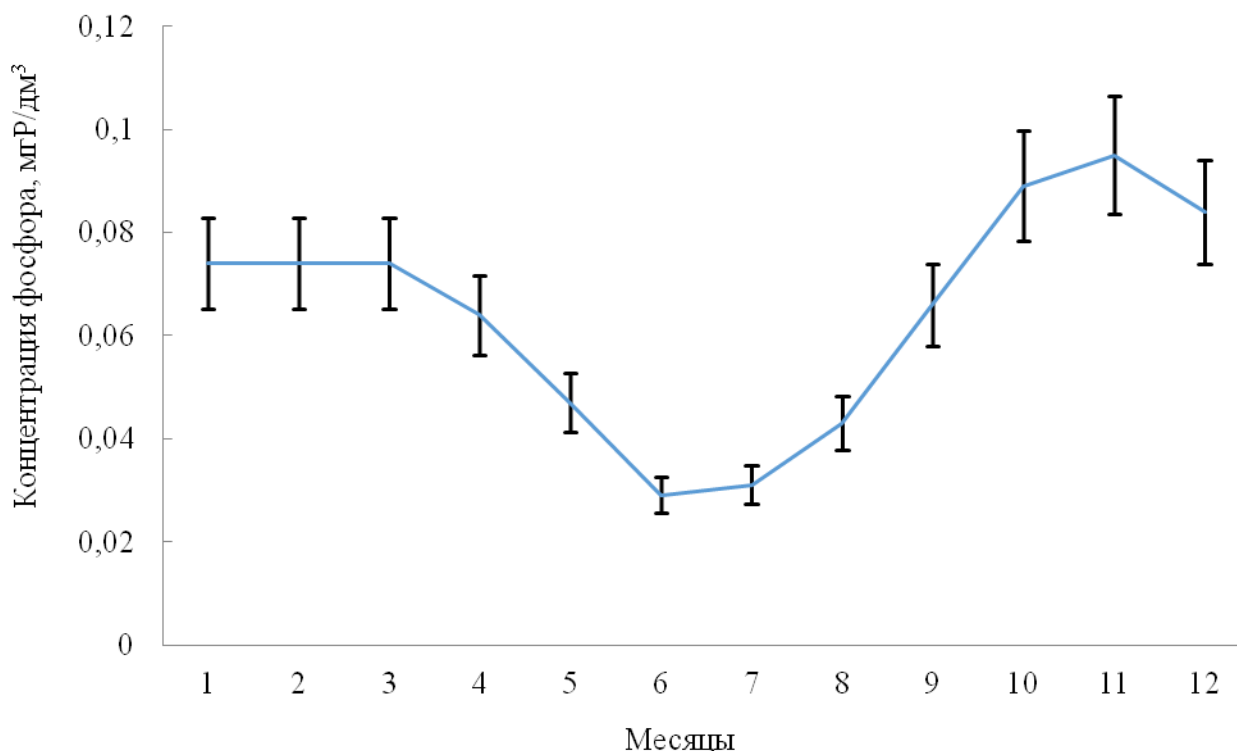


Рис. Внутригодовая изменчивость концентрации фосфатов.

В многолетнем ряду наблюдений максимальные средние месячные концентрации фосфора в воде изменялись в 2.8 раза в пределах 0.052–0.146 мг Р/дм³, при этом наибольшие значения концентрации наблюдались в 2001, 2002 и 2013 гг. Минимальные средние месячные концентрации фосфора изменялись в 5.8 раз в пределах 0.010–0.058 мг Р/дм³. Наименьшие концентрации фосфора в воде водохранилища наблюдались 2010, 2014 и 2015 гг.

ГОМЕОСТАЗ СООБЩЕСТВ ЭКОТОНОВ МАЛЫХ РЕК И БИОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ

С. Э. Болотов, А. В. Крылов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: alhimikhmtu@yandex.ru

Изучали зоопланктон устьевой области р. Ильдь – малого притока равнинного Рыбинского водохранилища. Показано, что по сравнению с сообществами граничащих водных объектов – рекой и водохранилищем – зоопланктон устьевой области и, главным образом ее фронтальной зоны, характеризуется выраженным фаунистическим своеобразием и специфической биоценотической структурой, наибольшим видовым богатством, удельным числом видов, численностью, биомассой и продукцией, что определяет устьевую область притока водохранилища с сезонным типом регулирования стока как экотон.

С позиций теории хаоса-самоорганизации, гомеостаз сообществ зоопланктона экотона малой реки может быть описан хаотическим квазиаттрактором (КА) – областью Q фазового m -мерного фазового пространства (ФП) жизненных параметров сообществ (N_{Rot} , N_{Clad} , N_{Cop} , B_{Tot} , Sp_{Rot} , Sp_{Clad} , Sp_{Cop} , H_B , $IndTroph$, S), в границах которой по каждой из координат ($m = 10$) задается облако состояний – КА – сообщества. С использованием авторской программы для ЭВМ производили расчет объема и параметров динамики движения 10-ти мерного параллелепипеда, ограничивающего КА, внутри которого хаотически и непрерывно двигался вектор состояния зоопланктоценоза. В случае выхода импактного КА² за пределы исходного объема КА¹ на величину R_i^* ($R_i^* > R_i = r_i^1 + r_i^2$, где r_i^1 и r_i^2 – ширина полуинтервала i -й фазовой координаты исходного (1) и импактного (2) КА) и, если это наблюдается по всем x_i^2 , то говорим о нарушении гомеостаза сообщества и переходе его в иное устойчивое состояние, иначе – о начале движения КА² ($R_i \geq R_i^* > r_i^1$) или мерцании его в пределах исходного объема ($R_i^* \leq r_i^1$). Расчеты показали, что относительно периода климатической нормы (2009 г.) в период аномальной жары летом 2010 г. в зоопланктоне водохранилища и переходной зоны приемника устьевой области наблюдается увеличение видового богатства, обилия и продукции зоопланктона, а КА сообществ покидают исходную область ФП, что свидетельствует о нарушении гомеостаза. В противоположность этому зоопланктон фронтальной зоны устьевой области притока за счет буферных свойств экотона демонстрирует ослабленную реакцию на термическое эвтрофирование и мерцает в пределах исходного объема ФП.

Для исследования роли отрицательных обратных связей в сообществе зоопланктона, главным образом обеспечивающих выраженные буферные свойства экотона фронтальной зоны устьевой области, методом «черного ящика» построена базовая модель регуляции биомассы зоопланктона в виде разностных уравнений: $x(n+1) = Ax(n) + Bu(n)$; $y(n) = C^T x(n)$, где вектор x описывает динамику биомассы в ответ на аномальное увеличение температуры воды; матрица A отражает межкомпаратментные связи в системе регуляции динамики биомассы; вектор B и скаляр u представляют характер внешних управляющих воздействий, а вектор C^T описывает весовые вклады x_i в функцию выхода $y = y(t)$. По теореме Фробениуса-Перрона имеется возможность приведения матрицы A к окончательно неотрицательному виду и производится поиск положительного и максимального по модулю собственного значения λ_i матрицы A , характеризующего интенсивность активации отрицательных обратных связей в сообществе.

Собственные значения матрицы A для зоопланктона исследованной водной системы на базе марковских параметров в 2010 г. имеют перронов корень $\lambda = 1.25$ (водохранилище), $\lambda = 1.39$ (переходная зона приемника устьевой области) и $\lambda = 2.70$ (фронтальная зона устьевой области). Для зоопланктона реки выше зоны выклинивания подпора перронов корень не обнаружен (вероятно, условиях слабой прогреваемости и высокой проточности сообщество не способно к выраженной саморегуляции в ответ на волны аномальной жары). Результаты биофизического моделирования указывают на повышенную активацию отрицательных обратных связей в системе регуляции экотонного сообщества зоопланктона малой реки в ответ на аномально высокую температуру воды и позволяют прогнозировать реакцию сообществ в условиях экстремальных гидроэкологических режимов.

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЫСТРЯНКИ РУССКОЙ (*ALBURNOIDES VIPUNSTATUS* (BLOCH, 1782)) БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

М. Я. Борисов, Н. Ю. Тропин, А. С. Комарова

Вологодское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

160012, г. Вологда, ул. Левичева, д. 5, e-mail: myaborisov@mail.ru

Быстрянка русская относится к редким и малоизученным видам ихтиофауны водных объектов Вологодской области. Она включена в список редких и исчезающих рыб Европы, занесена в Красную книгу Российской Федерации и многие региональные Красные книги, в том числе Вологодской области. В регионе быстрянка русская встречается в средних по величине реках бассейна Верхней Волги. К настоящему времени этот вид обнаружен в притоках разного порядка Рыбинского водохранилища – реках Кобожа, Песь, Чагодоша, Лидь, Суда, Колпь. В водотоках быстрянка предпочитает участки с быстрым течением и хорошо аэрируемой водой. Наиболее многочисленные популяции обнаружены на участках перехода перекатов в плесы, где она держалась в приповерхностных слоях воды. В местах обитания численность быстрянки крайне неустойчива. При облове рек мальковым неводом в некоторых реках (Кобожа, Песь) быстрянка встречалась единично, а, например, в р. Суда она занимала 60% от общего количества отловленных рыб. В р. Суда она обитала также исключительно на участках перехода перекатов в плесы. В других биотопах непосредственно на перекатах и крупных плесах она не была обнаружена.

Исследования 24 меристических и пластических признаков показали в целом большую схожесть популяции быстрянки русской из рек бассейна Верхней Волги в Вологодской области с популяциями этого вида из рек бассейна Западной Двины. Отличия отмечаются по таким признакам как длина рыла, диаметр глаза, высота головы у затылка.

В научно-исследовательских уловах длина тела рыб варьировала от 2.5 до 8.5 см, составляя в среднем 4.9 ± 0.03 см, а масса – от 0.2 до 9.1 г (в среднем 2.1 ± 0.21 г). В размерном составе преобладающими размерными группами были особи с длиной 4.1–5.0 см, доля которых составляла 35%, а также 5.1–6.0, которые составляли 30%. Суммарное значение остальных размерных групп равнялось 34%. Данное распределение по длине весьма характерно для быстрянки, которая в целом имеет незначительную длину и ведет стайный образ жизни с преобладанием особей определенного размера тела и одной возрастной группы. Возрастной состав изучаемого вида характеризовалось доминирование двухлеток, доля которых составляла порядка 70%. Кроме того, в уловах встречались особи в возрасте 0+, 1+, 3+ и 4+.

В пищевом спектре быстрянки выявлено десять компонентов питания. По результатам исследований выявлено, что наибольшую роль в нем по встречаемости составляли имаго наземных насекомых, доля которых в целом была равна 67%. Среди них преобладали двукрылые насекомые. Кроме того, значимое место в структуре пищевого комка быстрянки занимали личинки амфибиотических насекомых (22%), среди которых встречались личинки поденок и ручейников, а также хирономиды. Общая доля прочих компонентов питания (олигохеты и паукообразные) была незначительной и составляла около 11%. В целом, быстрянка имеет типичное «воздушное» питание. Общий индекс наполнения рыб сильно варьировал от 10 до $500^{0/000}$ и в среднем составлял $187^{0/000}$.

Таким образом, быстрянка русская в границах Вологодской области встречается исключительно в средних по величине реках бассейна Рыбинского водохранилища. В пределах водотока она приурочена к участкам с быстрым течением и каменистым дном, где при благоприятных условиях может формировать популяции с высокой численностью. В размерно-возрастной структуре популяций отмечается до 5 возрастных групп с преобладанием особей определенной возрастной группы.

ПОПУЛЯЦИИ РЯПУШКИ (*COREGONUS ALBULA* (L.)) РЕКИ ВОЛГА И ВОДОЕМОВ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Е. А. Боровикова¹, Д. П. Карабанов¹, А. С. Комарова², Ю. И. Малина¹, М. И. Малин¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: elena.ibiw@gmail.com

²Вологодское отделение ФГБНУ "ГосНИОРХ"

160012 г. Вологда, ул. Левичева, д. 5

В водоемах бассейна Каспийского моря, к которому принадлежит р. Волга, ряпушка *Coregonus albula* (L.) – нетипичный представитель фауны сиговых рыб. В настоящее время в пределах волжского бассейна известны две наиболее многочисленные аборигенные популяции ряпушки, а именно, популяции озер Белое и Плещеево, последняя из которых в настоящее время занесена в Красную книгу РФ. Аборигенные популяции ряпушки бассейна Волги считаются реликтовыми, образовавшимися путем захвата верхним течением реки части бассейнов Балтийского и Ледовитого морей во время последнего оледенения (Дрягин, 1933).

В середине XX века в связи с зарегулированием р. Волга ряпушка расселилась по Волжским водохранилищам: особи этого вида регистрировались даже в Волгоградском водохранилище (Шашуловский, 2006). Расселение ряпушки вниз по Волге – интересный пример биологической инвазии представителя субарктической фауны в южном направлении. Сейчас устойчивые популяции *C. albula* встречаются не ниже Саратовского водохранилища (Коскова, 1977; Семенов, 2011). В настоящей работе мы рассматриваем особенности ряпушки Рыбинского водохранилища.

Анализ собственных и литературных данных показал, что популяции ряпушки волжского бассейна обладают рядом особенностей, отличающих их как друг от друга, так и от ряпушки других водоемов Европейской территории России. Так, для каждой из перечисленных выше популяций характерны определенные морфо-экологические черты. Например, ряпушка оз. Плещеево (переславская ряпушка) является представителем крупной формы *C. albula*. Ряпушка, обитающая в оз. Белое, отличается наибольшей максимальной высотой тела. Особи ряпушки Рыбинского водохранилища также характеризуются специфичными параметрами внешней морфологии, что выражается в их обособленном от большинства популяций Европейской территории России распределении в пространстве Главных компонент.

Кроме того, популяции ряпушки волжского бассейна характеризуются уникальным генетическим полиморфизмом. Результаты изоферментного анализа показали близость ряпушки оз. Белое ряпушке сибирских водоемов: отмечены высокие частоты аллеля креатинкиназы *СК-А1,2*110*, типичного для популяций Сибири (Боровикова, 2009). Исследование полиморфизма участков митохондриальной ДНК (мтДНК) выявило сосуществование в Рыбинском водохранилище и оз. Плещеево филогенетических линий ряпушки разного происхождения, что находит отражение в высоких показателях внутрипопуляционного генетического полиморфизма. Следует отметить, что разные линии отличаются временем своего формирования: в указанных популяциях наряду с распространённой в настоящее время в водоемах Европы «молодой» линией присутствуют представители более древней группы.

Очевидно, указанные особенности связаны с историей формирования каждой из рассматриваемых популяций. Нет сомнения, что ряпушка, населяющая современные водоемы волжского бассейна, связана в происхождении с ряпушкой Сибири, которая могла проникнуть в водоемы востока Европы еще до последнего оледенения. Разнообразие же современной популяции Рыбинского водохранилища, по-видимому, кроме этого складывалось под воздействием многочисленных интродукций ряпушки из разных водоемов Европейского Севера России, предпринимаемых в середине прошлого столетия (обзор: Кудерский, 2001).

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБВВ РАН (тема № АААА-А18-118012690102-9) и научно-исследовательской работы «Современное состояние популяции переславской ряпушки» при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-05-00782-а.

ВЛИЯНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

В. Ф. Бреховских, З. В. Волкова

Институт водных проблем РАН

119333, Москва, ул. Губкина, 3, e-mail: vadim@iwp.ru

Целью данной работы является анализ многолетней динамики биомассы фитопланктона и содержания в нем хлорофилла (Хл) *a* в воде двух водохранилищ долинного типа – Ивановского и Рыбинского.

В составе фитопланктона обоих водохранилищ преобладают одни и те же виды, а именно диатомовые и сине-зеленые, которые дают основной вклад в общую биомассу. Также одинаково ежегодно наблюдаются вспышки цветения разной интенсивности.

Что же касается водосборных территорий, то у Ивановского водохранилища она освоена намного больше. Здесь имеются 18 городов, где сосредоточено промышленное производство, более высокий уровень антропогенной нагрузки по сравнению с Рыбинским водохранилищем, водосбор которого освоен в меньшей степени. Водоохранилища существенно различаются, прежде всего, по своим размерам.

Для оценки устойчивости водной экосистемы (или ее уязвимости) учитывался комплекс показателей, включая гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы с использованием методики, основанной на балльно-индексной оценке этих показателей. По морфометрическим признакам Ивановское водохранилище получает сумму индексов 6 (шестой разряд), а Рыбинское водохранилище – 4 (первый разряд). Оценка по гидрологическому режиму (уровень воды, средняя температура в летний период, продолжительность ледостава) дала одинаковую сумму индексов, равную 6, что соответствует 2-му разряду. По элементам гидрологического режима (наличие сезона стратификации, вертикальное перемешивание, условия проточности, характер регулирования стока, водообмен в год) сумма всех этих индексов была одинаковой в обоих случаях и равной 10, что соответствует 3-му разряду.

Для Ивановского водохранилища сумма разрядов равна 11, а для Рыбинского – 6. Оценку уязвимости водоемов производилась по специальной таблице. Таким образом, экосистема Рыбинского водохранилища получившая (4 балла), оказывается менее уязвимой к воздействиям, чем экосистема Ивановского водохранилища (11 баллов). Экосистема Ивановского водохранилища (в первую очередь фитопланктон) может достаточно быстро реагировать на изменение внешней нагрузки.

Все сказанное выше подтверждается данными содержания Хл *a* в Ивановском (1955–2000 гг.) и Рыбинском (1955–1995 гг.) водохранилищах. Причиной достаточно быстрых переходов водохранилища из одного состояния в другое, является изменение интенсивности внешней нагрузки (в первую очередь фосфора и азота, играющих основную роль в развитии фитопланктона). Внутренняя нагрузка, связанная с выходом фосфора из донных отложений, также оказалась существенной. Динамика биомассы фитопланктона для Рыбинского водохранилища отличается от Ивановского водохранилища. Данные по содержанию Хл *a* подтверждают полученную картину для биомассы фитопланктона водохранилищ.

Таким образом, наблюдается принципиальная разница в динамике фитопланктона Ивановского и Рыбинского водохранилищ. В первом случае имеют место достаточно быстрые переходы от низкого трофического статуса к высокому и наоборот. Во втором случае в течение долгого времени поддерживается квазистационарный уровень, а затем происходит довольно плавный переход на следующий, более высокий уровень.

Выявленные различия в динамике биомассы фитопланктона водохранилищ вполне объяснимы с точки зрения антропогенной нагрузки, которая в первом случае существенно выше. Однако довольно быстрые переходы Ивановского водохранилища от высокого трофического состояния к низкому пока не находят удовлетворительного объяснения. Скорее всего, это связано с ролью гидрометеорологических факторов, которые также необходимо учитывать.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ ПО ДАННЫМ ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Е. С. Брызгалина, О. В. Филиппов, А. И. Кочеткова, М. С. Баранова

Волжский филиал ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

г. Волжский, ул. 40 лет Победы, 11, e-mail: bryzgalina_elen@mail.ru

Данные гидролого-экологического мониторинга на верхнем участке Волго-Ахтубинской поймы (ВАП), который проводится коллективом кафедры природопользования Волжского филиала ВолГУ с 2001 г., позволяют оценить состояние водных объектов по ряду аспектов, отражающих общее состояние гидрографической сети и ВАП в целом.

Состояние природных компонентов ВАП в последние годы оценивается как критическое. Экологический кризис определяется как уменьшением водности половодий, так и резким увеличением степени антропогенного воздействия. При анализе расходов воды через гидроузел Волжской ГЭС отмечаются тенденции спада показателей водности половодий в 1990–2010 гг. Половодья текущего десятилетия во многом усугубили ситуацию: маловодные 2011, 2012, 2014 гг., фактическое отсутствие половодья в 2015 г. Из положительного в этот период можно выделить выдающееся по ряду показателей половодье 2016 г., которое превало наступление опасной тенденции маловодности.

Помимо расходов для оценки наполнения водных объектов и водоприёмной ёмкости поймы целесообразно использование значений уровней воды. Для анализа были рассчитаны средние уровни по ряду репрезентативных водных объектов (в основном ериков) на верхней и нижней трансектах, составляющих основу мониторинга. Сравнение этих данных свидетельствует о наличии кумулятивных эффектов маловодных половодий (особенно 2006, 2011, 2014 и 2015 гг. с суммарным объёмом стока менее 60 км³). Так, средний уровень наполнения водоприёмной ёмкости поймы в 2016 г. оказался на 17 и 12 см ниже, чем в схожих по гидрографу 2008 и 2010 гг.

Актуальным аспектом является заиление водных объектов, которое выявляется совмещением поперечных профилей русел ериков в пунктах многолетнего мониторинга. Сопоставление профилей позволяет выявить характер и величину деформации русла. Обобщённые данные показали, что одни ерики (Пахотный, Булгаков, Калинов, Новая Ахтуба) продолжают выполнять функции транспорта стока и не утратили способности к самоочищению, другие (Осинки, Судомойка, Поршнёвка, Гусиный лиман, Кудаевский) имеют тенденцию к заилению и фактически уже представляют собой цепочки озёр, что очевидно является следствием перекрытия их русел большим количеством плотин.

Некоторые экологические следствия современного режима обводнения ВАП выявляются так же в ходе зимних серий мониторинга. Наблюдениями в феврале 2015 г. (то есть еще до катастрофически низкого половодья) отмечено заметное понижение остаточных предполоводных запасов воды в водных объектах регулярного мониторинга в сравнении с аналогичными условиями 2014 г.: на большинстве водных объектов уровень оказался на 15–40 см ниже, а на ряде объектов отмечено пересыхание русел и котловин у пунктов постоянных наблюдений. На ряде озёр при обследовании в феврале 2015 г. отмечена почти полная утрата водного запаса и оседание ледяного покрова на дно. При этом гидрохимические наблюдения выявили повышение общего содержания на некоторых из таких озёр до 600 мг/л (а в конце зимы до 1000 мг/л) против низких показателей на ериках (180–220 мг/л). Другое следствие изменений – снижение концентраций растворённого в воде газообразного кислорода (в некоторых случаях до 0.5 мг/л) и снижение теплового запаса на ряде озёр и ериков низкого порядка, наиболее подверженных проявлениям маловодности.

Гидролого-экологический мониторинг даёт очень важную количественную информацию о состоянии русловой сети, без которой невозможно получить объективную оценку экологического состояния ВАП и наметить эффективную схему природоохранных мероприятий.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА Р. СВИЯГА ОТ ИСТОКА ДО УСТЬЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2016 Г.

Т. Н. Буркова, Н. Г. Тарасова

Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, Самарская обл., г. Тольятти, 10, e-mail: tnatag@mail.ru

Река Свияга – правый приток Волги. Она имеет три истока на территории Ульяновской области – первый начало у с. Кузоватово, второй – у с. Красные поляны, третий – в окрестностях с. Баевка. Впадает Свияга в Куйбышевское водохранилище на территории республики Татарстан. Длина реки 375 км, ширина от 1 до 40 м, площадь водосбора – 16 тыс. км². С 1978 г. р. Свияга является памятником природы республики Татарстан регионального значения.

Альгофлора планктона реки практически не изучена, имеются только данные единичных наблюдений. В июле 2016 г. нами были проведены исследования водорослей р. Свияга начиная от истока у с. Кузоватово до места впадения в Куйбышевское водохранилище. При этом исследовали как прибрежные станции, так и русловые.

Всего в составе альгофлоры планктона реки было зарегистрировано 287 таксонов водорослей рангом ниже рода. Ее основу составляли диатомовые водоросли, затем следовали зеленые и синезеленые водоросли. От истока к устью роль диатомовых водорослей в формировании альгофлоры планктона уменьшалась, зеленых – увеличивалась.

Среднее удельное число видов составляло 54, и было одинаковым и на русле реки, и в прибрежье. От истока к устью отмечается рост видового богатства альгофлоры планктона в русловом участке, при этом максимальное число видов, разновидностей и форм водорослей отмечено в месте впадения реки в Куйбышевское водохранилище. В этом направлении отмечается снижение доли диатомовых водорослей в формировании видового богатства и увеличение зеленых и синезеленых водорослей. В устьевом участке основной вклад в общее число видов, разновидностей и форм водорослей вносят зеленые. В прибрежье число таксонов водорослей, участвующих в формировании видового богатства альгофлоры, остается практически постоянным на всем протяжении.

Показатели численности фитопланктона изменялись в широких пределах. Средние значения этого показателя на русле реки составили 7.7 млн кл./л и в три раза превышали таковые в прибрежной зоне. Максимальные показатели численности были зарегистрированы в районе г. Ульяновска. И в прибрежной зоне, и в русловом участке отмечается тренд увеличения общей численности фитопланктона от истока к устью. Основную роль в формировании численности фитопланктона играли диатомовые водоросли, с заметным участием синезеленых и зеленых.

Средняя биомасса фитопланктона составила 4.9 мг/л. В направлении от истока к устью реки отмечалось незначительное повышение этого показателя и на русле реки, и в прибрежной зоне. Средние значения биомассы на русле и в прибрежной зоне были близки. Максимальные биомассы фитопланктона отмечались на станции у г. Ульяновска. Определяющую роль в формировании общей биомассы фитопланктона играли диатомовые водоросли.

Высокие показатели количественного развития водорослей в районе г. Ульяновска были связаны с активной вегетацией диатомовой водоросли *Skeletonema subsalsum* (Cl.-Euler) Vethge, каспийского вселенца.

От истока к устью снижается роль диатомовых водорослей в формировании общей численности и биомассы фитопланктона, и в месте ее впадения в Куйбышевское водохранилище основная роль в формировании количественных показателей развития фитопланктона принадлежит синезеленым водорослям.

СВОБОДНОЖИВУЩИЕ ИНFUЗОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА В 2016–2017 ГГ.: СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

С. В. Быкова

Институт экологии Волжского бассейна РАН

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

В 2016–2017 гг. после многолетнего перерыва (с момента исследований Н.В. Мамаевой (1979) в 1972–1973 гг. и З.В. Мыльниковой (1990) в 1987 г. во время «сквозных» экспедиций по Волге) возобновлены исследования свободноживущих инфузорий водохранилищ Волжского каскада, начиная от Борка и до Астрахани. Целью работы явилась оценка биоразнообразия инфузорий планктона, выявление редких видов и уточнение границ их распространения, исследование современного состояния сообщества, характера его распределения по акватории водохранилищ и трансформации вдоль по каскаду.

В результате, зарегистрировано около 190 видов инфузорий (в русловой части – не менее 160 видов). Кривая зависимости числа выявленных видов от количества взятых проб свидетельствует о достаточно высоком потенциальном разнообразии. Выявлена тенденция незначительного уменьшения видового разнообразия инфузорий вдоль по каскаду волжских водохранилищ (от п. Борка до г. Астрахани). Происходит это, в основном, за счет уменьшения выравненности сообщества. Из всего числа видов только 11 (т.е. 6% видового состава) имеют частоту встречаемости >50%, значительная же часть видов (около 1/4 видового состава) – менее 1%. Расширены представления о распространении редких видов, *Leptotintinnus pellucidus* (Cleve, 1899) и *Pelagovorticella mayeri* (Faure-Fremiet, 1920), ранее рассматриваемых как возможных каспийских вселенцев. Наибольшим видовым составом и разнообразием, количественными и продукционными показателями характеризуются сообщества инфузорий Горьковского, Чебоксарского водохранилищ и незарегулированного участка Нижней Волги. Существенное влияние на формирование видового состава и количественные характеристики сообществ инфузорий Волги оказывает ее приток – р. Ока. В ней выявлено 86 видов; сходство же фауны Оки с фауной, расположенной после ее впадения волжской станции составило 64%; максимальные численность и биомасса – 3796 тыс. экз./м³ и 100 мг/м³.

Уровень количественного развития инфузорий по всей Волге в июне 2016 г., по сравнению с августом 2017 г., был несколько выше. Средние (и максимальные) показатели численности и биомассы в июне составили 746 тыс. экз./м³ (4927 тыс. экз./м³) и 37.3 мг/м³ (254.8 мг/м³), соответственно; а в августе – 481 тыс. экз./м³ (1376 тыс. экз./м³) и 16.4 мг/м³ (215.6 мг/м³). При этом максимумы численности регистрировались на Верхней и Средней Волге, а максимумы биомассы – в незарегулированной части Нижней Волги. Пространственная (зональная) гетерогенность распределения инфузорий по акватории водохранилищ проявлялась в виде повышения видового разнообразия, численности, биомассы и продукции, а также индекса сапробности, отражающего уровень органического загрязнения, в литоральной зоне и устьевых участках рек. В целом, за более чем 45-летний период (с 1972 г.) произошло снижение численности инфузорий во всех водохранилищах каскада (в среднем в 2–3 раза), но наибольшее ее падение (в 4.8–6.2 раза в разные месяцы), которое началось еще в 1987 г., отмечено в Куйбышевском водохранилище.

Оценка сапробности среды (S) по видам инфузорий-индикаторов показала, что вода в водохранилищах каскада относится, в основном, к β-мезосапробной зоне, но наметилась тенденция к переходу в β-α-мезосапробную зону. По данным 1972 г. (Мамаева, 1979), средний индекс сапробности по каскаду был 1.66; по результатам наших исследований в 2016–2017 гг., он приблизился к верхней границе β-мезосапробной зоны – 1.97, а в отдельных водохранилищах (Чебоксарское и Волгоградское вдхр.) и на незарегулированном участке Нижней Волги достигал значений β-α-мезосапробной зоны (S = 2.04–2.11).

Таким образом, в качестве основных изменений в волжских водохранилищах за прошедшие 45 лет можно отметить снижение численности инфузорий и незначительное увеличение сапробности среды.

ЗАВИСИМОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ОТ ИЗМЕНЕНИЙ ЗООБЕНТОСА И РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

А. М. Визер, М. А. Дорогин

Новосибирский филиал ФГБНУ "Госрыбцентр"
Новосибирск, Россия, e-mail: sibribniiproekt@mail.ru

Новосибирское водохранилище возникло в 1957 г. в результате перекрытия р. Обь плотинной ГЭС. Этот водоем равнинного типа с небольшими глубинами и высоким коэффициентом водообмена имеет много общих черт с водохранилищами Волги.

После завершения акклиматизационных работ, начатых с момента заполнения водохранилища, в его ихтиофауне начинают доминировать вселенцы из бассейна Волги – лещ и судак, а в донной фауне появляются, ранее отсутствующие ракообразные – гаммариды и мизиды.

По сравнению с аборигенной ихтиофауной лещ и судак оказались более приспособленными к неблагоприятному гидрологическому режиму, и с 1973 г. их доля в уловах постоянно превышает 90%. В конце 1980-х – начале 1990-х гг., когда на эти виды приходилось до 99% общей рыбодобычи (986–1305 т), водоем достиг максимальной промысловой рыбопродуктивности – 15 кг/га. Высокая численность судака подавляла мелкочастиковых аборигенов и служила препятствием для проникновения в водоем нежелательных чужеродных видов – верховки, уклей и ротана. Большую роль в повышении продуктивности водохранилища сыграли и ракообразные, на которых в 1986–2002 гг. приходилось более 72% (11 г/м²) всей донной фауны.

Негативные изменения в экосистеме водохранилища, связанные с нерациональным промыслом и внедрением чужеродных видов, начинают проявляться с начала 2000-х гг. Общие уловы сокращаются до 460 т. Особенно резко снижается численность судака, уловы которого падают с 264 до 8 т. Падение запасов этого активного хищника снизило выедание аборигенной ихтиофауны, и ее доля в уловах увеличивается до 11–12%. В личиночных пробах более 64% стали составлять мелкочастиковые и чужеродные виды. Эти рыбы, обитая на заросших мелководьях в устьях рек, поддерживают локальные очаги описторхозов.

Очень агрессивно проявил себя моллюск из европейской фауны – речная живородка *Viviparus viviparus* L. Этот вселенец появился в гидробиологических пробах водохранилища в конце 1990-х гг. и с 2003 г. начинает оказывать заметное воздействие на развитие донной фауны. Чужеродные моллюски, обитая на поверхности грунта и фактически покрывая его сплошным ковром, выступают трофическим и биотопическим конкурентом аборигенного бентоса, который на этих участках полностью исчезает. Сами вселенцы представляют трофический тупик, поскольку не используются рыбами в пищу из-за крупных размеров и прочной раковины. На местах своего массового распространения на плотных грунтах рекообразной зоны средняя биомасса *Viviparus* составляет 447.9 г/м², при максимуме 5687 г/м². И на его долю приходится около 99% всей биомассы бентоса. Из состава донной фауны полностью выпадают фильтраторы – двустворчатые моллюски.

Средняя биомасса кормового бентоса всего водохранилища в 2009–2014 гг. снижается до 3.96 г/м², и условия для нагула бентосоядных рыб сохраняются лишь в верхней зоне и приплотинном плесе.

С 2015 г. живородки начали создавать сложности в эксплуатации водозаборов и тепловых электростанций, так как преодолевают сорозащитные и рыбозащитные сооружения и создают поселения в водопроводящей системе. Непосредственное отрицательное влияние на ихтиофауну моллюски оказывают весной – они заселяют и покрывают слизью растительность и затопленные предметы на прогретых мелководьях, сокращая площадь искусственных и естественных нерестилищ.

Таким образом, изменения в ихтиофауне и бентофауне Новосибирского водохранилища, снизили рыбопродуктивность водоема и могут оказать отрицательное влияние на качество воды и эпизоотологическую ситуацию.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л. В. Веснина

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»

г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113, e-mail: artemia@alt.ru, vesninal.v@mail.ru

На 13 водоемах Алтайского края в течение вегетационного периода отбирали пробы зоопланктона, зообентоса, фитопланктона и воду для определения химического состава воды. Производился отбор образцов цист артемии при наличии скоплений на поверхности воды или выбросов вдоль прилегающей прибрежной полосы. Озеро Кулундинское Благовещенского района – самый крупный гипергалинный водоем в России. Для озера разработана схема станций, включающая 51 участок. На водоеме ежемесячно с апреля по октябрь проводятся гидробиологические исследования.

В 2017 г. популяция артемии в оз. Кулундинское развивалась в условиях высокого уровня воды. Минерализация воды в летний и осенний периоды была ниже среднемноголетнего значения в среднем на 30%. Температурные условия не препятствовали развитию и размножению артемии в озере. Количество градусодней с суммой активных температур воздуха выше 10°C было ниже по сравнению с предыдущей пятилеткой, но не выходило за пределы характерные для данной территории по многолетним наблюдениям. Сказался недостаток тепла в июле–августе и обильные осадки в летний период. Максимальное количество осадков выпало в июне–августе. Направление и скорость ветра в 2017 г. не препятствовали образованию скоплений цист артемии и были типичными для равнинной территории Алтайского края.

Видовой состав фитопланктона озера не выходил за пределы, характерные для водоема по многолетним наблюдениям. В 2017 г. в составе фитопланктона обнаружено 32 вида из 5 отделов. Доминирующими по числу видов, а также по численности и биомассе были представители зеленых, синезеленых и диатомовых водорослей (*Cladophora glomerata*, *Ankyra judai*, *Dunaliella salina*). Численность фитопланктона в 2017 г. колебалась по месяцам, отмечалось неравномерное распределение по акватории. По многолетним наблюдениям, включая 2017 г., выявлена корреляционная зависимость между численностью фитопланктона и минерализацией воды, которая описывается линейным уравнением: $y = -0.0211x + 1.8869$ ($r = -0.331$; $p = 0.01$). Значения численности и биомассы водорослей в 2017 г. были несколько выше среднемноголетних значений, но не выходили за пределы, характерные для данного водоема.

По многолетним наблюдениям рассчитана корреляционная матрица численности рачков разных стадий развития, численности цист, плодовитости и факторами среды водоема. Из абиотических факторов зависимости найдены, прежде всего, с минерализацией воды (коррелирует с численностью половозрелых самок, плодовитостью и численными показателями фитопланктона). Для ранних стадий развития артемии (ювенильные) важным является пищевой фактор (корреляция численности ювенильных особей и численных показателей фитопланктона). Численность планктонных цист коррелирует с численностью половозрелых особей, что ожидаемо. Популяция артемии в оз. Кулундинское относится к партеногенетическим по многолетним наблюдениям, доля самцов незначительная или они отсутствуют. Продукционные показатели самок в 2017 г. не имеют значимых отличий от многолетних значений. В 2017 г. цистоношение отмечалось у самок второй и третьей генерации, их доля увеличивалась к осеннему периоду. По многолетним наблюдениям найдена положительная зависимость плодовитости от минерализации воды с достоверным коэффициентом корреляции. Зависимость описывается линейным уравнением: $y = 0.465x + 16.991$ ($r = 0.362$; $p = 0.01$).

УНИФИЦИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ЦИСТ РАЧКА АРТЕМИИ СОЛЕННЫХ ОЗЕР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Л. В. Веснина

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»,
г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113, e-mail: artemia@alt.ru, vesninal.v@mail.ru

Оценка запасов цист рачка артемии базируется на двух методах: биостатистическом и гидробиологической съемки ресурса. В регламенте прогнозных работ предусмотрены два этапа:

1. Предварительный прогноз, разрабатываемый с годичной заблаговременностью и основанный на анализе тренда среднесезонной динамики биомассы и продукции биоресурса с учетом анализа тенденции изменения условий развития популяции, а также по фактическим объемам добычи (вылова) в последние 3–5 лет (биостатистические данные). Наличие предварительного прогноза позволяет начать добычу (вылов) цист рачка артемии и изъять 70% РОВ (рекомендованного объема вылова), остаток которого реализуется после разработки окончательного прогноза (корректировки).

2. Окончательный прогноз, разрабатываемый в год добычи (вылова), корректирующий РОВ на основании натурных исследований (гидробиологическая съемка ресурса) в период формирования промысловых скоплений биоресурса (июль–октябрь).

Действующая методика прогнозного обеспечения добычи (вылова) цист рачка артемии в гипергалинных озерах Западной Сибири определяет в натуральном выражении объем потенциальной продукции цист рачка артемии – общий запас и его части – промыслового запаса или рекомендованного объема вылова, которую можно изъять из общего запаса без ущерба воспроизводству рачка. Для расчета для мелководных водоемов объем «жилой» зоны рассчитывают с использованием средней глубины и площади акватории с учетом условий водности. Для глубоководного озера характерно неравномерное послойное распределение рачков и цист артемии. Для расчета общих запасов диапаузирующих цист наибольшее значение имеет слой 0–2.0 м, при этом необходимо учитывать процессы поднятия цист рачка артемии в июне–июле и максимальную их численность в августе. Самки рачка артемии способны продуцировать два типа яиц: тонкоскорлуповые, или летние, и толстоскорлуповые диапаузирующие (цисты). Из тонкоскорлуповых выклев науплий происходит после их вымета, при обсыхании такие яйца погибают. Толстоскорлуповые яйца (цисты) содержат эмбрионы на стадии гастролы, покрытые толстой оболочкой, и находящиеся в состоянии диапаузы. При расчетах принимаются во внимание только диапаузирующие яйца (цисты), исключая тонкоскорлуповые летние. Подсчет общих запасов цист рачка артемии выполняется по числу свободноплавающих цист и по числу цист, находящихся в овисаках самок.

Расчет объема общего запаса цист рачка артемии (W) выполняется по формуле:
 $W = W_1 + W_2$;

– для определения запаса свободноплавающих цист (W_1): $W_1 = V_1 \times N_1 \times m$, где V_1 – объем «жилой» зоны цист, m^3 ; N_1 – численность свободноплавающих цист, шт/ m^3 ; m – масса нативной цисты (1×10^{-11}), г;

– для определения запаса цист в овисаках самок (W_2): $W_2 = V_2 \times N_2 \times R \times m$, где V_2 – объем «жилой» зоны самок, m^3 ; N_2 – численность самок, экз/ m^3 ; R – плодовитость самок, экз/особь; m – масса нативной цисты, г.

В предлагаемом определении промысловых запасов и РОВ цист рачка артемии не принимаются во внимание бентосные цисты и выбросы цист на прилегающей прибрежной полосе.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. А. Возняк

*ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и
охраны водных ресурсов», Камский филиал
614002, г. Пермь, ул. Н. Островского, 113*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: AAVoznyak@gmail.com*

Формирование химического состава речных вод определяется как естественными, климатическими и почвенно-гидрогеологическими условиями, так и антропогенными факторами. Естественный гидрохимический режим водохранилищ обуславливается химическим составом впадающих в него рек, который, в свою очередь, находится в прямой зависимости от химического состава почв и пород, слагающих водосборы этих рек. Камское водохранилище имеет протяженность с севера на восток. Притоки, впадающие в него с запада и востока, имеют различный характер гидрологического и гидрохимического режимов стока. С одной стороны, все притоки, включая само водохранилище, расположены в зоне достаточного, а северные притоки – избыточного увлажнения, что обуславливает образование болот на водосборах и, следовательно, значительное поступление органических веществ. Кроме того, все реки протекают в пределах лесной зоны, то есть минерализация их воды обусловлена гидрокарбонатами, кальцием и магнием, концентрация которых зависит от подстилающих пород, в бассейне Камского водохранилища это глины, известняки и гипсы. С другой стороны, западные притоки вместе с Верхней Камой протекают по восточной окраине Восточно-Европейской равнины, имеют типичный характер равнинных рек, глинистые почвы и значительные по площади залежи торфяников. Восточные притоки стекают с Уральских гор, на лесных почвах и характеризуются практически повсеместным распространением карстующихся пород. Таким образом, для Камского водохранилища характерно высокое содержание железа, меди и марганца (существенно выше ПДКр/х), повышенное содержание кальция, магния и цинка, обусловленные природными особенностями территории.

В верхней части Камского водохранилища расположен крупный промышленный узел – Соликамско-Березниковский, где предприятия занимаются, в основном, разработкой Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей. Поэтому в створе ниже г. Березники резко увеличивается содержание хлоридов (в десятки раз), натрия, калия и магния. В междуречье рек Яйвы, Косьвы, средней Чусовой в XX веке велась разработка Кизеловского угольного бассейна. В настоящее время угольные предприятия закрыты, однако поступление по этим рекам загрязненной воды из старых шахт и скважин продолжается. Так, в р. Яйве перед впадением в Камское водохранилище существенно выше всех остальных притоков содержание хлоридов, сульфатов, нефтепродуктов, железа, цинка, марганца, фтора и общей минерализации. В нижней части в Камское водохранилище впадают реки Чусовая и Сылва. Река Чусовая несет хром, фтор, которых практически нет в других притоках, а также повышенное содержание сульфатов и нитратов. Самая большая проблема р. Сылвы – ее чрезвычайно высокая жесткость, которая существенно осложняет работу Чусовского водозабора – основного питьевого водозабора г. Перми.

Анализ гидрохимического режима самого водохранилища, особенно техногенных воздействий, возможен только с использованием гидродинамического моделирования в 2–3-х мерной постановке на основе подробных полевых исследований. Практикуемые в настоящее время методы взятия проб на 2-х горизонтах и на 1–2-х вертикалях не отражают гидрохимический режим крупного водохранилища. Проведенные полевые измерения и модельные расчеты показали наличие в Камском водохранилище плотностных течений, значительную задержку рассчитанного нормативного разбавления и по времени, и по протяженности, прижимание струй ко дну и к берегу и многие другие процессы.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

М. В. Войнова, Д. В. Кашин, К. И. Асаева

*Каспийский морской научно-исследовательский центр
414045, г. Астрахань, ул. Ширяева, 14, e-mail: mariya-voynova@mail.ru*

В западной части Северного Каспия идет освоение морских нефтегазовых месторождений. Для оценки экологической уязвимости акватории к нефтяным разливам необходимо определить районы распространения устойчивых во времени многочисленных скоплений гидробионтов в западной части Северного Каспия. Высокая биомасса зоопланктона в западной части Северного Каспия обеспечивается коловратками (*Rotifera*) и ветвистоусыми ракообразными (*Cladocera*).

Материалами для исследования послужили данные гидробиологических исследований, проводившихся в период 1961–2012 гг. ФГБНУ «КаспНИРХ» в западной части Северного Каспия, переданные ФГБУ «КаспМНИЦ» в рамках выполнения совместных исследований по оценке воздействия нефтяных разливов на экосистему Северного Каспия. Для построения графиков и карт пространственного распределения биомассы зоопланктона в различные сезоны года, рассматриваемый временной интервал (1961–2015 гг.) был разбит на три отрезка времени: 1961–1977, 1978–1995 и 1996–2015 гг. Первый из них соответствует периоду снижения уровня моря, второй – периоду повышения уровня, а третий – периоду колебаний уровня моря на фоне отрицательного тренда.

На основе сравнительного анализа табличных и картографических материалов определены особенности и установлены закономерности пространственного распределения при различных уровнях количественного развития зоопланктона применительно ко всему интервалу времени и отдельным периодам, соответствующим различным состояниям гидрологического режима моря.

Объектом исследований явилась западная часть Северного Каспия. Рассматриваемая акватория площадью 30 тыс. км², была разбита на 10-минутные квадраты (всего 126 квадратов), среди которых было выделено 24 реперных, были выделены отмелое взморье (глубина до 5 м) и приглубое взморье (глубина свыше 5 м).

Исследование показало, что для всех районов в изучаемые временные периоды средние значения биомассы зоопланктона превышали медиану, как правило, в 2–3 раза, при этом биомасса зоопланктона отмелого взморья в несколько раз превышала биомассу приглубой части взморья. Максимальные средние значения биомассы отмечались в зоне распространения вод, поступающих из Волго-Каспийского канала, т.н. Волжской струи.

На отмелом взморье максимальная средняя биомасса зоопланктона фиксировалась в период 1978–1995 гг., т.е. в период повышения уровня моря, тогда как наименьшая – в период 1961–1977 гг., в период снижения уровня Каспия. Отмечается почти трехкратный рост биомассы зоопланктона в многоводный период с 1978 по 1995 гг., по сравнению с предыдущим и последующим маловодными периодами.

На приглубом взморье максимальная средняя биомасса зоопланктона отмечалась также, в период 1978–1995 гг., тогда как наименьшие средние величины отмечались в период 1996–2015 гг.

Практически во все временные периоды на отмелом взморье формировалось два «ядра» повышенной концентрации биомассы зоопланктона: западное «ядро», расположенное в западной части отмелого взморья, между о. Тюлений, куда поступает сток из Волго-Каспийского канала, и банкой Жемчужная; восточное «ядро», расположенное в восточной части отмелого взморья (о. Укатный и т.д.), куда поступает сток из восточной части дельты (реки Ахтуба, Бузан).

На исследуемой акватории выделяются 4 района с наиболее часто повторяющимися за 54 года максимумами, при этом в них устойчиво наблюдается превышение измеряемых количественных показателей над средними, и, таким образом, эти области отличаются повышенной биопродуктивностью в течение всех выделенных сезонов и временных периодов.

CORBICULA FLUMINEA (MOLLUSCA, BIVALVIA, CORBICULIDAE) В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ

И. С. Ворошилова, Е. Г. Пряничникова, Р. З. Сабитова, А. А. Прокин

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: issergeeva@yandex.ru

Инвазионные виды корбикул *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) и *C. fluminalis* (O.F. Müller, 1774) стали одними из самых известных вселенцев, поскольку их инвазии сопровождаются серьезными экономическими последствиями, связанными с необходимостью очистки подводных сооружений от скоплений этих моллюсков. Корбикулы являются гермафродитами и в благоприятных условиях способны быстро размножаться путем андрогенеза, для них характерно яйцеживорождение. Эти особенности репродуктивного цикла способствуют быстрому росту численности даже в случае небольшого числа особей-основателей, попавших в благоприятные для них условия. Распространение корбикул происходит благодаря переносу течением или балластными водами личинок, вышедших из полости тела материнской особи. Также к основным путям распространения относят речное судоходство, перенос аквариумистами с последующим выпуском в естественные водоемы, случайную транспортировку моллюсков с рыболовными снастями или же рыбаками в качестве приманки для рыб, завоз вместе с песком и гравием.

Северная граница нативного ареала западной корбикулы (*C. fluminalis*) проходит по Средней Азии и южной части бассейна Каспийского моря, где представители этого вида обитают в реках Азербайджана, тогда как восточная корбикула (*C. fluminea*) изначально обитает в более южных регионах, в эстуариях рек восточного и юго-восточного побережья Азии. В настоящее время оба вида интенсивно расселяются в бассейнах крупных рек Европы, Северной и Южной Америки. Совсем недавно в 2013–2015 гг. пустые створки *C. fluminalis* обнаружены в российском секторе Каспийского бассейна, куда моллюски предположительно проникли из бассейна р. Куры. В Азово-Черноморском бассейне, в канале Новочеркасской ГРЭС и в р. Дон, вблизи устья Волго-Донского канала, в 2017 г. найдено несколько живых экземпляров *C. fluminea*. Кроме того, восточную корбикулу обнаружили в бассейне Белого моря, в водоеме-охладителе р. Юрас. В 2015 г. в бассейне Волги, на участке Горьковского водохранилища, в месте впадения канала водоема-охладителя Костромской ГРЭС (57°28.618', 41°12.704') нами впервые обнаружен живой ювенильный экземпляр корбикулы, а в 2017 г. найдено крупное поселение, включающее особей разных размерных групп. В качественных пробах зоопланктона, в полости тела и в жабрах взрослых моллюсков обнаружены личинки корбикул.

В нашей работе изучено генетическое и морфологическое разнообразие первой для бассейна Волги популяции *C. fluminea*. В целях идентификации видовой принадлежности и анализа направлений расселения представителей рода в европейской части России проведено сравнение с особями *C. fluminalis* из бассейна р. Куры. Популяция представлена морфотипом R, но характеризуется более светлой окраской внешней поверхности раковины. Единственный гаплотип нуклеотидной последовательности фрагмента митохондриального гена цитохром-с оксидазы (COI), обнаруженный нами в бассейне Волги, совпадает с вариантом, широко распространенным в популяциях восточной корбикулы в Европе, Северной и Южной Америке. По нуклеотидной последовательности фрагмента гена COI и морфологическим характеристикам раковины моллюски из бассейна Волги существенно отличаются от азербайджанской *C. fluminalis*. В выборке присутствуют моллюски разных размерных групп, а в жабрах и полости тела – личинки корбикул, следовательно, исследуемая нами популяция воспроизводится самостоятельно и может стать источником для дальнейшего расселения вида.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № АААА-А18-118012690105-0) при частичной поддержке РФФИ (проект №17-05-00782 а).

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ЗАРОСЛЕЙ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ ПРИТОКОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д. Е. Гаврилко, Т. В. Золотарева, В. С. Жихарев, Г. В. Шурганова

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, e-mail: dima_gavrilko@mail.ru

К настоящему времени зоопланктон устьевых участков малых рек-притоков водохранилищ недостаточно изучен. Особую актуальность приобретает исследование зоопланктона зарослей высшей водной растительности малых рек, где образуются специфические сообщества с высоким видовым богатством и разнообразием.

Целью работы было изучение видовой структуры сообществ зоопланктона зарослей высшей водной растительности устьевых участков притоков Чебоксарского водохранилища. Пробы зоопланктона были собраны в летний период 2017 г. в зарослях макрофитов устьевых участков малых рек-притоков первого порядка Чебоксарского водохранилища. Были выбраны реки Трестьянка, Жужла, Пыра, Черная, Кудьма, расположенные в правобережье, а также реки Везлома и Керженец, расположенные в левобережье водохранилища. Сбор и обработка проб проводились общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами (Методические рекомендации ..., 1982). Оценка сходства видовой структуры сообществ зоопланктона проводили с использованием метода многомерного векторного анализа (Шурганова, 2007).

Исследуемые реки расположены в разных ландшафтно-климатических зонах, а их устьевые участки подвергаются влиянию разнородных водных масс Чебоксарского водохранилища. Наиболее сильные различия между реками были по значениям электропроводности (111–1361 мкСм/см), рН воды (6.96–8.12) и трофическому статусу.

В ходе работы в зоопланктоне зарослей макрофитов исследуемых рек было идентифицировано 150 видов, из них 73 вида принадлежало коловраткам, 53 – ветвистоусым ракообразным, 24 – веслоногим ракообразным. Анализ видового состава сообществ зоопланктона показал, что зарослевые биотопы исследуемых рек обладали достаточно высокой степенью сходства (значения индекса Сьеренсена составляли, преимущественно 0.60–0.71). Наибольшее число видов зоопланктона было отмечено в эвтрофированных реках Везлома (82 вида) и Кудьма (73 вида). В зарослях макрофитов устьевых участков рек Керженец, Везлома, Трестьянка и Черная был обнаружен вид-вселенец коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908). В реках Везлома и Трестьянка этот вид зафиксирован впервые. Наибольшей численности (12 тыс. экз./м³) коловратка достигала в зарослях элодеи канадской р. Черная.

Анализ видовой структуры зоопланктоценозов зарослей макрофитов показал, что исследуемые сообщества обладали разной степенью сходства ($\cos \alpha$ составил 0.01–0.91). Различия в структуре сообществ наблюдались между зоопланктоценозами разных рек, так и в разнотипных зарослях высшей водной растительности в пределах одной реки. Для зарослей макрофитов быстротекущих участков рек было характерно преобладание по численности коловраток (>69%), а для медленнотекущих участков – ветвистоусых ракообразных (>52%). Наибольшей численности зоопланктон достигал в эвтрофированных реках Кудьма, Везлома и Черная, где максимальные значения были отмечены для зарослей погруженных водных растений (661.9 тыс. экз./м³). В реках Керженец, Пыра, Трестьянка и Жужла численность зарослевого зоопланктона составила 1.4–47.6 тыс. экз./м³.

Таким образом, зоопланктон зарослей высшей водной растительности устьевых участков притоков Чебоксарского водохранилища характеризовался относительно высоким сходством видового состава и преимущественно различающейся видовой структурой. Наибольшее видовое богатство и количественное развитие сообществ зоопланктона характерно для эвтрофированных рек.

ВЛИЯНИЕ Г.ЧЕРЕПОВЕЦ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ШЕКСНИНСКОГО ПЛЕСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЗА ПЕРИОД 1961–2015 ГГ.

М. В. Гапеева, И. И. Томилина, Р. А. Ложкина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: i_tomilina@mail.ru

Город Череповец является крупным индустриальным центром Северо-Запада России, в котором сосредоточено более 50 предприятий тяжелой и легкой промышленности. Крупнейшим из предприятий города является ОАО «Северсталь» с площадью промзоны 2.7 тыс. га. ОАО «Северсталь» введено в эксплуатацию в 1953 г. и имеет в своем составе коксохимическое, агломерационное, сталеплавильное, прокатное, огнеупорное, газовое, теплосиловое и др. производства. Metallургический комбинат использует в технологическом процессе большое количество угля: за период с 1956 по 2006 гг. переработано 412 491 040 т угля. Исходя из того, что концентрация свинца в углях колеблется от 1 до 30 мг/кг, в среднем 7 г/т, а ежегодное потребление угля только Череповецким металлургическим комбинатом составляет 8 500 000 т, то за время работы комбината в атмосферу поступило приблизительно 59.5 т металла. Кроме того, предприятия других отраслей промышленности в г. Череповце могут служить потенциальными источниками тяжелых металлов (ТМ).

Цель настоящей работы – на примере г. Череповца изучить долговременное влияние промышленности на водные объекты в прошлом и настоящем с введением на предприятиях новых технологий очистки сточных вод.

Впервые содержание и распределение ТМ в воде Рыбинского водохранилища исследовано в 1961 г. Методом спектрального анализа было показано, что высокое содержание Cu, Ni, Sn и Zn в заводских сточных водах не оказывало заметного влияния на содержание ТМ в воде Шекснинского плёса водохранилища. В 1985–2014 гг. изучали содержание и распределение ТМ в донных отложениях Рыбинского водохранилища. Установлено, что концентрации Pb, Cu, Zn, Cd в 2009–2010 гг. по сравнению с 1985 г. в целом по водохранилищу уменьшились, а Ni – остались на прежнем уровне. Максимальные концентрации металлов зафиксированы в грунтах рек Кошта и Серовка, принимающих стоки г. Череповец. Установлено, что обменная ёмкость грунтов водохранилища мала и зависит от содержания в них органического вещества, в основном, это торфянистые частицы, которые способствуют повышению биодоступности ТМ, накопленных в донных отложениях.

Долгое время считалось, что большинство загрязняющих веществ, удаляемых из воды, выводится из кругооборота и не представляет опасности для биоты. Донные отложения аккумулируют все виды загрязнений, поступающих с речным стоком, атмосферными осадками, техногенными материалами хозяйственной деятельности человека. Метод биотестирования позволяет получить информацию о степени токсичности среды обитания гидробионтов. Установлено, что зоны высокой токсичности сконцентрированы непосредственно вблизи г. Череповец. Так, значение показателя плодовитости ветвистоусых рачков (*Ceriodaphnia dubia*), отвечающего за сохранность популяции, позволяет оценить воду и водную вытяжку донных отложений, отобранных на станциях, расположенных в непосредственной близости от г. Череповец, как оказывающие хроническое токсическое действие. Установлено, что по мере удаления от источника загрязнения степень загрязнения зависит не только от количества поступающих в воду и аккумулирующихся в донных отложениях веществ, но и от гидрологических условий водоема.

Таким образом, синхронное изучение интегральных биологических характеристик водной и донной составляющих экосистем и сопоставление результатов биотестирования с геохимическими данными позволяет получить наиболее объективную информацию о качестве вод как среды обитания гидробионтов.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ АДАПТАЦИИ РЫБ ВЕРХНЕЙ, СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ

В. К. Голованов, А. К. Смирнов, Н. С. Некрутов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: vkgolovan@mail.ru

Глобальное потепление, увеличение числа атомных и тепловых электростанций, меняющих тепловую нагрузку на водоемы, температурные аномалии в летний и зимний периоды года, инвазии чужеродных видов – эти процессы все больше влияют на популяции теплолюбивых и холодолюбивых видов рыб. В случае даже относительно небольшого повышения температуры в отдельных регионах России и сопредельных стран и, следовательно, температуры воды в морях и внутренних водоемах – реках, озерах и водохранилищах, условия жизни для рыб существенно изменятся, и далеко не все виды смогут преодолеть новые температурные «барьеры» в процессе сезонных жизненных циклов.

Общие аспекты влияния температуры на жизнедеятельность рыб ранее были представлены в работах российских (Винберг, 1956; Ивлев 1958, 1967; Шкорбатов, 1973; Хлебович, 1981; Константинов, Зданович, 1996; Озернюк, 2000 и др.), а также зарубежных (Brett, 1971; Fry, 1971; Coutant, 1977; Hokanson, 1977; Magnuson et al., 1979; Reynolds, Casterlin, 1979; Elliott, 1981; Cherry, Cairns, 1982; Beitinger et al., 2000 и др.) исследователей.

В результате многолетних исследований, начиная с середины 70-х гг. прошлого века, нами были впервые изучены две формы температурных адаптаций рыб, характеризующих их эколого-физиологический оптимум и пессимум. Получены экспериментальные данные – показатели окончательно избираемой температуры (ОИТ) в условиях градиента фактора и значения верхней летальной температуры (ВЛТ) у 50-и видов рыб, обитающих в Волге и расположенных в ее бассейне водоемах (Голованов, 1996; Смирнов, Голованов, 2004; Голованов, Смирнов, 2007; Голованов, 2013; Golovanov, 2013; Голованов, Капшай, 2015; Голованов, 2018; Голованов, Некрутов, 2018).

Сформулировано и предложено понятие температурных критериев жизнедеятельности пресноводных рыб (Голованов, 2013; Golovanov, 2013). Для разделения рыб, обитающих в пресноводных водоёмах северо-запада России и волжских регионов, по отношению к температурному фактору нами предложено использовать три показателя – ОИТ, ВЛТ (полученная методом ХЛМ, хронического летального максимума) и температурный диапазон жизнедеятельности (Голованов, 2013). Виды рыб, для которых существуют такие данные, удалось объединить в четыре группы – наиболее теплолюбивые, теплолюбивые, умеренно теплолюбивые и холодолюбивые. Наибольшее количество видов исследовано для рыб из семейств карповых, окуневых и осетровых. Некоторые виды карповых – сазан (каarp), серебряный и золотой караси, амуры и толстолобики – показали достаточно высокий уровень термоустойчивости, их ВЛТ равнялись при использовании метода критического термического максимума (КТМ) величине, равной ~40–42°C. Диапазон температурной жизнедеятельности у сиговых и осетровых видов существенно меньше, значение их ВЛТ не превышает 29–31°C.

Полученные впервые результаты возможно использовать для прогноза влияния изменений климата на популяции теплолюбивых и холодолюбивых видов рыб, обитающих на Верхней, Средней и Нижней Волге, их распределение, поведение, численность и разнообразие. Возможна экспертная оценка оптимальных и сублетальных условий существования рыб в естественной среде, а также в случае выращивания рыб в аквакультуре. Наконец, эти экспериментальные данные будут полезны при анализе степени влияния аномально высокой температуры воды (выше 24°C для холодолюбивых видов и 30°C для теплолюбивых видов) в летнее время года.

Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А18-118012690102-9 при частичной поддержке темы Президиума РАН: 0122-2018-0001.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ГЛИКОЗИДАЗ РЫБ ИЗ УЧАСТКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

И. Л. Голованова¹, А. А. Филиппов¹, А. И. Аминов²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: golovanova5353@mail.ru

²Ярославский государственный медицинский университет,
150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5

Рыбинское водохранилище – одно из крупнейших в волжском каскаде. Развитие промышленного комплекса г. Череповец в северо-восточной части водохранилища и особенно крупномасштабная авария на металлургическом комбинате (1986–1987 гг.) привели к химическому загрязнению региона. Содержание загрязняющих веществ (тяжелые металлы, полихлорированные бифенилы и хлорорганические пестициды) в разных компонентах экосистемы (вода, донные отложения, бентос, рыба) Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища на 1–2 порядка выше по сравнению с наиболее чистыми Моложским и Волжским плесами (Флеров и др., 2001; Chuiko et al., 2007; Герман и др., 2010; Чуйко и др., 2010; Гапеева, 2013).

Сравнительный анализ активности гликозидаз слизистой оболочки и химуса кишечника не выявил различий у лещей, отловленных в Шекснинском и Моложском плесах, лишь активность мальтазы у рыб загрязненного участка была ниже. В то же время у рыб Шекснинского плеса отмечено снижение значений константы Михаэлиса (K_m) гидролиза углеводов, свидетельствующее об адаптивном увеличении фермент-субстратного сродства. Кривые температурной зависимости гликозидаз кишечника лещей из разных мест обитания достаточно близки (температурный оптимум ферментов слизистой равен 50°C, химуса – 40 и 50°C). Однако различия в зоне физиологических и постмаксимальных значений температуры, а также более высокие значения энергии активации ($E_{акт}$) гликозидаз в диапазоне температуры жизнедеятельности свидетельствуют о снижении эффективности гидролиза углеводных компонентов корма у леща из Шекснинского плеса (Голованова, Филиппов, 2012).

При исследовании *in vitro* отдельного и совместного действия ионов тяжелых металлов на активность гликозидаз (мальтаза, сахараза, амилалитическая активность) в кишечнике леща и плотвы, установлено, что мембранные ферменты у рыб из Шекснинского плеса менее чувствительны к действию ионов меди и цинка (0.1–5 мг/л) по сравнению с Волжским плесом. Ферменты, гидролизующие крахмал, у леща из загрязненного участка, напротив, более чувствительны к действию исследованных металлов, особенно, в летний период. Совместное действие ионов меди и цинка (1:1) в большинстве случаев ослабляет эффекты отдельного влияния этих металлов на активность дисахаридаз у исследованных видов (Голованова и др., 2014). Гликозидазы леща и плотвы, отловленных в более чистом Волжском плесе, наиболее чувствительны к негативному действию ионов свинца (0.01–25 мг/л) по сравнению с рыбами из Шекснинского плеса (Голованова, Урванцева, 2013).

Раундап (глифосатсодержащий гербицид) в условиях *in vitro* снижает амилалитическую активность в кишечнике плотвы из Шекснинского плеса в диапазоне концентраций 0.1–50 мкг/л, из Волжского плеса – лишь при максимальной концентрации. Активность мальтазы в присутствии Раундапа снижалась в большей степени у плотвы из Шекснинского плеса по сравнению с Волжским плесом (Аминов, 2018). Гликозидазы леща более устойчивы к действию Раундапа по сравнению с плотвой, что может быть обусловлено как разным спектром питания, так и молекулярной разнокачественностью ферментов, функционирующих в слизистой оболочке кишечника у этих видов.

Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А18-118012690102-9 при частичной поддержке темы Президиума РАН: 0122-2018-0001.

ШИРОТНЫЙ ГРАДИЕНТ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА СРЕДНИХ И МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Л. В. Головатюк

*Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: gollarisa@mail.ru*

Обобщены данные исследований макрозообентоса 93 средних и малых равнинных рек бассейна Нижней Волги, протекающих в лесостепной, степной и полупустынной природно-климатических зонах. Были исследованы средние реки Сок, Самара, Кондурча, Уса, Чапаевка, Большой Иргиз, Чагра, Еруслан, Соленая Куба, Торгун и их многочисленные притоки первого и второго порядка. Анализ был выполнен на основе 1392 проб бентоса, отобранных на 674 станциях рек в меженный период 1990–2017 гг.

В донных сообществах рек лесостепной зоны установлено 500 таксонов макрозообентоса из 106 семейств, степной – 387 таксонов из 92 семейств, полупустынной – 222 таксона из 69 семейств. В реках всех природно-климатических зон преобладают амфибиотические насекомые, среди которых по числу видов лидируют двукрылые. Постепенное снижение видового богатства макрозообентоса в широтном направлении происходит, преимущественно, за счет насекомых реофильных таксонов: установлено сокращение числа видов веснянок, ручейников, поденок и двукрылых (в частности, личинок хирономид из подсемейств *Diamesinae* и *Orthoclaadiinae*). Например, в реках полупустынной зоны не зарегистрированы представители 6 семейств поденок и 7 семейств ручейников, характерных для лесостепной или степной зон. Доля литореофильных видов в составе фауны снижается от 30% (реки лесостепи) до 12–0.1% (реки степной и полупустынной зон соответственно). В то же время таксономическое разнообразие таких групп макрозообентоса, как олигохеты, клопы и жуки меняется незначительно.

Сравнительная оценка числа зарегистрированных видов (S) выполнялась путем построения кривых разрежения с последующей аппроксимацией данных степенной функцией. Установлено постепенное снижение видового богатства макрозообентоса рек в широтном направлении. Прогноз видового богатства при одном и том же количестве проб n , выполненный по модели Аррениуса ($S = 20.8n^{0.45}$) показывает, что при $n = 200$ прогноз видового богатства для рек лесостепной зоны составляет 418 видов, степной – 224; полупустынной – 190 видов.

Для проверки нулевой гипотезы о близости видового состава макрозообентоса рек в разных природно-климатических зонах использовался непараметрический дисперсионный анализ Андерсона (Anderson, 2006). Средний квадрат расстояний между центроидами групп существенно превосходит средний квадрат внутригрупповых расстояний по F -критерию, т.е. фактор ландшафтной зоны статистически значим с высокой вероятностью, что свидетельствует о постепенном изменении таксономического состава донных сообществ в широтном направлении.

Выделение таксономических групп, статистически связанных с ландшафтной зоной, выполняли с использованием метода «случайного леса» (Random Forest). Установлено, что наиболее тесную связь с классификацией по природно-климатическим зонам обнаруживают семейства *Asellidae* и *Ephydridae*, приуроченные к обитанию в реках степной и полупустынной зон. Статистически значимо зависимыми являются еще 29 семейств беспозвоночных, из которых, например, *Ephemeraeidae* и *Hydropsychidae* являются наиболее характерными для лесостепной зоны.

Несмотря на широкий спектр локальных биотопических условий, складывающихся в реках различных природно-климатических зон, можно говорить о проявлении широтного градиента таксономического разнообразия макрозообентоса, выражающегося в снижении видового богатства и постепенной смене фаунистических комплексов.

ЭКОЛОГИЯ И ПРОДУКЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *PALPOMYIA SCHMIDTY* И *CULICOIDES* SP. (DIPTERA: CERATOPOGONIDAE) В СОЛЕННЫХ РЕКАХ БАССЕЙНА ОЗЕРА ЭЛЬТОН

Л. В. Головатюк, Т. Д. Зинченко

Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: gollarisa@mail.ru

Личинки цератопогонид являются постоянным компонентом фауны макрозообентоса соленых рек бассейна оз. Эльтон, играя большую роль в питании водоплавающих птиц *Charadrius hiaticula*, *Ch. dubius*, *Ch. alexandrines*, *Phalaropus lobatus*, *Calidris alpina*, *C. ferruginea*, *C. minuta*, *C. alba*, *Limicola falcinellus*, *Philomachus pugnax* и др., использующих реки в качестве мест откорма во время трансатлантических перелетов.

Материал для исследований был собран в весенний и летний периоды 2007, 2011, 2014–2015 гг. в малых соленых реках Чернавка и Солянка. В составе фауны семейства было установлено два таксона: *Palpomyia schmidty* (Goetghebuer, 1934) и *Culicoides* sp. Преимагинальные стадии цератопогонид *P. schmidty*, широко распространенных в реках засушливых территорий, были описаны нами впервые (Szadziwski et al., 2016). Личинки *P. schmidty* обитают в реках Чернавка и Солянка на черных и серых песчаных илах с примесью растительных остатков, а также в зарослях *Enteromorpha intestinalis* на глубинах от 0.05 до 0.8 м при скорости течения 0.02–0.4 м с⁻¹. Уровень минерализации воды в местах находок личинок изменялся в пределах 17.2–31.7 г л⁻¹, рН – 6.5–8.4, концентрация растворенного кислорода – 2.6–35.0 мг л⁻¹. Зрелые личинки были найдены под соляной коркой оз. Эльтон при минерализации 112.5 г л⁻¹.

Личинки цератопогонид *Culicoides* sp. отмечены исключительно в прибрежье верхнего течения р. Чернавка на глубине 0.3 м при скорости течения 0.3 м с⁻¹. Соленость воды в месте сбора личинок составляла 28.1 г л⁻¹, рН – 7.6, концентрация кислорода в придонном слое – 2.9 г л⁻¹.

Представители сем. Ceratopogonidae вносят большой вклад в численность и биомассу донных сообществ, составляя в рр. Чернавка и Солянка до 25–42% общей численности и 26–30% общей биомассы макрозообентоса. При этом доля *Culicoides* sp. в количественных показателях личинок семейства не превышает 0.1%. Максимальная численность личинок *P. schmidty* (48000 экз. м⁻²) была зарегистрирована в р. Чернавка в мае 2015 г.

Расчет продукции популяций *Palpomyia schmidty* и *Culicoides* sp. был выполнен на основе рекомендаций ориентировочных экспресс-расчетов продукционных характеристик по уравнениям зависимости удельной продукции от температуры воды в водоеме (Голубков, 2000). Продукция популяций в разные месяцы периода исследований составила в р. Чернавка 1.61 г м⁻² мес.⁻¹, в р. Солянка – 1.43 г м⁻² мес.⁻¹. Наблюдались различия в показателях продукции личинок в разные сезоны года: в мае средние за месяц значения продукции в рр. Чернавка и Солянка были значительно выше (4.85–3.5 г м⁻² мес.⁻¹), чем в августе (0.91 г м⁻² мес.⁻¹).

Сравнительный анализ показывает, что полученные среднемесячные величины продукции популяций *Palpomyia schmidty* и *Culicoides* sp. в соленых реках в 4–800 раз превышают годовую продукцию личинок Ceratopogonidae в пресноводных реках и озерах (Winberg 1971; Gladden and Smock 1990; Bowen, 1983; Wright, 2011). Большие значения биомассы и продукции популяций личинок Ceratopogonidae в соленых реках обусловлены высокой температурой воды в течение вегетационного периода и особенностями питания личинок *P. schmidty*, потребляющих селективно бактерий и в массе развивающихся диатомовых водорослей в эвтрофных соленых реках Приэльтона. Проведенные исследования необходимы для оценки продукции донных сообществ и сравнительного анализа функционирования личинок семейства Ceratopogonidae в градиенте минерализации соленых рек аридного региона гипергалинного оз. Эльтон.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-04-00135.

ВНУТРИСУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДЕ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ

А. В. Гончаров¹, М. Г. Гречушникова^{1,2}, Е. Р. Кременецкая²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Москва, Ленинские горы, ГСП-1

²Институт водных проблем РАН

Москва, ул. Губкина 3, e-mail: tata15333@mail.ru

Изучение продукционно-деструкционных процессов в водоемах имеет существенное значение при рассмотрении различных аспектов водохозяйственной деятельности: при коммунальном водоснабжении; в рыбном хозяйстве, рекреации при решении вопросов охраны вод. Исследования обычно проводят скляночным кислородным (или радиоуглеродным) методом при суточной экспозиции проб воды. При этом изменения параметров, происходящие за короткие промежутки времени в течении суток, остаются малоизвестными. Чтобы восполнить этот недостаток, нами использована автоматизированная продукционная установка, позволяющая получить внутрисуточные значения первичной продукции и деструкции органического вещества в воде.

Устройство состоит из двух сосудов каплевидной формы со стеклянными патрубками сверху и снизу. Верхние патрубки открыты, нижние – соединены силиконовыми трубками с водяным насосом, работающим от аккумулятора. Насос обеспечивает смену воды каждые 3 часа. В сосуды вмонтированы регистраторы кислорода с оптическими датчиками (производства фирмы Onset, США), которые измеряют содержание растворенного в воде кислорода каждые 15 мин. Одновременно регистрируется температура воды, а также – фотосинтетически активная солнечная радиация (ФАР) – с помощью прибора, установленного на берегу (на воздухе). Продуктиометр установлен на плавучей платформе посреди Красновидовского плеса Можайского водохранилища.

В период наблюдения в августе 2017 г. погода была переменчивой: 11–21 августа – тепло и солнечно, 22–31 августа – прохладно и пасмурно. Валовая первичная продукция в первый период составила в среднем 4.7 мгО₂/л*сут, во второй – 4.1 мгО₂/л*сут; деструкция – 3.0 мгО₂/л*сут и 2.3 мгО₂/л*сут, соответственно. Амплитуда суточных изменений продукции в первый период была почти в 1.5 раза больше, чем во второй.

Обращает на себя внимание то, что суточный ход валовой первичной продукции планктона был лишь в малой степени связан с температурой воды – коэффициент корреляции $r = 0.19$. В то же время график первичной продукции почти полностью совпадает с графиком ФАР ($r = 0.87$). Это объясняется тем, что суточный ход солнечной радиации и температуры воды не совпадают по времени из-за высокой теплоемкости воды. Максимум ФАР наблюдается сразу после 12:00, а наибольшая температура воды – около 17:00. Поскольку влияние на фитопланктон света и температуры не совпадает по времени, прогрев воды во второй половине дня не оказывает на водоросли благоприятное воздействие, так как они в это время испытывают недостаток солнечного света.

Суточный ход деструкции, напротив, связан с температурой воды ($r = 0.61$). Максимум деструкции наблюдается во второй половине дня; высокие значения сохраняются и ночью.

Таким образом, использование нового метода исследования позволило рассмотреть некоторые малоизученные особенности: вследствие того, что максимумы ФАР и температуры воды значительно разнесены между собой, существенно не совпадают друг с другом в течение дня также продукция и деструкция. Отмеченные особенности более ярко проявились в период теплой погоды (12–21 августа), чем во время похолодания (22–31 августа).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №18-05-01066).

МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО В ХЕМОКЛИНЕ ОЗЕР СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ АНОКСИИ

М. Ю. Горбунов, М. В. Уманская

Институт экологии Волжского бассейна РАН,

445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: myugor1960@gmail.com

Значительная часть озер на территории Среднего Поволжья является стратифицированной с резко выраженными градиентами физико-химических факторов среды. Наиболее важным фактором, оказывающим влияние на состояние планктонного сообщества, является наличие/отсутствие окислительно-восстановительного градиента (редоксклина), за счет которого формируются две водные массы с пограничной (контактной) зоной между ними. Мощность и глубина залегания контактной зоны определяется крутизной основного градиента, морфометрическими особенностями водоема и комбинацией прочих факторов.

Химизм воды гипо/монимолимниона зависит от состава воды озер. Большинство бореальных стратифицированных озер имеют воду с низкой общей минерализацией и низким содержанием как сульфатов, так и железа, и марганца. Трансформация органических веществ в них происходит путем брожения и метаногенеза в грунтах и придонном слое воды, и аноксия не сопровождается накоплением сколь либо значительных количеств неорганических восстановленных соединений. Этот тип аноксии можно назвать "органогенным". В лесостепном Поволжье и некоторых озерах лесной зоны с более высокой концентрацией сульфатов в воде окисление органических соединений после исчерпания кислорода осуществляется преимущественно путем сульфатредукции, и сопровождается накоплением значительных количеств сульфидов и формированием типичных эксинных условий. Наконец, в особых условиях аноксия в гиполимнионе может сопровождаться накоплением растворенных соединений Fe(II) и Mn(II). Такие (сидеротрофные) озера довольно редки, поскольку микробное восстановление железа и марганца куда чаще приводит к образованию нерастворимых соединений, в первую очередь магнетита.

В озерах с аноксией эксинного типа формируется узкая, перекрывающаяся с летним термоклином, зона градиентов многих ключевых условий среды. Ширина этой зоны редко превышает 1 м, а скачок Eh, как правило, охватывает диапазон 0.1–0.3 м. В пределах этой зоны формируется "микробная пластина" с высокой численностью и биомассой микроорганизмов, в пределах которой наблюдается вертикальное чередование различных групп оксигенных и аноксигенных фототрофов. Из-за сильной токсичности сульфидов, фототрофные эукариоты практически отсутствуют в слоях ниже редоксклина.

В сидеротрофных озерах область градиента Eh, как правило, более широка и лишь частично перекрывается с областью градиентов других физико-химических условий среды. Между термо- и редоксклином может формироваться широкая (до 4 м и более) "переходная зона" с условиями от микроаэробных до микроанаэробных. Фототрофное сообщество переходной зоны по своему составу и вертикальной структуре довольно существенно отличается от сообществ узкой зоны "хемоклина" в эксинных озерах, причем зоны максимального развития различных групп, как правило, перекрываются слабо. Фототрофные эукариоты присутствуют и разнообразны не только в переходной зоне, но и в слоях ниже редоксклина.

Озера с органогенным типом аноксии, несмотря на их широкое распространение, остаются пока наименее изученными. Однако нескольких исследованных нами озерах этого типа в зоне редоксклина были отмечены максимумы биомассы некоторых фототрофных микроорганизмов, и присутствие аноксигенных фототрофных бактерий.

Различия в степени развития хемоклинных популяций оксигенных фототрофов в озерах разных типов в первую очередь обусловлены, очевидно, компромиссом между токсичностью воды анаэробных слоев и доступностью биогенных элементов, а аноксигенных фототрофных бактерий – различными скоростями диффузии и/или регенерации восстановленных соединений (сульфидов и закисного железа) в зону хемоклина.

РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА АЛЬГОЦЕНОЗОВ ПЛАНКТОНА НЕКОТОРЫХ РЕК-ПРИТОКОВ КУЙБЫШЕВСКОГО И САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

О. Г. Горохова, Т. Д. Зинченко

Институт экологии Волжского бассейна РАН

445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: o.gorokhova@yandex.ru

Современные альгологические исследования, проведенные на малых и средних реках-притоках водохранилищ: Куйбышевского (рр. Уса, Б. Черемшан) и Саратовского (рр. Самара, Чагра), относятся к летнему периоду 2012–2017 гг. Реки испытывают разную степень антропогенной нагрузки непосредственно (поступление хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод) и на водосборной площади (сельское хозяйство). Устья и участки нижнего течения рек, подтопленные при создании водохранилищ, являются их заливами и находятся в подпоре. Изучение таксономической и количественной структуры фитопланктона даёт возможность охарактеризовать особенности водотоков, выявить различия экологических условий, получить представление о факторах, влияющих на фитопланктон рек.

Экологическая неоднородность по длине водотока обуславливает значительную динамику таксономического состава и количественной структуры планктонных сообществ, о чем свидетельствуют низкая частота встречаемости видов, слабая флористическая общность и различия состава доминирующих видов участков рек. В исследованных реках часть водотока со свободным течением и зона подпора (устье–залив) существенно различаются по показателям количественного развития фитопланктона, составу и структуре преобладающих групп водорослей, видовому разнообразию. Зарегистрированные величины численности в реках составляют от 0.02 до 10.01 млн кл./л, биомассы – от 0.01 до 6.77 мг/л, содержание хлорофилла *a* – 0.01–7.83 мкг/л. В то же время, в устьях-заливах эти показатели выше во много раз; наибольшие величины (551.41 млн кл./л, 87.93 мг/л, 23.83 мкг/л) отмечены в планктоне Усинского залива, находящегося в зоне максимального подпора Куйбышевского водохранилища. В планктоне рек определяют состав альгофлоры и количественно преобладают Bacillariophyta и Chlorophyta, доминирование Cyanoprokaryota может наблюдаться локально на подпруженных участках. В отличие от этого, в зонах подпора структурообразующими в альгоценозах являются виды водорослей, характерные для водохранилищ, в планктоне наблюдается продолжительное развитие и доминирование Cyanoprokaryota как по численности, так и по биомассе, «цветение» воды. Индекс Шеннона изменяется в альгоценозах планктона рек в диапазоне 0.5–2.7 бит/экз., в устьях-заливах – 0.9–3.1 бит/экз., Пиелу – 0.3–0.9 и 0.2–0.8 соответственно. Характерно низкое удельное число видов и минимальные значения индексов для участков верхнего течения рек, где сообщества потамопланктона не сформированы, рост величин этих показателей наблюдается на участках среднего и нижнего течения и отражает усложнение структуры альгоценозов. Кроме того, рост ценотических индексов характерен для участков рек после населенных пунктов, что связано с увеличением разнообразия сапробных видов. В зоне перехода от реки к заливу происходит формирование экотонных сообществ с наиболее высоким таксономическим богатством и видовым разнообразием. С другой стороны, в период массового развития Cyanoprokaryota в самих устьях-заливах зарегистрированы черты изменения ценотической структуры – снижение видового разнообразия и выравнивания. Установлено, что в условиях высокого содержания в воде основных биогенных элементов (N, P) связь трофического фактора с уровнем биомассы и концентрацией Хл *a* не выражена. Факторами, влияющими на состав, степень развития и распределение фитопланктона рек, являются гидрологические, а также биотопическая неоднородность естественного и антропогенного происхождения.

Работа выполнена по бюджетной теме: «Устойчивость и продуктивность водных экосистем на основе анализа разнообразия биотических компонентов лотических и лентических экосистем бассейна Средней и Нижней Волги, их эколого-биологических и структурных изменений в природных условиях и при антропогенном воздействии» и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-44-630197.

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЦАХ РЕЧНОГО ОКУНЯ *PERCA FLUVIATILIS* (PERCIFORMES: PERCIDAЕ) ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА

В. А. Гремячих, В. Т. Комов

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

Проблема накопления ртути (Hg) в рыбе остается актуальной для многих водоемов северо-запада европейской части России. Особого изучения требуют крупные водоёмы России, так как они представляют собой не только транспортные артерии, источники минеральных ресурсов, объекты водоснабжения, рекреации, но и объекты спортивного и промыслового рыболовства.

Ранее наиболее высокие уровни накопления ртути в пресноводных водоёмах северо-запада европейской части России зарегистрированы в мышцах окуня, обитающего в небольших (площадь водного зеркала $S < 1 \text{ км}^2$), кислотных озёрах – до 3.04 мг/кг сырой массы. У окуня из водоёмов с нейтральными значениями рН воды, что, в первую очередь, относится к крупным озёрам и водохранилищам ($S > 30 \text{ км}^2$), концентрации ртути ниже в разы. Но и они могут представлять риск для здоровья теплокровных животных, в рационе питания которых рыба является обязательным элементом.

В 1997–2017 гг. на станциях Волжских водохранилищ на анализ содержания ртути сетями и неводом был отловлен окунь: на Ивановском (39), Угличском (73), Рыбинском (148), Шекснинском (41), Саратовском (11) и в низовьях Волги в районе Астрахани (17 экз.) На станциях Рыбинского водохранилища были отобраны также налим *Lota lota* L. (10), плотва *Rutilus rutilus* L. (31), судак *Sander lucioperca* L. (62) и щука *Esox lucius* L. (27 экз.).

Содержание ртути в спинных мышцах рыб определяли в 2–3 повторностях атомно-абсорбционным методом холодного пара на ртутном анализаторе РА-915+с приставкой ПИ-РО (Люмэкс), без предварительной подготовки проб. Точность аналитических методов измерения контролировали с использованием сертифицированного биологического материала DORM-2 и DOLM-2 (Институт химии окружающей среды, Оттава, Канада).

Самые высокие уровни накопления металла в мышцах были отмечены для представителей хищных видов рыб: щуки – до 1.92, судака – до 0.74 и окуня – до 0.91. Ниже – у мирных видов леща и плотвы – до 0.10 и 0.36 мг/кг сырой массы соответственно. Выявлена корреляционная зависимость содержания ртути от массы рыб для окуня, судака, налима и плотвы Рыбинского водохранилища.

Концентрация Hg в мышцах окуня из Волжских водохранилищ за годы исследования варьировала в пределах 0.01–0.91 мг/кг сырой массы. Выборки рыб по годам различались по содержанию ртути в мышцах, так же, как и по морфометрическим показателям (масса, размер). Содержание металла в мышцах рыб из Ивановского, Рыбинского, Шекснинского и Саратовского водохранилищ положительно коррелировало с массой рыб ($r = 0.62–0.91$, $p < 0.0001$). Значение показателя у самок и у самцов статистически значимо не различались.

Содержание ртути в мышцах речного окуня Рыбинского водохранилища, выборка из которого была наиболее многочисленной, варьировало в пределах 0.01–0.82, в Ивановском 0.01–0.43, Угличском 0.01–0.45, Шекснинском 0.03–0.48, Саратовском 0.04–0.23 и в низовьях Волги 0.08–0.35 мг/кг сырой массы. Для сравнения значения показателей по исследованным Волжским водохранилищам, выборки из которых существенно различались по размерно-весовым показателям, масса особей в выборках была ограничена 100 г. Несмотря на разнообразие гидрологических и экологических параметров, водохранилищ по содержанию ртути в мышцах окуня статистически достоверных различий между ними не установлено.

ФИТОПЛАНКТОН КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ПРИТОКОВ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2017 Г.

Л. Г. Гречухина¹, Л. Г. Корнева²

¹Татарское отделение ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга»

г. Казань, Республика Татарстан, e-mail: rezedageorgii@mail.ru

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

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: korneva@ibiw.yaroslavl.ru

В августе 2017 г. проведено исследование фитопланктона Куйбышевского водохранилища и его притоков (Свияга, Кама, Б. Черемшан, Уса) на НИС «Академик Топчиев».

Цель работы – оценить пространственное распределение видового состава и количественных характеристик фитопланктона Куйбышевского водохранилища в летний период.

Отбор проб осуществляли на 17 станциях из всего столба воды. Концентрацию, консервирование и определение численности и биомассы фитопланктона осуществляли методами, принятыми в ИБВВ РАН (Методика ..., 1975).

В результате исследований выявлено 82 таксона водорослей рангом ниже рода из 6 отделов. Наиболее богатым в видовом отношении был отдел зеленых водорослей (Chlorophyta). Их доля в общем богатстве таксонов составила 40%. На втором месте находились диатомовые (Bacillariophyta – 29%) и цианопрокариты (Cyanoprokaryota – 18%) водоросли. Численность фитопланктона в среднем составляла 709 ± 87 тыс. кл./л, биомасса – 2.53 ± 0.46 мг/л. Их значения были заметно выше в районах устьевых зон притоков р. Волга.

Для анализа флористического сходства планктона между станциями проведен кластерный анализ. В качестве меры сходства использован коэффициент Брея–Кёртиса (Bray, Curtis, 1957). Проведенный анализ показал наличие в районе исследования трех флористических комплексов.

Первый комплекс обнаружен на станциях, расположенных ниже населенных пунктов: Новочебоксарска, Звенигова, Свияжка, Новоульяновска. Характерными таксонами для этого комплекса были диатомовые (*Cyclotella* sp.), зеленые водоросли (виды рода *Chlamydomonas*) и цианопрокариты (*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs) с частотой встречаемости 100%. Второй комплекс был образован на станциях, расположенных в верхнем, центральном и нижнем участках Куйбышевского водохранилища, где преобладали диатомовые *Aulacoseira* sp. и зеленые *Chlamydomonas* sp. (частота встречаемости 100%). Третий комплекс был сформирован преимущественно для устьевой зоны притоков водохранилища (Кама, Большой Черемшан, Уса), где выявлены самые высокие количественные показатели фитопланктона. Частота встречаемости (100%) зафиксированных таксонов этого комплекса – диатомовые *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Aulacoseira* sp., цианопрокариты *Pseudanabaena limnetica* (Lemm.) Komárek, *Oscillatoria* sp., *Anabaena* sp. Уникальным составом альгофлоры отличался участок, расположенный в русловой части р. Казанка, где отмечены минимальные показатели разнообразия и обилия фитопланктона. Отмеченными таксонами этого участка были диатомовые *Aulacoseira* sp., цианопрокариты *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. и зеленые *Chlamydomonas* sp. В целом видовое сходство фитопланктона в районе исследования было достаточно высоким, коэффициент Брея–Кертиса составлял в среднем 5.3 (53%).

Выражаем благодарность за помощь в сборе материала членам команды судна «Академик Топчиев» и сотрудникам ИБВВ РАН.

Список литературы

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука. 1975. 240 с.

Bray J.R., Curtis J.T. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin // *Ecol Monogr*. 1957. V. 27. P. 325–349.

ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

И. Л. Григорьева, А. Б. Комиссаров, Е. А. Чекмарёва

Иваньковская НИС – филиал Института водных проблем РАН

171251, Тверская область, г. Конаково, ул. Белавинская, 61-А, e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru

Формирование качества воды водных объектов происходит, как известно, под влиянием природных и антропогенных факторов.

Из природных факторов для водохранилищ бассейна верхней Волги (Верхневолжское, Вышневолоцкое, Шлинское, Иваньковское, Угличское) следует отметить значительную увлажненность территории водосбора (до 925 мм осадков в год), преобладание дерново-подзолистых (разной степени оподзоливания), подзолистых и по понижениям – дерново-глеевых и болотных типов почв. Толща подзолистых и дерново-подзолистых почв повсеместно хорошо отмыта от легкорастворимых солей сульфатов и хлоридов. Поэтому в регионе формируются гидрокарбонатные воды преимущественно малой и средней минерализации. Торфяно-болотные почвы, обладая повышенной кислотностью, уменьшают минерализацию поверхностных вод и обогащают ее органическими и биогенными веществами. Так минерализация воды Верхневолжского и Вышневолоцкого водохранилищ в последние годы (2013–2017 гг.) не превышает, как правило, 150–170 мг/дм³, а цветность иногда достигает 150° Pt-Co шкалы цветности и выше. Минерализация Иваньковского и Угличского водохранилища в период открытой воды в последние годы не выше 250 мг/дм³, а максимальные значения цветности могут достигать 70–100° Pt-Co шкалы цветности.

Антропогенными источниками загрязнения поверхностных вод бассейна являются недостаточно очищенные, из-за неэффективной работы очистных сооружений, сточные воды промышленных, сельскохозяйственных и предприятий коммунальных хозяйств населенных пунктов расположенных по берегам; подогретые воды, отводимые Конаковской ГРЭС в Мошковичский залив Иваньковского водохранилища; неорганические и органические удобрения, вносимые на сельскохозяйственные поля и дачные участки; рекреация; маломерный флот; интенсивная застройка водоохраных зон, которые в последние десятилетия практически утратили свою водоохранную функцию и другие.

Максимальную долю загрязняющих веществ, поступающих в водохранилища верхней Волги, составляют сульфаты и хлориды, поэтому в период зимней сработки уровня концентрации этих элементов в воде водохранилищ могут увеличиваться в два раза, по сравнению, с летним периодом.

Со сточными водами в водоемы и водотоки поступают также взвешенные вещества, легкоокисляющиеся органические вещества по БПК_{полн} и БПК₅, органический и минеральный фосфор, аммонийный и нитратный азот, нефтепродукты, СПАВ, медь, цинк, никель, хром.

Исследования микрокомпонентного состава воды Иваньковского водохранилища в 2015–2017 гг. показали, что по сравнению с 1977 г. диапазон изменения концентраций железа общего, марганца и меди в воде водоёма остался прежним, что свидетельствует о том, что на содержание этих микроэлементов в воде влияют, в основном, природные факторы. В последние годы в воде Иваньковского водохранилища, по сравнению с концом 1970-х гг., возросли концентрации цинка. Установлено, что полученные концентрации во всех створах наблюдений не превышали региональных значений. Зон экстремального загрязнения микрокомпонентами не выявлено. В воде Угличского водохранилища, по сравнению с Иваньковским, в отдельные периоды отмечены более высокие концентрации меди и свинца.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ, ОСНОВАННЫХ НА СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ, С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И КАЧЕСТВА ВОДЫ ЛОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Д. С. Даирова¹, О. Г. Тарасова²

¹ФГБОУ ВО Казанский государственный медицинский университет Минздрава России
г. Казань, ул. Бутлерова, 49, e-mail: dairova3110@mail.ru

²ФГБНУ Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
г. Астрахань, ул. Савушкина, 1, e-mail: tarasova-tarasova1977o@yandex.ru

Оценка экологического состояния и качества воды Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) проводилась нами с апреля по октябрь 1998–2005 гг., 2010–2016 гг. – в рук. Ахтуба близ с. Сеитовка (1998–2005 гг., 2010–2013 гг.) и в русловой части ВАП на станциях, расположенных близ с. Замьяны, с. Волжский, с. Сероглазка, с. Енотаевка, с. Цаган-Аман, с. Никольское, с. Соленое Займище, с. Старица, с. Каменный Яр, с. Татьяна, г. Волгоград (2003–2005 гг., 2010–2016 гг.). Камеральная обработка проб макрозообентоса проводилась с использованием общепринятых гидробиологических методов. В период собственных исследований согласно результатам инвентаризации видового состава было выявлено, что фауна донных беспозвоночных ВАП была достаточно разнообразной – 162 вида и таксона рангом выше вида, принадлежащих к 8 классам: Insecta, Bivalvia, Gastropoda, Crustacea, Oligochaeta, Polychaeta, Nematoda, Hirudinea (Даирова, 2004; Зинченко и др., 2010; Тарасова, Зайцев, 2016; Даирова, Тарасова, 2017). Среди обнаруженных видов и форм донных организмов в водотоках ВАП к массовым и наиболее часто встречаемым были отнесены таксоны, характерные в большей степени для β -, β - α , α - β -мезосапробных зон: брюхоногие моллюски *Lithoglyphus naticoides*, *Theodoxus pallasi*, *Viviparus viviparus*, двустворчатые моллюски *Dreissena polymorpha*, гаммариды *Dikerogammarus haemobaphes*, *Pontogammarus robustoides*, *P. abbreviatus*, *Niphargoides corpulentus*, *Obesogammarus obesus*, *Stenogammarus carausui*, *St. deminutus*, корофииды *Chelicorophium curvispinum*, ручейники *Hydropsyche angustipennis*, мокрецы сем. Ceratopogonidae, хирономиды подсем. Chironominae – *Chironomus* (s. str.) *plumosus*, *Stictochironomus crassiforceps*, *Lipiniella moderata*, *Cladotanytarsus* gr. *mancus*.

Анализ качества воды по показателям бентосных сообществ показал, что воды исследуемых станций русловой части ВАП, согласно значениям традиционных индексов, применяемых в биоиндикации (индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека, биотический индекс Вудивисса, олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея), оценивались как «умеренно-загрязненные» и «загрязненные» (III–IV классы). Воды русла реки по значению индекса сапробности соответствовали водам β -, β - α -мезосапробных зон. Воды рук. Ахтуба, судя по значениям олигохетного индекса, можно охарактеризовать как «загрязненные» и «грязные» (IV–V классы). По значениям биотического индекса качество воды рук. Ахтуба оценивалось в диапазоне III–V классов. Значения индекса сапробности на протяжении всего периода наблюдения соответствовали IV классу чистоты, что позволило отнести воды рук. Ахтуба к β - α и α - β -мезосапробным зонам. Таким образом, оценивая качество воды исследуемых водотоков с использованием традиционных методов биоиндикации, выявлено, что наиболее загрязненными являются воды рук. Ахтуба. Ухудшение качества воды рукава взаимосвязано с происходящими в последние годы изменениями в гидрологическом режиме Ахтубы (маловодность, снижение скорости течения и, как следствие, обмеление, заиливание и зарастание).

В целом, результаты проведенных исследований позволяют расширить представления о структурно-функциональных особенностях лотических систем и о современном экологическом состоянии ВАП. Полученные данные могут быть использованы при составлении прогнозов, разработке рекомендаций для районирования различных участков ВАП по оценке их биологической продуктивности, для анализа кормовой обеспеченности рыб-бентофагов, а также при планировании природоохранных мероприятий.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ БАЛАНСА ФОСФОРА В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Ю. С. Даценко, В. В. Пуклаков

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, e-mail: yuri0548@mail.ru*

Для оценки многолетней изменчивости растворенного минерального фосфора использовались результаты расчета экологических переменных в Можайском водохранилище по модели ГМВ-МГУ за 56-летний период его эксплуатации. В соответствии с концептуальной схемой круговорота фосфора в модели последовательно рассчитывались следующие составляющие внешнего и внутреннего баланса РМФ: поступление фосфора в водоем с речными водами, боковым притоком, перекачкой из Колоцкого водохранилища, из донных отложений при возникновении условий аноксии в придонных слоях водохранилища, в результате минерализации растворенного органического вещества, выделение фосфора в результате метаболизма фитопланктона, зоопланктона, рыб, сброс фосфора в нижний бьеф водохранилища, поступление фосфора в донные отложения в результате сорбции и соосаждения, потребление фосфора в процессе фотосинтеза фитопланктона. Анализ среднесезонных значений составляющих баланса фосфора показал, что в приходной части внешнего баланса растворенного минерального фосфора преобладает приток с речными водами, значительно превышающий сброс фосфора в нижний бьеф. Межгодовые колебания речного притока РМФ изменяются в диапазоне 20–100 т и зависят от гидрометеорологических условий года. Наименьшими значениями в приходной части баланса характеризуется поступление фосфора в результате его диффузии из донных отложений. Поток минерального фосфора в донные отложения определяется сорбцией этой формы фосфора на взвешьях и нерастворимых соединениях железа и марганца с последующим осаждением и намного превышает его диффузию из донных отложений и его сброс в нижний бьеф. Во внутренних потоках фосфора, связанных и жизнедеятельностью водных организмов, доминирует потребление ортофосфатов на развитие фитопланктона. Часть потребленного фосфора возвращается в воду в процессе дыхания и экскреции организмов, часть – в результате разложения детрита и аллохтонного органического вещества, при этом эти два потока соизмеримы по величине. Влияние гидрометеорологических особенностей отчетливо проявляется в изменении структуры и соотношения балансовых составляющих ортофосфатов в отдельные фазы гидрологического режима водохранилища. По данным расчета за многолетний период анализируются различия составляющих баланса растворенного минерального фосфора в отдельные фазы водного режима водохранилища. Выделены следующие фазы режима: зимние паводки, зимняя межень, подъем половодья, спад половодья, летне-осенние паводки, летне-осенняя межень. Внутренние потоки растворенного минерального фосфора, при участии водных организмов и играющие столь значительную роль в годовом балансе фосфора, проявляются только в вегетационный период, начиная с периода спада половодья, когда в водохранилище начинается цветение диатомовых водорослей. Общая результирующая баланса ортофосфатов достигает максимальных положительных значений в период половодья, особенно на его подъеме, а в меженный период при небольшом притоке за счет седиментации она становится отрицательной. Незначительно колеблется по фазам величина диффузии из донных отложений, которая максимальная в период летней межени, и седиментация, закономерно повышающаяся в периоды подъема водного притока – в половодье и паводки. Среднесезонное значение результирующей величины рассчитанных потоков минерального фосфора в Можайском водохранилище составила 26% от величины его притока.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ №18-05-01066.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИНВАЗИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ

Ю. Ю. Дгебуадзе

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
119071 Москва, Ленинский проспект, д. 33, e-mail: dgebuadze@sevin.ru
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр.12*

К началу XXI века стало очевидно, что наблюдаемые во всех без исключения частях Земного шара глобальные изменения вызваны как естественными процессами (прежде всего климатическими), так и последствиями человеческой деятельности, такими как деградация окружающей среды, трансформация местообитаний, загрязнение, глобализация транспортных перевозок и т.д. Эти процессы значительно увеличивают риск снижения численности или даже исчезновения популяций аборигенных видов и инвазий чужеродных видов. Волжский бассейн в последние 50 лет стал одним из ярких примеров, демонстрирующий влияния глобальных изменений на водные экосистемы. Если говорить об инвазионном процессе, то из естественных процессов на него существенным образом повлияло глобальное потепление. Холодолюбивые виды гидробионтов, которые по разным причинам распространились по волжскому бассейну ранее, сменились на представителей южных экосистем. Большую роль в данном случае играли и антропогенные факторы. Первостепенными из них являются искусственное развитие гидрографической сети, соединившее исторически разделенные водные бассейны, и создание водохранилищ. Водохранилища, хотя и являются результатом деятельности человека, обладают многими свойствами естественных водоемов озерного типа. С экологической точки зрения важно появление после зарегулирования стока реки новых местообитаний (литорали и пелагиали) и экотон (устьевых участков притоков). Такой рост гетерогенности среды и неустойчивость экосистем водохранилищ (особенно на первых этапах их существования) делает их исключительно уязвимыми к инвазиям чужеродных видов. В результате гидростроительства и связи с Азово-черноморско-каспийским бассейном Волга, являясь важным инвазионным коридором и реципиентом инвазий, в наибольшей степени по сравнению с другими большими реками России подверглась нашествию видов-вселенцев. В настоящее время в бассейне только рыб отмечено более 32%. При этом большая часть вселенцев населяет именно экосистемы волжских водохранилищ. Наибольшее число видов вселенцев обнаружено в относительно молодых водохранилищах: Горьковском, Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском. Не смотря на некоторое снижение в последние годы ряда форм антропогенного воздействия на водные экосистемы, которые способствуют инвазионному процессу (в частности, эвтрофирования) процессы расширения ареалов гидробионтами и их натурализация в бассейне Волги продолжают. Учитывая, что в волжском бассейне основными водоемами-реципиентами являются искусственные экосистемы – водохранилища, говорить о деструктивном воздействии видов-вселенцев на аборигенные экосистемы сложно. В настоящее время можно с определенностью отметить лишь тенденцию к гомогенизации биологического разнообразия по всему бассейну Волги. Последствиями гомогенизации может являться потеря устойчивости экосистем к любым природным и антропогенным воздействиям. Этот вопрос, безусловно, требует самого тщательного изучения. Другими актуальными направлениями исследований инвазионного процесса в бассейне Волги (как и других больших рек России, являющихся инвазионными коридорами и объектами гидростроительства и других форм антропогенного воздействия) должны быть: (1) постоянный мониторинг биоразнообразия с целью раннего выявления вселившихся в водоем видов; (2) оценка состояния популяций натурализовавшихся вселенцев (численность, биомасса, рост, плодовитость, продуктивность); (3) выявление их роли в экосистеме; (4) оценка степени их воздействия на устойчивость экосистемы водоема-реципиента (изменение состава функциональных групп и характеристик потоков вещества и энергии).

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЭВТРОФИРОВАНИЯ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Л. В. Дегтярева, Н. В. Галушкина

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства

Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1, e-mail: dlgru@mail.ru

Изучение гидрохимических параметров, позволяющих оценить уровень трофности, малых рек низовьев Волги дает оценку экологической ситуации, сложившейся на нерестовых угодьях многих промысловых видов рыб, а также предоставляет возможность определить качество воды, поступающей в Каспийское море с волжским стоком. В современный период, в условиях усиления эвтрофикационных процессов в дельте р. Волги (Бурлаков, 2012), детекция качества водной среды имеет особую актуальность.

Исследования проводились с апреля по октябрь 2013–2017 гг. на основных водотоках дельты р. Волги (Волго-Каспийский морской судоходный канал, Кировский, Белинский, Иголкинский и Карайский банки), в т. ч. и в межканальном пространстве. Были определены следующие показатели: прозрачность, рН, содержание взвешенных веществ, нитрат- и нитрит-ионов, аммонийного азота, фосфатов, растворенного кислорода, а также перманганатная окисляемость и химическое потребление кислорода в поверхностном слое воды. Уровень трофности оценивался по классификации В.Н. Жукинского с соавт. (1981).

По результатам исследований разряд качества вод от «достаточно чистой» до «предельно чистой» присвоен волжской воде только по концентрации аммонийного азота (диапазон значений 45–283 мкг/л). По всем остальным показателям качество воды на локальных участках соответствовало: эвтрофному – по содержанию фосфатов (38–195 мкг/л), нитратов (132–836 мкг/л), а также по перманганатной окисляемости (7.4–12.9); политрофному – по количеству взвешенных веществ (7.8–82.4 мг/л) и прозрачности (0.2–2.0 м); гипертрофному – по насыщению вод кислородом (63–175%), концентрации нитритов (10–117 мкг/л), рН (7.27–8.94) и бихроматной окисляемости (10.1–92.3). Максимумы по большинству показателей отмечены в водах Волго-Каспийского морского судоходного канала.

Высокая частота встречаемости признаков эв-, поли- и гипертрофного качества воды была зарегистрирована по перманганатной окисляемости (до 95% на Иголкинском канале), прозрачности (до 96% на Карайском канале), концентрации фосфатов (до 97% на Волго-Каспийском морском судоходном канале), по содержанию нитритов (до 100% на Кировском канале) и бихроматной окисляемости (до 100% на Кировском, Белинском, Иголкинском и Карайском каналах). Низкая частота встречаемости признаков эвтрофикации отмечена по следующим параметрам: аммонийный (0%) и нитратный азот (0–33%), насыщение вод кислородом (14–30%).

Таким образом, качество волжской воды на локальных участках оценивается как эвтрофное. При этом наиболее часто встречающиеся признаки эвтрофирования – высокие значения химического потребления кислорода и нитритов – свидетельствуют о наличии в волжской воде органического вещества как автохтонного, так и аллохтонного генезиса, и на задержку его окисления.

Список литературы

- Бурлаков И.А. Особенности формирования гидрохимического режима дельтовых водоемов реки Волга // Водные ресурсы Волги: история, настоящее и будущее, проблемы управления: материалы II межрегиональной научно-практической конференции. 25–27 октября 2012 г. Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2012. С. 187–191.
- Жукинский В.Н., Окснюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1981. Т. 17, № 2. С. 38–50.

ЦИКЛ МЕТАНА В ВОДОЕМАХ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА КАК ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А. Н. Дзюбан

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: microb@ibiw.yaroslavl.ru

Известно, что в пресноводных экосистемах процессы метаногенеза (МГ) играют основную роль на конечных этапах анаэробного распада органического вещества (ОВ) (Carpenberg, 1984; Гальченко и др., 2001), и в ходе антропогенного загрязнения водоемов значимость МГ в деструкции ОВ значительно возрастает (Дзюбан, 2010). При этом, образующийся в анаэробных слоях отложений метан, проникая в аэрируемую зону, активно окисляется, что ведет к падению Red/Ox и снижению активности аэробных микробных ценозов. Последнее уменьшает потенциальную способность экосистемы к «самоочищению» и приводит к усилению потока вторичного загрязнения (Дзюбан, 2014). Обозначенные проблемы обуславливают повышенный интерес гидроэкологов к изучению процессов цикла метана и их роли в формировании экологического состояния водоемов.

Углубленные исследования протекающих в донных отложениях (ДО) водохранилищ Волжско-Камского каскада микробных процессов цикла метана и распада ОВ позволили выявить ряд эколого-географических закономерностей.

Оказалось, что в грунтах слабо загрязненных и проточных участков водоемов, где интенсивность образования CH_4 низка – 0.005–0.01 мл/(дм³·сут), доля МГ в деструкции не превышает 0.1% и распад ОВ идет в основном аэробным путем. На участках, испытывающих существенное антропогенное воздействие за счет бытовых отходов активность МГ в илах значительно увеличивается до 0.5–6 мл/(дм³·сут), а его доля в деструкции составляет уже 5–30%. Причем здесь резко возрастает роль анаэробных процессов распада ОВ, что ведет к усилению выноса метана в воду и дефициту у дна растворенного O_2 . В зонах массивного поступления техногенных органических отходов, где формируются специфические в основном анаэробные ДО, иловой МГ достигает 17–90 мл/(дм³·сут) и является основным процессом деструкции ОВ, составляя 40–85% ее общей величины (Дзюбан, 2014). На подобных участках иловая микробиота теряет одну из важнейших функций – минерализация поступающих в водоем органических и минеральных веществ.

Оказалось, что в Камских водохранилищах роль процессов МГ в распаде ОВ более чем вдвое (в среднем) превышает аналогичные показатели в Волжских, что свидетельствует о значительном различии в них антропогенной нагрузки.

Оказалось, что содержание метана в воде, источником которого является не только иловой МГ, но и поступление с антропогенными отходами (Дзюбан, 2014), и интенсивность его окисления является важной экологической характеристикой водоемов и участков.

Оценка «качества» поверхностных вод по концентрации метана (CH_4 , мкл/л) и скорости его окисления (МО, мкл/(л·сут)) на различных участках Волги и Камы

Типичные участки водоемов	CH_4	МО	Качество вод
Открытые зоны вдали от населенных пунктов	1–5	< 0.1	чистые
Слабозаселенные речные участки	5–10	0.1–0.5	условно чистые
Судоходные трассы вблизи населенных пунктов	10–30	0.5–2	загрязненные
Вблизи крупных промышленных центров	30–80	2–10	грязные
У стоков промышленно-коммунальных отходов	> 80	> 10	особо грязные

Таким образом, изучение отдельных звеньев цикла метана в пресноводных водоемах, дает возможность дополнительной оценки их экологического состояния, позволяет глубже понять причины происходящих экосистемных изменений.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА РЕЧНОЙ ЧАСТИ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н. В. Думнич, Е. В. Лобуничева

Вологодское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

160012 г. Вологда, ул. Левичева, д. 5, e-mail: gosniorh-vologda@yandex.ru

Шекснинское водохранилище (оз. Белое и речная часть) является крупнейшим на территории Вологодской области и входит в состав Волго-Балтийского водного пути. Речная часть водохранилища протяженностью 120 км является затопленным руслом р. Шексна (до плотины в п. Шексна).

В работе проанализированы результаты мониторинговых наблюдений зоопланктона речной части Шекснинского водохранилища в последнее десятилетие (2009–2017 гг.). Станции отбора проб расположены в истоке р. Шексна (д. Крохино), вблизи д. Вогнема, с. Горницы, Топорня, Ирма и Сизьменском разливе водохранилища.

За весь период исследований в составе зоопланктона речной части Шекснинского водохранилища обнаружено 126 таксонов рангом ниже рода (коловраток – 52, кладоцер – 49, копепод – 25). В последнее десятилетие в водохранилище зафиксирован 101 таксон (Rotifera – 42, Cladocera – 37, Copepoda – 22). В среднем в единичной пробе встречается 13 видов. Данный показатель меняется от 22 видов летом до 8 видов – в подледный период.

Средняя численность летнего зоопланктона в указанный период составляла 83.9 тыс. экз./м³ при биомассе – 1.2 г/м³. Уровень развития зоопланктона водохранилища в разные годы значительно колеблется, что отмечалось и ранее. В 2009–2017 гг. минимальные численность и биомасса зоопланктона в летний период зафиксированы в водохранилище в 2016 г. – 33.9 тыс. экз./м³ и 0.4 г/м³ соответственно. Наибольшие величины этих показателей наблюдались в 2014 г. (135.6 тыс. экз./м³ и 2.7 г/м³). Увеличение общей плотности зоопланктона, как в 2014 г., так и в другие периоды, обусловлено высокой численностью в сообществе циклопов. Повышение биомассы связано с развитием *Sida crystallina* в зарослях погруженных гидрофитов, а также *Diaphanosoma brachyurum* и представителей рода *Daphnia*.

Несмотря на колебания общих численности и биомассы структура и состав доминирующего комплекса зоопланктона водохранилища в течение анализируемого периода сходны. Наибольшей плотности в составе сообщества летом достигают циклопы. Основу биомассы создают ракообразные. В составе доминантов всегда присутствуют *Eudiaptomus gracilis* и *Mesocyclops leuckarti*, практически ежегодно – *Diaphanosoma brachyurum*, *Kellicottia longispina*. Помимо этих видов к числу доминантов относятся *Conochilus unicornis*, *Asplanchna priodonta*, *Polyarthra* sp., *Bosmina coregoni*, *Daphnia cucullata*, *Limnospira frontosa*, *Sida crystallina*.

Сезонные изменения зоопланктона Шекснинского водохранилища наиболее детально изучались в 2014–2017 гг. Динамика численности и биомассы зоопланктона во все годы характеризовалась одновершинной кривой с максимумом в середине лета. В подледный период средняя численность зоопланктона водохранилища составляет 4.0 тыс. экз./м³, биомасса – 0.1 г/м³. Наибольшей численностью в этот период характеризуются циклопы (*Eudiaptomus gracilis*) и коловратки (*Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*). В мае уровень развития зоопланктона водохранилища значительно увеличивается преимущественно за счет циклопов и коловраток (в частности представителей рода *Synchaeta*). Средние численность и биомасса зоопланктона в анализируемые годы в весенний период были равны 38.7 (5.4–60.0) тыс. экз./м³ и 0.2 (0.1–0.5) г/м³ соответственно. В структуре зоопланктона отмечается постепенное увеличение к середине лета доли в численности и биомассе ветвистоусых ракообразных. В осенний период роль этих рачков в сообществе сокращается. Наблюдается закономерное снижение уровня развития зоопланктона при средней численности – 19.6 тыс. экз./м³ и биомассе – 0.4 г/м³.

СТРУКТУРА ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗ. КАМЕНИК КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Дюкова, С. А. Бутенина, Ю. В. Виноградова, Т. В. Волот

Костромской государственный университет

156000, г. Кострома, ул. 1 Мая, д. 14, e-mail: annadyukova.kgu@mail.ru

Озеро Каменик располагается на территории Костромской низины в Костромской области, принадлежит к Верхневолжскому бассейновому округу, является третьим по площади озером Костромской области и имеет площадь 2.72 км².

Сведения о состоянии альгофлоры озера Каменик в настоящее время очень скудны и немногочисленны. Вместе с тем, группа фитопланктонных организмов является весьма информативной при оценке экологического состояния водоёма. Поэтому целью нашего исследования стало изучение особенностей фитопланктона оз. Каменик.

Отбор проб фитопланктона осуществлялся в течение 2015–2017 гг. в летний и осенний периоды с использованием планктонной сети по общепринятой методике (Барина, Медведева, 1996) на 6 точках в акватории озера. Всего за период исследования было обработано 74 пробы, из них 45 – в летний период и 29 проб – в осенний. Пробы исследовались в фиксированном и в живом виде. Клетки водорослей учитывали в счетной камере Горяева. Для определения биомассы использовали счетно-объемный стереометрический метод (Методика исследований ..., 1975).

За период исследования в озере было обнаружено 52 рода водорослей, относящихся к шести отделам: Bacillariophyta (20 родов), Chlorophyta (17 родов), Cyanophyta (10 родов), Chrysophyta (3 рода), Dinophyta (1 род), Euglenophyta (1 род). Было установлено, что основу разнообразия фитопланктона озера Каменик как в летний, так и в осенний период составляли представители отделов Bacillariophyta и Chlorophyta. Однако были отмечены существенные сезонные колебания. Так, количество обнаруженных родов фитопланктона в летний период составляло 50 родов, из которых 19 и 17 приходились на долю Bacillariophyta и Chlorophyta, а в осенний период количество обнаруженных родов планктонные водорослей в озере составляло лишь 22, из которых 10 и 6 приходились на долю Bacillariophyta и Chlorophyta соответственно.

Вместе с изменением биоразнообразия существенные сезонные изменения претерпевали и количественные характеристики. Так в летний период количество клеток в 1 л воды составило 20532, а биомасса 65.4 мг/м³. В осенний период число клеток на 1 л снизилось до 7454, а биомасса уменьшилась почти на 80% относительно летних показателей и составила 13.2 мг/м³. Основу численности и биомассы фитопланктона озера как в летний, так и в осенний период в основном составляли представители Cyanophyta. На их долю приходилось 45% и 37% общего количества всех водорослей водоема, 66 и 74% биомассы фитопланктона летом и осенью соответственно. Среди представителей этого отдела наибольшие численность и биомасса были отмечены у родов *Oscillatoria* Gomont (1832) и *Microcystis* Lemmermann (1907) вне зависимости от сезона. Это вполне объяснимо, так как *Microcystis* и *Oscillatoria* являются летне-осенними водорослями, выносливыми к перепадам температур и могут развиваться даже в ноябре месяце. Представители Chlorophyta составляли в летний период 34% от общего количества клеток, что составляло около 30% суммарной биомассы фитопланктона озера, в осенний период эти показатели снизились до 27 и 18% для численности и биомассы соответственно. Что касается представителей других отделов, то их соотношение в целом сохраняется вне зависимости от сезона, за исключением представителей Dinophyta и Euglenophyta, однако в осенний период наблюдается уменьшение как их количества, так и биомассы.

Список литературы

Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний восток).

Владивосток: Дальнаука, 1996. 364 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 239 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

О. Н. Ерина, М. А. Терешина, Е. А. Вилимович

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, географический факультет,
e-mail: oxana.erina@geogr.msu.ru*

Подходы к моделированию динамики водных экосистем в последние десятилетия многократно менялись. Часть этих изменений была связана с развитием информационных технологий и появлением новых языков программирования, позволивших, например, продвигаться от процедуры ручной калибровки параметров к автоматической оптимизации с использованием самых эффективных математических методов. В программных средах R и Python к настоящему моменту разработано большое количество различных пакетов, колоссально упрощающих не только обработку и визуализацию результатов моделирования, но и получение, и подготовку исходных данных.

Другая часть изменений связана непосредственно с эволюцией подходов к представлению компонент водной экосистемы, которые учитываются при моделировании. В 1980-е годы при разработке, например, моделей эвтрофирования наблюдался тренд к как можно более детальному описанию водной системы. Во многих моделях подробнейшим образом описывались все процессы, протекающие в озерах и водохранилищах; схематизации балансов некоторых характеристик включали иногда не один десяток учитываемых факторов. Ярким примером подобных моделей является американская одномерная модель CE-QUAL-R1. Параметризация данного инструмента чрезмерно подробно описывает химико-биологические взаимодействия в водной экосистеме; при этом обеспечить гидрохимическим и гидробиологическим мониторингом весь перечень необходимых характеристик практически невозможно, что делает невозможной и достоверную верификацию таких моделей.

Поэтому довольно быстро стало очевидно, что чем больше процессов учитывает модель, тем сложнее ее калибровать, и, что самое важное, тем больше неопределенность выдаваемых ею результатов. И зачастую выходит, что использование простой модели Фолленвейдера для предсказания концентрации хлорофилла при возникновении экстремальных климатических явлений даёт гораздо лучшие результаты, чем использование комплексных моделей. Поэтому многие гидроэкологические модели, пошедшие по пути упрощения схематизации учитываемых процессов, получили в итоге наиболее широкое применение в научном и инженерном сообществе. Так, двухмерная модель CE-QUAL-W2, разработанная спустя 10 лет после одномерной версии, уже не содержала в себе учет циклов серы, марганца и железа, также были объединены процессы дыхания и выделения водных гидробионтов. Таким образом, двухмерная версия модели CE-QUAL представляет собой гораздо более управляемый инструмент и поэтому стала более востребованной в мире по сравнению с CE-QUAL-R1, которая в настоящее время не используется.

Наиболее современным является подход, заключающийся в разработке не модели, а библиотеки параметризаций экологических процессов, когда пользователь сам может выбрать учитываемые процессы и имитируемые компоненты водной экосистемы. При этом такие библиотеки предоставляют выбор из нескольких схематизаций одного и того же процесса в зависимости от обеспеченности данными и желания пользователя воспроизводить динамику других показателей. Ярким примером таких библиотек являются AED (Aquatic Ecological Dynamics) и FABM (Framework for Aquatic Biogeochemical Models). Самая свежая версия модели CE-QUAL-W2 трансформирована в соответствии с данным трендом.

Рассмотрев современные подходы к моделированию динамики водных экосистем и публикационную активность в мире за последние 15 лет, можно сделать однозначный вывод о наибольшей перспективности использования бесплатного программного обеспечения с открытым кодом, что является основным условием для формирования крупного сообщества пользователей и развития программных средств.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект 18-35-00691 мол_а).

ДИНАМИКА УЛОВОВ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПОДРАЙОНЕ (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) С 2013 ПО 2017 ГГ.

Л. С. Ермилова

ФГБНУ «Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»
г. Астрахань, Савушкина, 1, e-mail: kaspiy-info@mail.ru

В Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне (Астраханская область) обитают два вида карасей – золотой, или обыкновенный (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758) и серебряный (*C. auratus* Linnaeus, 1758). Наиболее многочислен – серебряный карась. Это – пресноводный вид, обитающий в дельте и авандельте р. Волги. Карась предпочитает водоемы со слабым течением и выживает даже в водах с низким содержанием кислорода. Местами его обитания являются прибрежная и речная зоны. Уловы карася в Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне (Астраханская область) с 2013 по 2017 гг. варьировали от 4.907 (2014 г.) до 7.177 тыс. т (2016 г.), доля его в общем объеме вылова колебалась от 12.8 (2014 г.) до 17.2% (2016 г.). Основные концентрации карася приходятся на прибрежную зону промысла, в р. Волге и ее водотоках скопления невысокие. Доля его вылова в этой зоне варьирует от 27.9 (2014 г.) до 42.4% (2016 г.) Вылов за пятилетний период увеличился от 1.368 (2014 г.) до 3.041 тыс. т (2016 г.). Карась входит в группу «прочие», где является одним из преобладающих видов. Доля его вылова в этой группе в среднем составляет 33.3%. В последние годы для карася сложились благоприятные условия обитания, обуславливающие высокую воспроизводительную способность, возрастающую численность и уловы. Большая часть годового улова карася обычно приходится на весеннюю путину, на период максимального хода на нерестилища. В марте низкие температуры воды (0.8–1.6°C) не способствовали скоплениям карася, и его низкие уловы варьировали от 0.061 тыс. т (2014 г.) до 0.311 тыс. т (2017 г.). В апреле в связи с интенсивностью его нерестового хода и повышением температуры воды (5.3–6.4°C) уловы карася увеличиваются. Исключением за исследованные годы являлся 2016 г., когда высокие температуры воды в течение всей весенней путины содействовали высоким уловам. Низкие уловы карася во все весенние месяцы отмечались в 2014 г. С начала осенней путины температура воды в р. Волге и ее водотоках обычно высокая (19.5–20.7°C), у карася продолжается нагульный период, что обычно отражается на объемах вылова. Уловы в сентябре за весь анализируемый период были низкими и колебались от 0.095 тыс. т (2013 г.) до 0.232 тыс. т (2017 г.). В октябре с понижением температуры воды (11.6–12.8°C) уловы карася постепенно повышались и с 2013 по 2017 гг. колебались от 0.48 (2013 г.) до 1.196 тыс. т (2016 г.). Уловы в ноябре зависят от погодных условий и продолжительности путины. В 2016–2017 гг. температурные условия позволяли рыбакам находиться на лову более длительное время, что сказалось на величине вылова карася. Доля вылова карася в р. Волге и ее водотоках по районам лова (по банкам) с 2013 по 2017 гг. не оставалась постоянной. В районе Главного банка его доля колебалась от 19.4 (2014 г.) до 34.6% (2013 г.). На Кировском банке она варьировала от 5.5 (2016 г.) до 21.1% (2014 г.). В районе Белинского банка – от 19.3 (2013 г.) до 33.2% (2015 г.) и на Иголкинском банке – от 26.5 (2013 г.) до 38.9% (2017 г.). Такое распределение свидетельствует о концентрациях карася в определенный год. Из проведенного анализа следует, что в последние годы наибольшие концентрации карася наблюдаются в восточных районах р. Волги и ее водотоках.

Таким образом, ретроспективная оценка уловов карася с 2013 по 2017 гг. показала тенденцию их повышения в последние годы. В связи с благоприятными условиями нереста, нагула и обилия кормовых организмов численность и уловы его возрастают.

ВОДОРΟΣЛИ И ИНФУЗОРИИ ВОЛГИ И КАМЫ ДО МЕСТА ИХ СЛИЯНИЯ

В. В. Жариков, С. В. Быкова, Н. Г. Тарасова

Институт экологии Волжского бассейна РАН

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

Крупнейшими реками Европейской части России являются Волга и Кама, которые сливаются в единый водоток. Исторически Кама возникла раньше Волги, в ее устье протекает 4300 м³/сек воды, а в Волге – 3100, т.е. Кама более многоводна, ее воды отличаются большей минерализацией. Географически Волга и Кама до зоны слияния протекают по лесной зоне. Однако Волга расположена в более густонаселенном регионе и традиционно считается, что в Каспийское море впадает Волга. Изучению планктонных организмов Волги посвящено достаточно много работ, сообщества гидробионтов Камы исследованы скромнее. Поэтому целью нашей работы было сравнить развитие планктонных организмов в Волге и Каме до места их слияния. Данные для работы были получены в экспедиции ИБВВ РАН «Борок–Березники» в августе 2016 г.

Альгофлоры планктона Волги и Камы оказались чрезвычайно близкими: коэффициент видового сходства Серенсона составил 94%. Из 297 таксонов водорослей, зарегистрированных в фитопланктоне водохранилищ Волги и Камы «волжским» оказался только один вид, а «камскими» – 36. Среди них 14 – представители отделов золотистые, динофитовые, криптофитовые и эвгленовые водоросли, которые способны к миксотрофному питанию, и 4 – стрептофитовые, предпочитающие кислые воды. Общая численность фитопланктона в волжской ветке остается приблизительно на одинаковом уровне по каскаду водохранилищ, а в Камской увеличивается. Биомасса водорослей увеличивается в водохранилищах Волги сверху вниз по течению, и уменьшается в водохранилищах Камы. Исследования фитопланктона проходили в августе, во время «цветения» воды синезелеными водорослями. Представители именно этого отдела водорослей определяли показатели его количественного развития. Комплекс доминирующих по численности видов водорослей полностью состоял из них. В состав водорослей-доминантов по биомассе в Камском водохранилище устойчиво входят диатомовые. Именно с их развитием связано значительное повышение биомассы водорослей от Куйбышевского водохранилища к Камскому.

Фауна инфузорий водохранилищ Волжского и Камского каскадов сходна на 81%. При различающемся общем числе видов (92 «волжских» и 103 «камских») интегральные индексы видового разнообразия (4.96 и 4.92) близки. Для тинтинид (отр. Tintinnida), являющихся повсеместно одними из основных доминантов (28% общей численности в камских и волжских вдхр.), характерна смена лидирующих позиций разных видов: в «волжских» сообществах они у *Tintinnopsis cylindrata* Kof. & Cam., 1892 и *T. fluviatile* (Stein, 1863), а в «камских» – у *Codonella cratera* (Leidy, 1887). Кроме других доминантов (сем. Strobilidiidae), вклад которых на 5% выше в камских вдхр., в «волжских» сообществах структурообразующими являются представители из п/кл. Peritricha, а в «камских» – из р. *Urotricha*. В волжских водохранилищах средние показатели численности и биомассы инфузорий снижаются вдоль по каскаду, а в Каме – максимальное развитие наблюдается в средних в каскаде вдхр. В целом, в августе 2016 г. среднее число видов в пробе в 1.5 раза, средняя численность и биомасса в 3.4 раза, число видов с частотой встречаемости >50% – в 2 раза выше в камских водохранилищах. Структурные различия «волжских» и «камских» сообществ незначительны и заключаются в повышенном вкладе альгофагов и гистофагов и незначительном увеличении роли миксотрофов в камской воде. Несмотря на большее сходство фауны зоны смешения с «волжской» фауной, доказан существенный вклад именно «камской» фауны в формирование разнообразия сообщества инфузорий в месте слияния.

Полученные материалы являются основой для дальнейших исследований по оценке вклада «волжских» и «камских» планктонных организмов в формирование их сообществ в водных массах Средней и Нижней Волги.

О РАСШИРЕНИИ АРЕАЛА ОБИТАНИЯ *DIKEROGAMMARUS HAEMOBAPHES* (EICHWALD, 1841) (AMPHIRODA: GAMMARIDAE) В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ

Н. Н. Жгарева, Е. Г. Пряничникова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: zgareva@ibiw.yaroslavl.ru

К основным характеристикам, определяющим способность чужеродных видов амфипод к успешной инвазии, относят эврибионтность, эвригалинность, высокую генетическую вариабельность, эврифагию и некоторую устойчивость к загрязнению среды. Наряду с этим, отмечается способность амфипод значительно увеличивать свою численность в новых местообитаниях за короткий период времени за счёт успешной стратегии размножения.

Бокоплав *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841) является одним из наиболее широко распространенных видов в реках Понто-Каспийского бассейна. До гидротехнической реконструкции Волги этот вид встречался в бассейне Верхней Волги (до Ярославля), в Каме (выше Перми до Вишеры), в Оке (до Рязани) (Волга и ее жизнь, 1978). После зарегулирования реки, в связи с изменением гидрологического режима, происходило сокращение его ареалов, и в бассейне Верхней Волги он не отмечался, хотя в конце 20-го века вновь был отмечен в составе биоценозов дрейссены в Горьковском водохранилище (Баканов, 2003). В водохранилищах Средней и Нижней Волги встречается постоянно, в Саратовском и Куйбышевском водохранилищах – массовый вид, образует значительные скопления как на русле, так и в прибрежье (Курина, 2016), широко распространен в Чебоксарском и Волгоградском водохранилищах.

В Угличском водохранилище этот вид раньше не регистрировался. Здесь были отмечены только байкальский вселенец *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) и в малых реках-притоках Ивановского, Углического и Рыбинского водохранилищ – *Gammarus lacustris* Sars, 1863 и *G. pulex* (Linnaeus, 1758). Однако летом 2014 г. в Угличском водохранилище в районе ниже устья р. Дубны в дночерпательной пробе на глубине 4 м нами были обнаружены 10 разноразмерных экземпляров *Dikerogammarus haemobaphes*.

Стоит отметить, что обнаруженные особи имели слабо окрашенный и более тонкий хитин, что в нативном ареале определялось их обитанием в опресненных участках эстуариев рек. Ранее это служило основанием для выделения таких особей в отдельный вид *D. fluviatilis* Martynov, 1919 (Определитель пресноводных беспозвоночных ..., 1995), однако в настоящее время это синоним *D. haemobaphes* (Определитель зоопланктона и зообентоса ..., 2016).

Путь проникновения вида в Угличское водохранилище пока еще не вполне ясен, для выяснения его распространения необходимо провести дополнительные исследования в Рыбинском водохранилище. Учитывая, что амфиподы подвижные ракообразные и могут обитать в придонных слоях и в толще воды, т.е. относятся к нейобентосу, то целесообразно применить другие орудия лова – драги, тралы и обследовать литоральные биотопы.

На данном этапе, по крайней мере, можно говорить о проникновении бокоплава *D. haemobaphes* в Угличское водохранилище и расширении его ареала.

ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ БИОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЦВЕТНОСТИ ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ РЕК–ПРИТОКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Н. Н. Жгарева¹, В. В. Соловьева¹, А. А. Горлов², А. В. Гончаров³

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: zgareva@ibiw.yaroslavl.ru

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, e-mail: phes@bk.ru

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, географический факультет,
e-mail: tata15333@mail.ru

В октябре 2017 г. проведено обследование малых рек–притоков северной части Рыбинского водохранилища: Пача, Солнцевка, Ильмеза, Нелаза, Кошта, а также – оз. Черного. Территории водосборных бассейнов рек заболочены в разной степени, в связи с чем, водотоки существенно различаются по цветности вод, изменяющейся от 73 до 930 град. платиново-кобальтовой шкалы.

Исследование зообентоса показало, что он характеризуется довольно значительным количественным развитием и видовым богатством. Выявлено более 150 таксонов донных беспозвоночных, среди которых больше всего хирономид (38 таксонов), моллюсков, олигохет (по 23 таксона), ручейников (16), поденок (11), жуков (8), клопов (8), стрекоз (5), пиявок (5), веснянок (3). Средняя биомасса составляет около 10 г/м², среднее число видов в пробе – 28.

Вместе с тем, обследованные нами объекты сильно различаются между собой. Особенно мала биомасса и численность в ручье, впадающем в оз. Черное и в самом озере; цветность их вод составляет 970 и 542 град. соответственно. По-видимому, ручей является продолжением дренажной канавы, по которой болотные воды с осушаемой территории поступают в озеро. Содержание органического вещества в его водах – 156 мгО/л (по ХПК), железа – 5,8 мг/л. При разложении органического вещества и окислении восстановленных соединений железа расходуется большое количество кислорода. Это может приводить к заморам (особенно в зимнее время) – к гибели донных обитателей.

Коэффициенты корреляции между показателями химического состава воды и параметрами донных биоценозов отражают тенденцию уменьшения числа видов, индекса видового разнообразия Шеннона, индекса Вудивиса, биомассы, олигохетного индекса при увеличении цветности воды, ХПК, окисляемости, концентрации железа. Это означает, что приток большого количества болотных вод приводит к «ухудшению» состояния донной фауны.

Фитопланктон обследованных водотоков развит слабо в количественном отношении – биомасса менее 1 мг/л. Вместе с тем индексы видового разнообразия Шеннона достаточно велики – 2.59–3.54 бит. Всего выявлено около 70 видов водорослей из 42 родов, среди которых больше всего диатомовых (27 таксонов), эвгленовых (11), криптофитовых (9), зеленых (8), золотистых (7). В реках с более светлой водой биомасса фитопланктона больше, чем в остальных водных объектах, в планктоне светлых рек больше общее число видов водорослей (до 37 – в р. Кошта). В высокоцветных водах значительную часть биомассы составляют представители эвгленовых и криптофитовых водорослей, виды которых приспособлены к активному потреблению растворенного в воде органического вещества. В водах с меньшей цветностью по биомассе преобладают диатомовые водоросли. Сходным образом, в высокоцветных водах увеличивается относительное число видов эвгленовых и криптофитовых, а в малоцветных – диатомовых водорослей.

Таким образом, проведенное исследование показало, что формирование речных биоценозов в значительной степени зависит от количества поступающих болотных вод; при возрастании цветности воды, уменьшается биомасса и видовое разнообразие организмов.

Материал подготовлен при поддержке РНФ (проект № 14-17-00155П).

ЗООПЛАНКТОН НЕКОТОРЫХ ОЗЁР ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ПОЙМЫ РЕКИ КЕРЖЕНЕЦ

В. С. Жихарев, Г. В. Шурганова

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, e-mail: slava.zhiharev@ro.ru

Исследование зоопланктона водных объектов ООПТ имеет большое значение, поскольку территория их водосбора испытывает минимальное антропогенное воздействие (Ильин, 2016). Несмотря на длительную историю изучения зоопланктона р. Керженец, данные по видовому составу и количественному развитию зоопланктона её пойменных озёр, расположенных в пределах Керженского заповедника, носят эпизодический характер.

Цель исследования – обобщение сведений о видовом составе, характеристиках количественного развития, зоогеографического распространения и экологической приуроченности видов зоопланктона ряда водоёмов левобережной поймы р. Керженец.

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, отобранные в июне, июле и сентябре 2017 г. на мелководных водоёмах (озера Сиротинное, Гришино, Красный Яр, Чёрный Яр, Драничное, Новая старица, Чёрнозёрское-1, Чернозерское-2), расположенных в левобережной пойме р. Керженец на территории Керженского заповедника. Пробы зоопланктона отбирались и обрабатывались по стандартным методикам, которые широко используются в гидробиологических исследованиях (Методические ..., 1984).

В результате проведённых исследований было идентифицировано 106 видов зоопланктона, из них к коловраткам относились 57 видов, к ветвистоусым ракообразным – 35 видов, к веслоногим ракообразным – 14 видов. Среди обнаруженных видов 16 были выявлены в водных объектах Керженского биосферного заповедника впервые.

Согласно зоогеографической характеристике фауна зоопланктона озёр левобережной поймы р. Керженец является типичной для водоёмов и водотоков Европейской части России, за исключением двух чужеродных видов: *Kellicottia bostoniensis* (Rousset, 1908) – североамериканская коловратка и *Diaphanosoma orghidani* (Negrea, 1982) – южный каспийский ветвистоусый рачок. Кроме того, был обнаружен арктический реликтовый ветвистоусый рачок *Holopedium gibberum* (Zaddach, 1855), который внесён в Красную книгу Нижегородской области как редкий и находящийся на границе ареала.

Большая часть видов исследованных озёр являлись представителями II трофического уровня, ведущие плавающий образ жизни. Среди них преобладали первичные фильтраторы и вертикаторы. Также, обнаружены типичные виды болотной фауны.

Количественные показатели развития зоопланктона в течение вегетационного сезона 2017 г. в исследованных водоёмах существенно различались. Максимальные значения численности и биомассы зоопланктона были зарегистрированы в июне в оз. Чёрный Яр (532.1 тыс. экз./м³ и 4.5 г/м³ соответственно), минимальные в июле в оз. Новая старица (4.8 тыс. экз./м³), биомассы в оз. Красный Яр (0.09 г/м³).

Североамериканская коловратка *Kellicottia bostoniensis* была обнаружена практически во всех исследованных водоёмах. Наибольшую численность имела в июне (оз. Чернозёрское-2 – 65.9 тыс. экз./м³ (17.7% от общей численности зоопланктона) и сентябре (оз. Драничное – 251.0 тыс. экз./м³ (89.1%)). Каспийский рачок *Diaphanosoma orghidani* был обнаружен только в озерах Чёрный Яр и Чернозерское-2 в июле. Его численность была низкой и не превышала 0.25 тыс. экз./м³. Реликтовый вид *Holopedium gibberum* был обнаружен в пяти водоёмах в июне и июле. Наиболее высокой его численность была в оз. Чёрный Яр – 21.9 тыс. экз./м³ (27.6% от общей численности зоопланктона), кроме того, рачок входил в число доминирующих видов в оз. Чернозерское-1 (25.5%).

Гидробиологические исследования некоторых озёр левобережной поймы р. Керженец позволили расширить список беспозвоночных организмов, обитающих на территории Керженского биосферного заповедника на 16 видов. Зоопланктон исследованных озёр левобережной поймы р. Керженец имеет достаточно богатый таксономический состав. Впервые в исследованных водоёмах были идентифицированы виды-вселенцы зоопланктона. В ряде озёр был обнаружен реликтовый ветвистоусый рачок *Holopedium gibberum*.

ПАРАЗИТАРНЫЕ ИНВАЗИИ РЫБ В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ В XXI ВЕКЕ: ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ

А. Е. Жохов, М. Н. Пугачева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: zhokhov@ibiw.yaroslavl.ru

Волга – крупнейшая река Европейской части России, которая в значительной степени подвержена многосторонним антропогенным воздействиям, в том числе связанным с процессами интродукции чужеродных видов рыб и беспозвоночных, глобальным потеплением и вызванными этим изменениями в экосистеме реки.

К настоящему моменту в бассейне Волги зарегистрированы 48 чужеродных видов паразитов. В это число входят случайные интродуценты (37 видов), то есть виды, оказавшиеся вне исторического ареала в результате непреднамеренной интродукции вместе с хозяевами, а также виды (11), расширившие свой естественный исторический ареал в пределах волжского бассейна. В чужеродной паразитофауне рыб волжского бассейна по происхождению доминируют виды амурского комплекса (33 вида). Понто-каспийский комплекс среди вселенцев представлен 8 видами. Это отчетливо показывает основные векторы формирования чужеродной паразитофауны – случайная интродукция с хозяевами и саморасселение вместе с хозяевами. Подавляющее большинство из них (36 видов) находятся в статусе локально натурализовавшихся, так как обитают исключительно в пределах рыбоводных хозяйств, куда они были завезены вместе с хозяевами. Только 7 видов смогли натурализоваться и широко расселиться по водохранилищам Волги. По некоторым видам данных о натурализации нет. Негативное влияние паразитов-вселенцев на экосистему реки не установлено.

Вся Волга с её водохранилищами – очень важные рыбопромысловые водоемы, которые снабжают рыбой значительную часть населения Центральной России. Волга с её бассейном входит в состав обширного очага описторхоза со слабой зараженностью населения. В ходе изучения паразитов рыб в малых реках Ярославской области мы обнаружили в двух реках (притоках Рыбинского водохранилища) стабильную и высокую зараженность молоди карповых рыб метацеркариями *Metorchis bilis*. Личинки трематод встречались у рыб только в зоне верхнего течения рек. Зараженность сеголеток плотвы была 43–100%, в большинстве выборок – 100%, интенсивность инвазии двухмесячных мальков достигала 100 цист на рыбу. Нами исследованы только две реки, но если подобная ситуация существует на других реках, впадающих в водохранилище, то может оказаться, что Рыбинское водохранилище находится в окружении напряженного очага описторхоза в притоках водохранилища. В целом это может негативно сказаться на значении Рыбинского водохранилища как промыслового и рекреационного водоема.

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Е. А. Заботкина, Т. Б. Лапирова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: zabel@ibiw.yaroslavl.ru*

В водохранилищах Верхней Волги основную массу ихтиофауны составляют Карпообразные (лещ, плотва, синец и т.д.) и Окунеобразные (окунь, судак, берш). Изучение состояния здоровья этих видов рыб представляет как практический интерес, с точки зрения объекта промысла, так и теоретический, так как расширяет наши знания об особенностях иммунной системы рыб в зависимости от условий их обитания и систематической принадлежности.

Цель работы – анализ некоторых показателей крови типичных представителей ихтиофауны водохранилищ бассейна Верхней Волги. Отлов рыбы осуществляли в августе–сентябре 1998–2015 гг. траловым способом с экспедиционных судов «Ареал» и «Академик Топчиев» в Рыбинском, Угличском и Иваньковском водохранилищах. После каудэктомии у рыб отбирали кровь, приготавливали мазки, которые обрабатывали стандартным методом, и подсчитывали лейкоцитарную формулу. В полученной сыворотке крови определяли содержание циркулирующих иммунных комплексов, а также ее бактериостатическую активность.

Исследования показали наличие в периферической крови рыб следующих типов лейкоцитов: малодифференцированные бластные клетки, лимфоциты, гранулоциты, в основном относящиеся к нейтрофилам. Большая часть лейкоцитов представлена лимфоцитами (от 65 до 94%), доля промиелоцитов колебалась в пределах 2–12%, независимо от вида и места вылова. Доли палочко- и сегментоядерных нейтрофилов, как правило, были незначительны, основную часть составляли метамиелоциты. Следует отметить, что в крови хищных рыб (окуня, судака и берша) доля лимфоцитов была, как правило, выше, чем в крови плотвы (планктофаг) или леща (бентофаг), но сравнима с таковой налима, относящегося к хищникам-бентофагам. Следует отметить, что лейкограмма у окуней из Рыбинского и Иваньковского водохранилищ имела небольшие различия, тогда как у судака и берша значительно отличалась в разные годы по доле лимфоцитов и гранулоцитов. У леща соотношение лейкоцитов также претерпевало изменения в разных водохранилищах. Доли тромбоцитов у всех видов рыб колебались в достаточно широких пределах – от 25 до 65%.

Основываясь на результатах многолетних исследований показателей врожденного гуморального иммунитета, можно заключить, что в целом уровень бактериостатической активности сыворотки крови выше у хищных видов по сравнению с мирными, хотя выявлены как межгодовые колебания, так и внутривидовые отличия данного параметра. Значения содержания циркулирующих иммунных комплексов оказались более стабильны, не отмечено значительных изменений показателя как у одного вида в разные годы, так и у рыб разных систематических групп.

Выявленные колебания параметров крови рыб могут быть вызваны большим количеством факторов, таких как физиологический статус, наличие паразитов, сезон года, характер питания и загрязнение среды обитания.

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно хорошем физиологическом состоянии исследованных хищных видов, тогда как показатели бентосоядных рыб отличались в разных водохранилищах.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕЩА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Е. А. Заботкина^{1,2}, В. Е. Середняков², Д. Ю. Трофимов², И. С. Ягунов²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: zabel@ibiw.yaroslavl.ru

²Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

150000, Ярославль, проезд Матросова, 10

Известно, что гематологические показатели у рыб очень чувствительны как к абиотическим, так и биотическим факторам внешней среды. Как биохимические, так и цитологические показатели крови достаточно точно позволяют судить о состоянии здоровья рыб. Вместе с тем, анализ литературных данных показывает, что границы «физиологической нормы» показателей установлены в той или иной мере только для видов, активно используемых в рыборазведении, тогда как сведения о показателях крови у основных представителей ихтиофауны естественных водоемов отрывочны. Отсутствуют сведения об изменении гематологических показателей у рыб, обитающих в водохранилищах разного типа, географически расположенных достаточно удаленно, но связанных единой водной системой.

Цель данной работы – анализ состава и морфометрических показателей эритроцитов и лейкоцитов периферической крови леща *Abramis brama* L. – одного из наиболее многочисленных представителей ихтиофауны водохранилищ Волжского бассейна – в водохранилищах верхнего, среднего и нижнего участков течения реки.

Исследовали состав и морфометрические показатели клеток красной и белой крови половозрелых особей леща, отловленных донным тралом в 7 водохранилищах верхней, средней и нижней Волги летом 2015–2016 гг. в ходе экспедиций НИС «Академик Топчиев».

У выловленных рыб после каудэктомии отбирали кровь, приготавливали мазки периферической крови и мазки-отпечатки гемопоэтических органов рыб – почки (головного и туловищного отделов), селезенки и печени, которые фиксировали этиловым спиртом и окрашивали краской по Романовскому-Гимза. Окрашенные мазки просматривали под цифровым микроскопом Keyence VHX 1000 при увеличении 2000.

У эритроцитов подсчитывали соотношение зрелых и незрелых эритроцитов, объем клеток, их ядер, индекс формы клеток и ядерно-цитоплазматическое отношение; у лейкоцитов – соотношение гемоцитобластов / лимфоцитов / моноцитов / миелоцитов / метамиелоцитов / нейтрофилов / эозинофилов.

Результаты исследований показали, что соотношение незрелых и зрелых эритроцитов у лещей из разных водохранилищ в большей степени зависит от трофности и загрязненности водоема, тогда как морфометрические характеристики клеток – от температуры воды и насыщенности ее кислородом. В зависимости от типа водохранилища отмечена сходная тенденция изменения показателей от верхних участков водохранилищ к нижним.

Соотношение лейкоцитов (лейкограмма) отражает состояние здоровья рыб. У большей части лещей лейкограмма свидетельствует об удовлетворительном состоянии здоровья рыб. Вместе с тем, у особей, зараженных паразитами, относящимися к различным классам (простейшие, плоские черви, ракообразные) обнаружен сдвиг соотношения лейкоцитов в сторону увеличения, как доли эозинофилов, так и гранулярных клеток в целом. Отмечено различие лейкограмм у нерестившихся и пропускающих нерест рыб.

Впервые проведен анализ как относительного содержания тромбоцитов в целом, так и отдельных форм тромбоцитов у леща. Отмечены различия в содержании голаядерных, округлых и веретеновидных форм тромбоцитов у лещей в разных водохранилищах.

ПРОЦЕССЫ ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА

В. В. Законнов

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: zak@ibiw.yaroslavl.ru*

1. Донные отложения – это многокомпонентные природные объекты, отражающие в своей структуре и свойствах все разнообразие внутриводоемных, бассейновых и планетарных гидрофизических и биогеохимических процессов, непосредственно влияющих на функционирование пресноводных экосистем через взаимодействие между водой, дном и биотой.

2. Районирование водохранилищ по условиям осадконакопления выполнено в соответствии с общепринятыми требованиями в лимнологии. Исходный материал – 8 водохранилищ с 42 орографическими районами (7 – приплотинных, 19 – озеровидных, 9 – речных и 7 – крупных заливов), на которых проведено от 3 до 6 грунтовых съемок через 10–15–20 лет. Все съемки осуществлялись по единым методикам и сетке станций с помощью гравитационных трубок, позволившим *in situ* определить толщину слоя донных осадков.

3. За время существования водохранилищ выполнено более 15 тыс. гидрологических станций, что позволило с высокой достоверностью выявить идентичность процессов осадкообразования в пространственно-временном аспекте и составить прогнозы к 100-летию их эксплуатации.

4. Уточнена схема происхождения и формирования грунтового комплекса равнинных водохранилищ, что помогло унифицировать их генетическую классификацию.

5. Установлены зависимости осредненных гидродинамических характеристик (стоковые и ветровые течения) со средним диаметром частиц различных типов донных осадков для гумидной (Верхняя и Средняя Волга) и аридной зон (Нижняя Волга), которые соответственно выражаются формулами: $y = 2.09x^{1.07}$; $y = 3.01x^{1.41}$, по которым интервалы скоростей течения – 0.01–0.05 м/с формируют тонкодисперсные отложения (илы); – 0.05–0.2 м/с – промежуточные типы осадков (песчанистый ил, илистый песок) и > 0.2 м/с – крупнозернистые наносы (песок, галька, гравий, валуны).

6. Интенсивность осадконакопления в каскаде подчинена географической зональности – увеличению седиментационных процессов от границ южной тайги к полупустыням.

7. Исходя из балансовых характеристик, основная масса наносов, поступающих из аллохтонных и автохтонных источников, оседает в водохранилищах (62–96%), через гидросооружения сбрасывается от 4 до 38%.

8. Выявлена роль илистых отложений в каскаде водохранилищ Волги, как одного из ключевых экологически значимых абиотических факторов функционирования водных экосистем. Определены статистически обоснованные современные и прогнозные показатели пространственно-временного распределения и накопления илов (площадь, толщина слоя, интенсивность илонакопления) и их связь с вторичным загрязнением и качеством воды.

9. Возобновлены теплофизические исследования. В сравнении с данными прошлых лет, полученные значения теплопроводности донных осадков оказались выше, что можно рассматривать, как результат эволюции процессов осадкообразования. Увеличение площади дна, занимаемой песками, уменьшение количества органического вещества во вновь откладывающихся илах, способствуют росту средних значений теплопроводности.

10. Содержание биогенных элементов осталось в прежних значениях, а вредных поллютантов (в их числе Hg и CO₃) увеличивается в зонах точечных сбросов промышленных предприятий и крупных речных портах.

11. Установлены связи индексов биоразнообразия донных сообществ с некоторыми характеристиками среды их обитания.

12. Изучены особенности распределения растительных пигментов в донных осадках, в том числе в стратиграфических колонках в связи с особенностями седиментации взвешенных частиц, определяемых гидрометеорологическими условиями.

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. В. Законнова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: zak@ibiw.yaroslavl.ru

Проанализированы сезонные изменения температуры воды Рыбинского водохранилища за 2001–2017 гг. Используются данные Рыбинской ГМО о среднемесячной температуре воздуха и воды и материалы, полученные на 6-ти стандартных станциях водохранилища в экспедициях, проведенных 1–2 раза в месяц в вегетационный период (май – октябрь) 2004–2017 гг.

Анализ термического режима водохранилища выполнен за современный период (2001–2016 гг.) в сравнении с периодом 1961–1990 гг., принятым Всемирной метеорологической организацией за норму.

Начало XXI века характеризуется продолжающимся интенсивным потеплением. На побережье водохранилища среднегодовая температуры воздуха повысилась на 1.3°C по сравнению с нормой. Наиболее существенное ее увеличение отмечено в летние месяцы – июль (1.4°), август (1.3°) и ноябре (1.8°C). Скорость роста температуры воздуха за холодный период (ноябрь–март) составила 1.11°C/10 лет, теплый (апрель – октябрь) – 0.57°C/10 лет.

Средняя продолжительность безледного периода увеличилась на две недели (с 199 до 213 дней), наибольшая (240 дней) отмечена в 2008 г., наименьшая (185 дней) – в 2014 г.

Средняя за май – октябрь температура поверхностного слоя воды водохранилища составила 15.2°C, что на 1.6° выше климатической нормы. При исследовании структуры ее изменчивости выделены две группы лет, отличающиеся по величине аномалий. В 2001–2004 гг. теплосодержание водных масс на 0.7°C выше нормы – умеренно теплые годы. Во второй группе (2005–2016 гг.) температура воды на 2.0°C превышала среднемноголетнюю величину – теплые годы. В сезонном ходе температуры воды отдельных лет отмечены отклонения от климатической нормы. Разность между аномально холодным 2003 г. и аномально теплым 2016 г. – 2.8°C.

Интенсивное повышение температуры воды водохранилища начинается в мае – 4.0–5.0°C за декаду при средней температуре 11.2°C (норма 8.8°C). Начиная с 2006 г., ее величина превышала 10°C. Увеличение средней температуры воды в мае на 2.4°C можно объяснить ростом суммарной солнечной радиации за период 1990–2013 гг. со скоростью 29 МДж/м²/10 лет.

Летний сезон отличается не только более высокими значениями температуры воды по акватории, но и во всей водной толще. В анализируемые годы отмечены положительные аномалии ее значений в июле и августе. Наибольший прогрев водохранилища отмечен во второй – третьей декаде июля – 22.4°C. Средняя температура воды июля составила 20.1°, пределы ее изменений от 20.0 (2004 г.) до 25.2°C (2010 г.) В отдельные годы существенные различия в прогреве водных масс водохранилища отмечаются также по наблюдениям на стандартных станциях. В начале июня температура поверхностного слоя воды может повышаться до 20 (2013 г.) и снижаться до 14°C (2004 г.), придонного – 11.6, 12.2°C соответственно. В аномально жаркое лето 2010 г. в июле максимальная температура воды в поверхностном слое составила 27°, в придонном – 18.5°C. Довольно высокие ее значения наблюдались и в августе – 26.3, 22.2°C, соответственно. В холодное лето 2017 г. водохранилище в июле было прогрето в поверхностном слое до 20.0 и 19.5°C в придонном.

Средняя температура воды по глубине водохранилища за многолетний период в первой половине лета равна 16, в июле – августе – 20°C. Наибольшая разница между крайними ее значениями: в июне 11, июле – 6.8, августе – 8.0°C.

Начиная с первой декады августа начинается охлаждение водохранилища, наиболее интенсивное в первой декаде сентября. В отдельные годы в начале месяца температура воды довольно высока – 17.3–17.7°C (2004, 2009, 2013 гг.).

МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ИОННОЙ РЕГУЛЯЦИИ ЛЕЩА ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Р. А. Запруднова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: rimma@ibiw.yaroslavl.ru

По ионным показателям оценивали состояние волжских популяций взрослого леща *Abramis brama*. Измеряли концентрацию натрия и калия в тканях (главным образом в плазме или сыворотке крови), а также активный транспорт ионов калия из плазмы в эритроциты в опытах *in vitro*. Ионные концентрационные градиенты на клеточной мембране принадлежат к числу показателей энергетического состояния организма и могут рассматриваться как выражение и как механизм поддержания устойчивой неравновесности организма рыб. Ранее (Запруднова, 2003) в экспериментальных условиях выделены 3 основных этапа в развитии патологических изменений ионной регуляции рыб: гиперсинхронизация, ареактивность и собственно (настоящая) патология. Гиперсинхронизация (или устойчивая гиперкомпенсация) – устойчивые, бесколебательные отклонения в сторону повышения ионных концентрационных градиентов на мембране клеток и тканей и усиление интенсивности активных ионотранспортных потоков. Абсолютная и/или относительная ареактивность – отсутствие или уменьшение реакции на стрессор. Интенсивность активного транспорта через клеточную мембрану находится в пределах нормальных значений. Настоящая патология – устойчивые отклонения в сторону снижения ионных концентрационных градиентов (т.е. изменения по типу редукции) и снижение интенсивности активных ионотранспортных потоков.

В течение более чем тридцатилетнего мониторинга ионной регуляции у леща Рыбинского водохранилища, а в отдельные годы также Горьковского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского, Ивановского, Углического водохранилищ и Белого озера выявлена относительная однородность основной части исследуемого материала. При этом ионные показатели находились в пределах нормальных значений, характерных для сильных, здоровых рыб. Разной степени неблагополучие выявлено у рыб в Куйбышевском (ниже впадения Камы) и Горьковском (под Ярославлем) водохранилищах, а также в Шекснинском плесе и в районе Коприно Волжского плеса Рыбинского водохранилища. Перечисленные участки Волги по многим гидробиологическим характеристикам относятся к наиболее загрязненным. В загрязненных районах, как правило, у рыб возрастала индивидуальная вариабельность ионных показателей. В этих условиях у рыб наиболее распространенным является состояние ареактивности. Однако, у сильных, здоровых рыб при невысоких температурах воды и воздуха (т.е. при снижении чувствительности к загрязнителям) реакция на воздействия происходила по типу устойчивой гиперкомпенсации. Кроме того, возможна небольшая обратимая редукция на дополнительные непродолжительные стрессоры: например, на повышение температуры воды. В фазе ареактивности у рыб наблюдается нормальный уровень энергетики, и, в благоприятных условиях, патологические процессы обратимы. Однако существует реальная опасность дальнейшего ухудшения состояния животных в условиях роста антропогенной нагрузки на водоемы. В естественной среде достаточно редко, лишь в местах аварийных промышленных сбросов (вблизи Череповца в конце 1980-х гг.), встречались рыбы с изменениями в ионной регуляции по типу настоящей патологии, т.е. большой и необратимой редукции и сниженным уровнем энергетики. Таким образом, изменения в ионной регуляции у леща в местах повышенного загрязнения волжского бассейна представляли, главным образом, обратимые фазы предпатологии: гиперсинхронизацию (устойчивую гиперкомпенсацию) и ареактивность с возможной обратимой редукцией.

Исследование леща в природных условиях подтвердило предложенную ранее (Запруднова, 2003) на основе экспериментальных данных концепцию двух стратегий адаптации, используемых рыбами при воздействии стрессоров разной силы и длительности: активной и пассивной, состоящих, соответственно, в повышении и снижении уровня неравновесности (энергетики) организма, что соответствует эустрессу и дистрессу (Селье, 1979).

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОТИЧЕСКИХ ГИДРОСИСТЕМ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Т. Д. Зинченко

*Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru*

Проблемы устойчивого экологического развития водоемов и водотоков Волжского бассейна на современном этапе тесно взаимосвязаны с решением вопросов охраны и реабилитации окружающей среды. Без решения этих вопросов дальнейшее устойчивое существование и развитие Волжского бассейна выглядит проблематичным.

Воздействие климатических изменений в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на биотические компоненты лотических экосистем во многом осложняется пространственной дифференциацией биотических сообществ. Выполнение основной задачи экологического мониторинга – «выявление зон возможного экологического неблагополучия» (Основные принципы организации и функционирования ЕГСЭМ) – подразумевает необходимость постоянного накопления информации, ее анализ и синтез, в процессе которых описание состояний популяций и сообществ, «правила» их преобразования приводятся в соответствие друг с другом. В зависимости от типа водных экосистем, их значимости в общей биоэнергетике и возможности исследователей, предложения о выборе параметров для мониторинга могут существенно различаться. Повышенная антропогенная нагрузка на территории Волжского бассейна привлекает особое внимание к необходимости сохранения природных ресурсов, оценке и улучшению качества воды.

Для оценки состояния окружающей среды в рамках проведения биомониторинга водных объектов нами предложена и апробирована схема проведения индикационных исследований на более чем 100 равнинных реках бассейна Средней и Нижней Волги, которая заключается в комбинации методов для выявления состояния донных организмов, как наиболее чувствительных индикаторов на разных системных уровнях. Предложена методика, применяемая при изучении поверхностных вод, включающая несколько последовательных этапов, согласующихся с общей структурой мониторинга: выделение однородных географических единиц с выявлением сходных физико-географических, гидрологических и гидрохимических факторов, а также типов антропогенного воздействия; определение сети ключевых станций отбора проб с выделением эталонных водных объектов (в качестве фоновых участков обычно выделяются верховья рек, находящиеся на значительном удалении от промышленных предприятий); выбор индикаторов (организменный, популяционный, биоценотический, экосистемный уровни); проведение биоиндикационных исследований в сходные для сравниваемых водотоков установленные периоды; разработка информационной системы для комплексной оценки структурных изменений в водных экосистемах; оценка экосистемы водоемов по комплексу гидрохимических, гидрологических и гидробиологических показателей с применением интегральных индексов и метрик их экологического состояния и построением карт и схем распределения таксонов биоиндикаторов.

Результаты мониторинга предполагают перевод научных данных в управленческие решения, связанные с эксплуатацией водных ресурсов. Важно напомнить, что, согласно Рамочной водной директиве Европейского Союза (WFD), в европейских странах (*и не только в европейских*) разработаны и вступили в силу программы мониторинга, которые являются основой для управления водными ресурсами. Например, широко используются системы биоиндикации – RBP и RIVPACS. Учитывая рамочный характер Директивы ЕС и систем биоиндикации, внедрение их положений может модифицироваться в зависимости от целей, задач и особенностей водного объекта. Соответственно, требуется выделение приоритетных задач, решение которых является необходимым минимумом для оздоровления поверхностных вод Волжского бассейна *с учетом паспортизации водных объектов*.

Многолетние исследования водотоков Волжского бассейна, на основании предложенного нами методологического подхода и рекомендаций WFD для мониторинга водных объектов, позволили создать сеть эталонных рек и станций отбора проб, осуществить интеркалибровку биологических показателей, индексов и метрик оценки экологического состояния и качества поверхностных вод.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 52 «Биологическое разнообразие», а также при поддержке грантов РФФИ № 17-04-00135, 17-44-630197.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛОВРАТКИ *KELLICOTTIA BOSTONIENSIS* НЕКОТОРЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУСТЫНСКОЙ ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Т. В. Золотарева, Д. Е. Гаврилко, Г. В. Шурганова

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, e-mail: tanyakuklina.nn@yandex.ru

В случае натурализации инвазийных видов значительный интерес представляет изучение их адаптационных возможностей, в частности, морфометрических характеристик, формирующихся под влиянием комплекса факторов среды. Однако, литературных данных о морфометрических характеристиках чужеродной коловратки *Kellicottia bostoniensis* и связи их с факторами среды чрезвычайно мало (Крайнев и др., 2018; Lazareva, Zhdanova, 2014 и др.). Целью нашей работы был сравнительный анализ морфометрических признаков *K. bostoniensis* зоопланктоценозов рек Сережи и Протоки (Пустынская озерно-речная система Нижегородской области).

Пробы зоопланктона были собраны на акваториях р. Сережи и Протоки в июле 2014 и 2015 гг. Обработка материала проводилась согласно общепринятым методами (Методические рекомендации ..., 1982). Для анализа морфометрической изменчивости коловратки промеряли по 30 экз. из каждого водного объекта в каждый год исследований. Признаки (общая длина тела, панциря, самого длинного и короткого передних шипов, правого и левого боковых шипов, заднего шипа, ширина тела) измеряли с помощью микроскопа Meiji Techno MT4200L. Оценку нормальности распределения значений проводили с помощью W-теста Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk's W test). Для выявления различий признаков применялся непараметрический метод статистического анализа критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney test) (Халафян, 2007). Река Сережа – приток второго порядка р. Ока (длина 196 км). Ширина реки 50–60 м, глубина 1–2 м (Харитонычев, 1978). Температура воды водотока в период исследований составляла 20°C, рН – 7.7, электропроводность – 221 мкСм/см. Протока – водоток, средняя ширина которого составляет 60 м, средняя глубина – 1.8 м. В отличие от р. Сережи, в период исследований Протока характеризовалась более высокими значениями температуры – 23°C, более низкими показателями рН – 7.1 и электропроводности – 159 мкСм/см, высоким трофическим статусом и низкой скоростью течения.

Kellicottia bostoniensis была выявлена в зоопланктоне обоих водных объектов в течение всего периода исследований. В сообществе Протоки ее численность была значительно выше как в 2014 г., так и в 2015 г. В 2014 г. коловратка являлась субдоминантом, численность вида составляла 5.2% (82.2 тыс. экз./м³) от общей численности зоопланктона. В сообществе р. Сережи количественное развитие вида было ниже – около 2% (12.1 тыс. экз./м³) от общей численности зоопланктона. Коловратки исследованных водных объектов характеризовались относительно большой общей длиной тела (255–391 мкм). В результате анализа морфометрических характеристик были выявлены статистически значимые различия признаков особей *K. bostoniensis* рек Сережи и Протоки в 2014 г. и в 2015 г. ($p < 0.05$). Установлено, что особи Протоки имели большие значения всех исследованных параметров, чем особи р. Сережи. Так, общая длина тела *K. bostoniensis* Протоки составляла 391 мкм, а р. Сережи – 327 мкм. Также значительно больше были размеры тела (113 мкм), длины заднего (114 мкм) и самого длинного переднего (145 мкм) шипов особей Протоки. Для коловраток р. Сережи эти характеристики составляли 105 мкм, 84 мкм и 134 мкм соответственно. По всей видимости, факторами, определяющими большие значения признаков вида-вселенца в Протоке по сравнению с р. Сережей, являлись замедленное течение, более высокий трофический статус и температура воды водного объекта. Ранее отмечено (Shurganova et al., 2017), что наибольшего количественного развития *K. bostoniensis* достигала в водных объектах, характеризующихся аналогичными условиями. При проведении дальнейших исследований необходим анализ, который позволит выявить и подтвердить наиболее существенные факторы, определяющие морфометрические характеристики вида-вселенца.

ДИНАМИКА ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОПУЛЯЦИИ ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA* И ЯЗЯ *LEUCISCUS IDUS* В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ ОКИ

Е. Ю. Иванчева, В. П. Иванчев

ФГБУ «Окский государственный природный биосферный заповедник»
Рязанская область, Россия, e-mail: eivancheva@mail.ru

Лещ и язь – фоновые виды бассейна средней Оки. Наиболее обычны и многочисленны они в Оке и притоках Оки с развитой поймой (Мокша, Пра, Ушна и др.) (Иванчев, Иванчева, 2010). Оба вида относятся к довольно крупным стайным рыбам, имеющих промысловое значение в водоемах центральной России. Их численность напрямую зависит от успешности прохождения нереста.

Наблюдения проводятся в Окском заповеднике с 1970 г. на постоянном пункте ихтиомониторинга в устье притока Оки первого порядка р. Пре в нерестовый период с середины апреля до окончания первой декады мая. Используются ставные сети с ячейей 18, 22 мм, 30, 40 x 45 мм, 60 мм и 100 мм. Отловленная рыба обрабатывается по общепринятым методикам (Правдин, Чугунова). Возрастная и половая структуры представлены как средние за 10-летний период. Мы рассматриваем указанные параметры по 5 периодам: 1970–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010, 2011–2017 гг. Такой подход позволяет избежать методических ошибок из-за небольших ежегодных выборок. Абсолютная плодовитость самок определенного возраста представлена как средняя плодовитость одновозрастных самок. Популяционная абсолютная плодовитость представлена как сумма всех икринок, выметываемых самками из общей пробы в 100 экз., состоящей из особей обоих полов (Йоганзен, 1955).

Динамика численности нерестовой части популяции определяется, прежде всего, урожайностью поколений, зависящей от успешности нереста. Успешность нереста включает две главных составляющих: число отложенных икринок и условия, влияющие на их развитие. Возрастная структура нерестового стада во многом определяет популяционную абсолютную плодовитость (вклад в воспроизводство). Популяционная абсолютная плодовитость тем выше, чем больше самок старшего возраста.

Отличие в экологии, имеющее первостепенное значение в успешности размножения рассматриваемых видов – это различные сроки прохождения нереста: если язь относится к ранне-нерестующим видам (в среднем – 10 апреля), то лещ нерестится значительно позже (в среднем – 28 апреля). Кроме того, оба вида предпочитают нереститься на мелководьях поймы, но лещ легко приспосабливается и глубоководным участкам русла реки (Володин, 1977; Белый, 1970; Захарова, 1955 и др.). Также важное отличие в экологии нереста этих видов, в том, что нерест леща более растянут во времени.

Низкие уровни разливов, ранний стремительный спад вод приводит к уменьшению выживаемости популяции язя и некоторые поколения крайне малочисленны. В результате распределение по возрастам в нерестовой части популяции язя отличается от нормального. Лишь во втором периоде (1981–1990), отличающемся стабильными разливами, имеющими средний уровень и плавный сход вод, распределение по возрастам имеет значения, близкие к нормальному. Это распределение характеризуется наибольшими вкладами в воспроизводство 7–9 летних самок.

Большая экологическая пластичность леща (способность нереститься на глубоководных местах, растянутый нерест) этого вида дает больше шансов для успешного нереста даже при действии неблагоприятных факторов.

Таким образом, нерестовая часть популяции леща в районе исследования находится в достаточно благополучном стабильном состоянии. Воспроизводство популяции за период наблюдений не уменьшилось. У язя же, начиная с третьего рассматриваемого периода (1991–2000 гг.) как воспроизводство, так и численность находится в депрессивном состоянии.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2017 Г.

К. В. Иващенко, Е. В. Попова

ФГБНУ «КаспНИРХ»

414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1, e-mail: kaspnirh@mail.ru

Изучение биоразнообразия водных организмов и их популяций, структурно-функциональной организации водных сообществ и экосистем различных водоемов – одна из задач гидробиологии, которая не потеряла своей актуальности (Стойко, 2014).

Дельта Волги является уникальным природным комплексом, имеющим большое хозяйственное значение и понимание функционирования ее экосистем необходимо для разработки мер по охране и управлению ее ресурсами (Воробьева, 2001).

Зоопланктон является вторым звеном пищевой цепи разнотипных водоемов и важным компонентом их трофического уровня. Количество и видовой состав зоопланктона зависит от развития фитопланктона, а также комплекса лимнических условий.

Зообентос является наиболее репрезентативным показателем состояния водоема, поскольку видовой состав и структура бентического сообщества отражает состояние гидроэкосистемы за длительный период и является регистратором антропогенного воздействия на водные экосистемы (Баканов, 2000).

Изучение биологического разнообразия беспозвоночных сообществ проводились в весенне-летний период 2017 г. Исследования проходили на акватории западных (Главный, Кировский) и восточных (Забузанский, Зеленгинский, Белинский, Обжоровский) частей дельты р. Волги.

Зоопланктон насчитывал 47 таксонов. Среди коловраток доминирующее положение по численности занял *Brachionus calyciflorus amficerus*, по биомассе – *Asplanchna priodonta*. Субдоминантами по численности и биомассе стали *Euchlanis dilatata* и *B. c. anuraeformis*. В разнообразии видов Rotifera присутствовали и сидячие формы. Среди ветвистоусых ракообразных преобладающим видом по численности и биомассе являлась *Bosmina longirostris*. Данный вид характеризуется быстрым темпом роста, неприхотливостью к факторам внешней среды, способностью существовать при значительной плотности, а также обладающий высокой кормовой ценностью. У веслоногих ракообразных преобладали науплиусы Harpacticoida, а также половозрелые особи п/о Cyclopoidea.

Донную фауну водотоков дельты Волги в период наблюдений формировали черви, ракообразные, личинки насекомых и моллюски.

Видовая структура донного ценоза отличалась богатым и разнообразным таксономическим составом, включавшим 42 видов и форм бентосных организмов, среди которых по численности преобладали личинки и куколки амфибиотических насекомых, представленные отрядами Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Odonata и Heteroptera. Амфибиотические насекомые на различных стадиях водных фаз являются одним из основных объектов питания водных и околоводных животных. Группа ракообразных включала в себя представителей мезид (отр. Mysidacea), кумовых (отр. Cumacea), бокоплавов (отр. Amphipoda). В состав группы червей вошли кольчатые черви (классы Polychaeta, Oligochaeta, Hirudinea) и круглые черви (класс Nematoda).

Анализ пространственного распределения донных беспозвоночных в исследуемых водотоках показал, что наиболее широкое распространение получили малощетинковые черви Oligochaeta (96%), а также представители двукрылых – личинки и куколки комаров-звонцов Chironomidae, обнаруженные на 92% исследуемых станций. В категорию второстепенных видов (ЧВ = 25–50%) вошли нематоды, многощетинковые *H. kowalewskii*, амфиподы *Pont. abbreviatus*, *St. macrurus*, *St. similis*, *Cor. curvispinum*, личинки мокрецов сем. Ceratopogonidae и личинки ручейников. Остальные таксоны донных беспозвоночных были отнесены к категории редких (ЧВ < 25%).

ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗООБЕНТОСА ОЗЕРА БЕЛОЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ) В XXI ВЕКЕ

К. Н. Ивичева, И. В. Филоненко

Вологодское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

г. Вологда, ул. Левичева, д. 5, e-mail: ksenya.ivicheva@gmail.com

Озеро Белое располагается в центральной части Вологодской области и является частью Шекснинского водохранилища, входящего в состав Волго-Балтийского водного пути. В гидробиологическом отношении оз. Белое является наиболее изученным на территории области водоёмом. Первая гидробиологическая съёмка была выполнена в 1955–1956 гг. Последние подробные исследования относятся к 1994–1995 гг. Как правило, озеро рассматривают как составную часть Шекснинского водохранилища. Соответственно, обобщающий видовой список приводится А.И. Бакановым для всего водохранилища и включает в себя 153 вида. Наибольшее внимание всегда уделялось изучению донных сообществ в профундали озера, литоральная часть изучена слабо. Целью нашей работы явилось составление видового списка Белого озера с учётом современных исследований литоральной части озера.

В настоящей статье представлены результаты исследований зообентоса в 2010–2017 гг. Всего было отобрано 180 проб, из них 91 в профундали на илистых грунтах (ежегодно в конце сентября), 89 – на литорали. Видовая идентификация брюхоногих моллюсков осуществлялась к.б.н. И.О. Нехаевым (СПбГУ), двустворчатых – к.б.н. А.А. Фроловым (ММБИ КНЦ РАН). Определение прочих групп осуществлялось К.Н. Ивичевой. Для составления общего видового списка использовались данные Ф.Д. Мордухай-Болтовского, М.Б. Стругач, Т.Л. Поддубной, Г.А. Стальмаковой, О.В. Выголовой, Т.Д. Слепухиной, А.И. Баканова.

За весь период наблюдений в составе зообентоса Белого озера отмечено 175 видов и таксонов более высокого ранга бентосных организмов из 4 типов, 9 классов, 22 отрядов и 40 семейств. Из них моллюсков 43 вида, олигохет – 34, пиявок – 6, ракообразных и паукообразных – по 2, насекомых – 87. Среди последних преобладают хирономиды (62 вида), также отмечены ручейники (10), поденки (5), другие двукрылые (4), стрекозы (3), клопы (1), не определённые до вида жуки.

В 2010–2017 гг. отмечено 107 видов водных макробеспозвоночных. Из них 50 – на илах в профундали, занимающей 90% площади дна озера. В литорали отмечен 91 вид, что объясняется мозаичностью биотопов на данном участке. Из 175 видов 113 были отмечены предыдущими исследователями. Наши исследования позволили расширить видовой список донных макробеспозвоночных на 58 видов. Из них 43 приводятся для Шекснинского водохранилища впервые. При этом 35% новых видов (15) приходится на моллюсков, определение которых проводилось узкими специалистами. Помимо этого, новые виды представлены 8 видами и родами олигохет, 1 – пиявок, 3 – подёнок, 1 – стрекоз, 2 – ручейников, 13 – двукрылых (хирономид из них 12). Только в профундали зафиксировано 11 новых таксонов (7 моллюсков, 1 пиявка, 2 олигохеты, 3 хирономид), только в литорали – 36. Общее количество видов оз. Белое сопоставимо с таковым в крупных мелководных озёрах Вологодской области: Воже (185 видов) и Кубенское (180). Индекс видового сходства Жаккара фауны оз. Белое с фауной оз. Воже составляет 0.42, оз. Кубенского – 0.39.

В профундали видовой состав стабилен. Доминирует комплекс *Chironomus* sp. – *Procladius* spp. – *Limnodrilus hoffmeisteri*. В отдельные годы наблюдений их соотношение может меняться, а в число доминирующих видов могут входить также *Tubifex newaensis*, *Polypedilum scalaenum*, *Harnischia curtilamellata*. В предыдущих исследованиях также отмечается доминирование перечисленных видов. В литоральной части затруднительно выделить доминирующий комплекс. В среднем 20–30% численности и биомассы составляет вид-вселенец *Gmelinoides fasciatus*.

Таким образом, именно исследования на литорали озера позволили значительно расширить видовой состав оз. Белое. Комплекс доминирующих видов в центральной части озера не изменился, в литорали же в силу инвазий произошла смена доминантов.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛА ПОЗВОНКОВ У ПЛОТВЫ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю. Г. Изюмов, Н. И. Комова

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

В настоящее время в связи с глобальными изменениями в биосфере особую ценность приобретают результаты многолетних наблюдений. Располагая данными по изменчивости числа позвонков плотвы, мы изучили динамику этого показателя. Материал собирался в 1976–2013 гг., в основном из преднерестовых скоплений плотвы Волжского плёса Рыбинского водохранилища.

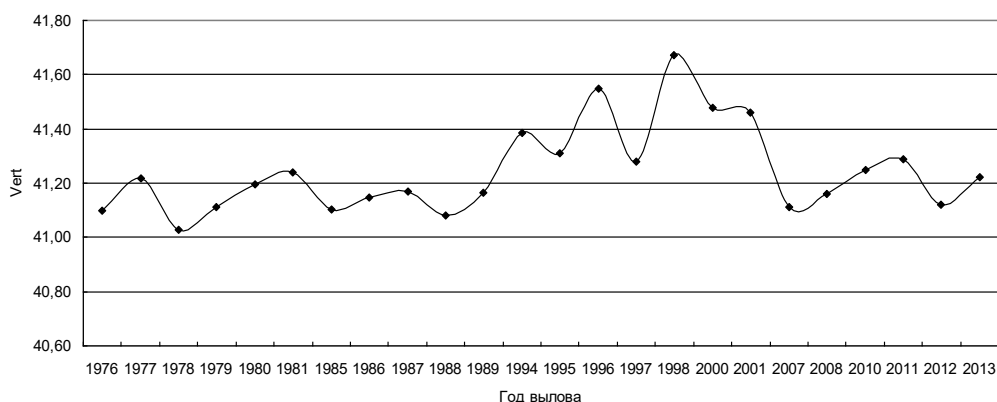


Рис. Средние значения числа позвонков (Vert) в выборках плотвы в разные годы вылова.

По приведённым на рисунке средневыборочным значениям общего числа позвонков видно, что в многолетней динамике прослеживаются волнообразные флуктуации, в которых можно выделить, по крайней мере, 3 фазы. 1 фаза – 1976–1989 гг., в которой число позвонков по годам меняется, не обнаруживая какого-либо тренда, 2 фаза – 1994–2001 гг., когда оно повышено по сравнению с фазой 1, 3 фаза – 2007–2013 гг., число позвонков понизилось примерно до среднего уровня фазы 1, тренд изменений также отсутствует.

Колебания общего числа позвонков у плотвы прежде всего зависят от значений температуры при раннем развитии. По данным А.В. Законновой и А.С. Литвинова (2016), средняя температура воды Рыбинского водохранилища в мае, когда идёт ранний онтогенез плотвы и формируются позвонки, меняется по годам волнообразно, с чем, возможно, связана многолетняя динамика колебаний числа позвонков в разные годы. Однако, увеличение данного показателя в фазе 2 это не объясняет. Вероятно, в период 1994–2001 гг. проходил отбор на многопозвонковость, когда оказывалось больше молоди с повышенным Vert и такие особи в дальнейшем выживали лучше. Подобное явление могло быть вызвано несколькими постоянно действующими факторами, вызывающими увеличение среднего для популяции числа позвонков, такими как понижение температуры воды в период развития икры, либо зимним дефицитом кислорода, к которому более устойчивы многопозвонковые особи, либо суммой этих и других факторов.

Как видно, данный процесс не привел к необратимым изменениям в популяции плотвы, так как в дальнейшем (2007–2013 гг.) произошло снижение средних величин общего числа позвонков примерно до уровня, который был характерен для плотвы в прежние годы (до 1994 г.).

Работа выполнена в рамках государственного задания, тема № АААА-А18-118012690222-4.

Список литературы

Законнова А.В., Литвинов А.С. Многолетние изменения гидроклиматического режима Рыбинского водохранилища // Гидролого-гидрохимические исследования водоемов бассейна Волги. Труды ИБВВ РАН. 2016. Вып. 75(78). С. 16–22.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА СРЕДНЕКАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

А. М. Истомина

Пермское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

614002, Пермь, ул. Чернышевского, 3, e-mail: annamk@yandex.ru

Сбор материала проводился на Камском и Воткинском водохранилищах (Пермский край) в 2000–2017 гг. За время наблюдений в донной фауне исследованных водохранилищ зарегистрировано 276 таксонов (в Камском – 252, в Воткинском – 166). Личинки хирономид представлены 126 таксонами, олигохеты – 39, моллюски – 46, личинки ручейников – 24 таксонами. Массовыми видами являются личинки хирономид *Procladius ferrugineus* Kieff, *Cryptochironomus* gr. *defectus*, виды р. *Chironomus* и олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, *Uncinaiis uncinata* (Oersted).

В среднекамских водохранилищах зарегистрировано 9 инвазионных видов: 6 видов ракообразных (*Pontogammarus sarsi* (Sowinsky), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald), *Corophium curvispinum* Sars., *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing), *Paramysis intermedia* (Czerniavsky) и *P. lacustris* (Czerniavsky)) и 3 вида моллюсков (*Dreissena polymorpha* (Pallas), *D. bugensis* (Andrusov) и *Lithoglyphus naticoides* Pfeiffer).

Анализ многолетней динамики макрозообентоса Камского и Воткинского водохранилищ показывает, что с 80-х гг. XX века и по настоящее время, несмотря на высокие величины средней общей биомассы зообентоса (до 290 г/м²), обеспеченные массовым развитием крупных моллюсков из семейств Viviparidae, Unionidae и Dreissenidae, биомасса кормового бентоса в них, в основном, не превышает 4 г/м².

В Камском водохранилище за период исследований значительных изменений в структуре донных сообществ и их количественном развитии не отмечено. Биомасса кормового бентоса находилась в пределах от 1.7 до 2.98 г/м², основными ее компонентами являлись олигохеты, личинки хирономид и мелкие двустворчатые моллюски. Трофический статус водоема варьировал от олиготрофного до α-мезотрофного.

Воткинское водохранилище до 2007 г. также характеризовалось низкими величинами кормовой биомассы (не более 2.5 г/м²). В 2007–2009 гг. в водоеме произошло значительное увеличение кормовой биомассы макрозообентоса (до 10 г/м²), главным образом за счет массового развития младшевозрастных особей *Dreissena polymorpha* и каспийских ракообразных *Dikerogammarus haemobaphes*. С 2010 г. и по настоящее время в водоеме отмечается практически повсеместное исчезновение поселений дрейссены с ранее занимаемых ими биотопов (главным образом в верхнем и центральном районах), что может быть связано с ухудшением кислородных условий в водоеме в 2010 г. из-за массового развития синезеленых водорослей. Уменьшение доли ювенильной дрейссены и практически полное исчезновение доминировавшего в «мягком» бентосе *D. haemobaphes* привело к значительному снижению кормовой биомассы макрозообентоса, которая, начиная с 2011 г., варьирует от 1.2 до 3.8 г/м², преобладают в ней *Corophium curvispinum*, представители сем. Pisidiidae и личинки хирономид. Отсутствие скоплений дрейссены повлияло на трофический статус водоема: в 2007–2009 гг. Воткинское водохранилище по величине биомассы кормовых организмов относилось к водоемам β-мезотрофного типа, в последующие года его трофический статус в основном соответствовал олиготрофному типу.

Низкий трофический статус среднекамских водохранилищ, главным образом, определяется значительными объемами зимне-весенней сработки уровня воды: в Камском водохранилище осушается 78.05% от общего объема при НПУ, а в Воткинском – 40.72%. В результате, биомасса кормового бентоса практически во всей мелководной зоне водоемов (глубины до 3.0 м, которые занимают значительные площади) в период наших исследований не превышала 2.0 г/м².

ИХТИОФАУНА ШИРОКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

С. Н. Казаринов, С. П. Огородов

Пермское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

614002, Пермский край, г. Пермь, ул. Чернышевского, д. 3, e-mail: semnikol@mail.ru

Широковское водохранилище, образованное на р. Косье, расположено в Губахинском районе Пермского края и является третьим по величине водохранилищем в регионе. Длина водохранилища составляет 35 км, площадь зеркала при НПП – 40.8 км². Полный объем водной массы 526 млн м³, полезный – 326 млн м³ (Мацкевич, 1999). Труднодоступность и слабое рыбопромысловое значение водохранилища привели к тому, что ихтиологические исследования относятся к первым годам после заполнения водохранилища и представлены только работами Ю.А. Козьмина и Н.В. Вершинина (1952, 1956). Согласно этим исследованиям, р. Косьва в месте образования водохранилища являлась типично горной рекой с быстрым течением, перекатами и каменистым руслом, что обуславливало специфичность её ихтиофауны.

Ихтиофауна Широковского водохранилища сформировалась на основе уже существующей в реке и в первые годы его существования (1949–1952 гг.) состояла из 9 видов рыб, ещё 6 видов рыб – европейский хариус, обыкновенный пескарь, усатый голец, русский подкаменщик и обыкновенный ерш после зарегулирования стока р. Косьвы из состава ихтиофауны исчезли. В водохранилище на постоянной основе обитали обыкновенная щука, речной окунь, обыкновенная плотва, язь и налим. Сезонно, в летние месяцы, встречались обыкновенный елец и речной голянь. Местообитания обыкновенной щиповки были приурочены к заливам водохранилища. Поимки тайменя, обычного вида для р. Косьвы, были единичны и очевидно были связаны с выходом его в водохранилище из притоков и р. Косьвы. (Вершинин, Козьмин, 1952; Козьмин, 1956).

В основу работы положены результаты ресурсных исследований, проведенных Пермским отделением ФГБНУ «ГосНИОРХ» на Широковском водохранилище в 2011, 2016 и 2017 гг. Для отлова рыбы применялись ставные сети с ячеей 10–80 мм, длиной от 10 до 90 м и высотой 1.0–5.0 м, а также мальковой волокушей длиной 10 м с ячеей 4 мм. Обработку материала проводили в полевых и камеральных условиях, используя общепринятые ихтиологические методики (Чугунова, 1959; Правдин, 1966). Количество собранного материала составило 1820 экз. рыб, из них поймано сетями 1572 экз., мальковой волокушей 248 экз.

По результатам наших исследований ихтиофауна Широковского водохранилища в настоящее время включает 11 видов рыб, относящихся к 5 семействам – обыкновенная щука, лещ, обыкновенный пескарь, язь, обыкновенный елец, обыкновенная плотва, речной голянь, обыкновенная щиповка, европейский хариус, речной окунь и обыкновенный ерш. Ещё 2 вида (таймень и налим) включены в состав ихтиофауны по опросным данным. В уловах отмечен 1 вид – лещ, сведения о котором отсутствовали в литературных источниках.

Экологическая структура ихтиофауны Широковского водохранилища по типу питания представлена бентофагами, полифагами и хищниками. Планктофаги в данном водоеме за весь период его существования не отмечены.

Увеличение видового разнообразия произошло за счет адаптации к условиям водохранилища видов, ранее населявших р. Косьву и её притоки. Виды, отсутствовавшие в ихтиофауне водохранилища (лещ и ерш), а также малочисленный и встречающийся в верхнем районе елец в настоящее время широко расселились по всему водоему и являются обычными.

ХАРАКТЕРИСТИКА СРОКОВ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ПЕРИОД СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

В. Г. Калинин, К. Д. Микова

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: vgkalinin@gmail.com, mikovak@yandex.ru*

Наблюдающиеся в последние десятилетия изменения климата во многом определяют особенности гидрологического режима водных объектов. Наиболее чувствительными к изменению температуры воздуха являются процессы формирования ледовых явлений на реках и водохранилищах (Калинин, Чичагов, 2014).

Целью работы является анализ многолетних колебаний сроков появления ледяных образований на Камском водохранилище. Исходными данными послужили многолетние ряды наблюдений за ледовым режимом на 11-ти гидрологических постах за весь период существования водохранилища (1956–2017 гг.). Анализ среднемноголетних сроков появления ледяных образований за этот период показал наличие интенсивных колебаний от года к году, синхронность на разных постах и тенденцию к смещению исследуемых сроков в позднюю сторону в последние десятилетия.

В работах М.Н. Шимараева (2007) и А.В. Фролова (2013) отмечено, что устойчивое глобальное потепление климата, связанное с перестройкой атмосферы и подтверждаемое данными о повышении температуры воздуха и океана, наблюдается с середины 1970-х гг. Проведенное сравнение периодов до и после 1975 г. показало, что для условий Камского водохранилища значимые различия в сроках появления ледяных образований отсутствуют (различия в среднемноголетних сроках не превышают ± 2 сут.). В то же время, если рассматривать периоды последних 30 (1986–2017 гг.) и 20 (1996–2017 гг.) лет по сравнению с предыдущими периодами (1956–1985 и 1956–1995 гг.), то расхождения в многолетних сроках в среднем по постам составляет 3 и 7 сут. соответственно. Это свидетельствует о том, что в последние десятилетия, а именно 30 и 20 лет наблюдаемое потепление наиболее выражено.

Для выявления начала периода изменений сроков появления устойчивых ледяных образований использован метод скользящего среднего (Владимиров, 1990). Анализ сглаженных колебаний исследуемых сроков за периоды 5, 7, 9, 11, 21 и 31-лет с шагом в один год показал, что на графиках четко прослеживается нарушение однородности временного ряда и имеется возможность выявить так называемую точку перегиба – начала выраженных изменений. Эта точка на графиках 5, 7, 9, 11, 21 и 31-леток находилась как середина соответствующего n -летнего интервала. Например, для 9-летнего периода с 1987 по 1995 гг. «точка перегиба» соответствует 1991 г.

Следует отметить, что на графиках осредненных сроков за 9, 11 и 21-летние периоды точка перегиба выделяется очень четко, тогда как на 5, 7 и 31-летних периодах ее выявить сложнее. По каждому гидрологическому посту и для каждого расчетного периода выполнен расчет повторяемости лет, на которые приходилась точка перегиба. Анализ этих данных показал, что наибольшая повторяемость соответствует 1992 г.

Таким образом, влияние современных климатических изменений на сроки появления устойчивых ледяных образований на Камском водохранилище наиболее выражено в последние 25 лет.

Список литературы

- Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 368 с.
Калинин В.Г., Чичагов В.В. Многолетняя изменчивость сроков ледообразования на реках водосбора Воткинского водохранилища // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 83–92.
Фролов А.В. Вклад гидрометеорологической науки в развитие водохозяйственного комплекса страны // VII Гидрологический съезд: тез. пленарных докл. (19–21 ноября 2013 г., Санкт-Петербург). Санкт-Петербург, 2013. С. 1–5.
Шимараев М.Н. Циркуляционные факторы изменений ледово-термического режима Байкала // География и природные ресурсы. 2007. № 4. С. 54–60.

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ РЫБ В ПРИБРЕЖЬЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ И КАМЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ ИБВВ РАН 2005–2017 ГГ.)

Д. П. Карabanов, Д. Д. Павлов, М. И. Базаров, Е. А. Боровикова, Ю. В. Герасимов,
Ю. В. Кодухова, А. К. Смирнов, И. А. Столбунов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: dk@ibiw.yaroslavl.ru

Своевременное выявление новых видов за пределами их исторических ареалов, путей и векторов биологических инвазий имеет важное как теоретическое, так и практическое значение. Создание системы водохранилищ на крупнейших европейских реках привело к значительной трансформации нативных сообществ и формированию условий, благоприятных для расширения ареалов разных видов гидробионтов. Всего в водоёмах изученного бассейна обитает (по разным систематическим сводкам) от 124 до 140 видов рыб. Однако, даже в случае консервативного подхода, в наших обловах на мелководье доля чужеродных видов в водохранилищах Волги составляет от 8 до 32%. Для водохранилищ Камы доля чужеродных видов значительно меньше – от 2 до 16%. Таким образом, рыбы-вселенцы являются стабильным (хотя часто и малочисленным) компонентом прибрежных сообществ.

Ponticola gorlap (Pjin, 1949) – каспийский бычок-головач. Наиболее крупный из расселяющихся по Волге бычковых рыб. Обычен на Нижней и в водохранилищах Средней Волги. В водохранилищах Камы нами не встречен, однако вероятность его экспансии в этом направлении крайне велика.

Ponticola syrman (Nordmann, 1840) – бычок-ширман. Встречен только на Нижней Волге.

Neogobius melanostomus (Pallas, 1814) – бычок-кругляк. Успешно расселился по всей Волге, по Каме – вплоть до верховьев Воткинского водохранилища.

Neogobius fluviatilis (Pallas, 1814) – бычок-песочник. Обычен на Нижней и Средней Волге, и, вероятно, представлен в других водохранилищах Волжско-Камского каскада.

Proterorhinus sp. (cf. *marmoratus*) – тупоносый бычок. Присутствует практически во всех водохранилищах Волги. Вопрос региона-донора и таксономической принадлежности тупоносых бычков Волжско-Камского бассейна, требует отдельного изучения.

Benthophilus stellatus (Sauvage, 1874) – звёздчатая пугловка. Редкий вид, наиболее часто встречается на Нижней и Средней Волге, единичные находки вплоть до Рыбинского в/х.

Percottus glenii Dybowski, 1877 – ротан-головешка. Крайне редко встречается в прибрежье Куйбышевского и Чебоксарского в/х. Возможность существования стабильных речных популяций не ясна.

Coregonus albula (Linnaeus, 1758) – европейская ряпушка. Представитель “северных” рыб-вселенцев. Крайняя точка нахождения – верхний бьеф Жигулёвской ГЭС.

Osmerus eperlanus (Linnaeus, 1758) – европейская корюшка. Также “северный” интродуцент, адвентивный ареал ныне сократился фактически до водохранилищ Верхней Волги.

Syngnathus abaster Risso, 1827 – малая игла-рыба. Массовый вид-вселенец в водохранилищах Нижней и Средней Волги, и Нижней Камы. Генезис популяций требует уточнения.

Clupeonella cultriventris (Nordmann, 1840) – черноморско-каспийская тюлька. Массовый вид-вселенец, новый ареал охватывает все водохранилища Волги и Камы. Регионом-донором по результатам генетико-биохимического анализа, предположительно, послужили жилые пресноводные популяции тюльки в настоящее время затопленных “Саратовских затонов”.

Кроме этих массовых чужеродных видов имеются данные о крайне редких (или сомнительных) поимках ещё 10 инвазийных видов рыб.

Подробные данные по биогеографии, таксономические и филогеографические комментарии по рыбам-вселенцам представлены в соответствующей работе, опубликованной в журнале «Труды ИБВВ РАН» (2018), посвящённом вопросам комплексного изучения водохранилищ Волжско-Камского региона.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБВВ РАН, тема № АААА-А18-118012690102-9 при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-05-00782-а.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ ГОРЬКОВСКОГО И ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Р. К. Катаев, А. Е. Минин, Д. И. Постнов, В. В. Вандышева

Нижегородское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

603116, Нижний Новгород, Московское шоссе, 31, e-mail: [gosniorh@list.ru](mailto:gосniorh@list.ru)

С момента создания водохранилищ в них безостановочно происходят изменения, как абиотического, так и биологического характера. В связи с этим оценка состояния запасов водных биологических ресурсов – результирующей всех происходящих процессов – является основной задачей мониторинговых исследований водных объектов и напрямую влияет на ведение хозяйственной деятельности. В данной работе анализируются количественные показатели и видовое разнообразие рыбного населения Горьковского и Чебоксарского водохранилищ, двух смежных водоемов, но различным сроком существования. Первое находится в эксплуатации уже 60 лет, а второе – чуть менее 40 лет.

Для оценки динамики рыбных запасов и биологического разнообразия Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в работе использовались данные ихтиологических исследований 1980–2017 гг., сравнительная характеристика различных экологических зон проводилась по материалам за период 2010–17 гг. За основу оценки состояния запасов принят показатель биомассы, как интегральной величины, включающей численные и размерные характеристики отдельных популяций в сообществе. Оценка видового разнообразия осуществлялась с использованием функции Шеннона по относительному обилию видов в общей биомассе.

За весь период исследований на Горьковском водохранилище отмечено 44 вида рыб из 14 семейств, на Чебоксарском – 49 видов из 15 семейств. Наиболее широко представлено семейство карповых рыб, насчитывающее 20 и 26 видов соответственно. Динамика видового разнообразия исследуемых водохранилищ носила сходный характер. До середины 1990-х гг. видовое разнообразие сообщества рыб находилось в стабильном состоянии – на Горьковском водохранилище в пределах 1.7–1.9 бит, на Чебоксарском – 2.9–3.0 бит. В последующем, на фоне обнаружения видов-интродуцентов и дальнейшем их распространении, отмечается переход систем к новым точкам стабилизации, которые были достигнуты в начале 2010-х гг. До настоящего времени на Горьковском водохранилище данная величина колеблется на уровне 2.4–2.6 бит, на Чебоксарском – 3.2–3.3 бит. Большое видовое разнообразие Чебоксарского водохранилища, по-видимому, связано с большей проточностью (водообмен 19–32 раз/год против 6 на Горьковском) и большим количеством различных типов биотопов. В то же время состав доминирующей группы видов был сходен и типичен для Волжского бассейна: в литоральной и сублиторальной зонах – плотва и окунь, в русловой – лещ.

Сравнительный анализ различных экологических зон показал более высокую продуктивность Чебоксарского водохранилища – так средняя биомасса рыб в литоральной зоне составила 45.9 ± 5.9 кг/га, сублиторальной – 84.6 ± 13.2 кг/га, русловой – 27.3 ± 2.0 кг/га. Аналогичные величины на Горьковском водохранилище составляют 32.0 ± 5.5 кг/га, 67.8 ± 12.9 кг/га и 16.3 ± 1.9 кг/га соответственно.

Кривые динамики рыбных запасов водохранилищ имели несколько фаз подъемов и спадов. Однако, запасы более старого Горьковского водохранилища, с уже сформировавшейся системой, имели более продолжительную стадию стабильных показателей. Одновременное повышение запасов в водохранилищах отмечается в начале 2010-х гг., что может быть связано как с расселением новых видов, так и временным периодом снижения интенсивности промысла после принятия Федерального закона о рыболовстве (2004 г.). В целом, общая биомасса рыбного населения Горьковского водохранилища за период исследований находилась в пределах 10.2–16.0 тыс. т, Чебоксарского – 11.3–16.8 тыс. т. Современное состояние характеризуется тенденцией к снижению показателей и в настоящее время находится на уровне 11.9 тыс. т на Горьковском и 13.7 тыс. т на Чебоксарском водохранилище.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ГЕОГЕЛЬМИНТОВ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ

Н. Ю. Кириллова, А. А. Кириллов

Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: parasitolog@yandex.ru

Гидрологический режим водоема (уровень и температуры воды) имеет важное значение в жизни амфибий и определяет возможность существования и развития их паразитов. Весенне-летние паводки оказывают значительное влияние на инвазию земноводных геогельминтами.

Жизненный цикл нематод *Cosmocerca ornata* Dujardin, 1845 и *Oswaldocruzia filiformis* (Goeze, 1782) осуществляется без участия промежуточных хозяев. Инвазионные личинки (L3) *C. ornata* заражают озерных лягушек через глаза в приповерхностном слое воды (Кириллова, Кириллов, 2017). Инвазия лягушек *O. filiformis* происходит на суше преимущественно перорально при случайном заглатывании личинок паразита вместе с пищевыми объектами с почвы либо с растений, на которых располагаются инвазионные личинки нематоды (Hendrikx, 1983; Тарасовская, 2009; Світін, 2016). Особенности жизненного цикла и разные пути проникновения в хозяев данных видов нематод обуславливают различия в зараженности амфибий.

Температура окружающей среды влияет на заражение амфибий личинками нематод. Инвазия лягушек геогельминтами начинается в мае, когда водоем прогревается до оптимальных температур для подвижности, развития личинок *C. ornata* (развитие нематод начинается при 16–17°C). В июле зафиксированы наиболее высокие показатели *t* воды и отмечены максимальные показатели инвазии лягушек нематодами. С сентября наблюдается снижение зараженности лягушек паразитом, вызванное снижением *t* окружающей среды. С октября заражение амфибий нематодами не происходит (Кириллов, Кириллова, 2016). Такая же тенденция наблюдается в инвазии лягушек *O. filiformis*, за исключением порога температуры воздуха необходимой для развития паразита: откладка яиц самкой и их дальнейшее развитие начинается с 22–24°C (Світін, 2016).

Проведен анализ динамики заражения озерных лягушек нематодами *C. ornata* и *O. filiformis* в Мордовинской пойме Саратовского водохранилища в мае–октябре 2016 и 2017 гг. Года различались по температурному режиму и уровню воды.

В 2016 г. отмечен высокий уровень инвазии озерных лягушек *C. ornata*. Общая зараженность за май–октябрь составила 71.0% (5.6 экз.). В то время как зараженность амфибий *O. filiformis* была низкой – 9.0% (0.3 экз.). В 2017 г. зараженность лягушек *C. ornata* находилась на самом низком уровне (за последние 10 лет) – 20.4% (0.7 экз.), а показатели инвазии амфибий *O. filiformis*, наоборот, достигли своего максимума – 56.8% (1.4 экз.).

Уровень воды в мае–октябре 2016 г. не превышал средней многолетней отметки; сложились благоприятные температурные условия для развития личинок *C. ornata* в водоеме и, соответственно, для заражения лягушек нематодами и дальнейшего развития паразитов в хозяине. В 2017 г. уровень воды в мае–октябре существенно превышал среднюю многолетнюю отметку; температура воды и воздуха была относительно ниже. В течение сезона часто менялась зона затопления берега, площадь затопления и увлажнения береговой зоны была значительно больше, чем в предыдущие годы, что создало благоприятные условия для развития *O. filiformis* и повысило вероятность контакта амфибий с инвазионным началом. Но высокий уровень воды привел к снижению плотности популяций, как *C. ornata*, так и озерных лягушек. Смещение постоянного местообитания лягушек снизило вероятность встречи инвазионных личинок *C. ornata* нематод и амфибий.

Таким образом, резкие изменения гидрологического режима водоема в разные годы оказывают существенное влияние на инвазию озерных лягушек геогельминтами *C. ornata* и *O. filiformis*, и численность нематод в исследуемой станции.

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ОБМЕНА ВОД В КАМСКОМ И ВОТКИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А. Б. Китаев

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
614600, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: hydrology@psu.ru*

Создание крупных водохранилищ и их каскадов вносит коренные изменения в природу естественных водных объектов и, в первую очередь, в динамику водных масс. В отличие от других водных объектов суши, водохранилища представляют собой водоемы, очень сложные в морфологическом и морфометрическом отношении. Их гидрологический режим определяется не только совокупностью природных факторов, но и в значительной степени – деятельностью человека.

Важнейшей характеристикой экологического благополучия экосистемы любого водного объекта является интенсивность водообмена, который представляет собой сочетание ряда динамических процессов, протекающих в водоеме под действием различных внешних сил. В конечном итоге интенсивность водообмена обуславливает скорость постоянных течений, интенсивность турбулентного перемешивания водной массы, влияет на термический и ледовый режим, гидробиологические и гидрохимические процессы, а также на санитарно-гигиеническое состояние водохранилища.

Основные лимитирующие факторы в процессах внешнего водообмена – приток, осадки, сток, испарение. Чем больше приток воды в водохранилище и сброс из него через гидроузел, тем больше показатели внешнего водообмена. Сброс воды учитывается на гидроузле. Приток определяется по данным наблюдений на гидрологических постах на входных створах (уровни и расходы воды). По изменению уровня воды за расчетный период можно определить изменение объема водохранилища за этот период. Чем больше приток воды при неизменном объеме водохранилища, тем интенсивнее происходит водообмен, и наоборот. С другой стороны, чем больше объем водохранилища при стабильном притоке, тем слабее осуществляется процесс водообмена. Осадки на поверхность водохранилища и испарение с его поверхности определяются по данным метеонаблюдений на репрезентативных метеостанциях. Их роль в процессах водообмена имеет второстепенное значение по сравнению с притоком-сбросом воды.

При анализе водного баланса за данный расчетный период (1993–2010 гг.) выяснилось, что 1994 г. является многоводным, а 2004 г. – маловодным. При сравнении коэффициентов водообмена на водохранилищах, выяснилось, что на Воткинском водохранилище обмен вод происходит быстрее (в 1.5 раза), чем на Камском водохранилище.

Согласно ГОСТу по степени интенсивности водообмена за годовой период различают водохранилища с замедленным ($D < 0.1$), умеренным ($0.1 < D < 5.0$) и интенсивным ($D > 5.0$) водообменом. По полученным коэффициентам установлено, что Камское и Воткинское водохранилища относятся к водохранилищам с интенсивным водообменом. На Камском водохранилище в многоводный год «старая» вода замещается «новой» более 7 раз, а в маловодный – более 6 раз. На Воткинском водохранилище в многоводный год обмен вод происходит более 9 раз, в маловодный – около 7 раз.

При рассмотрении пространственного изменения показателей водообмена можно сказать, что водность на верхних участках водоемов не влияет на значения обмена вод, а для центрального и приплотинного участков наблюдается прямая зависимость водности года и коэффициентов водообмена.

Обмен вод за исследуемый период стал несколько выше на обоих изучаемых водоемах по сравнению с предшествующими периодами эксплуатации водохранилищ. Причина такого положения вызвана, прежде всего, постепенным уменьшением объема водных масс водохранилищ в связи с их заилением.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ БОЛЬШЕКАМСКОГО И КИРОВСКОГО ВОДОЗАБОРОВ Г. ПЕРМИ

А. Б. Китаев

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
614600, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: hydrology@psu.ru*

Актуальность данной темы связана с техногенной нагрузкой на р. Каму, приводящей к засорению и загрязнению данного водного объекта. Загрязненность реки химическими веществами связана со сбросом недостаточно очищенных сточных вод от промышленных предприятий и неочищенного поверхностного стока г. Перми. С учетом сложившейся негативной ситуации, касающейся Камы, в первую очередь, необходимо тщательно оценить состояние реки, в частности, рассмотреть пространственно-временную динамику тяжелых металлов. Это необходимо для установления причины непосредственного поступления и последующего накопления тяжелых металлов в реке, ведь оценив и спрогнозировав ситуацию, можно установить контроль на ранних этапах внесения металлов в реку.

Исследования базировались на материалах наблюдений ФГУ «Камводэксплуатация» за период 2003–2013 гг. Анализы проб воды проведены в аккредитованной гидрохимической лаборатории этой организации. Мониторинговые исследования охватывают все основные фазы водного режима водоисточника. Особенностью водообеспечения г. Перми является забор воды из камских водохранилищ. Очистка воды для города осуществляется на трех станциях водоподготовки. Чусовские очистные сооружения (ЧОС) – основная станция водоподготовки, обеспечивающая питьевой водой более 75% населения города. Чусовской водозабор находится выше городской территории, и забор воды происходит из Чусовского плеса Камского водохранилища. Источником водоснабжения Большекамских водопроводные очистные сооружения (БКВ) является самая верхняя часть Воткинское водохранилища. Большекамский водозабор располагается ниже плотины КамГЭС и основной объем водной массы составляют воды Камского водохранилища. Кировская районная фильтровальная станция (КРФС) – единственные городские очистные сооружения, расположенные на правом берегу Воткинского водохранилища.

Исследования позволили сделать следующие выводы: 1) Для общего железа характерно превышение ПДК как во входном створе, так и в районах расположения водозаборов. Основная причина высокого содержания железа – высокий природный фон, а также значительное увеличение его концентрации за счет промышленных сбросов (бывший Кизеловский угольный бассейн и Соликамско-Березниковский промышленный узел). 2) Содержание марганца во входном створе и районах расположения водозаборов во все фазы водного режима водохранилища значительно превышает рыбохозяйственные нормы ПДК (максимально в 36–38 раз). Основная причина та же – высокий природный фон (составляет 9–12 ПДК). 3) Концентрация меди в районах городских водозаборов (как и во входном створе) практически всегда превышает ПДК (максимально в 25–27 раз). Причина повышенного содержания меди – совместное воздействие природного и антропогенного фактора. 4) Содержание свинца, кадмия и никеля в районах водозаборов практически всегда ниже ПДК. Лишь в сентябре 2007 г. содержание кадмия составило 1.3 ПДК, в апреле 2003 г. концентрация никеля составила 3 ПДК, в это же время содержание свинца было 1.5 ПДК; во входном створе содержание этих компонентов также было выше нормы, что свидетельствует об их антропогенном происхождении. 5) Концентрация цинка во все фазы водного режима водохранилища составляет 2–5 ПДК, что связано с антропогенным фактором. 6) Содержание хрома в районах водозаборов всегда в норме.

Общий вывод – угрозу качеству воды Воткинского водохранилища в районах городских водозаборов представляют высокие концентрации железа, марганца и меди, что связано с их высоким природным фоном, а также повышенные величины содержания цинка, являющиеся следствием антропогенного воздействия.

ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РЫБ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2000-е И 2010-е ГГ.

А. А. Клевакин, В. В. Логинов, А. В. Моисеев, О. А. Морева, А. В. Бугров

Нижегородское отделение ФГБНУ ГосНИОРХ им. Л.С. Берга

Нижний Новгород, Московское шоссе, д. 31, e-mail: gosniorh@list.ru

В Чебоксарском водохранилище натурализовалось девять видов чужеродных рыб: тюлька, ряпушка, бычок кругляк, бычок головач, бычок цуцик, бычок песочник, ротан-головешка, звездчатая пуголовка и колюшка девятииглая. Распространение чужеродных видов рыб достаточно изучено, актуальным является изучение их роли в ихтиоценозе водохранилищ, одним из основных критериев которой является численность рыб.

Чужеродные виды Чебоксарского водохранилища относятся к не крупным по размерам рыбам, промысловыми орудиями лова слабо облавливаются, что приводит к недооценке их численности. Для оценки их численности нами были использованы мелкочейистые (ячея 4–8 мм) варианты орудий лова, позволяющие облавливать все биотопы водохранилища по глубинам, – мальковые волокуша и невод, русловая ловушка, шлюпочный вариант трала в донном и пелагическом исполнении. За период 2001–2016 гг. проанализировано 887 ловов на общей площади 85.7 га, промерено 154635 экз. рыб 38 видов.

Общая концентрация рыб Чебоксарского водохранилища снижается от прибрежной полосы к фарватеру с 26796–11285 до 139–274 экз./га при довольно значительной ее величине в пелагиали (478–2299 экз./га). Доля чужеродных видов в той же пространственной последовательности увеличивается с 1.7–5.0 до 71.6–16.8% (в пелагиали 83.9–99.0%).

Для ряпушки характерно локальное стабильное обитание в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС (максимальная встречаемость по участкам лова 6%, численность в местах обитания – 38–161 экз./га). Ротан-головешка обитает в заливах с водной растительностью и слабым водотоком (11–28%, 83–753 экз./га). Девятииглая колюшка попадает в водохранилище из впадающих ручьев, вероятно, в паводковый период (9–2%, 55–5 экз./га). Распространение и численность сокращаются у бычка песочника (17–8%, 82–50 экз./га) и звездчатой пуголовки (22–10%, 60–46 экз./га). Области распространения осталась примерно теми же при заметном увеличении численности у бычка цуцика (43–46%, 197–315 экз./га) и бычка головача (20–22%, 303–407 экз./га). Расширение ареала при резком увеличении численности наблюдаются у бычка кругляка (40–50%, 364–730 экз./га) и тюльки (67–88%, 661–2754 экз./га; в пелагиали 67–88%, 602–2574 экз./га).

Общие запасы рыб определены с учетом площади отдельных по глубине биотопов. По данным уловов мелкочейистыми орудиями общие запасы рыб увеличились с 281 млн шт. в 2000-е до 464 млн шт. в 2010-е гг., чужеродных видов – с 52 до 224 млн шт. Произошло увеличение запасов чужеродных видов в 4.3 раза, местных видов – в 1.1 раза.

Возможно, в целом не наблюдается пресс чужеродных видов рыб на местную фауну, так как их общая численность и запасы не уменьшились. Однако в сравнительном аспекте отмечены значительные различия численности отдельных массовых и сходных по биологии видов рыб. Так, запасы тюльки увеличились с 45 до 208 млн шт., в то же время запасы уклейки уменьшились с 38 до 29 млн шт. Увеличились запасы бычков кругляка (с 3 до 13 млн шт.) и головача (с 0.8 до 1.6 млн шт.), но уменьшились запасы ерша (с 20 до 3 млн шт.), ельца (с 8 до 4 млн шт.) и пескаря (с 2.7 до 1.2 млн шт.). Подобные сравнения можно привести по всему спектру облавливаемых 38 видов рыб.

Результаты исследований позволяют оценить роль чужеродных видов в ихтиоценозе водохранилища. Информационный блок данных по многолетним уловам рыбы мелкочейистыми орудиями лова на всех биотопах водохранилища по глубинам позволяет провести и другие аналитические исследования, в том числе по размерной и возрастной структуре запасов и биомассе рыб.

ДИНАМИКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ Р. ВОЛГА В АКВАТОРИИ Г. ЯРОСЛАВЛЯ

М. И. Ковалева¹, Л. В. Задворнова², И. В. Карасев¹

¹Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
150000, Ярославль, ул. Советская, д.14, e-mail: m.kovaleva@uniyar.ac.ru

²Ярославский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
150000, Ярославль, ул. Кирова, д. 5/23

Загрязнение природных вод генетически опасными соединениями (мутагенами) является одним из наиболее опасных последствий хозяйственной деятельности человека. Мутагены – это факторы, способные повреждать наследственный материал всех живых организмов, в том числе и человека. В организм человека генотоксиканты могут поступать различным путем. Последствия воздействия мутагенов могут проявиться как у организмов, подвергшихся воздействию в виде соматических мутаций, так и у последующих поколений в виде наследственных заболеваний. Поэтому контроль за содержанием мутагенов в природных средах является одним из необходимых направлений экологического мониторинга. Особенно необходимо проводить такие исследования на водоемах, которые являются источниками питьевого водоснабжения и рекреационными зонами для населения крупных городов, где расположены основные источники загрязнения.

Целью работы стало изучение мутагенной активности проб воды р. Волги в верхнем и нижнем створе г. Ярославля, а также в районах расположения питьевых водозаборов. Для исследования использовались пробы, концентрированные в 25 раз методом вымораживания [Дубинина, 1996].

Мутагенную активность проб воды определяли с помощью метода учета видимых мутаций (ВМ) у *Chlorella vulgaris* (Beijerinck), ана-телофазного метода с использованием *A. cepa* (L.). Также проводилась оценка мутагенной активности методом учета частоты доминантных летальных мутаций (ДЛМ) с помощью тест-объекта *Drosophila melanogaster* (Meigen).

Проведенное исследование позволило выявить следующие особенности.

При воздействии проб воды выживаемость одноклеточных водорослей тестерного штамма снижается. Выявлена способность волжской воды индуцировать хромосомные перестройки в меристематической ткани проростков корешков лука и доминантные летальные мутации у дрозофилы. Самый высокий уровень мутаций индуцируют пробы воды р. Волга, отобранные в районе Центрального водозабора.

Распределение мутагенной активности при исследовании с использованием различных тест-объектов совпадает. Но выраженность мутагенной активности у *Drosophila melanogaster* ниже, что может быть связано с чувствительностью этого животного объекта к мутагенным загрязнителям волжской воды.

При этом во всех случаях, что говорит об эффективности водоочистки.

Попарное сравнение мутагенности питьевой воды и природной воды водозаборов г. Ярославля показывает, что при прохождении воды через станции водоподготовки мутагенная активность и токсичность воды снижается в 1.5–2 раза, следовательно, системы подготовки питьевой воды несколько снижают мутагенное загрязнение воды, но полностью не освобождает питьевую воду от мутагенов.

Нами так же проводился анализ многолетней динамики мутагенной активности воды с 2013 по 2016 гг. Среднегодовые показатели мутагенной активности проб природной воды меняются, однако во все изученные сроки частота индуцированных мутаций превышает контрольный уровень в 3–4.5 раза. Максимальные значения показателя зарегистрированы в 2014 и 2016 гг. При этом во все сроки, несмотря на изменение качества природной воды, качество питьевой воды остается стабильным.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ – ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МОСКВЫ

М. А. Козлова

Институт водных проблем РАН

119333, Москва, ул. Губкина, д. 3, e-mail: mblshok@mail.ru

Сформировавшиеся в последние десятилетия экологические проблемы отличаются остротой наблюдаемых процессов и явлений, вызванных, в первую очередь, мощным прессом на природные системы. В этой связи лекарственное загрязнение природных вод суши остается на сегодняшний день сложной многофакторной проблемой, особенно для российских реалий. Накопившиеся в мировой литературе данные о характере этого явления вызывают озабоченность, не только мирового научного сообщества, но и крупных международных организаций, таких как US EPA (Агентство по охране окружающей среды США) и ВОЗ, поскольку лекарственные вещества (ЛВ) зачастую обнаруживаются и в питьевой воде. Так, наиболее часто встречающиеся ЛВ в питьевой воде – это карбамазепин, ибупрофен, сульфаметоксазол, клофибриновая кислота, гемфиброзил и иопромид [1].

Среди источников поступления ЛВ в природную воду помимо сельского хозяйства, ветеринарии, НИИ, связанных с разработкой новых лекарств, лечебно-профилактических учреждений, аптек и аптечных складов и пр., отдельно необходимо выделить коммунальные и промышленные (в данном случае от фармпроизводств) сточные воды, вносящие основной вклад в загрязнение.

Если проанализировать методики определения органических соединений, в том числе ЛВ, очевидно, что хроматография и хроматомасс-спектрометрия, в настоящее время, являются самыми распространенными и наиболее часто используемыми. Так, например, для определения фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в воде, почве, осадках и в твердых веществах биологического происхождения в США разработан стандартный аналитический метод [2], который используется многими странами. Метод предполагает сложную пробоподготовку и наличие радиоактивно меченого стандарта тестируемого лекарства, анализ проводится методом ВЭЖХ-МС/МС в режиме положительной или отрицательной электрораспылительной ионизации в зависимости от группы определяемых веществ. Выбор методов зависит от физико-химических свойств искомого соединения. ЖХ-МС/МС анализ больше подходит для определения соединений, которые являются более полярными и хорошо растворимыми в воде, в то время как применение ГХ-МС/МС целесообразно для более летучих соединений.

Для оценки опасности ЛВ помимо традиционных, трудоемких, дорогих методов возможно использование компьютерного прогнозирования биологической активности и некоторых количественных показателей токсичности. Такой метод, в частности, реализован в компьютерных программах PASS и GUSAR [3], основанных на взаимосвязи химической структуры и/или физических и химических свойств молекулы, обусловленных структурой, со спектром ее биологической активности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00316\18.

Список литературы

1. Daughton C.G. Pharmaceutical Ingredients in Drinking Water: Overview of Occurrence and Significance of Human Exposure // Contaminants of Emerging Concern in the Environment: Ecological and Human Health Considerations. ACS Symposium Series 1048, American Chemical Society: Washington, D.C., 2010. P. 9–68.
2. Method 1694: Pharmaceuticals and personal care products in water, soil, sediment, and biosolids by HPLC/MS/MS. U.S. // Environmental Protection Agency. December 2007. 72 p.
3. Lagunin A., Zakharov A., Filimonov D., Poroikov V. QSAR Modelling of Rat Acute Toxicity on the Basis of PASS Prediction // Molecular informatics. 2011. 30. P. 241–250.

ФИТОПЛАНКТОН ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ 2015–2017 ГГ.

А. Б. Комиссаров

Иваньковская научно-исследовательская станция, филиал Института водных проблем РАН
171251, Конаково, Тверская обл., ул. Белавинская, д. 61а, e-mail: Aleco1@inbox.ru

Иваньковское водохранилище было создано на Волге в 1937 г. и является первым в каскаде Волжских водохранилищ. Служит источником питьевого водоснабжения Москвы. Является рыбохозяйственным водоёмом 1-ой категории и несёт на себе большую рекреационную нагрузку.

Материалом для исследования альгофлоры планктона послужили пробы, отобранные в июле 2015 г., июне 2016 г. и августе 2017 г. на пяти станциях: с. Городня, д. Безбородово, г. Конаково, устье Мошковичского залива и верхний бьеф Иваньковской ГЭС. Пробы в объёме 0.5 дм³ отбирались на фарватере батометром из поверхностного горизонта воды глубиной до 1 м. Фиксировались модифицированным раствором Люголя. Подсчёт численности клеток проводился в камере Учинская-2 при увеличении 400. Расчет биомассы производился счётно-объёмным методом по Кузьмину.

В результате обработки проб на данный момент в составе фитопланктона Иваньковского водохранилища в летнюю межень 2015–2017 гг. было идентифицировано 278 видов, разновидностей, форм и типов водорослей из 9-и отделов. Наибольшим разнообразием отличались зелёные водоросли – 120 таксонов рангом ниже рода, второе место занимали диатомеи – 58 таксонов. Важную роль играли эвгленовые водоросли (30 таксонов) и цианобактерии (24 таксона). Таким образом, на долю зелёных и диатомовых водорослей приходилось 64% от общего разнообразия альгофлоры планктона, а вместе с эвгленидами и цианобактериями – 83%. Ведущими по разнообразию были роды *Desmodesmus* (Chodat) S.S. An, T. Friedl & E. Hegewald (13 таксонов) и *Nitzschia* Hassal (12 таксонов).

Общая численность фитопланктона изменялась по водохранилищу в 2015 г. от 6.9 до 16.1 млн кл./дм³, в 2016 г. – от 2.4 до 16.1 млн кл./дм³, в 2017 г. – от 0.7 до 19.1 млн кл./дм³. Основу численности формировали диатомовые, зелёные водоросли и цианобактерии. Состав доминирующих видов незначительно отличался по годам исследования и был сформирован преимущественно водорослями *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *Microcystis incerta* (Lemmermann) Lemmermann, *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, доля которых составляла 13–48% от общей. К ним в разные годы присоединялись *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Coelosphaerium kuetzingianum* Nägeli, *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wackin, L. Hoffmann & Komárek, *Anabaena scheremetievi* Elenkinii, *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Chroomonas acuta* Utermöhl и *Pseudodictyosphaerium jurissii* (Hindák) Hindák.

Общая биомасса изменялась в 2015 г. от 2.7 до 4.7 мг/дм³, в 2016 г. – от 0.8 до 2.8 мг/дм³, в 2017 г. – от 0.2 до 6.6 мг/дм³. Преобладали по биомассе исключительно диатомовые водоросли при участии зелёных во все годы и динофитовых в июле 2015 г. Доминировали за всё время исследования *Aulacoseira ambigua* и *Aulacoseira granulata*, доля которых составляла 10–74% от общей. К ним присоединялись в 2015 г. *Cyclotella meneghiniana* Kützing и динофитовая водоросль *Diplopsalis acuta* (Apstein) Entz (= *Peridinium latum* Paulsen), в 2016 г. – *Cyclotella meneghiniana*, *Stephanodiscus neoastrea* Håkansson & Hickel, *Asterionella formosa* Hassal и цианобактерия *Anabaena scheremetievi*, в 2017 г. – *Stephanodiscus neoastrea* и *Fragilaria crotonensis* Kitton.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA*) БЕЛОГО ОЗЕРА

А. Ф. Коновалов

Вологодское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

160012, г. Вологда, ул. Левичева, д. 5, e-mail: Alexander-Konovalov@yandex.ru

Белое озеро является крупнейшим по площади водным объектом естественного происхождения, расположенным вблизи северной границы бассейна Волги. Вплоть до конца XX века важнейшим объектом промысла в оз. Белое был судак (*Sander lucioperca*). В 1940–1960-е гг. средний ежегодный улов судака в оз. Белое сохранялся на относительно постоянном уровне и составлял около 223 т, а его доля от общего вылова была на уровне 30%. Начиная с 1970-х гг., наметился тренд к сокращению объемов добычи судака и его доли в уловах рыбы в водоеме. К 2000–2017 гг. средний вылов судака сократился до 31 т, составив лишь порядка 6% от общего.

Динамика общего вылова судака тесно коррелирует с уловами другого массового представителя ихтиофауны водоема – корюшки европейской (снетка) (*Osmerus eperlanus*). В частности, коэффициент корреляции уловов этих двух видов рыб за период с 1978 по 2017 гг. составляет около 0.79 ± 0.06 . Высокие абсолютные показатели объемов вылова судака и снетка, сохранявшиеся вплоть до начала 2000-х гг., и сопряженность уловов двух видов позволили классифицировать Белое озеро как водоем снетково-судачьего типа.

В 2000-е гг. началось наиболее длительное по времени и масштабное по объемам сокращение вылова судака и снетка, происходившее на фоне уменьшения биомассы их популяций и сопровождавшееся самой крупной за последние 40 лет дестабилизацией размерно-возрастной структуры популяции судака. Основной причиной этого стал ряд теплых лет – с 2000 по 2003 гг., когда в июле отмечались затяжные периоды жаркой погоды, вызывавшие массовую гибель снетка. Резкое ухудшение кормовой базы и интенсивная промысловая нагрузка привели к беспрецедентному сокращению численности и биомассы крупного судака, достигшего промысловой меры. Одновременно соответствующие показатели для маломерного судака в 2000-е гг. оставались на очень высоком уровне за счет высокоурожайных поколений 2001–2003 гг. Поколения этих трех лет, а также соседние с ними генерации обеспечивали очень высокую численность маломерного судака вплоть до конца 2000-х гг.

Изучение закономерностей питания судака Белого озера показало, что на первом году жизни единственным пищевым объектом являются сеголетки снетка, через потребление которых осуществляется переход молоди судака на хищный способ питания. С возраста 3+ ... 4+ значимым объектом питания наряду со снетком становится ерш, а с возраста 5+ – также чехонь и ряпушка. В дальнейшем с возрастом роль трех последних видов в питании судака увеличивается, а снетка – уменьшается. Общим трендом также является закономерное увеличение с возрастом пищевой обеспеченности судака, что проявляется в постепенном повышении совокупной частоты встречаемости кормовых объектов и снижении доли рыб, в желудках которых отсутствует пища.

Начиная с 1970-х гг., в популяции судака Белого озера отмечается тенденция постепенного сокращения показателей линейного и весового роста, наиболее отчетливо проявляющаяся в средних и старших возрастных группах. Это является отражением нестабильности условий обитания, которое, прежде всего, связано с ухудшением условий откорма при снижении численности популяции снетка.

Массовое достижение половой зрелости у самцов белозерского судака в среднем за последние десятилетия происходит на 5–6 годах жизни, а у самок – на 6–7. Начиная с возраста 8+, у самцов в сравнении с самками, отмечается замедление темпа роста, которое в дальнейшем прогрессирует. Многолетней тенденцией у рыб обоего пола является увеличение растянутости периода созревания и рост доли особей с незрелыми половыми продуктами в старших возрастах. Это отражает рост нестабильности условий обитания и их общее ухудшение.

ФИТОПЛАНКТОН ВОЛГИ: СТРАТЕГИЯ ДИНАМИКИ РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Л. Г. Корнева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: korneva@ibiw.yaroslavl.ru

Река Волга представляет собой каскад водохранилищ, расположенных в трех географических зонах, соединенных единым стоком, различающихся по возрасту, морфометрии, гидрофизическим, гидрохимическим параметрам и трофии вод. Географической зональностью определяется снижение цветности и количества взвешенного вещества и увеличение прозрачности воды и минерализации в водохранилищах в направлении от Верхней к Нижней Волге. Соединение стока Волги реками и каналами с водоемами Балтийского и Каспийского бассейна превратило ее в крупнейший трансмеридиональный Понто-Волго-Балтийский «инвазионный коридор» Европы.

Многолетние исследования фитопланктона водохранилищ Волги, охватывающие почти более чем полувековой период, позволили установить ряд важнейших закономерностей, которые могут стать основой для сравнительного изучения биоты зарегулированных и не зарегулированных крупных рек, текущих в меридиональном направлении. Результаты многолетнего мониторинга фитопланктона одного из них, крупнейшего озеровидного Рыбинского водохранилища, – основа для совершенствования теории эволюции водных биологических сообществ в ходе аллогенной сукцессии, а также для прогнозирования состояния водных экосистем и формирования принципов их управления.

Структурные преобразования фитопланктона Рыбинского водохранилища с 1950-х по 2010-х гг. выражались в циклическом характере изменения биомассы (увеличении суммарной биомассы фитопланктона с начала 1970-х до начала 2000-х гг. и последующем ее снижении до значений, характерных в первые 15 лет наблюдений), в *положительных трендах* – увеличении летнего пика в сезонной динамике биомассы и общей численности фитопланктона за счет цианобактерий, что привело к повышению их пропорции в общей биомассе фитопланктона, увеличению обилия и разнообразия миксотрофных фитофлагеллят (криптофитовых и золотистых водорослей), способных к фаготрофии, что можно рассматривать как признак начального этапа гетеротрофной фазы планктонной сукцессии, общего удельного богатства фитопланктона, обилия мелкоразмерных видов, в *отрицательных трендах* – снижении числа диатомовых цианобактерий, ценотического разнообразия, выравнивания и соотношения минимальной и максимальной биомассы, как меры устойчивости сообщества, кроме того, в постепенном упрощении структуры альгофлоры, внедрении в состав доминирующих комплексов аллохтонных галофильных диатомей, адаптированных к высокому содержанию легкоусвояемого органического вещества: *Skeletonema subsalsum* (Cl.-Euler) Bethge и *Actinocyclus normanii* (W. Greg. ex Grev.) Hust.. В целом в водохранилищах Волги обнаружено 17 чужеродных видов планктонных водорослей (16 диатомей и 1 динофлагеллята). В расселении инвазивных видов водорослей в планктоне Волги выделяют два этапа: первый (1960-е гг.), связанный с завершением основного гидростроительства и последующим изменением гидрологического и гидрохимического режима реки, второй (1980-е гг.), сопряженный с началом глобальных климатических изменений, которые способствовали увеличению стока Волги, поднятию уровня Каспия, повышению температуры воды и минерализации водохранилищ. Оба периода совпадают по времени с многоводной фазой циклических колебаний общей увлажненности, когда снижалось общее богатство фитопланктона. Влияние географической зональности на распределение фитопланктона в водохранилищах проявлялось в снижении ценотического, удельного, флористического и бета-разнообразия фитопланктона, относительного богатства зеленых водорослей, биомассы зеленых и фитофлагеллят, в увеличении относительного богатства диатомовых, числа галофилов и мезогалобов и размерности клеток в направлении от Верхней к Нижней Волге.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Н. Г. Косолапова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: kng@ibiw.yaroslavl.ru

После многолетнего перерыва возобновилась работа по исследованию видовой структуры и количественного развития планктонных гетеротрофных жгутиконосцев в Рыбинском водохранилище. Первые данные по бесцветным (гетеротрофным) жгутиконосцам Рыбинского водохранилища были получены в 1971 г. (Жуков, 1974). В 1988 г. были продолжены исследования флагеллят на 6 стандартных станциях (Жуков, 1990).

Цель работы – изучение видового состава и количественных характеристик гетеротрофных жгутиконосцев и выявление изменений, произошедших в сообществе со второй половины XX века. За период исследования (с 2010 по 2014 гг.) на 6 стандартных станциях обнаружено 108 видов и формы бесцветных жгутиконосцев, относящихся к 10 крупным таксонам и группе неопределенного систематического положения, из которых 22 вида впервые отмечены для Рыбинского водохранилища. Наибольшее число видов отмечено в 2011 г. (77 видов), наименьшее – в 2012 (44 вида). В 2010, 2013 и 2014 гг. по 57 и 52 вида соответственно. Основу видового разнообразия составляли представители двух таксонов воротничковые жгутиконосцы (24 видов) и амебоидные (18 видов). Другие таксономические группы содержали в своем составе от 1 до 14 видов. Во все годы наблюдений наибольшее число видов жгутиконосцев чаще всего регистрировали на границе Волжского и Главного плесов (ст. Молога), в западной части Главного плеса (ст. Брейтово) и в его центре (ст. Наволок). Своеобразие фауны жгутиконосцев различных участков определяли редкие виды (встречаемость $\leq 20\%$), которые составляли $>51\%$ общего списка. Постоянные виды (встречаемость $\geq 50\%$) повсеместно составляли небольшую часть суммарного числа видов. За весь период исследования только 20 видов (18.5% списка) отмечены на всех шести станциях. По способу питания большинство видов жгутиконосцев относились к бактерио-детритофагам, эта трофическая группа преобладала и по обилию. Четыре вида являлись эврифагами (*Goniomonas truncata*, *Paraphysomonas imperforata*, *P. vestita*, *Paraphysomonas* sp.) и пять – хищниками (*Allantionta hyploon*, *Aulacomonas hyalina*, *Colpodella angusta*, *Katablepharis* sp. и *Phyllomitus apiculatus*).

По средним данным за пять лет численность и биомасса жгутиконосцев на исследованных участках изменялись от 2.5 тыс. кл./мл до 1.9 тыс. кл./мл и от 215 мг/м³ до 86 мг/м³ соответственно. Максимальные численность и биомасса жгутиконосцев за исследованный период зафиксирована в 2011 г. (3.1 тыс. кл./мл и 217 мг/м³ соответственно), минимальная численность – в 2010 г. (1.8 тыс. кл./мл), а минимальная биомасса в 2012 г. (138 мг/м³). Наибольшие количественные показатели зарегистрированы на границе Волжского и Главного плесов (ст. Молога) и в центре главного плеса (ст. Наволок). Наименьшие численность и биомасса отмечены в восточной части Главного плеса (ст. Ср. Двор). Максимальные значения численности и биомассы жгутиконосцев на большинстве исследованных участков отмечены в 2011 г., и только в Волжском плесе (ст. Коприно) – в 2013 г. Минимальная численность была на станциях Волжского плеса (станции Коприно и Молога) и на мелководье в Главном плесе (ст. Измайлово) в 2010 г., в центре Главного плеса (ст. Наволок) и восточной его части (ст. Ср. Двор) – в 2013, в западной части (ст. Брейтово) – в 2012 г.

Список литературы

- Жуков Б.Ф. Бесцветные жгутиконосцы в планктоне р. Волги и ее водохранилищ // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1974. № 23. С. 28–31.
Жуков Б.Ф. Гетеротрофные жгутиконосцы в планктоне Рыбинского водохранилища в 1988 г. // Биол. внутр. вод. Информ. бюлл. 1990. № 86. С. 30–33.

ЗНАЧЕНИЕ ГЕТЕРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ В СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОТИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Д. Б. Косолапов, А. И. Копылов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: dkos@ibiw.yaroslavl.ru

Биотический компонент пресных водоемов формируют сообщества планктонных и бентосных, многоклеточных и одноклеточных организмов и вирусов, а также макрофиты и их обрастания. Для количественной оценки круговоротов вещества и энергии и познания закономерностей функционирования пресноводных экосистем необходимы фактические данные о структуре, биомассе и продукции сообществ организмов, обитающих в водной толще, донных отложениях, обрастаниях, и всего биотического компонента. Исследования структуры всей биотической составляющей пресных водоемов проводились редко. В последние десятилетия в экосистемах волжских водохранилищ происходят существенные изменения структуры, продуктивности и разнообразия населяющих ее сообществ гидробионтов, вызванные в первую очередь эвтрофированием и потеплением климата.

В двух водохранилищах Верхней Волги: Рыбинском и Иваньковском определена общая биомасса биотического компонента и оценен вклад в ее формирование сообществ автотрофных и гетеротрофных гидробионтов, населяющих разные местообитания этих водоемов, а также рассчитана первичная продукция органического вещества и изучена роль в этом процессе разных групп фотосинтезирующих организмов.

Биомасса всего биотического компонента экосистемы мезоэвтрофного Рыбинского водохранилища оказалась равной 71536 т С, что составляет 5.2% всего содержащегося в водоеме органического углерода. Основной вклад в формирование всей биомассы в водохранилище вносят высшие водные растения (57.3%). Их суммарная с эпифитомом биомасса больше таковой планктона и бентоса в 6.0 и 1.9 раза соответственно. Гетеротрофные бактерии, основная часть которых обитает в донных отложениях, по вкладу в общую биомассу (26.4%) занимают второе место. Биомасса фитопланктона оказалась на порядок ниже таковой макрофитов, но его продукция за вегетационный сезон превышает продукцию макрофитов более чем в три раза.

В эвтрофном зарастающем макрофитами Иваньковском водохранилище общая масса биотического компонента оказалась равной 39853 т С. Доли планктона, бентоса и макрофитов с эпифитомом в ней составляют 3.6, 41.6 и 54.8% соответственно. Главный вклад в формирование общей биомассы вносят высшие водные растения (54.5%). Также, как и в Рыбинском водохранилище, на втором месте (37.4%) находятся гетеротрофные бактерии, большинство из которых обитает в донных отложениях. Основная часть автохтонного органического вещества в водохранилище образуется в результате деятельности фитопланктона, который обеспечивает 69.4% общей первичной продукции макрофитов, фитоэпифитона, фитопланктона и фитобентоса за вегетационный период.

Высшие водные растения и фитопланктон наряду с абиотическими факторами оказывают существенное влияние на изменение площади зеркала, объема воды и, в конечном счете, на время существования пресных водоемов. По мере развития высшей водной растительности происходит накопление отложений из их отмерших частей. Их избыток приводит к образованию сплавин, которые срastaются с дном и образуют массивы суши, отчуждая часть акватории. В процессе седиментации в донных отложениях происходит накопление органического вещества отмершего фитопланктона, значительную часть которого составляют крупные колониальные цианобактерии.

Сравнение общей первичной продукции всех фотосинтезирующих организмов и потребностей гетеротрофных бактерий в углероде указывает на большую роль аллохтонного органического вещества в функционировании экосистем водохранилищ Верхней Волги.

СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВА ПЛОСКИХ ЧЕРВЕЙ (TURBELLARIA) ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е. М. Коргина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: korgina@ibiw.yaroslavl.ru

Первые данные по фауне турбеллярий Иваньковского водохранилища получены в восьмидесятые годы 20-го столетия (Коргина, 1987). С тех пор до настоящего времени в водохранилище происходит активное зарастание заливов и защищенных мелководий воздушно-водной растительностью: рогоз, тростник, манник, камыш, осока, хвощ. Этому способствует небольшое колебание уровня режима, в результате мелководья заболачиваются.

Современное состояние червей исследовалось в августе 2016 г. на 8 стандартных станциях и на 11 станциях в августе 2017 г. с целью выявления видового разнообразия ресничных червей в водохранилище в настоящее время. Пробы отбирали на заросших высшей водной растительностью мелководных участках с глубинами от 0.5 до 1.1 м по общепринятой методике (Иванов и др., 1981; Коргина, 1987). Для качественного анализа использовали сачок из газа с размером ячеек 81 мкм. Для количественного учета турбеллярий 50 л предварительно взмученной воды профильтровывали через сачок. Червей выбирали и определяли живыми в лабораторных условиях с использованием микроскопической техники. Собрано и обработано около 40 проб. На станциях производили замеры температуры воды, среднее значение которых достигало 26°C с учетом температуры в Мошковичском заливе, где температура воды, по сравнению с другими станциями, превышала почти на 8–10°C. Рассчитывали встречаемость видов (Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов, 1975).

За время исследования обнаружено 24 вида ресничных червей, относящихся к 3 отрядам: Catenulida, Macrostromida, Neorhabdocoela и 6 семействам: Stenostomidae, Microstromidae, Macrostromidae, Polycystidae, Dalyelliidae, Typhloplanidae. Представители ранее отмечавшихся двух отрядов: Proseriata (сем. Otomesostomidae – *Otomesostoma auditivum* Plessis, 1874) и Tricladida (сем. Planariidae – *Planaria torva* O.F. Muller, 1774) не обнаружены. Самым многочисленным по разнообразию видов отмечено сем. Typhloplanidae – 11 видов. Впервые для фауны России найден вид из этого семейства – *Castrada papii*. Вид *Bothromesostoma essenii* (сем. тифлопланид) являлся наиболее встречаемым – 86% максимальная встречаемость в 2017 г. и 31% – в 2016 г. К сем. Dalyelliidae относятся шесть видов, с встречаемостью всего 5–6%. Часто встречался вид *Stenostomum leucops* (41–63% встречаемость) единственный вид из сем. Stenostomidae (отряд Catenulida). Семейству Macrostromidae принадлежало 4 вида с встречаемостью – не превышающей 25%. Теплолюбивый вид *Macrostromum tuba* найден только в Мошковичском заливе. *Microstromum lineare* (сем. Microstromidae) являлся единственным и обычным представителем семейства с встречаемостью 25–27%, в то время как в 1980-е гг. встречаемость его достигала 91%. *Gyatrix hermaphroditus* (сем. Polycystidae) в восьмидесятые годы встречался часто (до 46%), в настоящее время составляла только 5–19%.

Таким образом, сообщество турбеллярий в настоящее время испытывает угнетающее влияние, связанное с активным зарастанием мелководий воздушно-водной растительностью, эвтрофированием, заболачиваемостью водоема, образованием торфянистых грунтов. В связи с этим турбеллярии лишаются оптимальных условий обитания – биотопов с растительностью с погруженными и плавающими на поверхности воды листьями, используемыми в качестве субстратов и укрытия, ухудшением кормовой базы.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕРОПРИЯТИЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. И. Кочеткова¹, Е. С. Брызгалина¹, В. В. Самотеева², Е. П. Ракшенко³, С. Л. Сиротина¹

¹Волжский филиал ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

404133, г. Волжский, ул. 40 лет Победы, д. 11,

e-mail: aikochetkova@mail.ru, bryzgalina_elena@mail.ru, s.siroтина29@mail.ru

²Волгоградское отделение ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства»

400001, г. Волгоград, ул. Пугачевская, 1, e-mail: vo-akva@mail.ru

³Общество с ограниченной ответственностью «ЭКО-34»

400001, г. Волгоград, ул. Канунникова, 6; e-mail: rakshenko.elena@mail.ru

Цимлянское водохранилище – это один из крупнейших внутренних водоемов России, в котором вылавливается около 10% всей рыбы, добываемой во внутренних пресных водах страны. В силу слабой проточности, мелководности, высокой биологической продуктивности и некоторых других геоморфологических особенностей многие процессы в Цимлянском водохранилище (абразия, переформирование берегов, осадконакопление, зарастание литорали и т.д.), протекают гораздо интенсивнее, чем во многих других искусственно созданных водоемах. Многолетнее нарастание этих процессов привело к кардинальной трансформации основных нерестилищ и снижению их эффективности. Особое место в преобразовании ценных для рыбохозяйственного назначения мелководий занимает процесс зарастания высшей водной растительностью (ВВР). В связи с вышеуказанной актуальностью в рамках Государственного задания № 076-00054-17-00 ФГБНУ «ГосНИОРХ» «Рекомендации по улучшению экологического состояния Цимлянского водохранилища путем рыбохозяйственной мелиорации» в 2017 г. были проведены исследования динамики зарастания с 1987 по 2017 гг. и разработаны практические рекомендации по проведению мелиоративных работ на мелководьях Цимлянского водохранилища. Процесс зарастания мелководий изучался в ходе проведения натурных и дистанционных наблюдений с использованием ГИС-технологий для водохранилища в целом и 13 модельных участков. Дистанционные методы исследования зарастания включали тематическую обработку и анализ космических снимков Landsat. На начальном этапе исследования для предварительной оценки процессов зарастания мелководий ВВР отбирались снимки с радиометров ТМ (Landsat 4-5) и OLI (Landsat 8) с примерно 10-летними интервалами. В связи с выявленными тенденциями для детального изучения зарастания было решено использовать снимки за июль–август 1987, 1998, 2006, 2010–2011, 2014–2017 гг. с облачностью менее 10%. Для оценки зарастания был выбран часто используемый для дешифрирования растительности синтез каналов 4-3-2 (ТМ) и 5-4-3 (OLI), в котором растительные сообщества представлены многообразием оттенков красного цвета. Корректность результатов дешифрирования проверялось данными полевого картографирования участков зарастания. Для анализа снимков использовали неуправляемую классификацию ISODATA в программе ScanEX IMAGE Processor 3.6.9., которая базируется на кластеризации изображения по разнице между средними значениями кластеров (минимальном спектральном расстоянии между центрами классов). Обработке подвергались 3 канала, выделялось 20 классов пикселей. Затем все пиксели, относящиеся к ВВР, объединялись в один класс для последующей векторизации. Полученные векторные слои переносились в программу ArcMap 10.2 для картометрического анализа степени и динамики зарастания исследуемого объекта.

В результате использования современных информационных технологий была получена пространственно-временная динамика зарастания мелководий Цимлянского водохранилища и появилась возможность их типизировать. Все указанные выше характеристики учитывались при разработке мелиоративных работ. Полученные результаты показали перспективность использования ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования Земли при проведении прикладных рыбохозяйственных исследований.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ АЛЬГОФЛОРЫ ПЛАНКТОНА МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е. С. Кривина, Н. Г. Тарасова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Россия

445003, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: pepelisa@yandex.ru

Малые водоемы антропогенно трансформированных территорий сохраняют свою рекреационную, климатообразующую и эстетическую функции. Оценка их состояния, мониторинг и прогнозирование происходящих в них изменений – одна из актуальных проблем современной водной экологии. Особый интерес вызывает изучение экосистем так называемых «техногенных» водоемов, которые из-за постоянного техногенного воздействия становятся наиболее уязвимыми.

Как известно, водоросли являются одним из важнейших компонентов экосистемы водоема, выступая в роли продуцентов органического вещества, и являются чутким индикатором состояния качества воды в нем.

Материалом для данной работы послужили результаты исследований сообщества планктонных водорослей в 2 малых водоемах – оз. Отстойник и оз. Шламонакопительное г. Тольятти Самарской области. Оз. Отстойник – искусственный водоем, приемник отходов азотно-тукового производства ОАО «КуйбышевАзот», оз. Шламонакопительное ранее служило приемником золы и шлаков ТТЭЦ. С 1996 г. эксплуатация данных водоемов была прекращена, но работ по восстановлению и очищению проведено не было.

Пробы фитопланктона отбирали раз в 10 дней в период с июня по сентябрь 1991 г., с мая по октябрь 1992 г. и в 2001 г.; в 2014 г. – ежемесячно с мая по сентябрь только в оз. Отстойник, т.к. оз. Шламонакопительное почти полностью пересохло в результате заиливания. Сбор и обработка материала осуществлялись по стандартным гидробиологическим методикам.

В составе альгофлоры планктона данных «техногенных» водоемов за весь период исследования было зарегистрировано 163 таксона водорослей рангом ниже рода. Они относились к 12 отделам, 18 порядкам, 40 семействам и 72 родам. Наибольший вклад в формирование видового богатства вносили зеленые (38%), диатомовые (24%) и синезеленые (15%). В 1991–1992 гг., в период интенсивной промышленной эксплуатации, в оз. Отстойник альгофлору планктона можно было охарактеризовать как зелено-синезеленую, в оз. Шламонакопительное – как синезелено-диатомовую с заметным участием криптофитовых и зеленых водорослей. После прекращения техногенной эксплуатации увеличилось общее видовое богатство в каждом из водоемов, а таксономическая структура трансформировалась в зелено-синезеленую с заметным участием диатомовых водорослей. Вместе с тем, в водоемах существенно увеличилось число видов, разновидностей и форм представителей отделов водорослей, способных к миксотрофному типу питания (криптофитовые, динофитовые, эвгленовые), что вероятно, было связано с начавшимися процессами самовосстановления в экосистемах водоемов.

Для оценки степени трансформации таксономической структуры были применены методы графического анализа. В результате этого было установлено, что в водоемах после прекращения техногенной эксплуатации произошло увеличение степени трофо-метаболической целостности и резистентности экосистем, т.е. прослеживается переход от фазы Деградация (целостность системы полностью нарушена) к фазе Относительной устойчивости, где целостность системы поддерживается основополагающими комплексами видов. Это несомненно позитивный признак самопроизвольной трансформации после снятия техногенного пресса. Однако переход произошел относительно недавно, система все еще находится в нестабильном состоянии и нуждается в постоянном наблюдении.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е. В. Кузнецова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: elivic.rum@gmail.com*

С помощью молекулярно-генетических методов впервые исследован таксономический состав бактериопланктона пелагиали Рыбинского водохранилища. Обнаружено большое видовое разнообразие планктонных бактерий. Всего из геномного материала планктонного микробного сообщества, отобранного на станции Молога, получено 63 полноразмерных нуклеотидных последовательностей, отнесенных к 25 различным операционным таксономическим единицам (ОТЕ). Разнообразие бактериопланктона представлено семью филумами эубактерий: Proteobacteria (7 ОТЕ), Firmicutes (3 ОТЕ), Actinobacteria (1 ОТЕ), Bacteroidetes (7 ОТЕ), Gemmatimonadetes (1 ОТЕ), Acidobacteria (1 ОТЕ) и Verrucomicrobia (3 ОТЕ). Кроме того, определена хлоропластная ДНК гаптофитовых и криптофитовых водорослей. На основании сравнительного анализа с известными валидированными последовательностями типовых штаммов с высоким процентом гомологии идентифицированы представители родов *Sphingomonas* (Alphaproteobacteria), *Variovorax* (Betaproteobacteria), *Obesumbacterium*, *Serratia* и *Yersinia* (Gammaproteobacteria), *Bacillus* и *Leuconostoc* (Firmicutes), *Flavobacterium* и *Algoriphagus* (Bacteroidetes). Кроме того, определены представители таких широко распространенных в водных экосистемах таксонов как *Candidatus Pelagibacter* и *Candidatus Planktophilia limnetica*. Гомология последовательностей, выявленных в воде Рыбинского водохранилища, с известными последовательностями была не высока и составила 98.3–98.9 и 95.1%. Особый интерес представляют последовательности, отнесенные к филуму Bacteroidetes и так называемым редким филумам: Gemmatimonadetes, Acidobacteria и Verrucomicrobia. Несмотря на то, что представителей этих таксономических групп описывают из различных пресноводных экосистем, последовательности, определенные молекулярными методами, чаще всего имеют очень низкий процент гомологии с культивируемыми штаммами. В воде Рыбинского водохранилища последовательности, отнесенные к этим филумам, показали гомологию, позволяющие их охарактеризовать только на уровне семейства, т.е. не превышающую 96.5%. Однако их гомология с последовательностями, зарегистрированными в базе данных и полученными из других пресноводных экосистем была выше 99.6% (до 100%).

Большое видовое разнообразие можно объяснить высокой продуктивностью исследованного участка водохранилища. В период проведения исследований значения численности бактериопланктона Рыбинского водохранилища соответствовали показателям мезо- и эвтрофных водоемов. В бактериопланктоне доминировали мелко- и среднеразмерные клетки, что определено методом эпифлуоресцентной микроскопии. Разнообразие мелко-размерных групп определяет, по-видимому, дефицит субстратов в период исследования. В конце июня – начале июля темпы поступления аллохтонных органических веществ и образования автохтонных органических веществ, главным образом, в результате прижизненных выделений фитопланктона и вирусного лизиса бактериальных клеток, относительно невелики. Скорость ассимиляции органических субстратов бактериопланктоном и активность консументов, обеспечивающих последующий перенос углерода на верхние уровни трофических сетей, существенно выше. Причем ассимилируют растворенное органическое вещество и потребляются консументами преимущественно крупноразмерные палочки [1]. Остальная часть бактериального сообщества, в основном, проигрывает конкурентную борьбу за питательные субстраты и имеет менее высокие скорости роста, однако остается разнообразной.

Список литературы

1. Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Бактериопланктон водохранилищ Верхней и Средней Волги. М.: Изд-во совр. гум. универ., 2008. 377 с.

ЗНАЧЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОДДЕРЖАНИИ РАЗНООБРАЗИЯ И ОБИЛИЯ ЗООПЛАНКТОНА

С. А. Курбатова, И. Ю. Ершов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: kurb@ibiw.yaroslavl.ru

Волжские водохранилища различаются по степени зарастания высшими водными растениями. Некоторые, например, Ивановское, имеют значительные площади, занятые фитocenозами, в других, глубоководных или с нестабильным уровнем режимом (Куйбышевском, Рыбинском, Горьковском) доля заросшей территории меньше, но отмечается тенденция к увеличению этого показателя.

В фитocenозах высших водных растений создаются специфические условия для жизни гидробионтов, отличающиеся от таковых в открытой литорали. В прибрежьях, занятых растениями, меняются «архитектура» пространства, гидродинамика, гидрохимия, освещенность, степень седиментации взвешенного вещества и взмучивания осадков. В таких зонах, как правило, усложняется трофическая структура внутри сообществ водных организмов, и трансформируются пищевые связи между гидробионтами разных сообществ. Заросшая литораль выступает своеобразным резервом для восстановления обилия и биологического разнообразия многих групп водных беспозвоночных, в том числе зоопланктона.

В модельных экосистемах (микрокосмах) исследовано влияние высших водных растений различных экологических групп на развитие зоопланктона. В присутствии растений отмечается увеличение видового разнообразия зоопланктона и рост относительного количества хищников в сообществе. Видовое сходство зоопланктона ближе между растениями одной экологической группы, чем разных. При достаточном развитии кормовой базы и отсутствии беспозвоночных хищников среди растений могут существовать не только фитофильные, литоральные и мелкие планктонные формы зоопланктона, но и относительно крупные эупланктонные. Выявлены изменения в структуре зоопланктона в фитocenозе одного и того же вида при увеличении плотности зарослей. Установлено, что отдельные виды растений могут существенно менять катионный состав среды, тем самым напрямую или косвенно (через водоросли и микроорганизмы) влиять на развитие отдельных видов зоопланктона. Особенности формирования и развития зоопланктона обнаруживаются как в экосистемах с различными видами растений, так и с разными экоморфами одного вида. Физиологическая активность, зависящая от вида растения и условий среды, и пространственная организация гидрофитов может оказывать прямое, но в большей степени опосредованное (через пищевые цепи) влияние на видовой состав и обилие доминирующих видов зоопланктона. В моновидовых и смешанных фитocenозах тех же видов растений структура и количественные характеристики зоопланктона имеют свои особенности.

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ МАКРОЗООБЕНТОСА ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Е. М. Курина

Институт экологии Волжского бассейна РАН

445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: ekaterina_kurina@mail.ru

Водохранилища волжского каскада являются важнейшими звеньями Волго-Балтийского инвазионного коридора. В работе представлены результаты исследований чужеродных видов макрозообентоса Горьковского, Чебоксарского, Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ. В каждом из водоемов сформировались собственные экосистемы, в развитии которых присутствуют как уникальные, так и общие для всего каскада черты. В нижеволжских водохранилищах основу видового состава вселенцев составляют редкие и единичные виды, доля которых достигает 26% от общей численности чужеродных видов. Вместе с тем из небольшого числа вселенцев, проникших в средневолжские водохранилища, большинство успешно интегрируется в донные сообщества водоемов, имеет высокую частоту встречаемости и осваивает значительное количество биотопов.

Водохранилища Средней и Нижней Волги характеризуются значительным распространением чужеродных видов понто-каспийского комплекса (31 вид), в основном ракообразных (12 видов амфипод, 5 – мизид, 5 – кумовых ракообразных, 1 вид изопод). Среди представителей понто-азовской фауны отмечены 5 видов – пиявки *Caspiobdela fadejewi* (Epstein, 1961), амфиподы *Shablogammarus chablensis* (Carausu, 1943), *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) и *Chelicorophium sowinskyi* Martynov, 1924, двустворчатые моллюски *Monodacna colorata* (Eichwald, 1829) и брюхоногие моллюски *Lithoglyphus naticoides* (Preiffer, 1828). Также среди чужеродных видов отметим байкальских амфипод *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), которые в 1960–1970-х гг. были интродуцированы в ряд водоемов России с целью повышения их рыбопродуктивности, а также двустворчатых моллюсков *Corbicula fluminea* Muller, 1774, нативным ареалом которых являются реки Юго-Восточной Азии. Во всех водохранилищах Средней и Нижней Волги отмечены моллюски рода *Dreissena* – *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) и *D. polymorpha* (Pallas, 1771), которые образуют консорции с чужеродными видами полихет, пиявок и некоторыми видами амфипод. Общее число чужеродных видов в водохранилищах Средней и Нижней Волги составляет 6–20% от таксономического состава бентоса, при этом их доля превышает 90% от общей средней биомассы донных сообществ водохранилищ.

Высокая вероятность совместного обнаружения видов определяется их биологическими и экологическими особенностями, специфичностью занимаемых ими биотопов, а также средообразующей ролью ключевых видов бентоса. Так, практически для всех изученных водоемов наблюдается закономерная положительная связь пелофильных моллюсков *Dreissena bugensis* и полихет *Hypania invalida* (Grube, 1860), а также *D. bugensis* и амфипод *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841) на глубоководных участках водоема. Эти виды связывают не только топические, но и трофические взаимодействия, т.к. продукты жизнедеятельности моллюсков (агглютинаты, фекальные pellets) служат источником пищи для отмеченных детритофагов. Вместе с тем, *Dreissena polymorpha* образует консорционные связи не с пелофильным, а псаммопелофильным комплексом видов: корофидами *Chelicorophium sowinskyi* Martynov, 1924, *C. curvispinum* Sars, 1895, кумовыми раками *Pseudocuma cercaroides* Sars, 1894 и моллюсками *Lithoglyphus naticoides* в прибрежной зоне водоемов. Отметим также примеры высокой вероятности совместного обнаружения видов одного рода или семейства среди амфипод (*Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) и *Obesogammarus obesus* (Sars, 1896)), кумовых раков (*Pterocuma rostrata* (Sars, 1894) и *P. sowinskyi* (Sars, 1894)), мизид (*Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) и *Katamysis warpachowskyi* Sars, 1893), моллюсков (*Dreissena bugensis* и *D. polymorpha*). Это свидетельствует, что большинство инвазий протекает относительно одновременно и поставляет в систему-реципиент устойчивые комплексы новых видов.

ГИС КАРТИРОВАНИЕ ПОБЕРЕЖЬЯ И МЕЛКОВОДИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

А. В. Кутузов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: kutuzov-st@yandex.com

Мелководные территории – это зоны особого влияния на биологическую продуктивность крупных пресноводных и солоноводных водоёмов.

Проблема пространственного определения границ мелководных пространств не решена, как и нет общепринятого определения, какие территории однозначно относятся к мелководьям. Для разных научных целей и практических задач используются различные определения, которые оказываются близки в отдельных местах, но в целом не совпадают.

В данной работе решались задачи выявления мелководий и крупномасштабного картографирования пригодного для решения научно-практических исследований на конкретном гидрологическом объекте - Рыбинское водохранилище. Основным источником пространственных данных были спутниковые материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) спутники Landsat-8 и Sentinel-2. Обработка пространственных данных и вычисление количественных характеристик (площади) проводилось в различных географических информационных системах (ГИС). В представленном исследовании использованы результаты ГИС (QGIS 2.8 и ArcMap 10.0) обработки данных ДЗЗ за 2013-2016 гг.

Указанные ДЗЗ - картографическая подоснова, материалы векторизации других спутниковых данных и топографическая карта взаимно дополняют друг друга. Таким образом, полученные векторные слои ГИС находят своё подтверждение в альтернативных источниках. На основании упомянутых материалов принимается решение о проведении границы закрытых мелководий, проводится картографирование осушаемых мелководий по данным ДЗЗ, определение площадей и объёмов затопления.

Итоги работы: 1) предложен и реализован метод полномасштабного построения ЦМР побережья крупных водохранилищ, на основе анализа серии спутниковых снимков (ДЗЗ) для периодов разных уровней стояния вод Рыбинского водохранилища; 2) апробирована, методологическая основа для выявления функциональных границ мелководий, как части экотонной системы «вода-суша»; создан проект ГИС и определены пространственные границы, подробно картографирована территория мелководий; 3) вычислены морфометрические характеристики исследуемых водных объектов с высокой точностью, при использовании ГИС для обработки и анализа пространственных данных.

Для 2 модельных территорий определены 2 ключевых участка, где в ГИС вычислены площади затопления полученной 3D модели побережья: закрытые мелководья о-ва Трясьё и о. Радовский. Определены интервалы изменения площадей для критических уровней стояния вод. Так для экстремально низкого уровня ~99 м (БС), S мелководий о-вов Трясьё: ~0.422 км² и V воды ~84 тыс. м³. И для экстремального максимума: ~102 м (БС) - S ~2.33 км² и V ~5 227 тыс. м³. То есть, амплитуда уровня около 3 м приводит здесь к ~6 кратному увеличению площади мелководья. Для мелководий же о. Радовский такое изменение уровня приводит к 30 кратному увеличению площади: с ~0.189 до ~5.356 м², а V возрастает до 6 205 тыс. м³ - от практически нулевого. Горизонтальное смещение границы центральной части экотонной территории «вода-суша», при разных уровнях зеркала водохранилища: в наших исследованиях - максимально до 2.5 км. Это зона проникновения непосредственного влияния водохранилища (периодические затопления) вглубь территории, опосредованное гидрологическое влияние здесь простирается гораздо дальше – до 4 км.

Использование ДЗЗ и ГИС для обработки и хранения спутниковых и полевых данных позволяют осуществлять изучение и мониторинг болотных экосистем на новом информационно-картографическом уровне: корректировать и дополнять имеющиеся литературные и картографические данные.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА В КАСКАДЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ И КАМЫ

В. И. Лазарева, Р. З. Сабитова, Е. А. Соколова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: lazareva_v57@mail.ru

В августе 2015–2017 гг. в короткие сроки (15–20 сут) обследован летний пелагический зоопланктон восьми волжских водохранилищ (Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское), незарегулированного участка Волги до г. Астрахань, а также трех камских водохранилищ (Камское, Воткинское и Нижнекамское). Видовое богатство зоопланктона (среднее число видов в пробе) снижалось вниз по Волге с 36–41 вида в Верхней Волге до 15–17 в Куйбышевском водохранилище и Нижней Волге. Обнаружено существенное своеобразие набора доминантов (индекс сходства структуры <20%) каждого из водохранилищ, а также четкая замена таежных видов (*Daphnia galeata*, *D. cucullata*, *Bosmina longispina*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*) вселенцами из Каспия (*Heterocope caspia*, *Calanipeda aquaedulcis*, *Eurytemora caspica*, *Cornigerius maeoticus*) на границе Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища.

Выявлено значительное продвижение на север вверх по Волге понто-каспийских вселенцев – кладоцер *Cornigerius maeoticus* (до Волжского плеса Куйбышевского водохранилища, 55° 32' с.ш.), *Cercopagis pengoi* (до Тетюшинского плеса Куйбышевского водохранилища 54° 57' с.ш.) и *Podonevadne trigona ovum* (до плотины Саратовской ГЭС, 52° 02' с.ш.). В августе 2016 г. впервые установлено, что выходцы из Каспия активно продвигаются вверх по Каме. *Cornigerius maeoticus* найден в верхней части Камского плеса Куйбышевского водохранилища (55° 26' с.ш.), а *Cercopagis pengoi* – в Волго-Камском плесе этого водохранилища (55° 12' с.ш.), а также в верховье Воткинского (устье р. Нытва, 57° 53' с.ш.) и приплотинном участке Камского от г. Пермь до г. Добрянка (58° 26' с.ш.).

В современном зоопланктоне Волги ниже впадения Камы многочисленны три солоноватоводных вида каляноидных копепод: *Heterocope caspia*, *Eurytemora caspica* и *Calanipeda aquaedulcis*. Средиземноморская копепода *Calanipeda aquaedulcis* впервые обнаружена в Куйбышевском водохранилище (>7 тыс. экз./м³, до 50% численности зоопланктона), по Волге она продвинулась до устья Камы (55° 12' с.ш.), по Каме – до верховьев Камского плеса водохранилища (55° 24' с.ш.) (Лазарева и др., 2018). Ее высокая встречаемость (90% проб) и численность (до 1.1 тыс. экз./м³) отмечены в Саратовском водохранилище. В Волге ниже слияния с Камой (55° 12' с.ш.), а также во всех водохранилищах Камского каскада (до устья рек Иньва и Косьва, 58° 52' с.ш.) впервые найдена *Eurytemora caspica* – недавно описанный вид (Sukhikh, Alekseev., 2013), который ранее определяли в составе *E. affinis*. В августе 2015–2017 гг. в Волге численность массовой летней *Heterocope caspia* достигала 7–33 тыс. экз./м³ с максимумом в Камском плесе Куйбышевского водохранилища. Летом 2016 г. *H. caspia* впервые отмечена как обычный и весьма многочисленный вид (до 19 тыс. экз./м³) во всех водохранилищах Камского каскада, вверх по Каме она найдена до верховьев Камского водохранилища (59° 20' с.ш.).

Вниз по течению Волги количество зоопланктона снижалось в 25–40 раз, наибольшая численность (>200 тыс. экз./м³) обнаружена в Иваньковском водохранилище, а биомасса (0.9 г/м³) – в Рыбинском. В камских водохранилищах численность (~200 тыс. экз./м³) и состав доминантов зоопланктона сходны с наблюдаемыми в Верхней Волге, а биомасса вдвое выше (>1.3 г/м³), что связано с массовым развитием крупных дафний (*Daphnia galeata*). Основной вклад в численность сообщества в большинстве водохранилищ вносили коловратки (50–70%), ракообразные (в основном кладоцеры) определяли 70–90% его биомассы. Вклад меропланктона (велигеры дрейссены) возрастал от Верхней Волги (10–15% общей численности) к Средней и Нижней Волге (20–40%). В камских водохранилищах доля меропланктона в общем количестве зоопланктона был небольшой (3–6%).

ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ И КАМЫ ДЛЯ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА

В. И. Лазарева, И. Э. Степанова, А. И. Цветков, Е. Г. Пряничникова, С. Н. Перова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: lazareva_v57@mail.ru

Летом 2015–2017 гг. исследованы термическая структура и кислородный режим 12-ти водохранилищ Волго-Камского каскада (Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Шекснинское, Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское, Нижнекамское, Воткинское и Камское) и незарегулированного участка Волги до г. Астрахани. Установлено, что прогрев поверхности воды чаще всего превышал норму августа на 1.5–6°C, повсюду особенно сильно вода прогревалась летом 2016 г.

Кислородный режим в июне был благоприятным для гидробионтов по всей Волге, а в августе на Средней и Нижней Волге, а также в Каме ниже плотины Воткинской ГЭС. Опасно низкое для животных содержание O_2 (<5 мг/л) у дна зарегистрировано в двух водохранилищах (Иваньковское и Угличское) в августе 2015 и 2017 гг., в пяти (Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Камское и Воткинское) в августе 2016 г. Слой с O_2 от <1 до 5 мг/л локально занимал 10–60% столба воды, встречаемость дефицита O_2 варьировала от 30% станций в Рыбинском до 90% в Иваньковском и Угличском водохранилищах. В 2016 г. при прогреве вод до 23–25°C формировались анаэробные условия в гипolimнионе самых глубоких участков водохранилищ вблизи плотин ГЭС, в некоторых (Иваньковское и Угличское) низкое содержание O_2 локально наблюдалось во всем столбе воды. Протяженные участки от 35 до >200 км русла Волги и Камы были заморными.

Многолетние наблюдения на водохранилищах Верхней Волги показали, что с 2007 г. многократно возросла частота встреч летнего (июль–август) придонного дефицита растворенного O_2 в Рыбинском водохранилище. В 2011–2016 гг. низкое его содержание у дна регулярно наблюдалось в глубоководных участках всех четырех его плесов, за пять лет слой над дном с недостатком O_2 вдоль затопленного русла рек Волги, Мологи и Шексны увеличился с ~1 м до 2–7 м, а период, когда его регистрировали, возрос от единичных наблюдений в отдельные сроки до почти ежегодных, длительностью от 2 нед до 3 мес. В двух других водохранилищах Верхней Волги сильный дефицит O_2 отмечен ежегодно в августе (2012–2016 гг.) на 35–90% станций по руслу Волги, а в отдельные годы и в мелководных заливах. Ранее (с 1960-х гг.) его регистрировали только в Иваньковском водохранилище. В Угличском и Рыбинском водохранилищах подобная ситуация выявлена впервые, также впервые отмечены заморы в Камском и Воткинском водохранилищах. Выявлено, что дефициту O_2 способствует повышенный прогрев (>20°C) глубоких слоев воды.

Гибель беспозвоночных и рыбы в Камских водохранилищах зарегистрирована визуально во время экспедиционных работ 2016 г. Выявлено, что при недостатке кислорода снижалось видовое богатство и обилие донных и планктонных ракообразных (Cladocera, Calanoida, Amphipoda). Нарушался процесс размножения и уменьшалась численность двустворчатых моллюсков рода *Dreissena* вплоть до полного их отсутствия на заморных участках. Изменялось вертикальное распределение зоопланктона, уменьшалась доля фильтраторов в планктоне и бентосе. Фильтраторы зоопланктона (Cladocera и Calanoida) исчезали из состава доминантов при мощности слоя с O_2 <5 мг/л более 50% столба воды, при содержании O_2 <4 мг/л во всем столбе воды все ракообразные фактически отсутствовали, в планктоне доминировали коловратки. Регулярное повторение дефицита O_2 во второй половине лета приводило к устойчивой тенденции снижения (до 10 раз) год от года летней численности фильтраторов на участках водохранилищ, где чаще всего наблюдалось низкое (<4 мг/л) содержание O_2 . Уменьшение обилия донных и планктонных фильтраторов сказывалось на самоочищающей способности экосистем водохранилищ в летний период. Наиболее напряженная ситуация сложилась в Иваньковском, Угличском, Камском и Воткинском водохранилищах.

ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШОШИНСКОГО ПЛЕСА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е. Е. Лапина

Филиал ФГБУН ИВП РАН Ивановская НИС

г. Конаково, Тверская обл., ул. Белавинская, д. 61а, e-mail: shtriter_elena@rambler.ru

Иваньковское водохранилище состоит из трех плесов: Волжский, Иваньковский и самый мелководный Шошинский (средние глубины 2–3 м). Отметки НПУ составляют 124.0 м, зимняя сработка уровня в настоящее время 3.0–4.5 м.

Шошинский плес, по сути, является затопленной долиной р. Шоша – правого притока Волги. Он занимает участок длиной 36 км от с. Тургиново до устья Шоши, образовался на месте слияния нескольких древних речных долин. В питании Шошинского плеса зимой, кроме определяющих его гидрохимический статус основных рек Шоша и Лама с притоками, участвуют подземные воды. Это грунтовые воды четвертичных отложений, напорные – касимовского водоносного горизонта верхнего карбона S_3k_{sm} и родниковый сток. Кроме того, на занятой плесом и его водосбором территории есть древние переуглубленные долины, где юрские глины размыты. Здесь имеет место тесная гидравлическая связь между подземным комплексом зоны активного водообмена и поверхностными водами. Палеодолины условно можно считать дренами, куда разгружаются грунтовые и напорные воды. При благоприятных условиях накопившаяся там вода фильтруется в днище плеса.

Изучение геологических карт и разрезов показало, что соотношение пьезометрических уровней S_3k_{sm} (на правом берегу плеса 128.1–129.0 м, на левом 122.1–125.0 м) и уровней водохранилища (до 119.9 м зимой) создает предпосылки для восходящей фильтрации напорных водоносных горизонтов. Согласно имеющимся картографическим материалам, непосредственно на участке акватории плеса между о. Чиграва и д. Клещево расположена зона тектонической трещиноватости субширотного направления.

S_3k_{sm} приурочен к отложениям хамовнического и дорогомилловского горизонтов касимовского яруса верхнего карбона. Горизонт представлен переслаиванием доломитов, известняков с мергелями и глинами, мощность отложений от 5 до 80 м, величина напора над кровлей 4–75 м. Химический состав доломитов: CaO – 30.4%, MgO – 21.7%, CO_2 – 47.9%; известняков: CaO – 56%, CO_2 – 44%.

В результате анализа гидрохимического режима водохранилища многими исследователями установлено, что от декабря к марту (по мере сработки уровня) содержание в воде компонентов солевого состава резко возрастает.

По нашим данным, в воде Шошинского плеса содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в режимном створе Безбородово зимой по сравнению с волжской ветвью в среднем выше в 2 и 3 раза соответственно. Если нарастание концентраций ионов HCO_3^- и Ca^{2+} происходит синхронно и постоянно по степени срабатывания уровня водохранилища, то динамика концентраций иона Mg^{2+} не имеет прямой зависимости от сработки.

Концентрации ионов Ca^{2+} в конце XX века в предполоводный период достигали 85 мг/дм^3 , в настоящее время – $60\text{--}75 \text{ мг/дм}^3$.

За временной период с 1990-х гг. по настоящее время в пробах воды на режимном створе Безбородово в феврале–марте в сумме солей кальция и магния доля иона Mg^{2+} увеличилась от 20 до 30%. В экстремально маловодные годы, усугубленные только частичным наполнением чаши плеса, доля магния достигала 37%.

Причиной изменения соотношения ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} может быть поступление ионов магния из водовмещающих доломитов с фильтрующимися в днище плеса напорными водами в результате глобального повышения температуры воздуха.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-45-690001).

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРТИНЫ КРОВИ ЛЕЩА (*ABRAMIS BRAMA L.*) ПРИ ПЕРВОМ ОБНАРУЖЕНИИ ЗАРАЖЕНИЯ РЫБ ТРИПАНОСОМАМИ В УГЛИЧСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Т. Б. Лапирова, Е. А. Заботкина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: ltb@ibiw.yaroslavl.ru

Трипаносомы давно известны как широко распространенные среди беспозвоночных и, особенно, позвоночных животных кровепаразиты. Они относятся к жгутиковым простейшим, число видов, обнаруженных только у рыб, достигает 200. Размеры трипаносом колеблются от 2 до 30 мкм, пищу они поглощают в виде растворенных веществ всей поверхностью тела, выделяя в процессе жизнедеятельности ядовитые метаболиты, вызывающие тяжелые, а порой смертельные заболевания хозяев. Переносчиками для рыб являются пиявки. В странах с жарким климатом и высокой численностью пиявок в водоемах трипаносомоз у рыб является серьезной проблемой. В связи с этим более полно изучен патогенез заболевания у рыб из тропических и субтропических водоемов. Тем не менее, в целом данных о влиянии этих простейших на физиологические и гематологические показатели инфицированных рыб недостаточно, по промысловым видам, обитающим в Волге, они отсутствуют.

Цель работы – исследование влияния трипаносом на гематологические параметры леща. В задачу исследования входил анализ данных по коэффициенту упитанности, концентрации гемоглобина, содержанию общего белка, глюкозы и циркулирующих иммунных комплексов, лейкоцитарной формуле, а также соотношению различных стадий зрелости и морфологическим параметрам эритроцитов рыб.

Трипаносомы у леща (*Abramis brama L.*) из Угличского водохранилища в августе 2015 г. были обнаружены впервые. Рыб отлавливали в нижнем, среднем и верхнем участках водохранилища в ходе экспедиции НИС «Академик Топчиев», всего было отобрано 20 половозрелых особей длиной и массой 294 ± 25 мм и 547 ± 142 г соответственно. Простейшие были выявлены на мазках крови всех 20 экземпляров в количестве 1–3 особей на 10 и более полей зрения (при увеличении $\times 1000$). Определение видовой принадлежности паразитов не проводили. В качестве контроля использовали незараженного леща со сходными линейно-весовыми показателями из Ивановского водохранилища, выловленного в эти же сроки. По основным гидрохимическим показателям и общей оценке качества воды оба водохранилища не имели принципиальных отличий.

Проведенный анализ не выявил значимых различий по коэффициенту упитанности, концентрации общего белка сыворотки крови и уровню гликемии у инфицированных и здоровых рыб, что может быть следствием относительно низкого уровня паразитемии. В то же время наличие простейших вызвало достоверный рост индекса обилия лейкоцитов и 6-кратное увеличение доли эозинофилов. Изменения в картине красной крови свидетельствуют об уменьшении сроков жизни эритроцитов, что, наряду с достоверным падением уровня гемоглобина, может в дальнейшем привести к анемии. На вызванный наличием паразитов сдвиг антигенного гомеостаза, указывает уровень циркулирующих иммунных комплексов, вдвое превысивший контрольный.

Анализ собственных и литературных данных позволяет заключить, что в целом реакция гематологических показателей леща в ответ на заражение трипаносомами в принципе сходна с таковой у животных более высоких систематических групп на присутствие паразитов. При оценке данных о реакции организма хозяина на наличие паразитов, необходимо учитывать ряд факторов, важнейшими из которых являются вид, физиологический статус и условия обитания хозяина, интенсивность инвазии и стадия болезни.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы АААА-А18-118012690123-4.

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ СУДАКА В ДЕЛЬТЕ ВОЛГИ

Н. В. Левашина

ФГБНУ «Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»
г. Астрахань, Сабушкина, 1, e-mail: sneg18@mail.ru

Судак – ценная промысловая рыба дельты Волги. Уловы судака значительно колеблются по годам и зависят от динамики численности и условий промысла. В 1990-е гг. формирование запасов судака происходило при увеличившемся объеме весеннего половодья и росте уровня Каспийского моря. Условия воспроизводства его были благоприятными, промысловые запасы и уловы увеличились. Судака добывали до 3.5 тыс. т, в среднем 1.5 тыс. т. В маловодные годы (2006–2011 гг.), при низком объеме весеннего стока численность судака значительно сократилась, промысловые уловы уменьшились до минимальных величин – 0.2 тыс. т. в 2007 г. С 2013 г. запасы его стали восстанавливаться, уловы повысились с 0.44 в 2013 г. до 0.82 тыс. т. в 2017 г. Вылов на промысловое усилие вырос с 2007 по 2017 гг. в 5.5 раза и с 2013 по 2017 гг. в 1.6 раза с 0.035 до 0.056 тыс. т/км³, что подтверждает рост численности популяции. В современный период значительные масштабы приобрело хищение судака из промысловых уловов, браконьерство и неограниченный вылов его рыбаками-любителями. В 2017 г. ННН-промысел этой ценной рыбы оценивался в 2.5 тыс. т, в 3.0 раза превышая фактический улов.

Судак вылавливается в течение года неравномерно. Начало его нерестовой миграции происходит в условиях, когда водотоки полностью не освободились ото льда, в связи с чем, лов еще не развит и рыба беспрепятственно проходит к местам нереста. Более 80–90% от его общего улова добывается в осеннюю пугину в р. Волге и ее водотоках закидными неводами с ячеей 48–50–56 мм. Доля вылова секретами и ставными сетями, используемых в прибрежной зоне, невелика. В промысловых уловах судак встречается возрастом от 1+ до 8+ лет. В 2013–2017 гг. основу уловов составляли рыбы возрастом от 3+ до 4+ лет (80%). Средняя длина, масса и возраст колебались незначительно от 39.0 до 42.0 см, от 0.9 до 1.2 кг и от 3.0+ до 3.5+ лет соответственно. Параметры роста и веса у одновозрастных групп стабильны.

Колебания численности поколений судака зависят от условий развития и нагула молоди на ранних этапах в речной период жизни. В условиях малой водности р. Волги отмечается незначительная эффективность естественного воспроизводства и низкая численность судака. В маловодный период с 2006 по 2011 гг. численность молоди (0+ – 4.0–40.0 млн экз.) и взрослого судака (9.0 млн экз. – 11.7 млн экз.) резко сократилась и составляла низкие величины. Промысловая биомасса не превышала 7.6 тыс. т. С 2013–2014 гг. популяция его стала восстанавливаться. С улучшением водного режима дельты Волги в период весеннего половодья в 2013, 2016 и 2017 гг. численность его увеличилась до 29.21 млн экз. в 2017 г. Современные запасы судака выросли с 5.2 в 2007 г. до 11.3–11.5 тыс. т в 2016–2018 гг.

Перспективы промысла судака благоприятные. Промысловый запас в 2019 г. будет формироваться поколениями 2014–2017 гг. и составит 15.0 тыс. т, что на 3.5 тыс. т больше уровня 2018 г. В этот период общая численность (0+... 7+ лет) в Северном Каспии, с учетом нагула волжской популяции на акватории Казахстана, колебалась от 56.4 до 181.1 млн экз., составляя в среднем 111.3 млн экз., в маловодные годы (2006–2011 гг.) – 50.0 млн экз. Численность взрослой части популяции (1+ – 7+ лет) в море составила в среднем 21.0 млн экз., что выше среднего показателя 2006–2011 г. (10.5 млн экз.) в 2 раза. Основу промысла в 2019 г. составят две возрастные группы (3+ и 4+ лет) поколений 2015 и 2016 гг. По численности подрастающего судака в море поколение 2016 г. (сеголетки – 163.0 млн экз.) приближается к среднеурожайным, остальные поколения низкоурожайные. В 2019 г. эта генерация вступит в промысловое использование в возрасте 3-х лет и будет самой массовой возрастной группой, вклад ее в уловы будет значительный. Промысловые запасы судака, несмотря на их увеличение, остаются на невысоком уровне. Для сохранения и рационального использования запасов в первую очередь необходимо усилить контроль за ННН-промыслом, который наносит значительный ущерб численности популяции; усилить контроль за размерным составом уловов, где снизятся промысловые нагрузки на младшевозрастные группы (пополнение) и ограничится подмена судака бершом. В целях повышения эффективности воспроизводства следует обеспечить оптимальные рыбохозяйственные попуски воды на Нижней Волге, рас-

ширить рыбохозяйственную мелиорацию водоемов, увеличить объемы искусственного воспроизводства судака до 100 млн экз.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В 2001–2016 ГГ.

А. С. Литвинов, А. В. Законнова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: litvinov@ibiw.yaroslavl.ru

Материалы многолетних наблюдений на Рыбинском водохранилище позволяют проанализировать изменения основных гидрологических характеристик экосистемы: водного баланса, водообмена, уровня, температуры, электропроводности и прозрачности воды за 2001–2016 гг.

Несмотря на определенную устойчивость, речной сток в зависимости от колебания климатических факторов и увлажненности территории, непрерывно изменяется во времени. Показано, что за анализируемый период в бассейне водохранилища наблюдалось два маловодных года с объемом притока меньше 20 км³, два многоводных с притоком больше 40 км³, 6 лет с притоком больше среднего и 7 лет с объемом меньше среднего значения за базовый период (31.6 км³).

Динамика режима притока в водохранилище привела к изменениям гидрологических и экологических условий. Максимальная амплитуда изменения среднемесячного уровня наблюдается в апреле многоводных лет и составляет 4.6 м, минимальная – в июне–июле (1.3–1.7 м). В октябре–ноябре она вновь увеличивается до 3.7–3.9 м. В связи с относительной мелководностью, межгодовые и сезонные колебания уровня водохранилища, обусловленные изменениями притока, приводят к значительным изменениям площади и объема. При максимальном уровне 101.84 м БС его площадь составила 4566 км², объем – 25.56 км³. При минимальном уровне в марте 2003 г. площадь водохранилища уменьшилась до 3131 км², объем – 17.53 км³. Изменения объема водохранилища при его сработке, приводят к существенным изменениям площади мелководной зоны (до изобаты 4 м), которая при НПУ равна 1847 км², а в 2014 г. уменьшилась до 1230 км².

Межгодовая и внутригодовая изменчивость элементов водного баланса водохранилища, приводит к изменению его водообмена, структуры горизонтальной циркуляции вод, определяемой объемом притока и стока из водоема, воздействием ветра на водную поверхность и морфометрическими характеристиками. В многоводный 2004 г. среднегодовой коэффициент водообмена возростал до 2.06, в маловодные 2002 и 2014 гг. составлял 1.65.

Средняя за вегетационный период (май–октябрь) температура воды в прибрежной части водохранилища изменялась от 14.9°C (норма 13.4°, Мякса) до 15.7°C (норма 14.1°C, Переборы), Средняя температура поверхностного слоя акватории – 15.2°C, что на 1.6° выше климатической нормы. Разность между аномально холодным 2003 г. и аномально теплым 2016 г. составила 2.8°C. За рассматриваемый период максимальное повышение средней температуры воды отмечено в мае – 11.2°C (норма 8.8°C), при этом скорость ее роста составила 2.6°C/10 лет (вклад в общую дисперсию 33%). Начиная с 2006 г. средняя температура воды мая превышала 10°C. Средняя температура воды июля составила 21.8°C, что на 2.2° выше климатической нормы, августа – 20.1°C при норме 18.5°C. В осенний сезон она изменялась от 12.7° в сентябре до 5.9° в октябре, что на 1.0°C выше среднемноголетнего значения.

По данным наблюдений на стандартных станциях в Главном плесе водохранилища средняя прозрачность воды составила 125 см (пределы колебаний 90 см в 2013 г. – 155 см в 2008 г.). Установлена периодичность ее изменений, которая хорошо согласуется с динамикой притока в водохранилище: в маловодные годы отмечено увеличение прозрачности воды, в многоводные – уменьшение.

За период 2001–2017 гг. в Главном плесе выявлена тенденция к повышению средней электропроводности воды за май–октябрь и отдельные сезоны. Весной (май) ее величина составила 250 мкСм/см, летом (июнь–июль) – 200, осенью (сентябрь–октябрь) – 210 мкСм/см.

ТРОФИЧЕСКИЙ СТАТУС ГОРЬКОВСКОГО И ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ В ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ПЕРИОДЫ 2005–2017 ГГ.

В. В. Логинов

Нижегородское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

603116, г. Нижний Новгород, Московское ш., 31, e-mail: gosniorh@list.ru

Известно, что в число обязательных показателей состояния водных экосистем входит их трофическая принадлежность. Согласно полученным данным Н.М. Минеевой (2004, 2005, 2008, 2009) маркером трофического статуса водохранилищ служит содержание хлорофилла (Хл *a*) в фитопланктоне. По количеству Хл *a* также, можно судить о фотосинтетической активности фитопланктона.

Средняя за вегетационный период 2017 г. концентрация Хл *a* в фитопланктоне поверхностного слоя воды Горьковского водохранилища составила 46.29 ± 7.72 мг/м³. Показатель Хл *a* фитопланктона водохранилища варьировал в пределах 1.56 – 278.07 мг/м³. По классификации С.П. Китаева (2007) трофический статус Горьковского водохранилища (2017 г.) по среднему содержанию Хл *a* может быть оценен, как β -евтрофный, как и в 2010, 2014 и 2016 гг. Максимальная концентрация Хл *a* зафиксирована нами была ранее в 2010 г. Год, когда лето было аномально жарким на Европейской части России. Концентрации Хл *a* в фитопланктоне Чебоксарского водохранилища изменялись в пределах 0.41 – 99.97 мг/м³. Средняя за период наблюдения концентрация Хл *a* в фитопланктоне за вегетационный период 2017 г. по Чебоксарскому водохранилищу составила 28.57 ± 5.79 мг/м³. Трофический статус Чебоксарского водохранилища по среднему содержанию Хл *a* может быть оценен как β -евтрофный, как и в 2006, 2010, 2013–2015 гг. Максимальная концентрация пигмента в водохранилище была отмечена в 2012 г.

Результаты анализа дают основание предполагать, что фитопланктон двух равнинных водохранилищ Средней Волги, различающихся проточностью, структурой водных масс и степенью антропогенной нагрузки, по-разному реагируют на внешнее воздействие. Как отмечает Н.М. Минеева (2009) в волжских водохранилищах наблюдается широкий диапазон концентрации Хл *a* (от < 1 до > 100 мг/м³), обусловленный как сезонной динамикой фитопланктона с её спадами и максимумами, так и неоднородностью его пространственного распределения. По данным многолетних исследований Нижегородского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ» (2005–2017 гг.) концентрации Хл *a* нарастают от весны к лету, достигая максимума в августе в Чебоксарском водохранилище. Это явление отмечено также на многих волжских водохранилищах Н.М. Минеевой с соавт. (2008).

Таким образом, на основании наших многолетних исследований содержания Хл *a* в фитопланктоне Горьковского и Чебоксарского водохранилищ были получены оценки трофического статуса этих водных объектов. Так, за вегетационный период с 2005 по 2017 гг. по среднемноголетним концентрациям хлорофилла было установлено, что трофический статус по С.П. Китаеву (2007) для обоих водохранилищ находится на уровне α -евтрофного.

Тем, не менее, для Горьковского водохранилища наблюдается положительный тренд линии регрессии повышения концентрации Хл *a* в фитопланктоне водоема, объясняющий почти половину (48%) вариации содержания хлорофилла за рассматриваемый период времени (2005–2017 гг.). Напротив, концентрация Хл *a* в Чебоксарском водохранилище находится в стационарном стабильном состоянии на протяжении уже многих лет мониторинга, что выражается в коэффициенте детерминации (R^2) регрессионной зависимости «хлорофилл *a* – годы исследований» равном нулю.

РЕЖИМ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Д. В. Ломова*, Е. Р. Кременецкая*, В. А. Ломов**

**Институт водных проблем*

119991 Москва, ул. Губкина, 3

***Московский государственный университет им М.В.Ломоносова*

119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, e-mail: florainter@mail.ru

Количество и состав взвесей играют важную роль в пресноводных экосистемах – взвешенные частицы уменьшают прозрачность воды, влияют на проникновение в неё света, на её температуру, на интенсивность сорбционно-десорбционных процессов. От скорости седиментации взвесей зависит состав и распределение донных отложений (ДО).

Особенности распределения взвешенного вещества (ВВ) в водохранилище определяются морфометрическими особенностями ложа и динамикой водных масс.

Средневзвешенное по среднему району Можайского водохранилища содержание ВВ летом в период исследований (2008–2012 гг.) изменялось от 2.3 до 20.1 мг/л.

Анализ полученных многолетних данных показал, что запас взвешенного вещества в водной толще находится в прямой зависимости от интенсивности ветрового воздействия. Причем при одинаковой скорости ветра запас взвеси тем выше, чем больше толщина перемешанного слоя воды, т.к. чем она больше, тем большая площадь донных отложений подвержена ветро-волновому взмучиванию.

Оцененные на основе расчетов ориентировочных балансов взвешенного вещества величины взмучивания донных отложений изменялись в пределах от 1.5 до 177 т/км². Даже при сильной стратификации водной толщи и невысоких скоростях ветра в изолированном гипolimнионе происходило взмучивание ДО, которое вносило от 27 до 50% приходной части баланса ВВ. Увеличение ветрового воздействия, особенно при похолодании, приводило к тому, что вклад взмучивания ДО достигал 95%.

Корреляционный анализ выявил статистически достоверные зависимости изменений величины взмучивания ДО от скорости ветра ($r = 0.89$, $n = 16$), толщины перемешанного слоя воды ($r = 0.65$, $n = 16$), средней глубины исследуемого района ($r = -0.68$, $n = 16$) и среднего вертикального градиента температур воды ($r = -0.68$, $n = 16$). Учет всех этих параметров позволяет довольно точно оценивать величину взмучивания ДО.

Вклад продукции фито- и зоопланктона в приходную часть баланса ВВ изменялся от 2 до 63%, увеличиваясь в периоды усиления стратификации ($r = 0.8$, $n = 16$).

Основной расходной составляющей баланса ВВ в среднем районе Можайского водохранилища была седиментация (СП). Лишь в периоды повышенной проточности водохранилища при пропуске паводков вклад оттока ВВ в нижележащие районы достигал 30%. Величина седиментации ВВ в среднем районе водохранилища изменялась от 5.5 до 147 т/км²сут.

В процессах осаждения ВВ в водоемах важная роль принадлежит фильтрующим организмам зоопланктона. Питаясь, они поглощают взвесь и выделяют ее в виде пеллет (фекальных комочков), скорость оседания которых может достигать сотен метров в сутки, что существенно больше скорости оседания ВВ.

Существует способ оценки интенсивности фильтрующей деятельности зоопланктона, основанный на использовании связи между скоростью фильтрации зоопланктона (w , мл/мг сух веса в сутки) и величиной первичной продукции фитопланктона (ПП, мгС/л в сутки) пресноводного водоема [Общие основы изучения водных экосистем, 1979].

Зная интенсивность фильтрации и биомассу фильтрующего зоопланктона, можно рассчитать объем осветленной воды. Умножив этот объем воды на среднее содержание в ней ВВ можно оценить количество взвеси, переведенной зоопланктоном в пеллеты, и оценить ее вклад в общий СП.

Доля оцененной таким образом биофильтрации в общем СП в среднем районе Можайского водохранилища летом 2009 г. изменялась от 16 до 97% (в среднем за лето 45%).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ДВУХ ВИДОВ CLADOCERA В РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ИОННОМУ СОСТАВУ ВОДЫ И ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МАЛЫХ ВОДОЕМАХ

Е. Н. Медянцева, А. В. Тютин

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

Известно, что химический состав и общая минерализация воды являются одними из основных факторов, влияющих на популяции пресноводных планктонных ракообразных (Калинкина, 2003; Калинкина, Куликова, 2009). В атмосферных осадках Верхневолжского региона калий часто преобладает над натрием (Комов, Степанова, 1994). В большинстве водоемов из-за лучшего поглощения ионов калия почвами и растениями даже при относительно невысоком уровне общей минерализации обычно наблюдается обратная картина.

Виды *Simocephalus vetulus* (O.F. Muller) и *Scapholeberis mucronata* (O.F. Muller) считаются одними из наиболее широко распространенных и встречаются в водоемах разного типа – от холодных до субтропических зон континентов. В частности, оба вида обычны в защищенных и полужащенных участках прибрежного мелководья Рыбинского водохранилища (Столбунова, 2003). Ранее было показано, что взрослые особи обоих видов из этих биотопов хорошо выдерживают пересадку в среднеминерализованную артезианскую воду (Куперман и др., 1997). При этом средняя выживаемость самок *Simocephalus vetulus* превышала таковую *Scapholeberis mucronata* примерно на 10%, а у зараженных личинками гельминтов особей – на 15%.

Результаты полевых наблюдений 1999, 2000, 2005 гг. в нескольких небольших (менее 0.01 км²) эвтрофных прудах-копанях, различающихся по общей минерализации воды и содержанию в ней основных катионов (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), показали разную степень адаптации популяций *Simocephalus vetulus* и *Scapholeberis mucronata*. В частности, при изменении химического состава воды в некоторых копанях к 2005 г. в сторону значительного преобладания K⁺ над Na⁺ *Simocephalus vetulus* перестал регистрироваться в количественных и качественных зоопланктонных пробах. Показатели численности популяций *Scapholeberis mucronata* были более стабильными.

В экспериментальных условиях (Медянцева, 2005; Медянцева, Тютин, 2014) было установлено, что отловленные в Рыбинском водохранилище взрослые особи обоих видов отличаются относительно низкой выживаемостью в разбавленной дистиллятом волжской воде. В частности, при трехкратном разведении и продолжительности опыта не менее 2-х суток особи *Scapholeberis mucronata* из волжской популяции показали выживаемость порядка 18%, при 10-кратном разбавлении – 38%. Одновременно было показано, что особи *S. mucronata* из популяции, обитающей в постоянном низкоминерализованном лесном пруду-копани, в 4-х суточном опыте имели близкую к 100% выживаемость как в прудовой, так и в волжской воде, с сохранением этой закономерности при 2-х и 10-кратном разбавлении волжской воды дистиллированной водой. В аналогичных трехсуточных опытах при пересадке особей *Simocephalus vetulus*, отловленных в Рыбинском водохранилище, а также особей данного вида из прудовой популяции в волжскую воду с искусственно сниженной в 2–3 раза минерализацией, выживаемость рачков варьировала в пределах 50–67 и 60–77%, а при снижении минерализации до уровня менее 10 мг/л – 60 и 30% соответственно.

Наши наблюдения показывают, что состояние популяций некоторых видов Cladocera в малых водоемах (прудах-копанях) Верхневолжского региона, для которых характерны сезонные и межгодовые изменения ионного состава, определяются минерализацией и соотношением ионов в воде.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (темы АААА-А18-118012690106-7, АААА-А18-118012690100-5).

СОСТОЯНИЕ ЗООБЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА НА МЕЛКОВОДНЫХ УЧАСТКАХ ВЕРХОВИЙ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2016 Г.

А. В. Мельникова

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
420087, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: d.bugensis@mail.ru

Для Куйбышевского водохранилища, как и большинства равнинных водохранилищ, свойственны обширные мелководные участки (более 40% площади дна водоема), которые являются своеобразным биотопом, так как для них характерны специфические условия обитания (колебание уровня воды, воздействие ветра и волн; Мордухай-Болтовской, 1978; Куйбышевское ..., 1983; Куйбышевское ..., 2008).

Исследования проводили в 2016 г. на мелководных участках в верховьях Куйбышевского водохранилища в западной части г. Казани (жилой массив Новое Аракчино). Отбор проб осуществлялся с помощью ручного сачка/скребка в соответствии с общепринятыми стандартными методами в гидробиологии (Frost et al., 1972; Методика ..., 1975; Методические..., 1984). Таким образом, было собранно и обработано 42 качественные пробы зообентоса.

Анализ отобранных проб показал, что фауна донных беспозвоночных в 2016 г. была представлена 127 таксонами: Hydrozoa, Nematoda и Polychaeta – по 1, Oligochaeta – 16, Hirudinea – 7, Gastropoda – 18, Bivalvia – 12, Crustacea (Amphipoda) и Hydracarina – по 1 и Insecta – 69 (Odonata – 5, Ephemeroptera – 5, Hemiptera – 1, Coleoptera – 4, Trichoptera – 10, Lepidoptera – 1 и Diptera – 43). Таким образом, двукрылые насекомые характеризовались наибольшим видовым разнообразием среди других групп, в свою очередь представленные 4 семействами: Chironomidae (39), Ceratorogonidae, Tabanidae и Dolichopodidae (по 1).

Среди выявленных видов донных беспозвоночных 7 являлись инвазионными: *Hypania invalida* Grube, 1860, *Caspiobdella fadejewi* (Epstein, 1961), *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), *D. polymorpha* (Pallas, 1771), *Lithoglyphus naticoides* C. Pfeiffer, 1828, *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) и *Obessogammarus obessus* Sars, 1894.

В более чем 70% отобранных проб на мелководных участках водохранилища в ж.м. Н. Аракчино в 2016 г. были обнаружены *Hydracarina* sp., *Micronecta* sp., *Caenis horaria* (Linnaeus, 1758), *L. naticoides*.

Наибольший вклад в показатели численности всего зообентоса на мелководных участках вносили представители класса Insecta (44.8±4.5%), за счет Diptera (20.6±3.3%) и клопов (19.5±4.4%). Так же существенный вклад вносили водяные клещи (20.4±3.6%) и брюхоногие моллюски (17.1±3.6%). А основу биомассы на данном участке формировали представители класса Gastropoda (64.1±5.7%) в основном за счет *L. naticoides* и *Viviparus viviparus* (Linne, 1758). Так, согласно индексу доминирования (*Id*), комплекс доминирующих видов по численности был представлен *Hydracarina* sp. (*Id* = 3.9), *Micronecta* sp. (3.6), *L. naticoides* (3.1), а по биомассе – *L. naticoides* (6.2), *V. viviparus* (2.3) и *D. polymorpha* (1.3).

Согласно полученным данным на долю обнаруженных инвазионных видов на рассматриваемом участке водохранилища приходилось в среднем 50.3±4.7% численности и 36.7±5.7% биомассы всего зообентоса. Тогда как еще в 2015 г. доля их была значительно ниже и составляла в среднем по численности лишь 3.42±2.25%, а по биомассе – 5.38±2.5% (Мельникова, 2016). Такие низкие значения в предшествующем году мы связывали с последствиями аномально жаркого 2010 г. Следовательно, можно говорить о постепенном восстановлении вклада вселенцев в количественные показатели всего зообентоса на этом участке. Так относительные показатели численности и биомассы вселенцев до 2010 г. на мелководных участках составляли 36.4±3.0% и 47.1±3.3% соответственно (Яковлева, Яковлев, 2014).

РЕАКЦИЯ ИММУНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ГОМЕОСТАЗА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА НА МНОГОФАКТОРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

В. Р. Микряков, Н. И. Силкина, Л. В. Балабанова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: mvr@ibiw.yaroslavl.ru

Приводятся данные оценки иммуно-физиологического статуса стерляди *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758, русского осетра *A. baerii* Brandt, 1869, севрюги *A. stellatus* Pallas, 1771, леща *Abramis brama* Linnaeus, 1758, синца *A. ballerus* Linnaeus, 1758, обитающих в водохранилищах Верхней, Средней, Нижней Волги и дельты Волги. У рыб исследовали уровень антител к фенольным, полиароматическим соединениям, аутоантител к тканям мышц, печени и селезенки, перекисного окисления эритроцитов, содержания продуктов перекисного окисления липидов и антиоксидантная активность в иммунокомпетентных тканях и органах (печени, селезенки и почек), содержание неспецифических иммунных комплексов, а также определяли долю иммунодефицитных особей.

Рыбы, обитающие в антропо- и техногенно загрязненных экотопах, отличались от особей из относительно чистых участков величинами исследуемых показателей. Характер реагирования иммуно-физиологических механизмов на антропогенное загрязнение экотопов зависел от экологических и видовых особенностей исследуемых видов рыб. У леща, русского осетра и стерляди, ведущих донный образ жизни, зафиксированы более высокие показатели доли иммунодефицитных особей, содержания циркулирующих иммунных комплексов, перекисного окисления липидов, токсиконреагирующих антител, содержания пигментов старения в иммунокомпетентных тканях и органах и аутоантигенразрушающих антител по сравнению с синцом и севрюгой – планктофагов, относящиеся к проходным формам.

Проведенные исследования позволили выявить существенные различия между рыбами, обитающими как внутри одного водохранилища, так и из разных водоемов. Показана связь характера изменения иммунологических показателей с экологическими и видовыми особенностями рыб, уровнем загрязнения воды отходами крупных промышленных центров и скоростью водообмена в водохранилищах и речных участках.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПОПУЛЯЦИОННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕЩА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ФЕНОТИПАМ ЭРИТРОЦИТАРНОГО АНТИГЕНА

В. Р. Микряков, Н. И. Силкина, Д. В. Микряков

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: mvr@ibiw.yaroslavl.ru

Изучено фенотипическое разнообразие эритроцитарного антигена трех субпопуляций леща *Abramis brama* L. Рыбинского водохранилища с целью оценки характера влияния техногенного загрязнения на формирование иммуногенетических механизмов гомеостаза и адаптации рыб к антропогенно-трансформированной среде. Фенотипическую структуру эритроцитов определяли в реакции гемагглютинации по характеру реагирования с гетерогемагглютинидами человека. В качестве реагентов использовали эритроциты рыб и нормальные изосыворотки человека системы АВО (Кияшко, 1973; Микряков, 1976, 1978, 1984). Сбор материалов осуществляли среди рыб Шекснинского плеса, обитающих в зоне поступления сточных вод промышленных предприятий АО «Северсталь» и «Азот» и выше г. Череповца, а также в Волжском плесе, отдаленном от места поступления загрязненных ксенобиотиками вод на расстоянии 150 км.

Исследованиями показано, что лещ Рыбинского водохранилища по эритроцитарному антигену подразделяется на 7 фенотипов: А, АВ, АС, АВС, АО, ВС и С. Анализ частой встреча-

емости и количества фенотипов позволил выявить сходство и различие между рыбами разных субпопуляций. У рыб, выловленных в районе поступления сточных вод, выявлено всего 4 фенотипа: А, АВ, АВС и АС, из Волжского плеса 6: А, АВ, АС, АВС, АО и С, а у леща из Шекнинского плеса выше г. Череповца 7: А, АВ, АС, АВС, АО, ВС и С. Лещи выше г. Череповца отличались от других числом и частотой встречаемости фенотипов.

Из материалов исследований следует, что рыбы с фенотипами эритроцитарного антигена: А, АВ, АВС и АС, видимо, обладают большей адаптивной способностью к токсическому влиянию сточных вод промышленных предприятий г. Череповца, чем лещи с фенотипами АО, ВС и С.

Адаптация леща к техногенному загрязнению на уровне популяции, видимо, осуществляется за счет элиминации рыб с фенотипами эритроцитарного антигена АО, ВС и С.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛЫХ ВОД КОНАКОВСКОЙ И КОСТРОМСКОЙ ГРЭС НА ИММУНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ РЫБ

В. Р. Микряков, Н. И. Силкина, А. В. Попов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: mvr@ibiw.yaroslavl.ru

Приводятся данные исследования иммуно-физиологических показатели леща *Abramis brama* L., обитающих в зоне поступления теплых вод Конаковской и Костромской ГРЭС. Сбор материала осуществляли в Мошковическом заливе Ивановского водохранилища и Костромском расширении Горьковского водохранилища. Для оценки иммунного статуса использовали рыб в возрасте 5–6+. Отлов рыб проводили в конце лета с помощью трала на экспедиционном судне «Академик Топчиев» ИБВВ РАН. Реакцию рыб на тепловодное загрязнение проводили по доле иммунодефицитных (ИМД) особей, содержанию циркулирующих иммунных комплексов, токсикантреагирующих антител к фенолу и нафталину, продуктов перекисного окисления липидов и антиоксидантной активности тканей и органов (печени, почки и селезенки), зараженности рыб эктопаразитами и лернеозом, язвенной формы краснухи.

Проведенное исследование показало, что лещи из разных мест обитания отличались между собой исследуемыми показателями. Рыбы, обитающие в зоне влияния теплых вод, отличались от таковых выловленных выше мест поступления загрязненных вод высокой долей ИМД особей, низкими величинами антиоксидантной активности тканей и органов. У всех рыб показатели содержания токсикантреагирующих антител превышали, таковые от особей, обитающих за пределами зоны влияния теплых вод. Дестабилизационные процессы в иммунной системе леща в Мошковическом заливе происходили интенсивнее, чем рыб Костромского расширения. Независимо от места обитания рыбы на теплые воды реагируют снижением адаптивного потенциала, повышением в популяциях доли особей пораженных язвенной болезнью и эктопаразитами.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА, БИОМАССЫ И ПРОДУКЦИИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ГОРЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

И. С. Микрякова, А. И. Копылов, Д. Б. Косолапов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: irina.mikriakova@yandex.ru

Гетеротрофные бактерии осуществляют минерализацию автохтонных и аллохтонных органических веществ и играют главную роль в процессах самоочищения водных экосистем. Эти микроорганизмы, метаболизируя вещества терригенного происхождения, выполняют функции, схожие с функциями фитопланктона, и находятся в основании трофических сетей. Очевидно, что наблюдаемые в современный период в водохранилищах Волжского каскада явления, такие как повышение температуры воды, уменьшение продолжительности периода ледостава, существенный рост биомассы и продукции фитопланктона оказывают влияние на гетеротрофных бактерий. Согласно современным прогнозам, потепление климата приведёт к увеличению количества осадков и экспорта терригенного материала в водные экосистемы Центральной и Северной Европы, что, в свою очередь, вызовет усиление роли бактерий в формировании их общей биомассы и продуктивности.

Анализ многолетних данных, полученных в вегетационные сезоны (с июня по сентябрь) в 1991–2016 гг. показал, что в эвтрофном Горьковском водохранилище за период с начала 1990-х гг. по настоящее время произошло существенное увеличение количества, биомассы и продукции бактериопланктона. Средняя численность бактерий была минимальной в 1994 г.: $(3.13 \pm 0.2) \times 10^6$ кл./мл; биомасса – в 1999 г.: 74 ± 11 мг С/м³. Максимальной численности (в среднем $(11.58 \pm 1.25) \times 10^6$ кл./мл) бактериопланктон достигал в аномально жаркое лето 2010 г., когда температура воды в августе составляла 27–33°C. Наибольшая средняя биомасса (248 ± 22 мг С/м³) зарегистрирована в водохранилище в августе–сентябре 2015 г.

Наблюдается четкая тенденция возрастания продукции гетеротрофного бактериопланктона. Максимальная бактериальная продукция зарегистрирована летом 2010 г., когда температура воды достигала аномально высоких значений. В конце июля – начале августа (период наибольшего прогрева водохранилища) между средней для столба воды продукцией бактериопланктона и температурой воды установлена высокая положительная корреляция ($r = 0.92$, $p < 0.05$). Удельная скорость роста бактерий зависела от температуры в меньшей степени ($r = 0.39$). Сильная положительная связь выявлена также между продукцией гетеротрофного бактериопланктона и первичной продукцией фитопланктона под 1 м² ($r = 0.86$).

В период проведения исследований изменился вклад различных размерно-морфологических групп в формирование общей численности и биомассы бактерий. При уменьшении прозрачности воды в бактериопланктоне возросла доля агрегированных бактерий. Также возросло количество детритных частиц, заселенных бактериями. Увеличился вклад нитей в формирование бактериальной биомассы. В результате уменьшилось относительное значение одиночных бактерий. Это свидетельствует о том, что в современный период мелкий детрит, заселенный бактериями, становится более важным по сравнению с предыдущими годами пищевым объектом для нехищных коловраток, ветвистоусых и веслоногих рачков, а детритная пищевая цепь приобретает все большее значение в функционировании планктонного сообщества водохранилища.

В отношении экологического состояния Горьковского водохранилища существенное увеличение численности, биомассы и продукции планктонных гетеротрофных бактерий следует рассматривать как неблагоприятное явление, поскольку значения этих микробиологических показателей, регистрируемые в последние годы, характеризуют воду на большей части акватории водоема как «грязную». Полученные данные позволяют предположить, что продолжение повышения температуры воды, регистрируемое в настоящее время, при сохранении существующей антропогенной нагрузке будет способствовать дальнейшему увеличению количества и активности бактерий.

ПИГМЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ТЕНДЕНЦИИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Н. М. Минеева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: mineeva@ibiw.yaroslavl.ru*

Пигментные характеристики широко используют для получения оперативной информации как о развитии и состоянии альгоценозов, так и состоянии водной экосистемы. Приоритет в изучении фотосинтетических пигментов Волги, проводимом с середины XX в., принадлежит И.Л. Пыриной. На водохранилищах Верхней Волги в разные годы работали В.А. Елизарова, Л.Е. Сигарева, О.А. Ляшенко, Н.Ю. Метелева, обширные данные для Куйбышевского водохранилища получены В.Н. Паутовой и В.И. Номоконовой.

За весь период исследований содержание основного пигмента зеленых растений хлорофилла (Хл *a*) в воде волжских водохранилищ изменяется в широких пределах (от <10 до >100 мкг/л). Величины выше 30 мкг/л, характерные для «цветения» воды различной интенсивности и отражающие различную степень экологического неблагополучия водоема, отмечаются локально и составляют около 17% общей выборки. В волжском каскаде прослеживается тенденция к снижению содержания Хл *a* от верхних водохранилищ к нижним, что связано с увеличением проточности и объема стока вниз по течению.

Водоохранилища Волги характеризуются сложной гидрологической структурой, которая определяет особенности пространственного распределения фитопланктона, имеющие большое значение для формирования биологической продуктивности водоема и качества воды. При сложной морфометрии, наличии биотопически разнородных участков и различных водных масс, в каждом водохранилище выявляются зоны с различной биологической продуктивностью и трофностью. Распределение фитопланктона (Хл *a*) по акватории водохранилищ в основном характеризуется умеренной степенью неоднородности при коэффициентах вариации <70%. Максимальные пространственные градиенты Хл *a* отмечаются не весной, когда в водоеме в наибольшей степени выражены границы между водными массами (различия в температуре, электропроводности, цветности), а летом, когда гидрологические показатели сглаживаются.

Межгодовая и многолетняя динамика Хл *a* определяется гидроклиматическими особенностями лет наблюдения и свидетельствует о высокой динамичности развития экосистем волжских водохранилищ под влиянием внешних факторов. В соответствии со средними концентрациями Хл *a* в 1989–1991 гг. Угличское, Саратовское и Волгоградское водохранилища относились к разряду мезотрофных (≤ 10 мкг/л), Рыбинское и Куйбышевское (10–15 мкг/л) – умеренно эвтрофных, Ивановское, Горьковское и Чебоксарское (>15 мкг/л) – эвтрофных. В последние годы (2015, 2016) Ивановское, Угличское, Рыбинское и Чебоксарское водохранилища характеризуются как эвтрофные, Горьковское и Куйбышевское – умеренно эвтрофные, Саратовское и Волгоградское – по-прежнему мезотрофные. Прохладным многоводным летом 2017 г. содержание Хл *a* соответствовало водам мезотрофного типа в Рыбинском, Саратовском водохранилищах, умеренно эвтрофного типа в Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском и Волгоградском водохранилищах, водам эвтрофного типа в Ивановском и Угличском водохранилищах. Высокое обилие водорослей отмечается в маловодные годы при штилевой погоде, повышенных инсоляции и температуре воды. Стимулом для роста Хл *a* в водохранилищах Волги и, соответственно, повышения их трофического статуса послужили, в частности, условия аномально жаркого лета в 2010 г. При неизменном пигментном составе фитопланктона в настоящее время в фонде зеленых пигментов наблюдается увеличение относительного содержания Хл *a*, что указывает на усиление роли цианопрокариот, свойственное повышению трофии водоемов в условиях глобального потепления.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАЛАКОФАУНЫ В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ РЕКИ САМАРА

Р. А. Михайлов, Е. В. Трантина

Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10,
e-mail: roman_mihaylov_1987@mail.ru.

Малые и средние реки, расположенные на территории Самарской области, представляют собой комплекс мозаично расположенных биотопов, связанных с особенностью ландшафта, зоогенных и антропогенных нарушений. Один из таких водоток является р. Самара - левый приток Волги. Она берет свое начало на северных склонах Общего Сырта и протекает по территории Оренбургской и Самарской областей. Видовое разнообразие и количественное развитие организмов, обитающие в водоемах, формирующимся за счет экологических условий в них. Одно из ключевых мест среди макрозообентоса, населяющие водоёмы, занимают водные моллюски. Они являются одной из наиболее долгоживущих групп бентоса. Продолжительность их жизни исчисляется годами, причем, зачастую, они вносят большой вклад в долю зообентоса в водотоках. Их придонный образ жизни и относительно малая подвижность, является прекрасными индикаторами и условий в конкретном биотопе, и уровня антропогенного воздействия на водные экосистемы в целом.

В результате проведенных нами исследований по изучению пресноводных моллюсков в 12 различных биотопах реки Самара было зарегистрировано 49 видов. В их составе преобладали представители класса Bivalvia – 25 видов, класс Gastropoda был представлен 24 видами. Первый исследованный нами биотоп отличается от других самой высокой скоростью течения – 0.7 м/с, прозрачностью воды 1.3 м, низкой площадью зарастания макрофитами < 5% и песчаным типом грунта. В этих условиях преобладали представители класса двустворчатых – 10 видов. В их составе, согласно индексу доминирования Арнольди по численности и биомассе, доминировал моллюск *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758). Второй биотоп, имеющий меньшую скорость течения 0.5 м/с, прозрачность 1.1 м, площадь зарастания < 5% и таким же тип грунта. В этих условиях преобладали двустворчатые моллюски – 4 вида, в составе которых доминировал *U. pictorum*. Третий биотоп имеет еще более низкую скорость течения – 0.3 м/с, прозрачность 1 м, площадь зарастания < 5%, но уже с слегка заиленным типом грунта. Эти незначительные изменения не показали смену преобладающего класса моллюсков, как и в предыдущих биотопах, доминирующим видов был *U. pictorum*. Четвертый биотоп имеет схожие условия и песчаный тип грунта, как и предыдущие, однако, полностью отсутствуют макрофиты. На этой станции найден был один вид *U. pictorum*. Пятый биотоп представлен теми же условиями, кроме типа грунта – илистый песок. Здесь было найдено 6 видов моллюсков, где преобладали двустворчатые виды. Впервые на реке, в этих условиях, меняется доминирующий вид *Pisidium amnicum* (Mueller, 1774). Шестой биотоп имеет практически те же экологические условия, что и предыдущий. Здесь также зарегистрировано малое число видов моллюсков – 5 и преобладают представители класса двустворчатых. Доминирующим видов снова является *U. pictorum*. Седьмой биотоп, в схожий условиях, имеет наличием зарослей макрофитов с площадью зарастания < 10%. Однако, преобладающими видами, по-прежнему, остаются представители класса двустворчатых, с доминированием вида *U. pictorum*. Восьмой биотоп имеет те же условия, что и предыдущий. Доминирует здесь по-прежнему двустворчатый моллюск *U. pictorum*. Девятый биотоп отличается значительным увеличением площади зарастания макрофитами до 30%. В изменившихся условиях резко возрастает видовое разнообразие до 15. Меняется комплекс доминирующих видов, и здесь уже преобладают представители класса брюхоногих моллюсков. Доминирующим видом по численности и биомассе становится *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758).

В результате вышеизложенного материала можно заключить, что в большинстве биотопов р. Самара характеризующиеся песчаным типом грунта и низкой площадью зарастания макрофитами, доминирует двустворчатый моллюск *U. pictorum*, при изменении типа грунта на илистый и увеличении площади макрофитов доминирующим становится брюхоногий моллюск *V. viviparus*.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ В РЕКЕ БОЛЬШОЙ КИНЕЛЬ

Р. А. Михайлов

Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10,
e-mail: roman_mihaylov_1987@mail.ru

Пресноводные моллюски – важнейший компонент водных экосистем, в состав которых входит большое число видов, способных обитать в различных экологических условиях. Роль моллюсков в жизни пресноводных экосистем огромна. Они являются постоянным компонентом в пищевой цепи многих видов рыб, участвуют в процессах самоочищения водоемов от взвешенных веществ и др.

В Самарской области более полутора десятка крупных и средних рек. Одной из таких является р. Большой Кинель. Является правобережным притоком р. Самары, в которую она впадает в 52 км от устья. Сбор материала нами был осуществлён на р. Большой Кинель на территории Самарской области. Для изучения особенности распределения моллюсков пробы отбирали в районах с различными гидрологическими условиями, расположенными в среднем и нижнем течении реки.

В результате исследования р. Большой Кинель нами было зарегистрировано 45 видов моллюсков. Преобладали представители класса двустворчатых моллюсков – 25 видов (56%), брюхоногие немногим уступали им – 20 видов (44%).

В среднем течении река имеет невысокую скорость течения (до 0.4 м/с) с стабильной температурой на станциях – 21°C. На этом участке найдено 30 видов моллюсков. Наибольшее фаунистическое разнообразие определяют моллюски класса брюхоногих (16 видов), в составе которых преобладали представители семейства *Lymnaeidae*. Это связано с тем, что этот участок реки имеет не высокую скорость течения с большой площадью зарастания макрофитами, что является благоприятным для развития представителей данного класса. Видов из класса двустворчатых, найдено было незначительно меньше (14). Видовое сходство исследованных станций среднего течения реки имеет невысокие значения – 44%. По численности из класса брюхоногих моллюсков преобладали: *Lymnaea stagnalis* (Lamarck, 1822), *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758); из двустворчатых *Rivicoliana rivicola* (Lamarck, 1818). По биомассе из класса брюхоногих моллюсков преобладали: *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758); из двустворчатых *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758).

В нижнем течении экологические условия сходны со средним участком – скорости течения воды до 0.3 м/с, температура 21°C. Число видов, зарегистрированных здесь, немного выше, чем в среднем течении и составляет 33 вида. Однако определяющими видами в ней становятся представители класса двустворчатых (21 вид) большую часть которых составляют моллюски из семейства *Sphaeriidae*. Возможно, это объясняется с тем, что представители этого семейства зарегистрированы в основном в зонах рефугиумов, имеющих естественное и антропогенное происхождение. Видовое сходство в нижнем течении было ниже, чем в среднем и составляло 39%. Преобладали по численности из класса брюхоногих моллюсков *B. tentaculata*, *V. viviparus*; из двустворчатых *R. rivicola*. По биомассе из класса брюхоногих моллюсков преобладали: *V. viviparus*; из двустворчатых *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758), *U. pictorum*. Видовое сходство моллюсков между станциями в среднем и нижнем течении составляло 55%.

Определяющими факторами развития малакофауны, по результатам канонического анализа, в среднем участке реки были скорость течения и температура воды, в нижнем течении кроме этих факторов высокую корреляцию имеет глубина участка реки.

По результатам вышеизложенного материала можно заключить, что видовое богатство моллюсков р. Большой Кинель представлено 45 видами. В среднем течении преобладали представители класса брюхоногих моллюсков, в нижнем двустворчатых. Видовое сходство между средним и нижним течением – 55%. Определяющими факторами развития моллюсков в среднем и нижнем течении реки являются скорость течения и температура воды.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ СТАРИЦ РЕКИ КЕРЖЕНЕЦ

О. А. Морева, Т. В. Кривдина, В. В. Логинов, А. В. Моисеев, М. А. Предвижкин

Нижегородское отделение ФГБНУ ГосНИОРХ им. Л.С. Берга

603116, Нижний Новгород, Московское шоссе, 31, e-mail: gosniorh@list.ru

В течение вегетационного периода 2017 г. на территории заповедника «Керженский» в Нижегородской области проводились гидробиологические исследования 8 пойменных озер-стариц р. Керженец (Гришино, Драничное, Сиротинное, Новая старица, Красный Яр, Черный Яр, Чернозерское I, Чернозерское II). Параллельно были отобраны пробы воды на гидрохимический анализ. Пробы отбирались в начале июня, конце июля и конце сентября. Всего отобрано и проанализировано 24 пробы.

Все исследованные водоемы являются старицами р. Керженец разного возраста, имеющими площадь от 1.28 до 5.66 га, среднюю глубину в меженный период 0.7–1.5 м и дно, покрытое илистыми отложениями с большим количеством разлагающихся растительных остатков. Так как обследованные водные объекты находятся в границах государственного заповедника, антропогенная нагрузка на них практически отсутствует. Гидробионты, населяющие озера, в основном являются типичными представителями пойменных водоемов лесной зоны Европейской части России.

Анализы воды проводились по общепринятым методикам (Семенова А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л., Гидрометеиздат, 1977. 541 с.). Активная реакция воды в озерах-старицах р. Керженец была кислой в течение всего вегетационного сезона (5.1–6.5 единиц). Количество взвешенных веществ зависело от смыва с берегов во время дождей, а также от наличия родников. Максимальная концентрация взвешенных веществ зафиксирована в воде оз. Новая старица в осенний период (28.8 мг/л), минимальная – в оз. Сиротинное летом (3.3 мг/л). Вода всех стариц очень мягкая: средние значения за вегетационный сезон составили 0.4–0.7 мг-экв./л. Минерализация воды малая: средние за сезон величины равны 43.5–80.6 мг/л. Минимальные значения характерны для оз. Сиротинное, а максимальные – для оз. Новая старица.

Цветность воды во всех старицах повышенная в связи с заболоченностью водосборов, что обуславливает присутствие значительного количества органических соединений (в основном гуматов), а также соединений железа. Наиболее высокие средние за вегетационный сезон показатели цветности характерны для следующих озер: Новая старица (1048.4°), Красный Яр (559.3°), Черный Яр (495.5°), Чернозерское I (310.5°), Чернозерское II (321.0°). При этом максимальные средние за вегетационный сезон концентрации железа составляли в оз. Новая старица – 3.3 мг/л, в оз. Красный Яр – 1.7 мг/л, в оз. Черный Яр – 1.1 мг/л, в оз. Чернозерское I – 0.8 мг/л, в оз. Чернозерское II – 0.7 мг/л. В этих же озерах наблюдались и весьма высокие значения перманганатной окисляемости: в оз. Новая старица – 62.1 мг O₂/л, в оз. Красный Яр – 39.3 мг O₂/л, в оз. Черный Яр – 35.2 мг O₂/л, в оз. Чернозерское I – 26.4 мг O₂/л.

Содержание минерального азота также довольно высокое во всех озерах. Средние концентрации за вегетационный сезон составляли 1.106–3.288 мг/л. Самые высокие значения наблюдались в оз. Новая Старица, минимальные в оз. Сиротинное. Следует отметить, что весной преобладала аммонийная форма минерального азота, а осенью – нитратная.

В целом гидрохимический режим озер-стариц в 2017 г. был весьма напряженным (ОСТ15.372-87. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования и нормы. М., 1988. 18 с.). Для воды озер характерно низкое содержание растворенного кислорода (0.9–5.5 мг/л). Самые низкие концентрации кислорода отмечались в озерах Новая старица, Красный Яр и Сиротинное. Неблагоприятный кислородный режим этих водоемов связан с незначительной площадью, малыми глубинами, отсутствием проточности и слабым ветровым перемешиванием водных масс.

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗМОЖНОГО ПРОРЫВА ПЛОТИНЫ НА РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Н. О. Науменко¹, А. В. Новиков², О. В. Сумарукова²

¹ФГБУ "Центральная Аэрологическая Обсерватория" (ЦАО)

141700 г. Долгопрудный, Московской области ул. Первомайская, д. 3,
e-mail: nik.naumenko@gmail.com

²Кафедра Общей и Инженерной Экологии, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева

г. Москва (РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева), 127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49,
e-mail: oiiecolology@mail.ru

На Рыбинском водохранилище происходит интенсивное разрушение берегов, что негативно оказывает влияние на состояние окружающей среды и экономический сектор прилегающих областей. Из-за недостатка средств по реконструкции берегов и ГТС, органами власти поступали предложения о снижении уровня воды. В работе рассмотрены факторы негативного влияния на состояние окружающей среды вследствие снижения уровня воды.

Цель исследования: дать объективную оценку воздействия на окружающую среду вследствие снижения уровня воды в Рыбинском водохранилище.

Задачи:

- 1) Оценить ущерб состоянию окружающей среды и здоровью населения;
- 2) Определить водопользователей водохранилища и оценить возможный ущерб;
- 3) Предложить природоохранные мероприятия.

Рыбинское водохранилище (Рыбинское море) – расположено на стыке Вологодской, Ярославской и Тверской областей. Строительство водохранилища началось с 1935 г., а с 1941 г. начало полностью функционировать. В ходе образования водного объекта было затоплено свыше 570 колхозов, 950 сел и деревень, г. Молога и еще частично 7 других городов. Вследствие инженерной ошибки, на сегодняшний день гидротехнические сооружения и само Рыбинское водохранилище столкнулись с множеством проблем, в связи с чем обсуждается вопрос о частичном и даже полном спуске воды из водохранилища.

В ходе исследования были применены новейшие методы ДЗЗ для обнаружения зарастающих мелководий Рыбинского водохранилища, приведены расчеты по изменению гидрохимических параметров водохранилища за 9 лет, анализ изменения климатических характеристик за период эксплуатации водохранилища, составлен прогноз по гидрофизическим и гидрохимическим характеристикам водохранилища вследствие снижения уровня воды, рассмотрены так же и возможные аварии (прорыв) плотины Рыбинской ГЭС и последствия данной аварии в верхнем и нижнем бьефе.

Подводя итоги исследовательской работы, стоит сказать, что на территории Рыбинского водохранилища нужны масштабные природоохранные мероприятия. К таковым может относиться:

- Разработка Федеральной программы по природоохранным мероприятиям Рыбинского водохранилища;
- Укрепление берегов, подверженных разрушению водными массами водохранилища;
- Снижение сбросов загрязняющих веществ в притоки и само Рыбинское водохранилище;
- Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на предприятиях тяжелой промышленности и металлургии в городе Череповец;
- Модернизация очистных сооружений;
- Реконструкция гидротехнических сооружений во избежание катастроф в виде прорыва плотины.

РЕСНИЧНЫЕ ИНФУЗОРИИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД РЕКИ ВОЛХОВ

Т. В. Никитина, И. А. Дружинина, В. А. Нечаева

Новгородское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»,
173008, г. Великий Новгород, ул. Добрыня, д. 8, e-mail: niorh53@mail.ru

Река Волхов является одним из самых крупных водотоков, протекающих по территории Новгородской области. Река Волхов является единственной рекой, которая выносит воды одного из крупнейших водоемов северо-запада – озера Ильмень (остальные только вносят). Река испытывает сильное антропогенное воздействие, так как уже с истока начинается сброс сточных вод, антропогенная нагрузка города, техногенное воздействие с предприятий ниже по течению.

В основу настоящей работы положены результаты гидробиологических исследований фауны ресничных инфузорий, выполненных зимой–весной 2012 г. Материал собирался на 5 биотопах р. Волхов в пределах Новгородского района. Для отбора проб использовался водный сачок диаметром 10 см, изготовленный из мельничного газа № 77. Материал обрабатывался по стандартным методикам.

В исследуемый период в пробах, взятых в р. Волхов, выявлено 32 вида цилиат, относящихся согласно классификации Корлиса (Corliss, 1994) к 5 классам, 9 отрядам, 16 семействам. Наибольшим видовым разнообразием характеризовались классы: *Oligohymenophorea* – 14 видов, *Polyhymenophorea* – 11 видов.

Видовое разнообразие и количественный состав выявленных р. *Ciliata* отличался в зависимости от биотопа их отбора. Вероятнее всего, этот факт связан со степенью загрязнения вод и грунта р. Волхов.

Доминирующими по численности были виды *Oxytricha* sp., *Strobidium gyrans*, *Chilodonella cucullulus*, *Paramecium* sp., *Frontonia* sp. Второстепенные виды по численности *Colpidium colpoda*, *Cyclidium glaucoma*, *Vorticella conica*. Такие виды как *Enchelys pupa*, *Actinobolina radians* были встречены только в биотопе за чертой города.

В зимний период в фауне цилиат было встречено 14 видов. Массовые виды: *Colpodium colpoda*, *Paramecium aurelia*, *Oxytrichia* sp., встречались на всех биотопах. Доминирующими видами цилиат по биомассе в зимний период были *Paramecium aurelia* (715 мг С/м³), *Chilodonella cucullus* (408 мг С/м³), *Stylonychia mytilus* (387 мг С/м³). Биомасса ресничных инфузорий в зимний период составляла от 157 до 1002 мг С/м³. Численность – 0.24–5.6 млн экз./м³.

В весенней фауне цилиат было обнаружено 29 видов. Этот период характеризуется более богатым видовым разнообразием и показателями численности, так как наступают благоприятные условия для их развития. Преобладающими по численности в это время года здесь были следующие виды: *Paramecium caudatum*, *Stylonychia mytilus*, *Oxytricha* sp., *Spathidium parculus*. Численность этих видов составила 0.74–51.9 млн экз./м³, биомасса 70.8–1350 мг С/м³. Основная часть биомассы формировалась за счет *Chilodonella cucullus* (724 мг С/м³), *Paramecium caudatum* (513 мг С/м³), *Strobidium gyrans* (380 мг С/м³).

Показатели численности за исследуемый период составили от 0.24 до 51.9 млн экз./м³, биомасса от 70.8 до 1350 мг С/м³. Такие показатели являются достаточно высокими для рек. В целом р. Волхов относится к эвтрофным водотокам, что говорит о его аллохтонном и автотонном загрязнении.

Таким образом, согласно видовому составу, встречаемости и численности ресничных инфузорий, р. Волхов в черте Новгородского района относится к мезосапробным водотокам.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА БАЗЕ ИБВВ

Н. Г. Отюкова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: ong70@mail.ru*

Изучение содержания железа в водной толще Рыбинского водохранилища проводилось в разные годы, но, к сожалению, исследователи не всегда указывали метод его определения. Первые данные получены за два года до начала функционирования Рыбинского водохранилища в 1939 г. На базе биологического стационара Борок А.П. Щербаковым были начаты исследования по гидрохимии рек Волги, Мологи и Шексны, образующих водоем. Волжский плес водохранилища заполняется в основном водами Волги в период половодья. Воды Шексны и Мологи заполняют соответствующие плесы, формируя водные массы Центрального плеса, который составляет 70% от объема водохранилища. Железо определялось методом с роданистым аммонием и среднегодовые его концентрации в период 1939–1941 гг. составляли (в мг/дм³): 0.71 в Волге, 0.61 в Мологе и 0.71 в Шексне [1]. С 1943 г. на Рыбинском водохранилище гидрохимические наблюдения приняли систематический характер. Железо общее определялось колориметрическим методом с роданистым калием. Среднегодовые значения железа за 1943–1944 гг. в воде водохранилища составляли 0.3–0.5 мг/дм³. В 1945–1946 гг. количество железа снизилось, что объясняется постепенным становлением водохранилища. При этом максимальные концентрации железа приходятся на паводок, до конца лета наблюдается его снижение. Далее от осени к зиме вновь начинается накопление железа [2]. По данным монографии «Рыбинское водохранилище» 1972 г. среднегодовая концентрация железа в водоеме составляла 0.19 мг/дм³ [3]. В вегетационный период 2015 г. в воде Рыбинского водохранилища концентрация железа общего составляла 0.33 мг/дм³, железа растворенного – 0.06 мг/дм³, коэффициент отношения железа растворенного к взвешенному равен 0.22, что означает преобладание взвешенной формы железа над растворенной. Метод определения железа – фотометрический с орто-фенантролином [4]. На протяжении всего времени исследования, концентрация железа общего превышала ПДК водных объектов рыбохозяйственного значения, равного 0.1 мг/дм³. Повышенное содержание железа в воде Рыбинского водохранилища обусловлено значительно заболоченным водосбором, где образуются железоорганические комплексы. В настоящее время сотрудниками ИБВВ продолжаются работы по изучению содержания железа в Рыбинском водохранилище.

Список литературы

1. Щербаков А.П. Гидрохимический режим Волги, Мологи и Шексны в Районе Рыбинского водохранилища (до наполнения водохранилища) // Труды биологической станции Борок. Л., 1950. Вып. 1. С. 7–34.
2. Кудрявцев Д.Д. Материалы к гидрохимической характеристике Волжского отрога Рыбинского водохранилища 1943–1946 гг. // Труды биологической станции Борок. Л., 1950. Вып. 1. С. 35–78.
3. Рыбинское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1972. 364 с.
4. Цельмович О.Л., Отюкова Н.Г. Содержание железа и главных компонентов солевого состава в воде волжских водохранилищ в период открытой воды 2015 г. // Труды ИБВВ РАН. 2018. Вып. 81(84). С. 5–13.

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ГЛУБОКОВОДНОГО ЭКОТИПА *DREISSENA ROSTRIFORMIS BUGENSIS* (MOLLUSCA: BIVALVIA) В ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

В. В. Павлова

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

Двустворчатый моллюск *Dreissena rostriformis bugensis* является инвазионным видом и эдификатором в бентосных сообществах. Данный вид представлен двумя экотипами – мелководным (типичным) и глубоководным. Глубоководный экотип был впервые обнаружен в 1992 г. в Североамериканских Великих озёрах (Dermott, Munawar, 1993). В 2009 г. он был выявлен в Чебоксарском водохранилище в верхнем бьефе Чебоксарской ГЭС. Была выдвинута гипотеза о наличии у вида *D. r. bugensis* двух программ онтогенеза – «мелководной» и «глубоководной», переключение между которыми происходит под действием экологических условий (Pavlova, 2012). Для поиска данной морфы в 2016–2017 гг. был проведён мониторинг глубоководных локаций водохранилищ средней и нижней Волги (Чебоксарского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского). Было обследовано 15 станций. Принадлежность моллюсков к тому или иному экотипу определялась с помощью методов традиционной и геометрической морфометрии. Глубоководный экотип не был выявлен ни в одном водоёме. Все изученные особи *D. r. bugensis* относились к мелководному экотипу. Моллюски, собранные в глубоководном местообитании Чебоксарского водохранилища в 2016 г., также относились к типичной морфе, а собранные в 2015 г. – имели промежуточную морфологию. Таким образом, в глубоководном местообитании в Чебоксарском водохранилище зафиксировано постепенное изменение морфологии *D. r. bugensis*.

Конкретная причина морфологической трансформации неясна. Известно, что на морфогенез *D. r. bugensis* существенно влияет температура (Peuer et al., 2010). Возможно, причиной наблюдаемого явления послужило аномально жаркое лето 2010 г. Можно предположить, что повышение температуры привело к изменению хода морфогенеза, что и проявилось спустя несколько лет в изменении облика моллюсков, обнаруженном нами. Вследствие роста среднегодовых температур, наблюдающегося в последние годы («глобального потепления»), скорее всего, условия для появления и нормального функционирования глубоководного экотипа в Волжском бассейне в ближайшее время не сложатся.

Таким образом, в настоящее время глубоководный экотип *D. r. bugensis* в водохранилищах Волги отсутствует вследствие изменения условий обитания, причиной которых может быть «глобальное потепление».

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАЩИЩЕННЫХ МЕЛКОВОДИЙ ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

С. А. Поддубный, Е. Н. Соколова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: spod@ibiw.yaroslavl.ru,

Обсуждается возможность применения геометрических фигур для аппроксимации ложа 273 разнотипных защищенных мелководий (заливы, заостровные пространства, карманные) в водохранилищах Верхней Волги. На основе навигационных карт, карт генштаба, полевых наблюдений определены батиграфические кривые для 23 тестовых мелководий: $F=f(H)$ и $V=f(H)$, где F – площадь поверхности, м²; V – объем, м³; H – глубина, м. Для аппроксимации морфометрии мелководий отобрано 16 геометрических фигур. Получены формулы расчета площади поверхности и объема каждой фигуры.

После расчета объемов фигур применительно к каждому тестовому мелководью и дальнейшего сравнения полученных V с объемами мелководий, вычисленными по батиграфическим кривым, были отобраны геометрические фигуры с расхождением по V менее 10%. В итоге, для каждого из трех типов мелководий отобраны по одной геометрической фигуре: для заливов – усеченная трапециевидная призма, для карманных мелководий – усеченная треугольная призма, для заостровных – клин. В результате сравнения измеренных и рассчитанных площадей и объемов тестовых мелководий и отобранных геометрических фигур абсолютная ошибка расчетов варьировала от 6 до 21% и в среднем по площади она составила 12%, по объему – 14%, а в целом по мелководьям – 13%.

Дальнейшие расчеты площадей и объемов 273 мелководий по трем геометрическим фигурам и их сравнение с вычисленными ранее F и V по программе «SAS.Планета» показали удовлетворительное соответствие: средние относительные ошибки для всех водохранилищ по F составили 0.1%, по V – 7.3%. В последствии определялись формулы $F=f(H)$ и $V=f(H)$ (батиграфические кривые) для каждой из трех отобранных геометрических фигур. Входными параметрами для расчета F и S служили длина мелководья (L , м), его ширина по границе примыкания к открытой (русловой) части водоема (B_0 , м) и максимальная глубина по этому створу (H_0 , м).

Выявленная возможность использования геометрических фигур для аппроксимации морфометрии и ложа разнотипных защищенных мелководий позволила провести модельные расчеты сезонной динамики некоторых элементов их гидрологического режима. Последовательность исследований включала следующие этапы: классификация каждого типа мелководий по набору признаков (L , B_0 , H_0) с использованием неиерархического кластерного анализа (метод k -средних); определение сезонных отклонений уровня верхневолжских водохранилищ от нормального подпорного уровня (НПУ); расчет площадей и объемов мелководий в зависимости от сезонных изменений уровня воды (с момента начала осушения до его завершения); расчет площадей и объемов мелководий по кластерам в зависимости от сезонных изменений уровня с использованием геометрических моделей; расчет среднемесячного водного баланса и водообмена мелководий.

Основные результаты: 1) для каждого типа мелководий выделено 2 класса с соответствующим набором L , B_0 , H_0 ; 2) сезонные отклонения уровня от НПУ для Ивановского, Угличского, Рыбинского и Горьковского водохранилищ составляют 0.08–2.7, 0.11–2.99, 0.42–3.06 и 0.0–1.34 м соответственно; 3) осушение мелководий в Ивановском и Угличском водохранилищах происходит в феврале–марте, в Рыбинском – с августа по март; 4) в Горьковском водохранилище мелководья полностью не осушаются; 5) в среднем полностью осушается мелководий в Ивановском водохранилище 25%, в Угличском – 33% и в Рыбинском – 61%; 6) среднегодовой коэффициент водообмена мелководий, обусловленный только колебаниями уровня, крайне мал (0.37–0.6 – в Ивановском и Угличском, 0.48–0.95 – в Рыбинском и 0.16–0.3 – в Горьковском водохранилищах).

ЗАРАСТАНИЕ МЕЛКОВОДИЙ ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ: ОСОБЕННОСТИ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ДИНАМИКА

С. А. Поддубный, Е. В. Чемерис, А. В. Кутузов, А. А. Бобров

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: spod@ibiw.yaroslavl.ru

Мелководные участки верхневолжских водохранилищ до 2 м глубины – места, где сосредоточены основные площади высшей водной растительности (ВВР). Это важный элемент экосистем, определяющий воспроизводство рыбных ресурсов и процессы самоочищения. Формирование растительного покрова водохранилищ обусловлено присутствием зачатков водных растений, соотношением мелководных и глубоководных участков, режимом уровня воды, степенью защищенности мелководий от воздействия ветрового волнения, трофическими и физико-химическими качествами воды и грунтов. Состав доминантов растительного покрова верхневолжских водохранилищ консервативен и насчитывает ~30 видов, относящихся к 5 экологическим группам (гигрогелофиты, высокотравные гелофиты, низкотравные гелофиты, гидрофиты с плавающими листьями, погружённые гидрофиты). Основное влияние на пространственное распределение и многолетнюю динамику зарастания мелководной зоны оказывает режим уровня (сроки наполнения, сработки, продолжительность максимального наполнения). На водохранилищах, где в течение вегетационного периода поддерживается отметка нормального подпорного уровня (НПУ), условия формирования растительности сходны с озерными экосистемами, что предполагает стабильность и однонаправленность процессов зарастания. Так, зарастание долинно-руслового Иваньковского вдхр. (мелководья до 2 м составляют 48% от всей площади) постепенно увеличивается: в 1957 г. – 14%, в 1973 г. – 20%, 1983 г. – 23%, в 2011 г. – 27%. Русловое Угличское вдхр. (доля мелководий 36%) имеет стабильное зарастание ~5%. В более глубоком долинно-русловом Горьковском вдхр. (мелководья занимают 9.7%) постоянство уровня способствует формированию растительных сообществ, распределенных зонально, площадь зарастания так же стабильна и составляет ~1.4%. Колебания уровня в целом сдерживают развитие водных растений, замедляют темпы зарастания и способствуют снижению площадей, занятых растительными сообществами, относительно потенциально доступных. Что особенно ярко проявляется для Рыбинского вдхр. с глубоким сезонным и многолетним регулированием стока, средняя многолетняя амплитуда колебаний уровня которого составляет 3.1 м. Его зарастание самое низкое из всех, в зависимости от уровня наполнения от 0.2 до 1.2% (площадь мелководий при НПУ 21%). Многолетние колебания НПУ и сезонное снижение уровня воды из-за низинного рельефа берегов приводят к постоянному и значительному изменению площадей доступных для заселения ВВР в пределах мелководной зоны, меняют соотношение видов в составе растительного покрова. В годы с низким уровнем уменьшается степень зарастания, в годы с высоким уровнем наблюдается обратное явление, т.е. динамика зарастания водоема имеет пульсирующий характер.

ВВР в водохранилищах распределена неравномерно: основные её площади сосредоточены на защищённых мелководьях (заливах, заостровных пространствах и карманных мелководьях). Если рассматривать среднюю степень зарастания защищённых мелководий верхневолжских водохранилищ отдельно, то она существенно выше как для осреднённых данных, так и разных типов мелководий каждого из них. Средняя степень зарастания увеличивается в ряду карманные мелководья (37.3% площади), заостровные мелководья (40.6), заливы (56.9). Тенденция к увеличению зарастания в ряду карманные, заостровные мелководья и заливы отражает непродолжительные по времени сукцессионные ряды: растительность карманных и заостровных мелководий формируется на регулярно перемываемых и переотлагающихся субстратах, что равносильно пионерным стадиям, тогда как растительность в заливах развивается в условиях сходных с пойменными озёрами.

ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ НА УЧАСТКАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРИТОКОВ

В. Н. Подшивалина

Государственный природный заповедник “Присурский”

428034, Чебоксары, п. Лесной, 9

Чуваши́йский государственный университет им. И.Н. Ульянова

428015, Чебоксары, Московский пр., 15, e-mail: verde@mail.ru

Проанализировано пространственное размещение сообществ зоопланктона участка Средней Волги, включающего зоны с различным гидрологическим режимом. Сборы зоопланктона проведены на Чебоксарском (приплотинный участок, август–ноябрь, 2011 г.) и Куйбышевском (речной участок в верховье, Волжский плес, август, 2011 г.) водохранилищах и их притоках (август, 2008–2013 гг.) планктоботометром и сетью Апштейна.

В августе восемь видов беспозвоночных отмечены в составе сообществ зоопланктона трех исследованных зон. В их числе коловратки *Keratella cochlearis* (Gosse) (на слабопроточных участках обоих водохранилищ доминирует по встречаемости), *Euchlanis lucksiana* Hauer (доминирует в Чебоксарском водохранилище), а также ракообразные *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Daphnia galeata* Sars. Доминирующими (встречаемость выше 0.5) на протяжении всего исследуемого участка р. Волга являются *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller).

Встречаемость таких видов, как *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *Keratella cochlearis* (Gosse), *Testudinella patina* (Herman), *Trichocerca pusilla* (Lauterborn) в 2–3 раза выше на малопроточных участках обоих водохранилищ. К речному проточному участку Куйбышевского водохранилища приурочены (обнаружены только здесь или их встречаемость в 3–12 раз выше, чем на остальных участках) ракообразные *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Diacyclops crassicaudis* (Sars), *Daphnia galeata* Sars, *Alona quadrangularis* (O.F. Müller). Коловратки *Brachionus diversicornis* (Daday), *B. angularis* Gosse (встречаемость обоих видов около 0.5), *B. calyciflorus* Pallas, *Synchaeta pectinata* Ehrenberg (встречаемость менее 0.1) отмечены только на Волжском плесе Куйбышевского водохранилища.

Пространственное размещение сообществ зоопланктона по продольному профилю исследованного участка р. Волги, включающего зоны с различным гидрологическим режимом на основе графического представления результатов канонического анализа свидетельствует о постепенном изменении их состава и видовой структуры, что соответствует модели континуума. Сообщества литорали из различных участков более сходны между собой, чем пелагические. В приплотинной части Чебоксарского водохранилища в августе пелагиаль населена более крупными беспозвоночными, чем прибрежная часть, на участках Куйбышевского водохранилища противоположная тенденция.

В устьевой зоне малой реки–притока Куйбышевского водохранилища, несмотря на выявленное смешение фаун, типичного для экотона повышенного уровня видового богатства планктонных беспозвоночных не установлено, вероятно, в связи с неблагоприятным для ряда видов гидрологическим режимом. Одновременно, устьевая зона притоков является местобитанием (своеобразным рефугиумом) чужеродных для фауны региона видов.

Глубина залегания горизонта и температура воды в водохранилищах определяют основную часть (78%) вариаций в составе сообщества, при этом оказывая равное влияние (каждый из факторов объясняет 39% вариаций).

Автор выражает искреннюю признательность В.А. Яковлеву, Е.В. Осмелкину, С.С. Максимова и сотрудникам Чуваши́йского ЦГМС за помощь в сборе материала.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-97158).

ДРЕЙССЕНИДЫ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Е. Г. Пряничникова, С. Н. Перова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: pryanichnikova_e@mail.ru

Моллюск каспийского происхождения – *Dreissena polymorpha* (Pallas) обитал в Волге еще до создания каскада водохранилищ. В отличие от нее *D. bugensis* (Andrusov) вселилась в водоемы бассейна Волги совсем недавно – во второй половине 80-х гг. XX-го столетия. В настоящее время в водохранилищах волжского каскада значительно различаются частота встречаемости, пространственное распределение и показатели обилия дрейссенид, для которых характерны межгодовые флуктуации.

Так в Ивановском и Угличском в 2013–2015 гг. водохранилищах были обнаружены только единичные экземпляры *D. polymorpha*. В 2016–2017 гг. на некоторых участках, где ранее обитала полиморфная дрейссена, были отмечены танатоценозы, при этом в Ивановском водохранилище *D. bugensis* не была обнаружена, а в Угличском, на участках, где она ранее доминировала, встречались единичные экземпляры.

В Рыбинском водохранилище, после аномально жаркого 2010 г., дрейссениды стали встречаться значительно реже, по сравнению с предыдущим периодом наблюдений, вплоть до полного их исчезновения на стандартных станциях в 2012 г. (Перова, 2015). В 2013 г. дрейссенид стали находить изредка и в небольшом количестве. В 2016–2017 гг. их частота встречаемости и обилие увеличились и приблизились к показателям 2009 г. При этом, *D. bugensis* продолжает составлять основу обилия дрейссенид в Волжском плесе Рыбинского водохранилища (Пряничникова, 2015). В 2015 г. в качественной пробе из Шекнинского плеса были обнаружены два взрослых экземпляра *D. bugensis* размером 21 и 31 мм. Таким образом, к настоящему времени бугская дрейссена расселилась по всем плесам Рыбинского водохранилища.

В начале XXI-го века в речном участке Горьковского водохранилища совместно обитали оба вида дрейссенид, с преобладанием *D. polymorpha* (Пряничникова, 2015). В 2015–2017 г. нами отмечена тенденция к снижению численности полиморфной дрейссены в водоеме. Численность *D. bugensis* в 2017 г. отметила свой минимум за период наблюдений с 2005 г.

В Чебоксарском водохранилище нами отмечено снижение количественных характеристик дрейссенид в приплотинном глубоководном участке относительно 2009 г. В 2017 г. произошло значительное сокращение численности бугской дрейссены относительно 2015–2016 гг., а также снижение встречаемости дрейссенид в водоеме в целом.

В настоящее время, более чем на трети исследованных участков Куйбышевского водохранилища дрейссениды представлены только одним видом – *D. bugensis*. В совместных местообитаниях численность *D. bugensis* значительно превышала таковую *D. polymorpha*. В среднем по водоему, за три года не было отмечено существенных изменений численности дрейссенид.

В водохранилищах Нижней Волги в 2015–2016 гг. *D. bugensis* в основном формировала монодоминантные сообщества с высокой численностью. В 2017 г. отмечено резкое сокращение, как количественных показателей вида, так и встречаемости дрейссенид в целом: в Саратовском водохранилище *D. polymorpha* встречалась единично, а в Волгоградском – присутствовала только в верхней части водоема. В русловой части водохранилищ Нижней Волги зарегистрировано резкое сокращение количественных показателей дрейссенид. В отличие от водохранилищ, в незарегулированных участках Волги, в 2016 г. встречалась только *D. polymorpha*, а в 2017 г. дрейссениды не были обнаружены.

РОЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОДНЫХ МАСС В ЖИЗНИ ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ФОРМИРОВАНИИ ФИТОПЛАНКТОНА РАЗНЫХ ВОДОЕМОВ

И. Л. Пырина, А. С. Литвинов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: pyrina@ibiw.yaroslavl.ru

Для малоподвижных планктонных водорослей, не обладающих, в большинстве своем, специальными органами передвижения, динамическая активность водной среды – жизненно важный фактор, обеспечивающий их пребывание в водоеме во взвешенном состоянии. Поэтому уже в первых продукционно-экологических исследованиях в середине прошлого века, проводимых на озерах Англии под руководством выдающегося альголога Джона Ланда (J.W.G. Lund), а также ведущими учеными нашей страны М.М. Кожовым, К.К. Вотинцевым, А.П. Скабичевским на Байкале, уделялось серьезное внимание этому фактору. Особенно чувствительны к подвижности воды диатомовые, наиболее тяжелые и быстро оседающие в водоеме. Эти водоросли интенсивно развиваются в проточных водоемах, поддерживаемые во взвешенном состоянии стоковыми течениями, а в озерах – в периоды весенней или осенней гомотермии благодаря турбулентному перемешиванию. Подледное «цветение» воды диатомовыми, отмечаемое в солнечные зимы при отсутствии на льду снежного покрова, также поддерживается турбулентностью, возникающей по мере повышения интенсивности солнечной радиации и подтаивания нижней кромки льда. В конце зимы турбулентное движение может возникать в придонном слое, когда за счет отдачи тепла донными отложениями, а также процессов биологического окисления, температура воды там повышается, и возникает вертикальное движение, выносящее к поверхности клетки водорослей, которые приступают к фотосинтезу. Аналогична роль турбулентного перемешивания в вымывании из донных отложений биогенных элементов и других питательных веществ.

Даже синезеленые (Cyanobacteria), известные своей приспособленностью к обитанию в спокойных водах, нуждаются в перемешивании. Это связано с особенностями плавучести синезеленых, которая, как известно, осуществляется у них с помощью газовых вакуолей свойственных только этой группе планктонных организмов. Поднимаясь в поверхностный слой воды, они получают неограниченный доступ к необходимой для фотосинтеза солнечной энергии, однако здесь страдают в случае избыточной освещенности, при которой нарушается механизм регулирования плавучести и сама структура вакуолей. Чтобы попасть в более комфортные световые условия нижних горизонтов, им требуется некоторое движение воды, т.к. они не способны опуститься самостоятельно. В годы с повышенной температурой воздуха в конце лета и осенью синезеленые продолжают энергично размножаться в период выхолаживания, увлекаемые в глубину остывающей водой или ветровым перемешиванием. В такие годы их сезонный максимум смещается на более поздние сроки относительно периода стратификации, что имело место в 2010, 2011, 2013 гг. в Рыбинском водохранилище.

В стратифицированных озерах с ослабленным вертикальным водообменном, как например, оз. Плещеево, в теплые годы в период летнего максимума фитопланктона наиболее конкурентно-способными становятся обладающие жгутиками подвижные формы, среди которых особенно обилен *Ceratium hirundinella* из динофитовых. Однако в прохладные, ветреные годы доминирующее положение опять переходило к синезеленым.

Анализ рассмотренных данных приводит к заключению о существенной роли гидродинамических характеристик в формировании фитопланктона в водоемах и актуальности исследований в этом направлении в связи с изменениями климата, в первую очередь, действующими на эти характеристики.

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ПРОПОРЦИЙ В ФИТОПЛАНКТОННЫХ КОМПЛЕКСАХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л. В. Разумовский, В. Л. Разумовский

Институт водных проблем РАН

119333, Москва, Губкина, 3, e-mail: l.razumovskiy1960@mail.ru

Структуру и объем первичного материала составили 75 гидрохимических и 75 фитопланктонных проб, отобранных в 2017 г. на всех участках акватории Иваньковского водохранилища: Шошинский плес, Верхневолжский плес, Средневолжский плес, и Иваньковский плес. Диатомовые комплексы были изучены из 2 колонок донных отложений (ДО), отобранных в районе Перетрусовского залива, и между малыми островами и западной оконечностью о. Грабиловка (далее – Острова), в июле 2017 г.

Помимо классических методов анализа фитопланктонных и диатомовых комплексов, был привлечен авторский метод графического анализа (МГА) (Разумовский, Моисеенко, 2009; Разумовский, 2012, 2014).

МГА таксономической структуры фитопланктонных комплексов позволил сделать вывод, что для Шошинского плеса и Верхневолжского плеса характерно образование генераций результирующих линий, которые, по своему расположению, близки к параллельному. Образование подобных генераций связано с изменением уровненного режима (глубины) водохранилища, в результате сброса воды через гидросооружения.

Генерации, сформировавшиеся на акватории Средневолжского плеса (д. Карачарово и г. Конаково), имеют иной характер. В меженный период (июль–август) и в сентябре полученные генерации имеют выраженные центры локализации.

Исследования ДО Иваньковского водохранилища позволили сделать ряд заключений:

1. Для диатомовых комплексов из колонки ДО, отобранной в Перетрусовском заливе, характерно преобладание экспоненциального типа распределения таксономических пропорций;

2. Для диатомовых комплексов из колонки ДО, отобранной в районе Островов, характерно преобладание логистического типа распределения таксономических пропорций, или смешанного между логистическим и экспоненциальным типом распределения;

3. Ни в одном из проанализированных интервалов не выявлены признаки переотложения (линейный характер распределения таксономических пропорций).

При анализе в логарифмической системе координат, результирующие линии, построенные для таксономической структуры диатомовых комплексов из колонки ДО в районе Островов, образовали единую генерацию, с выраженной областью локализации.

Для диатомовых комплексов из колонки ДО в районе Перетрусовского залива, была получена более мозаичная картина – результирующие линии образовали несколько генераций.

При помощи МГА установлены обратимые трансформации в современных диатомовых комплексах, которые вызваны регулярным понижением уровня воды в Иваньковском водохранилище.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00673/18.

ФОРМИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ФОСФОРНОЙ НАГРУЗКИ В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А. В. Рахуба, Л. Г. Тихонова

ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна РАН»

445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10, e-mail: rahayum@mail.ru

Создание крупных водохранилищ на Волге привело к существенному замедлению водообмена и усилению процессов эвтрофирования. Одним из основных факторов, регулирующих темпы развития водорослей в вегетационный период, является содержание неорганической формы фосфора в водной толще. Отмирание водорослей и их последующее разложение приводит к усилению поступления биогенных веществ со дна. В этой связи оценка внутренней фосфорной нагрузки из донных отложений является важной и актуальной проблемой.

В 2015 г. были проведены экспедиционные исследования на всей акватории Куйбышевского водохранилища. Наблюдения проводились с 20 августа по 9 сентября на исследовательском судне «Биолог» по 21 вертикали. Пробы донных отложений отбирались стратометром. При определении поступления фосфора со дна применялся метод стеклянных трубок.

Результаты исследований внутренней фосфорной нагрузки показывают наличие интенсивных потоков фосфора из донных отложений в верхней части (Волжская ветка) Куйбышевского водохранилища. Поток фосфатов со дна в этом районе изменяется в пределах 1.61–13.12 мгР/м²·сут. В средней и приплотинной части водохранилища сорбционная емкость грунтов выше и характеризуется аккумуляцией фосфатов в пределах 1.30–7.40 мгР/м²·сут. Такое пространственное распределение потоков фосфора на большей части водохранилища свидетельствует о высокой депонирующей способности иловых отложений водохранилища.

Поступление фосфатов из донных отложений в основном осуществляется в Волжской и Камской ветках водохранилища с площади 2150 км² в количестве 4100 т/год, а сорбция фосфатов донными илами происходит в озеровидных расширениях (плесах) с площади 4300 км² в количестве 6400 т/год. В результате, на всей акватории Куйбышевского водохранилища количество поглощенного минерального фосфора превышает его выделение в водную толщу на 2300 т/год.

По балансовым оценкам, в Куйбышевском водохранилище для года средней водности и внешней фосфатной нагрузки 2.36 г/м²·год или 15200 т/год (поступление из Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ, атмосферные осадки, абразия берегов, поступление со сбросом сточных вод), вклад потока фосфатов, выделяемых донными отложениями, составляет 27% (4100 т/год). Аккумуляция фосфатов в донных отложениях, рассчитанная относительно внешней нагрузки, составляет 32% (4900 т/год), поглощение фосфатов фитопланктоном в период вегетации – 36% (5500 т/год), а сброс через Жигулевский гидроузел – 68% (10300 т/год).

Таким образом, в распределении потоков минерального фосфора на границе вода–дно наблюдается явная пространственная неоднородность. В верхней части водохранилища отмечается поступление, тогда как в средней и приплотинной части водохранилища прослеживается поглощение фосфатов илами из водной толщи, причем количество поглощаемого фосфора в целом для всего водохранилища в 1.6 раза выше, чем его выделение в водоем. В этой связи можно видеть, что донные отложения не являются основным источником фосфора в экосистеме водохранилища, а становятся значимыми лишь на локальных участках.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ НИЖНЕЙ ВОЛГИ: АНТРОПОГЕННОЕ ЭВТРОФИРОВАНИЕ ИЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГРЕСС

О. С. Решетняк^{1,2}

¹ФГБУ «Гидрохимический институт», 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 198

²Институт наук о Земле ЮФУ, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, olgare1@mail.ru

Планктонным сообществам водных организмов принадлежит ведущая роль в индикации природных модификаций состояния водных экосистем. Возрастание антропогенного воздействия вызывает усиление процессов антропогенного эвтрофирования или антропогенного экологического регресса. Оценить эффект антропогенного воздействия на водную экосистему (то есть направленность развития одного из внутрисистемных процессов - антропогенного эвтрофирования или антропогенного экологического регресса) можно по статистическим характеристикам общей численности фитопланктона (относительной плотности вариационного ряда P_0 и моде M_0 модального интервала) согласно РД 52.24.620.

Для отдельных водных экосистем Нижней Волги проведена оценка эффекта антропогенного воздействия на экосистемы за два периода: 1 – с 1984–1999 гг.; 2 – с 2000–2012 гг. Результаты представлены в таблице. Эффект антропогенного воздействия на водные экосистемы Нижней Волги в пунктах наблюдений на основном русле реки проявляется в первый период в том, что экосистемы находятся в состоянии «антропогенного напряжения с элементами эвтрофирования». Дальнейшее антропогенное воздействие приводит к усилению процессов антропогенного экологического регресса. Состояние водных экосистем отдельных рукавов Волги в период с 1984 по 1999 гг. характеризуется как «антропогенное напряжение с элементами экологического регресса» с последующим усилением процесса экологического регресса сообщества. Как отмечалось ранее (Решетняк и др., 2013), высокая антропогенная нагрузка на экосистемы является определяющим фактором, вызывающим перестройку структурной организации сообщества.

Таким образом, в динамике наблюдается усиление процессов экологического регресса фитопланктона, что косвенно свидетельствует о возрастании антропогенного воздействия на водные экосистемы Нижней Волги в последние годы.

Таблица. Эффект антропогенного воздействия на водные экосистемы Нижней Волги

Пункт наблюдений	1984–1999 гг.			2000–2012 гг.		
	П, %	$M_{0ч}$, тыс. кл./дм ³	Эффект воздействия	П, %	$M_{0ч}$, тыс. кл./дм ³	Эффект воздействия
<i>Основное русло реки</i>						
с. Верхнее Лебяжье	9	6.6	Антропогенное напряжение с элементами эвтрофирования	61	0.67	Элементы экологического регресса
г. Астрахань, ЦКК	4	10.8		50	1.13	
<i>Основные рукава</i>						
Рукав Бузан, с. Красный Яр	26	1.62	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	85	0.56	Элементы экологического регресса
Рукав Ахтуба, протока Кигач	27	1.51		86	0.49	
Рукав Ахтуба, п. Аксарайский	68	0.66	Элементы экологического регресса	75	0.57	

Список литературы

Решетняк О.С., Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С. Антропогенная трансформация водной экосистемы Нижней Волги // Водные ресурсы, 2013. Т. 40, № 6. С. 623–632.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ БУРЛИНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Т. О. Ронжина, Г. А. Романенко, И. Ю. Теряева, Д. Г. Елизарьев

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»

г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113, e-mail: artemiaprgn@mail.ru

Озера системы р. Бурла отмечены наиболее продуктивными среди материковых озер Алтайского края. Согласно статистическим данным прошлых лет суммарным вылов рыбы по этим водоемам достигал до 70–80% от общих уловов по озерам региона.

Озера системы р. Бурла располагаются на территории двух агроклиматических районов края: теплого засушливого и более теплого засушливого с гидротермическим коэффициентом в пределах 0.8–0.6 и коэффициентом увлажнения менее 0.5. Расположение озер в зоне недостаточного увлажнения требует осуществления мероприятий по регулированию уровня воды в озерах для сбора весеннего стока. Поэтому в 1950–60-х гг. были сооружены водорегулирующие плотины на озерах Хорошее, Песчаное, Малое Топольное (Кирилловская дамба), между Большим и Малым Кабанным (Фрунзенская дамба) и на вытоке из оз. Большое Топольное в Казахстан. В многоводные годы весенними паводковыми водами плотины без гидропропускных сооружений были разрушены и в настоящее время действуют только на озерах Песчаное, Хорошее и Большое Топольное.

Значительное превышение уровня воды нормативных расчетных отметок (как это наблюдалось в 1980-е гг., когда отметки уровня в озерах Песчаное и Хомутиное находились в пределах 114.8 м над уровнем моря, а средняя глубина при этом достигала соответственно 3.6 и 3.2 м) ухудшило общее экологическое состояние озер за счет размыва берегов, заиливания озер, ухудшения кислородного режима из-за попадания в воду больших объемов гуминовых кислот с грунтами от размыва берегов. Другим отрицательным фактором длительного удерживания повышенного уровня воды в озерах является засоление почв на понижениях, примыкающих к озерам. Явление засоления почв в 1980-е гг. особенно сильно наблюдалось в районе сел Новоалексеевка, Новопесчаное, Рожковка, Табатирка, Лесное.

Газовый режим водоемов в зимний период имеет, в целом, неблагоприятный характер. Ежегодные зимние заморы отмечаются на озерах Малое Кабанье (Фрунзе) и Кривое. Локальные заморы характерны для озер Хомутиное и Большое Топольное, а в последние годы и оз. Песчаное (2015–2016, 2017–2018 гг.). Высокие темпы заиливания озер способствуют наступлению локальных заморов, не смотря на трансгрессивную фазу водности последних лет (2014–2017 гг.). Помимо зимних, отмечаются и летние заморные явления, связанные с чрезмерным развитием синезеленых водорослей (например, на оз. Песчаное в 2016 г.).

Сложившаяся ситуация определяет отрицательные аспекты, которые в течение ряда лет существенно влияли на снижение промысловой нагрузки на водоемы (2012–2017 гг.); высокую численность рыб, что негативно сказалось на кормовой базе водоемов. Газовый режим водоема во время зимовки находится в прямой зависимости от численности зимующих стад рыб. Величина суточного расхода кислорода будет иметь высокие значения, что может привести к возникновению заморных явлений и гибели значительной части промысловых стад. Уровень летальных концентраций кислорода для обыкновенного судака (*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)), плотвы (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)) и язя (*Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758)), значительно выше, чем для серебряного карася (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)). Вследствие этого, гибели от замора, в первую очередь, будут подвержены именно эти виды, значение которых для водоемов чрезвычайно велико. В условиях озер Бурлинской системы обыкновенный судак является единственным эффективным биомелиоратором, сдерживающим увеличение численности верховки (*Leucaspis delineatus* (Heckel, 1873)). Кроме того, это самый ценный вид, как в потребительском, так и в экономическом отношении. Плотва и язь, ввиду отсутствия в водоемах растительноядных рыб, являются видами-регуляторами уровня эвтрофикации водоема, вследствие потребления значительного количества высшей водной растительности и детрита.

Ввиду неблагоприятного газового режима и богатой кормовой базы, водоемы Бурлинского района перспективны для однолетнего выращивания ценных сиговых видов рыб, в частности – пеляди (*Coregonus peled* Gmelin, 1789). Для развития пастбищного рыбоводства

на водоемах требуется проведение мелиоративных работ, чтобы обеспечить и поддержать необходимый уровень воды в озерах. С этой целью необходимо восстановить систему гидротехнических сооружений и укрепить существующие дамбы. Желательно по возможности довести средние глубины озера до уровня выше 2.5 м, а максимальные до 3.5–4.0 м. Другим вариантом, целесообразно проработать вопрос об углублении участка акватории каждого из озер площадью 15–20 га земснарядом, или применением аэрационной техники (турбоаэраторы, ветроаэраторы, потокообразователи и др.).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПЕРИФИТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Ю. М. Ротарь

*ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна РАН»
445003, г. Тольятти, ул. Комзина 10, e-mail: rotaru.ievb@yandex.ru*

Проблема отношений гидробионтов к факторам водной среды, определяемых природными и антропогенными условиями, является одной из основных в современной гидробиологии и экологии. Главный способ изучения этих взаимодействий – экспериментальные исследования. В качестве объектов исследований при разработке методики выступали перифитонные организмы, которые развиваются на всех поверхностях, имеющих в водоемах. Эксперименты проводились на Васильевских озерах и в прибрежной зоне Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища.

Методика основана на диффузии водорастворимых веществ в гидрофильных полимерах и «точечном» внесении исследуемых веществ в субстрат. В качестве полимерных субстратов мы использовали различные гели и остановились на двух – агар и полиакриламидный гель. Агар является наиболее простым для работы полимером, но обладает одним важным недостатком – он неустойчив к выеданию поверхности геля различными гидробионтами. Полиакриламидный гель обладает широким спектром положительных свойств, но работа с ним требует значительного опыта при подготовке экспериментальных образцов.

В качестве подложки для полимерного субстрата мы использовали пластиковые чашки Петри диаметром 40 мм. Экспериментальные вещества (токсические и биогенные) вносили в боковое основание чашек Петри в пластиковых наконечниках от дозаторов. «Точечное» внесение экспериментального вещества приводит к возникновению градиента концентраций в плоскости субстрата на расстояние до 5–10 мм от места внесения вещества. В зависимости от количества вносимого вещества, диаметра выходного отверстия наконечника и плотности субстрата градиент концентраций экспериментального вещества может поддерживаться до 2-х недель, что позволяет увеличить время экспозиции эксперимента в водоеме.

Для размещения экспериментальных субстратов в природных водоемах разработаны два варианта конструкций: «кассетная» и «флюгерная». «Кассетная» конструкция применима к стоячим водоемам и водоемам с неизменным по направлению течением (например, река). Для водохранилищ, где присутствуют приливно-отливные течения, такая конструкция неприемлема, так как субстраты подвергаются действию прямых и обратных течений, что может значительно влиять на результаты экспериментов. Поэтому в водохранилище нами использовалась «флюгерная» конструкция размещения субстратов.

Тестирование данной методики в различных гидродинамических условиях с использованием широкого спектра экспериментальных веществ показало, что развитие обрастания жестко коррелирует с градиентом веществ в плоскости субстрата. Это отражается на количественном и качественном развитии перифитонного сообщества. Методика позволяет исследовать влияние как отдельных, так и комплекса веществ на развитие перифитонного сообщества.

ОКОЛОВОДНЫЕ СООБЩЕСТВА ЖЕСТКОКРЫЛЫХ С УЧАСТИЕМ HETEROCERIDAE (COLEOPTERA) И ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОЙ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ВИДОВ В НИХ НА СЕВЕРЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. С. Сажнев, Д. Г. Селезнёв

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

В пределах водно-наземных экотонов формируются уникальные гетеротрофные сообщества, неотъемлемая часть которых – жесткокрылые. Среди них экоморфологическая группа полуводных жуков, включающая Heteroceridae, представители которой образуют в условиях краевых биотопов «вода–суша» сложный стенотопный комплекс. В сообществах околоводных жесткокрылых также включены экологические группировки с разной степенью гидропреферендума и приуроченности к водным объектам. Было отмечено, что число видов и их относительное обилие в изученных сообществах отрицательно коррелирует с показателями удаленности от уреза воды ($\text{cor}_{x,y} = -0.98$, $n = 14$; $t = 1.25$; $p = 0.01$).

В основу полученных результатов легли сборы 2011–2015 гг. проведенные на территории Саратовской области. Было изучено 14 разнотипных водных объектов, расположенных в лесостепной, степной и полупустынной зонах. Обработано 42 пробы. Собрано 1704 экз. имаго околоводных жесткокрылых (из них 892 – Heteroceridae).

За время исследования в сообществах с присутствием Heteroceridae зарегистрировано 147 видов жесткокрылых из 20 семейств. Количество видов и экземпляров в пробах значительно варьирует ($S = 5-49$, $N = 6-193$), что связано с зональным расположением изучаемых водных объектов и их типологией. В большинстве сообществ (в 7) доминировал *Heterocerus fenestratus* (Thunberg, 1784) ($d = 10.29-47.62$), в псаммофильных сообществах доминантами и субдоминантами оказались *Dyschirius thoracicus* (P. Rossi, 1790) и *Augyles hispidulus* (Kiesewetter, 1843), связанные трофически как «хищник–жертва». В отдельных сообществах доминировали разные виды семейств Carabidae и Hydrophilidae. Среднее значение индекса Шеннона (H) для изученных сообществ составило 2.58 ± 0.55 бит/экз., H для естественных водоемов и водотоков – 2.70 и 2.79 бит/экз. соответственно, для обедненных сообществ искусственных и экстремальных водных объектов 1.56–1.83 бит/экз.

Оценку согласованной встречаемости видов проводили с помощью индекса С-заполнения (Checkerboard score). Значимость индекса оценивали перестановочными тестами (resampling) с 1000 перестановками по алгоритму FE (Fixed-Equiprobable) и доверительными границами [0.05–0.95], а также Z-тестом Фишера с уровнем значимости $p < 0.05$. Граф взаимной приуроченности строился с помощью алгоритма Kamada-Kawai, группировка вершин осуществлялась алгоритмом многоуровневой оптимизации модулярности (multi-level optimization of modularity).

В результате внутри сообществ было выделено 2 кластера. Первый кластер образован околоводными стратобионтами (*Georissus*), стратобионтами-скважниками (*Acupalpus*, *Stenolophus*, *Chlaenius*) и эпигеобионтами (околоводные Anthicidae, Staphylinidae), отдельную группу внутри кластера образуют геохортобионты, такие как *Coccidula*, *Hippodamia*, *Aelosomus*. В состав второго кластера вошли представители роющих стратобионтов (*Anotylus*, *Carpelimus*, *Platystethus*) и норники рода *Bledius*. Остальные виды сгруппированы попарно. Пары видов, образованные с Heteroceridae, приурочены к песчаным грунтам (среднее значение степени биотопической приуроченности Heteroceridae – $F_{ij} = 0,56$). Это *Augyles hispidulus* и *Stenus palposus* Zetterstedt, 1838, а также *Heterocerus marginatus* (Fabricius, 1787) и *Dyschirius thoracicus*. Среди остальных пар наиболее высокую степень согласованной встречаемости показали околоводные поверхностно-подстилочные стратобионты-скважники *Acupalpus elegans* (Dejean, 1829) с *Bembidion semipunctatum* (Donovan, 1806) и *B. articulatum* (Panzer, 1796) с *B. octomaculatum* (Göze, 1777).

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА И ХЛОРОФИЛЛА *a* ОЗ. ПЛЕЩЕЕВО В 2014–2016 ГГ.

Е. Г. Сахарова

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

Для изучения особенностей пространственного распределения фитопланктона в оз. Плещеево отбирались интегральные пробы в пелагиальных, сублиторальных и литоральных зонах озера в течение вегетационных сезонов 2014–2016 гг.

В 2014–2016 гг. сезонная динамика биомассы фитопланктона литорали, сублиторали и пелагиали озера отличалась высокой степенью сходства. Значения биомассы водорослей на разных участках водоема различались не достоверно, средняя биомасса литоральной зоны в 2014 г., 2015 г. и 2016 г. составила 0.96, 2.71 и 0.59 мг/л соответственно, в сублиторальной – 0.73, 2.45 и 1.44 мг/л, в глубоководной – 1.29, 2.67 и 1.42 мг/л. Некоторые различия в биомассе фитопланктона в отдельные периоды между участками озера связаны с особенностями горизонтальной циркуляции водной массы (Поддубный, Литвинов, 1983). Весной и осенью, в период интенсивного перемешивания водной толщи, фитопланктон на разных участках озера характеризовался значительным сходством состава и показателей обилия. Летом отличия в распределении водорослей по акватории водоема также не наблюдались, однако, как и в предыдущих исследованиях (Экосистема озера ..., 1989; Костина, 1992) исключение составила литораль напротив р. Трубеж, где среди доминирующих отмечены виды, характерные для этой реки (*Diatom* sp., *Caloneis* sp., *Melosira varians* C. Agardh, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Navicula* spp.).

Как и в 1980–90-е гг. (Экосистема озера ..., 1989; Костина, 1992), для сезонной динамики фитопланктона было характерно два пика биомассы. Весенний максимум составляли по численности преимущественно мелкоклеточные диатомовые водорослями из рода *Stephanodiscus*, а по биомассе преобладала *Aulacosira islandica* (O. Müll.) Sim. По мере прогрева воды и установления температурной стратификации начинали размножаться цианопрокариоты, а в образовании общей биомассы основную роль играли динофлагелляты и диатомеи. В середине лета формировался второй пик биомассы за счет более активной вегетации динофитовых водорослей и цианопрокариот. С охлаждением водной массы и установлением полной осенней циркуляции начинало преобладать сообщество диатомей, криптонад и динофлагеллят.

В распределении основного фотосинтетического пигмента водорослей, хлорофилла *a*, по акватории озера значимых различий также не найдено. Его средневегетационные значения в 2014 г. составляли в пелагиали – 4.10 ± 0.81 мкг/л, в сублиторали – 2.89 ± 1.15 мкг/л, в литорали 3.94 ± 2.41 мкг/л; в 2015 г. – 4.76 ± 2.44 , 4.50 ± 2.15 и 3.14 ± 1.54 мкг/л соответственно; в 2016 г. – 3.03 ± 1.74 , 2.47 ± 1.05 и 2.13 ± 1.47 мкг/л. Отмечена достоверная положительная связь между биомассой фитопланктона и концентрацией хлорофилла *a* в озере ($r = 0.61$, $p \ll 0.005$, $n = 67$), а также отрицательная достоверная корреляция между содержанием основного фотосинтетического пигмента и прозрачностью воды озера ($r = -0.63$, $p = 0.003$, $n = 20$).

Таким образом, средневегетационные значения биомассы фитопланктона и концентрации хлорофилла *a* позволили отнести оз. Плещеево к водоемам мезотрофного типа (Бульон, 1983; Китаев, 1984). Закономерностей в распределении биомассы водорослей и содержании основного фотосинтетического пигмента не выявлено. Отмечены некоторые отличия структуры фитопланктона участка, прилегающего к г. Переславль-Залесский (устье р. Трубеж).

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЛИЧИНОК РЫБ В ПРИБРЕЖЬЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю. А. Северов

«Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга», Татарское отделение
420111, г. Казань, ул. Тази Гиззата, д.4, главпочтамт, а/я 270, objekt_sveta@mail.ru

Ранняя молодь рыб является весьма удобным объектом для установления сроков, мест нереста рыб и оценки эффективности воспроизводства. Данные по видовому составу личинок, показателям численности и их динамики в разные периоды года могут послужить материалом для долгосрочного прогнозирования уловов и определения состояния экосистемы водоема.

Исследования проводились в Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища в 2012–2017 гг. Личинки отлавливались в прибрежье каждые 3–5 дней сачком из газа диаметром 30 см. Обловы проводились с момента обнаружения первых личинок в водоеме до момента их активного выхода в более глубокие участки водоема.

Видовое разнообразие личинок рыб на прибрежных нерестилищах Мешинского залива в 2012–2017 гг. колебалось незначительно и в уловах встречались от 7 до 12 видов (плотва *Rutilus rutilus*, лещ *Abramis brama*, синец *Abramis ballerus*, язь *Leuciscus idus*, елец *Leuciscus leuciscus*, голавль *Leuciscus leuciscus*, жерех *Aspius aspius*, густера *Blicca bjoerkna*, уклейка *Alburnus alburnus*, чехонь *Pelecus cultratus*, серебряный карась *Carassius auratus*, окунь *Perca fluviatilis*, ерш *Gymnocephalus cernuus*, сазан *Cyprinus carpio*). Потенциально все виды кроме ерша и чехони нерестятся на прибрежных нерестилищах, что, в общем, и определило видовой состав уловов. Ежегодно в уловах отмечались личинки плотвы, леща, ельца, синца, густеры и серебряного карася. Личинки голавля, ерша и сазана были выловлены только в одном году. Ранняя молодь чехони – пелагофила встречалась в уловах не случайно, т.к. некоторые станции расположены в прибрежье, где вдоль него проходит русловая часть залива, в котором, вероятно, и происходит нерест этого вида, а личинки чехони выклюнувшись, частично пассивно мигрируют в прибрежье. Личинки сазана, встреченные в уловах только в 2017 г, были отловлены непосредственно с нерестилищ, где визуально отмечалось размножение данного вида.

Наиболее массовыми в уловах за все годы исследований были личинки плотвы. Средняя их численность в уловах в разные годы исследований колебалась от 28.7 экз./усилие до 324.0 экз./усилие, составляя в среднем 107.6 экз./усилие. Далее в уловах наиболее часто встречались личинки леща, их численность варьировала от 19.9 экз./усилие до 70.6 экз./усилие (в среднем 45.1 экз./усилие). Третий многочисленный вид в уловах – густера, численность которой в среднем составляла 8.2 экз./усилие. Остальные виды в уловах представлены менее 5 экз./усилие.

Динамика численности личинок рыб в прибрежье в разные годы наблюдений сходна и описывается параболическими уравнениями. По мере выхода предличинок из икры их численность в прибрежье растет, а с достижением ими определенных размеров и этапов развития, падает.

Такая динамика численности личинок рыб повторяет интенсивность нереста рыб фитфильной экологической группы в Куйбышевском водохранилище с апреля по июнь. Небольшое количество видов откладывают икру ранней весной, основная часть размножается при более высоких температурах воды в мае, и меньшая доля видов нерестится в весенне-летний период в мае–июне.

Сходные изменения численности личинок рыб в прибрежьях Куйбышевского водохранилища описывает и О.Н. Федосеев (1991). По его мнению, динамика численности личинок в прибрежье также зависит от хода нереста и подчиняется нормальному распределению во времени, что подтверждается и другими исследованиями (Saville, 1977).

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2017 Г.

В. А. Селезнев, В. В. Жариков, А. В. Рахуба, Ю. М. Ротарь, А. В. Селезнева,
Н. Г. Тарасова, О. В. Мухортова, М. В. Уманская, Н. Г. Шерешева, Л. Г. Тихонова,
К. В. Беспалова

Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: seleznev53@mail.ru

В условиях роста биогенной нагрузки и глобального потепления климата проблема антропогенного эвтрофирования Куйбышевского водохранилища обостряется. В летний период на водоеме наблюдается массовое развитие синезеленых водорослей, что обуславливает резкое ухудшение качества воды по ряду показателей.

В 2017 г. на судне «Биолог» проведено две экспедиции по Куйбышевскому водохранилищу: одна – в июне, другая – в июле. Цель исследований – сравнительный анализ экологического состояния и качества воды водохранилища «до начала» и «во время» массового развития синезеленых водорослей.

В экспедиционный период на водохранилище сложились необычные гидрологические условия, когда в июне и июле расходы воды были высокие и одинаковые. При этом, средний месячный расход воды в июле превысил многолетнюю норму в 2.2 раза, что вызвало усиление динамики водных масс и создание неблагоприятных условий для развития синезеленых водорослей в водохранилище.

В июне поверхностная температура воды на акватории водохранилища составляла 16.4–21.0°C, а в июле повысилась и достигла – 21.8–27.8°C. Наибольшая температура воды наблюдалась на мелководной пойме и в заливах водохранилища. По мере прогрева воды площадь «цветения» воды увеличивалась, но абсолютные значения хлорофилла-«а» на большей части акватории оставались низкими, менее 15 мкг/дм³. Максимальные значения наблюдались в заливах и составляли 100–140 мкг/дм³.

В составе фитопланктона в июне зарегистрировано 155, а июле – 66 видов, при этом основную роль играли отделы зеленых, диатомовых и синезеленых водорослей. При возрастании роли синезеленых водорослей средняя численность и биомасса водорослей с июня по июль уменьшилась с 14.2 до 3.8 млн кл./дм³ и с 5.9 до 0.5 мг/дм³, соответственно. Количественные показатели фитопланктона в русле и пойме существенно отличались.

От июня к июлю органическое загрязнение воды увеличилось по перманганатной окисляемости с 9.8 до 11.4 мгО/дм³, а максимальные значения достигали 16.0 мгО/дм³. В июле содержание растворенного кислорода в придонных горизонтах Черемшанского залива упало до 1.3 мг/дм³, создались условия для замора рыбы.

По видовому составу зоопланктона в русле и пойме водохранилища преобладали ракообразные (Cladocera и Copepoda) и коловратки (Rotifera). Зоопланктон характеризовался высокой численностью и биомассой. От июня к июлю общая численность уменьшилась с 83.8 до 66.0 тыс. экз./м³, а общая биомасса выросла с 3.0 до 3.9 г/м³.

Общая численность бактерий в воде русла в июне–июле изменялась в пределах 0.69–2.95 млн кл./мл. Численность бактерий на пойме выше, чем в русле. Максимальное количество бактерий зафиксировано в заливах и составляет 2.43–9.56 млн кл./мл.

В иловых отложениях общая численность бактериобентоса составляла 0.6–13.8 × 10⁹ кл./мл, а на поверхности грунта – 3.7–17.6 × 10⁹ кл./мл. В пространственном распределении бактериобентоса выявлены общие тенденции: увеличение численности бактерий вдоль продольного профиля от Ульяновского плеса к Приплотинному плесу и численное превосходство бактериобентоса в грунте по сравнению с илами.

В составе инфузорий в июне и июле наблюдалось полное отсутствие гистофагов рода *Coleps*. В июне доминирующим видом в сообществе инфузорий является бактерио-детритофаг *Epistylis procumbens*, развитие которого достигает в среднем 390 тыс. зооидов/м³. В июле наблюдалось аномальное явление – отсутствие инфузорий на русловых участках всех плесов и низкая средняя численностью инфузорий в пойменных участках.

ПИТЬЕВОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ

А. В. Селезнева, К. В. Беспалова, В. А. Селезнев

Институт экологии Волжского бассейна РАН

445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: seleznev53@mail.ru

Проблема обеспечения населения качественной питьевой водой в условиях антропогенного эвтрофирования поверхностных водоемов с каждым годом становится всё более актуальной. Особенно остро эта проблема стоит на водохранилищах Средней и Нижней Волги, где в летний период из-за массового развития синезеленых водорослей («цветение» воды) наблюдается резкое ухудшение качества воды (численность и биомасса фитопланктона, запах, цветность, органические и токсические вещества, водородный показатель, растворенный кислород, окислительно-восстановительный потенциал) в источниках питьевого водоснабжения. При этом существующие в волжских городах традиционные методы водоподготовки не позволяют довести подаваемую населению воду до нормативного качества по окисляемости перманганатной (ПО), (5.0 мг О/дм^3).

Среднее значение окисляемости в воде р. Волги в районе Жигулевской плотины за период 2000–2016 гг. составляло 7.73 мг О/дм^3 . При этом, внутригодовые изменения ПО имели ярко выраженный сезонный ход (рис.). Наибольшее значение окисляемости наблюдалось в июле в период массового развития синезеленых водорослей (8.60 мг О/дм^3), а наименьшее – в декабре (7.00 мг О/дм^3), когда вегетационный период закончился.

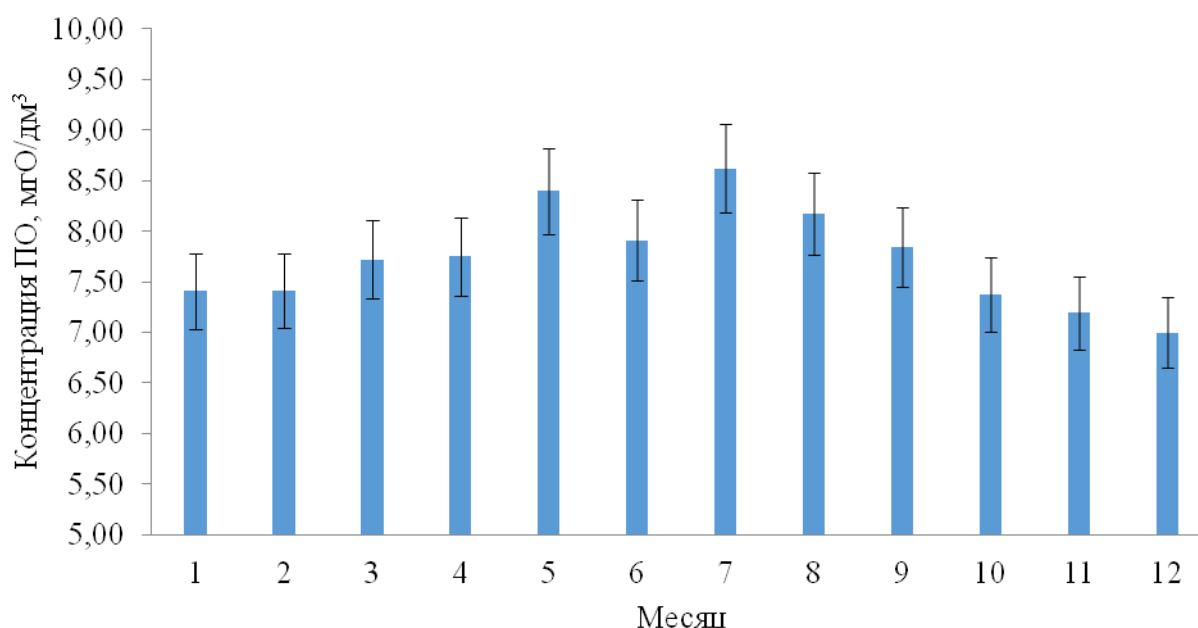


Рис. Внутригодовые изменения окисляемости.

Чрезмерное содержание и значительные внутригодовые колебания органических веществ в воде источников водоснабжения указывают на необходимость разработки дополнительных мер по охране водных объектов и совершенствования существующих технологий водоподготовки в волжских городах.

В перспективе увеличение биогенной нагрузки и повышение глобальной температуры воды будут способствовать интенсификации процесса эвтрофирования, увеличению органического загрязнения и ухудшению состояния источников питьевого водоснабжения. В связи с этим, рекомендуем мероприятия, направленные на снижение нагрузки на водохранилища за счет внедрения региональных нормативов качества воды, которые учитывают природные особенности водных объектов.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ПЕРИОД ЛЕТНЕГО МАКСИМУМА ФИТОПЛАНКТОНА

И. В. Семадени, Н. М. Минеева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: semadeni14@mail.ru

Рыбинское водохранилище представляет собой водоем со сложной гидрологической структурой, обусловленной его морфометрией, а также наличием разнородных водных масс. В этих условиях пространственное распределение фитопланктона, которое определяет формирование биологической продуктивности водоема и качества воды, носит сложный характер и зависит от взаимодействия плавучести водорослей с динамическими процессами. В распределении фитопланктона по акватории волжских водохранилища в наибольшей степени выражена крупномасштабная неоднородность, которая особенно четко прослеживается в летний период на фоне равномерного распределения гидрологических показателей (Минеева, 2004).

Исследование распределения фитопланктона Рыбинского водохранилища проводили в июле 2018 г. Материал собран на 30 глубоководных (русловых) и восьми мелководных станциях по всей акватории водоема. В качестве маркера развития фитопланктона использовали содержание хлорофилла *a* (Хл *a*), определение которого выполнено флуоресцентным методом (Гольд и др., 1984; Гаевский, 2003). Метод позволяет оценивать общее количество Хл *a* как сумму концентраций пигмента основных систематических групп водорослей: синезеленых (цианопрокариот, Хл_{Cyan}), диатомовых (Хл_{Vac}) и зеленых (Хл_{Chlor}).

В период наблюдения абиотические характеристики мало менялись по акватории водохранилища. Коэффициенты вариации не превышали 24–30% для прозрачности воды, цветности и содержания растворенного кислорода, а минимальный (7%) получен для поверхностной температуры, значения которой (20–22°C) типичны для летнего сезона. Суммарное содержание Хл *a* достигало величин, присущих летнему максимуму развития фитопланктона: 160 мкг/л на мелководных станциях и 80 мкг/л в эвфотной зоне русловых станций. Концентрации Хл *a*, осредненные для всей водной толщи русловых станций, не превышали 32.8 мкг/л. Повышенные значения (>15 мкг/л) отмечены в Волжском и Шекнинском плесах, в устьевых участках малых рек и на двух центральных станциях; более низкие (<10 мкг/л) – в Моложском плесе и для большинства станций Главного плеса. Средние для водохранилища показатели составили 50.9±17.9 мкг/л в литорали, что свидетельствует о высоко эвтрофном статусе этого биотопа, и 12.8±1.5 мкг/л в глубоководной части (трофический статус – умеренно эвтрофный). Высокие коэффициенты вариации Хл *a* (93% в литорали и 104% в пелагиали) согласуются со значительной горизонтальной неоднородностью распределения фитопланктона. Основную часть общего фонда Хл *a* (в среднем 66% на русловых станциях и 78% на мелководных) составляет Хл_{Cyan}, 28 и 16% – Хл_{Vac}, ~6% – Хл_{Chlor}. Это соответствует смешанному составу летнего фитопланктона с преобладанием синезеленых водорослей. Именно пространственная динамика Хл_{Cyan} определяет распределение общего Хл *a*, что подтверждается высоким (0.94) коэффициентом корреляции между этими показателями. Распределение Хл *a* в толще воды русловых станций характеризуется понижением от поверхности к придонному слою. Среднее содержание пигмента в фотической зоне (0–2 м) составляет 20.1±3.4 мкг/л, в слое 2–6 м – 12.4±1.6 мкг/л, в придонном слое – 5.2±1.0 мкг/л. Аналогичные различия (14.6±3.6, 7.6±1.5 и 2.5±0.9 мкг/л) отмечены и для Хл_{Cyan}, доля которого с глубиной уменьшалась в среднем от 62 до 30%. Для концентрации Хл_{Vac} и Хл_{Chlor} отмечено лишь двукратное снижение от поверхности ко дну, при этом их вклад в состав общего Хл *a* возрастал от 30 до 52% и от 7.6 до 18% соответственно. Полученные данные продолжают и дополняют исследования крупномасштабного распределения фитопланктона водохранилища в разные по гидрометеорологическим условиям годы.

ХЛОРОФИЛЛ В ИЗУЧЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПРЕСНОВОДНОЙ И МОРСКОЙ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ОХОТСКОГО МОРЯ)

Л. Е. Сигарева*, Н. М. Минеева*, Н. А. Тимофеева*, Н. Ю. Метелева*, Т. Г. Коренева**

**Институт биологии внутренних вод РАН им. И.Д. Папанина*

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: sigareva@ibiw.yaroslavl.ru

***Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196, e-mail: t.koreneva@sakhniro.ru*

В настоящее время исследования растительных пигментов в водоемах разного типа сформировались в самостоятельное гидробиологическое направление. В основе теоретических посылок для применения пигментных характеристик в изучении водных экосистем лежат классические представления о пигментах как обязательных компонентах фотосинтетического аппарата, функционирование которого обеспечивает существование всей биоты. Цель работы – выявить сходство и различия в распределении хлорофилла *a* (Хл *a*) с дериватами в пресноводном и морском водоемах. Задачи настоящей работы – сравнение содержания Хл *a* и его дериватов в фитопланктоне, эпифитоне, придонной воде и донных отложениях Рыбинского водохранилища и Охотского моря (зал. Анива).

Основные параметры Рыбинского водохранилища: средняя глубина – 5.6 м, глубина на станциях наблюдения – 6–14 м, прозрачность воды – 1–1.7 м, средняя за безледный период концентрация Хл *a* в планктоне за все годы наблюдений варьирует от 3.4 до 19.2 мкг/л (Пырина и др., 2006). Средняя влажность донных отложений разного типа – 19–77%, содержание органического вещества (ОВ) – 0.7–32%, содержание осадочного Хл *a* в сумме с дериватами – 1.4–137 мкг/г сухой массы грунта, 0.18–0.88 мг/г ОВ, 2–40 мг/м²мм сырого грунта (Сигарева, Тимофеева, 2001; Сигарева и др., 2013). Вклад Хл *a* придонного полуметрового слоя воды в глубоководной части водохранилища достигает в среднем на станции 10% суммарного содержания во всем водном столбе. Пигментный фонд литоральной зоны пополняется за счет эпифитона – обрастаний макрофитов, и среднее в разные годы содержание Хл *a* варьирует от 4.4 до 24.6 мг/м² субстрата (стебли камыша, кубышки, тростника).

Исследуемый район Охотского моря (глубины на станциях – от 16 до 101 м, прозрачность воды по диску Секки 7–18 м) характеризовался в основном более низкими (по сравнению с Рыбинским водохранилищем) величинами показателей. Влажность грунтов 7–51%, их воздушно-сухая объемная масса 0.71–2.26 г/см³, концентрация ОВ в отложениях – 0.2–2.8%, концентрация Хл *a* в сумме с феопигментами в донных отложениях – 1.9–19.5 мкг/г сухого осадка, 0.17–0.75 мг/г ОВ и 5.3–13.8 мг/м²мм сырого грунта. Хл *a* в фитопланктоне в период активной вегетации составил в целом для акватории залива 4.62 мкг/л, среднее содержание пигмента в полуметровом слое придонной воды – 1% от суммы в водном столбе (Коренева, Латковская, 2013).

Для объединенного ряда данных двух водных объектов выявлены достоверные связи концентрации растительных пигментов с влажностью (прямая, $R^2=0.72$) и воздушно-сухой объемной массой донных отложений (обратная, $R^2=0.68$). Связь содержания пигментов в донных осадках с глубиной на станциях неоднозначная. Между концентрацией хлорофилла в водной толще и отложениях отмечена прямая зависимость.

Данные о пространственно-временном распределении растительных пигментов в компонентах водных экосистем согласуются с идеей Г.Г. Винберга о единстве сообществ организмов с абиотическими условиями. Результаты дополняют представление о растительных пигментах как показателях продукционных процессов и доминирующей роли новообразованного органического вещества в формировании разнообразия биотопов, которое способствует сохранению специфических черт водных экосистем.

ЗООПЛАНКТОН ЗООГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ МАЛЫХ РЕК ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМ. М.Г. СИНИЦЫНА

М. В. Сиротина^{1,2}, Д. С. Осипова¹, Е. А. Яшнева¹

¹ Костромской государственной университет, г. Кострома, ул. Дзержинского д.17

² Государственный природный заповедник «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына
e-mail: mvsiroтина@gmail.com, dasha_osipova_95@mail.ru, elenayashneva1811@mail.ru

Государственный природный заповедник «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына располагается в северо-восточной части Русской равнины на территории Костромской области. Речной бобр (*Castor fiber*) был реакклиматизирован в Костромской области в конце 50-х гг. XX века и в настоящее время широко распространился по её водоёмам и водотокам. На значительное влияние средообразующей деятельности бобров на планктоценозы водотоков и водоёмов указывают многие авторы [1–3]. Нами изучено состояние зоопланктона зоогенно-трансформированных участков малых рек на территории заповедника «Кологривский лес». Отбор и камеральная обработка зоопланктонных проб проводились по общепринятым методикам [4]. Нами проанализированы видовой состав, таксономическая структура зоопланктона, определены численность и биомасса, оценено видовое разнообразие сообщества и сапробный статус. Нами выявлено увеличение видового состава зоопланктона на зоогенно-трансформированных участках рек (в среднем 8.24 ± 0.53 видов) по сравнению с участками не подверженными этому влиянию (в среднем 4.25 ± 0.31 видов). В составе зоопланктона участков рек не зарегулированных бобрами преобладают ювенильные стадии и взрослые Cuscleroidea, в бобровых прудах обычно доминируют Cladocera: *Polyphemus pediculus* (L., 1761), *Simocephalus vetulus* (O.F. Müller, 1776), *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1785), *Diaphanosoma brachyurum* (Liévin, 1848) и др. Одновременно появляются коловратки, характерные для эвтрофных лимнических систем, в частности представители рода *Brachionus*.

В бобровых прудах при значительном снижении или отсутствии течения, повышении температуры, вследствие образования мелководных разливов, хорошо прогреваемых солнцем, из-за выпадения подтопленных и сваленных бобром деревьев, из-за увеличения (по разным причинам) количества органики в водоёме, успешно развивается сообщество зоопланктона, увеличиваются показатели его численности и биомассы. Нами отмечено увеличение биомассы зоопланктона после формирования бобрового пруда в верхнем течении р. Сехи в 59.8 раз (от 0.07 г/м^3 в июне 2014 г. до 4.19 г/м^3 в июне 2015 г.). В залитых водой бобровых каналах численность зоопланктона летом 2015 г. составила 95200 экз./м^3 , биомасса – 5.57 г/м^3 . Доминирующими видами были *Daphnia longispina* и *Polyphemus pediculus*. В июне 2016 г. биомасса зоопланктона бобрового пруда оставалась высокой – 2.94 г/м^3 , а в июне 2017 г. после разрушения бобровой плотины значения этого показателя снизились в 147 раз и составили 0.02 г/м^3 . Нами отмечено снижение индекса видового разнообразия (H_n) в бобровых прудах до 1.78 (на незарегулированных участках рек его значения были в 2.2 раза) и повышение индекса сапробности до значений, соответствующим β -мезосапробным условиям.

Таким образом, воздействие бобра на зоопланктоценозы зарегулированных участков малых рек приводит к изменениям в видовом составе и таксономической структуре зоопланктона, к повышению показателей численности и биомассы, увеличению индексов видового разнообразия и сапробности.

Список литературы

1. Завьялов Н.А., Крылов А.В., Бобров А.А., Иванов В.К., Дгебуадзе Ю.Ю. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек. М.: Наука, 2005. 186 с.
2. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
3. Крылов А.В. Зоопланктон // Речной бобр (*Castor fiber* L.) как ключевой вид экосистемы малой реки (на примере Приокско-Террасного государственного биосферного природного заповедника). М.: Т-во научн. изд. КМК, 2012. С. 60–77.
4. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1982. 33 с.

ОЦЕНКА ВНЕШНЕЙ ФОСФОРНОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОЕМ ПРИ РАЗНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДАННЫМИ

Д. И. Соколов, О. Н. Ерина

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, географический факультет,
e-mail: Dmitriy.Sokolov@yandex.ru*

Внешняя нагрузка водоема биогенными веществами – один из важнейших факторов, определяющих биопродуктивность водной экосистемы. Наличие прямой связи между поступлением биогенных веществ и развитием фитопланктона в озерах и водохранилищах (его продукцией, биомассой, содержанием хлорофилла в воде) установлено полвека назад, поэтому величина внешней фосфорной нагрузки входит в число обязательных предикторов большинства гидроэкологических моделей, позволяющих оценить трофический статус водоема и скорость его эвтрофирования.

Между тем достоверность оценки внешней фосфорной нагрузки на водоем существенно зависит как от объема и надежности исходных данных, так и от методики этой оценки. Так, при отсутствии или нехватке данных наблюдений расчет поступления фосфора с водосбора может быть произведен на основе литературных данных о гидрохимическом режиме поверхностных вод исследуемого региона (характерные среднегодовые или сезонные концентрации фосфора и т.п.). По материалам достаточно подробных и продолжительных исследований качества речных вод могут быть получены эмпирические связи содержания фосфора в речных водах с теми или иными гидрологическими характеристиками (например, расходом воды). Если же на реке осуществляется регулярный учащенный мониторинг, это позволяет применять в расчетах интерполяцию между измеренными величинами.

Для того чтобы оценить, насколько результат вычисления годовой величины внешней фосфорной нагрузки зависит от полноты исходных данных и особенностей их интерпретации, были произведены многовариантные оценки поступления фосфора в Можайское водохранилище с водами основных притоков – рек Москвы, Лусянки и Колочи за 1984, 2012 и 2016 гг. Выбор объекта и периодов исследования обусловлен максимальной обеспеченностью фактическими данными: в указанные годы на водосборе Можайского водохранилища проводились детальные гидролого-гидрохимические наблюдения, включавшие определение содержания минерального и общего фосфора в речных водах. В период половодья и отдельных паводков наблюдения осуществляли ежедневно или через день, в остальное время – в среднем еженедельно.

Апробированные методики оценки речного стока фосфора различались по временному шагу (от сезона до суток), по источникам и полноте использованных фактических данных (от материалов, опубликованных в литературе, до полных рядов регулярных фактических определений в рассматриваемые годы), а также по способу расчета концентраций ОВ (средние концентрации для сезона или фазы водного режима, линейная интерполяция между измеренными величинами, использование статистических связей содержания фосфора с расходом воды и т.д.).

Количественное сравнение выполненных оценок внешней фосфорной нагрузки на Можайское водохранилище показало, что их результаты могут существенно различаться в зависимости не только от объема исходных данных, но и от выбора метода их интерпретации. Оценка по данным наблюдений остается предпочтительнее прочих методов даже при снижении частоты мониторинга. Эмпирические связи содержания фосфора в речных водах с расходом воды следует разрабатывать не для всего года, а для определенных фаз водного режима, иначе их погрешности достигают в отдельные периоды сотен процентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 16-35-00199 мол_а, 18-35-00691 мол_а).

ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *DREISSENA POLYMORPHA* И *D. BUGENSIS*, ОБИТАЮЩИХ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛГИ

А. С. Соколова, Д. В. Микряков, С. В. Кузьмичева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: Aleksandrasokol@rambler.ru

Представлены результаты сравнительного исследования иммуно-биохимических показателей двусторчатых пресноводных моллюсков семейства Dreissenidae, обитающих в р. Волга. Отбор материала проводили с экспедиционного судна «Академик Топчиев» с помощью дночерпателя на Рыбинском, Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах в 2017 г. Исследовали два вида из наиболее изученных моллюсков внутренних водоемов: *D. polymorpha* и *D. bugensis*. Они относятся к биофильтраторам и играют важную роль в очищении водоема.

Из мягких тканей готовили гомогенаты на 0.6% физрастворе. С помощью общепринятых методик оценивали содержание в тканях неспецифических иммунных комплексов (ИК), уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) и общую антиокислительную активность (ОАА). Интенсивность ПОЛ измеряли по накоплению малонового диальдегида (МДА). ОАА определяли по кинетике окисления субстрата восстановленной формы 2,6-дихлорфенолиндофенола кислородом воздуха. Сущность метода заключается в том, что чем выше скорость окисления субстрата в присутствии биологического материала, тем ниже содержание антиоксидантов в тканях. Полученные данные подвергали статистической обработке.

Анализ полученных данных показал, как межвидовые различия, так и между особями одного вида из разных водоемов. У *D. polymorpha* из Чебоксарского и Волгоградского водохранилищ исследуемые показатели были выше, а во всех остальных водоемах были ниже, чем у *D. bugensis*. Более высокие показатели ИК, МДА и ОАА зафиксированные у обоих видов моллюсков из Горьковского водохранилища по сравнению с особями из других водоемов. Высокий уровень МДА у обоих исследуемых видов в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах указывает на усиление процессов перекисного окисления липидов. Высокие показатели ОАА у *D. bugensis* из Горьковского и Куйбышевского и у *D. polymorpha* из Саратовского и Волгоградского водохранилищ свидетельствуют о низком содержании антиоксидантов в тканях моллюсков. Избыточное накопление ИК у дрейссенид из Рыбинского, Горьковского и Саратовского водохранилищ, вероятно, вызвано супрессией клиринговой функции клеток фагоцитарной системы.

Зафиксированные межвидовые различия полученных показателей, вероятно, связаны с наименьшей чувствительностью к ухудшению кислородного режима и заиливанию водоемов у *D. bugensis* по сравнению с *D. polymorpha*, а отличия между особями из разных водоемов с гидрологическим режимом.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2005–2016 ГГ.

Е. А. Соколова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: sokol@ibiw.yaroslavl.ru

Изучению влияния потепления климата на водные экосистемы, в частности на зоопланктон, уделяется в последнее время большое внимание. Подробный анализ обилия, структуры, сезонной и многолетней динамики зоопланктона прошлого и начала XXI века проведен в работах В.И. Лазаревой (2001, 2010), В.И. Лазаревой и Е.А. Соколовой (2013, 2015, 2016).

Цель настоящей работы – изучение современного состояния и изменений количественных характеристик и структуры зоопланктона Рыбинского водохранилища. Мы сравнивали усредненные за 5 лет данные до и после аномально жаркого 2010 г. Пробы собирали на шести стандартных станциях два раза в месяц с мая по октябрь 2005–2016 гг.

В аномально жарком 2010 г. существенное повышение температуры воды привело к значительному увеличению продуктивности бактериопланктона и фитопланктона (Копылов и др., 2010), увеличению обилия зоопланктона (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики ($M \pm m$) зоопланктона Рыбинского водохранилища в 2005–2016 гг.

Показатели	2005–2009 гг. (n=226)	2010 г. (n=53)	2011–2016 гг. (n=244)
N Rotifera, тыс. экз./м ³	55.0±6.8	86.4±18.4	55.6±4.8
N Cladocera, тыс. экз./м ³	11.0±1.1	26.4±5.1	15.9±2.0
N Соперода, тыс. экз./м ³	28.9±1.8	46.2±6.2	39.3±2.4
Общая N, тыс. экз./м ³	94.9±8.0	159.0±23.5	110.8±7.2
В Rotifera, г/м ³	0.17±0.03	0.23±0.06	0.15±0.03
В Cladocera, г/м ³	0.42±0.04	0.65±0.09	0.50±0.04
В Соперода, г/м ³	0.25±0.02	0.48±0.06	0.41±0.03
Общая В, г/м ³	0.84±0.06	1.36±0.14	1.06±0.07
N Veliger, тыс. экз./м ³	18.8±3.5	1.4±0.5	5.8±1.6
max N Veliger, тыс. экз./м ³	396.7	21.6	370.4
Доля Veliger, %	32.1±6.3	1.9±0.7	6.5±1.0
N _{Clad.} /N _{Сопер.}	0.38	0.57	0.40
V _{Crust.} /V _{Rot.}	3.94	4.9	5.99
w _{ср.} =V/N, мкг	8.8	8.5	9.5
N _{Crust.} /N _{Rot.}	0.73	0.84	1.00

Зарегистрировано повышение разнообразия и численности α - β сапробных коловраток родов *Trichocerca* и *Brachionus*, а также ветвистоусого рачка *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), однако численность велигеров дрейссен уменьшилась более чем на порядок. Средняя численность и биомасса зоопланктона в 2010 г. были в 1.6 раз больше, чем в 2005–2009 гг. В 2011–2016 гг. обилие зоопланктона снизилось по сравнению с 2010 г., но превышало показатели 2005–2009 гг. Биомасса зоопланктона в 2005–2016 гг. была меньше, чем в 1980-е гг., но больше, чем в 1960–70-е гг. Наблюдается уменьшение численности (индекс $N_{Crust.}/N_{Rot.}$) и биомассы ($V_{Crust.}/V_{Rot.}$) коловраток, в связи с чем увеличивается средняя индивидуальная масса зоопланктеров ($w_{ср.}$). Среди Crustacea по численности преобладали Соперода ($N_{Clad.}/N_{Сопер.} = 0.46$), а по биомассе – Cladocera. В Волжском плесе (ст. Коприно), численность зоопланктона меньше, чем в Главном плесе водохранилища, однако, в 2011–2016 гг. она повысилась в 4 раза по сравнению с 2005–2009 гг. (табл. 2). На других участках водохранилища такого увеличения обилия зоопланктона не наблюдается.

Таблица 2. Численность (N, тыс. экз./м³) и биомасса (В, г/м³) зоопланктона на стандартных станциях

Станции	2005–2009 гг.		2010 г.		2011–2016 гг.	
	N	В	N	В	N	В
Коприно	24.2±2.40	0.36±0.04	73.20	0.73	95.72±18.61	0.92±0.16
Молога	91.09±9.16	0.96±0.10	170.26	1.53	136.36±28.84	1.20±0.24
Наволоч	109.86±17.37	0.98±0.28	177.08	1.41	110.24±23.51	0.97±0.14
Измайлово	112.29±3.91	1.01±0.06	235.36	1.35	103.98±21.28	0.88±0.20
Средний Двор	133.96±25.30	1.07±0.18	154.53	1.65	89.39±20.46	0.94±0.26
Брейтово	103.14±16.72	0.82±0.12	141.76	1.40	106.21±27.74	1.13±0.28

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ САПРОБНОСТИ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ФИТОПЛАНКТОНУ

В. В. Соловьева, Л. Г. Корнева, О. С. Макарова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: solo@ibiw.yaroslavl.ru

Интенсивное многоцелевое эксплуатирование водохранилищ оказывает негативное влияние на качество их вод. К эффективным методам его оценки относят биологический анализ, который сводится к учету соотношения индикаторных видов органического загрязнения. Фитопланктон, как первичное звено в трофической цепи, в первую очередь реагирует на изменение внешних условий, что позволяет широко использовать этот экосистемный компонент для биоиндикации.

Цель работы – дать характеристику сапробности водохранилищ волжского каскада и оценить качество их вод по фитопланктону в современных условиях. Для анализа использован материал, собранный в маршрутных экспедициях ИБВВ РАН (всего 196 проб) в августе 1989, 1991 и 2015 гг. Проведен анализ таксономического состава, дана оценка сапробности (по индексу Пантле-Букка) по численности и биомассе фитопланктона.

В фитопланктоне водохранилищ от 57 до 68% выявленных таксонов рангом ниже рода являлись видами-индикаторами сапробности вод. Их состав в основном был представлен цианобактериями, зелёными и диатомовыми водорослями.

Основная часть видов – показателей органического загрязнения относилась к β -мезосапробным (55–59%) организмам. Второе место принадлежало олиго- β -мезосапробам (22–24%). Третье место занимали водоросли показатели высокой степени органического загрязнения β - α -мезосапробы (11–13%).

Сапробность волжских водохранилищ изменялась от величин, характерных для β -мезосапробной (минимальное значение 1.62), до таковых, свойственных β - α -мезосапробной зоне (максимальная величина 2.44). Зоны повышенной (≥ 2.3) сапробности отмечались на участках, расположенных выше устья и устье р. Шоши в Ивановском водохранилище, напротив устьев рек Нерль и Медведица в Угличском, на станциях Коприно, Молога и Брейтово в Рыбинском, в переходном участке Горьковского, в устьевых участках рек Оки и Ветлуги Чебоксарского, в верхнем речном участке и Ундорском плёсе Куйбышевского, ниже г. Самары в Саратовском.

Исследование показало, что в водохранилищах Волги наблюдается тенденция, отмечаемая ранее нами и для Главного плёса Рыбинского водохранилища, уменьшения числа водорослей – индикаторов чистых вод (олигосапробов) и увеличения доли видов – индикаторов умеренного загрязнения (олиго- β -мезосапробов и β -мезосапробов). За последние 25 лет средние по водоёмам значения индексов сапробности волжских водохранилищ существенно не изменились. Величины, рассчитанные по численности индикаторных видов, в 1989 г. составляли 2.04 ± 0.02 , 1991 г. – 2.03 ± 0.02 , 2015 г. – 2.07 ± 0.02 , по биомассе – 2.10 ± 0.02 , 2.02 ± 0.02 и 2.12 ± 0.02 соответственно. Эти значения были значительно выше полученных в августе 1972 г. (1.79 ± 0.01 и 1.79 ± 0.02).

Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А18-118012690096-1.

ПЛОТНОСТЬ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 1980-е И 2010-е ГГ.

Ю. И. Соломатин

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: solomatin1988@gmail.com

В настоящее время промысел на Чебоксарском водохранилище ведется исключительно при помощи ставных сетей. Траловый лов, являющийся эффективным способом промыслового 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 значения, максимального за весь период существования водохранилища (1039 т), весьма актуальным представляется вопрос о возобновлении тралового лова в рассматриваемом водоеме. Для решения данного вопроса необходимо располагать объективными данными о современном состоянии рыбных запасов русловой части Чебоксарского водохранилища.

Основой для настоящего исследования послужили результаты тралово-акустических съемок, проведенных в августе–сентябре 1982, 1985 и 2015–2017 гг. Съемки проводились в светлое время суток по разработанной сетке станций. Для оценки плотности рыбного населения рассчитывалась биомасса рыбных запасов на единицу площади (кг/га) на различных участках. Оценка видового разнообразия проводилась на основании данных траловых уловов.

В ходе данного исследования установлено, что плотность рыбного населения русловой части Чебоксарского водохранилища в 2010-е гг. многократно снизилась в сравнении с 1980-ми – с 36.5 до 11.9 кг/га. Снижение ихтиомассы отмечено как для пелагических рыб, так и для рыб придонного горизонта. Ранее исследователями отмечалось, что процесс снижения ихтиомассы русловой части водохранилища начался в середине 1980-х гг. и закончился лишь к середине 2000-х гг. (Минин, 2012). Поскольку резкая интенсификация промысла на водохранилище началась в 1987 г., можно полагать, что низкие современные значения плотности рыбного населения русловой части водохранилища являются следствием естественных процессов формирования структуры рыбного населения водоема в ходе его жизненного цикла. Данное предположение подтверждается постоянным увеличением общего вылова рыб на Чебоксарском водохранилище, начиная с 2008 г.

Количество видов рыб, присутствующих в уловах пелагического трала увеличилось с 4 в 1980-е гг. до 6 в 2010-е гг. Но видовое разнообразие сократилось, поскольку доля вида-доминанта – черноморско-каспийской тюльки *Clupeonella cultriventris*, широко распространеннейшей в средне- и верхневолжских водохранилищах в 2000-е гг., стала составлять 92.8–97.5% от общей численности в уловах пелагического трала. В 1980-е гг. преобладающим по численности видов была чехонь *Pelecus cultratus* (49.1%), за ней следовали лещ *Abramis brama* (23.6%), окунь *Perca fluviatilis* (22.6%) и плотва *Rutilus rutilus* (4.7%). Количество видов в уловах донного трала различалось незначительно: 11 – в 1980-е и 10 – в 2010-е гг. Стерлядь *Acipenser ruthenus*, составлявшая по численности в 1980-е гг. почти половину уловов донного трала (47.6%), стала встречаться в 2010-е гг. лишь в единичных экземплярах. Доля леща и густеры *Blicca bjoerkna* увеличилась соответственно с 30 до 65.6% для первого вида и с 1.2 до 19.7% – для второго. Доля белоглазки *Abramis sapa* снизилась с 17.5 до 4.7%. Таким образом, в 1980-е гг. ядро рыбного сообщества придонного горизонта составляли 3 вида – стерлядь, лещ и белоглазка, тогда как в 2010-е гг. – 2 – лещ и густера.

Обобщая приведенный материал, можно заключить, что низкая плотность рыбного населения русловой части Чебоксарского водохранилища по сравнению с начальным периодом его формирования, а также снизившееся видовое разнообразие указывают на нерациональность потенциальной интенсификации промысла в этой зоне.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЛАНИРУЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Е. Э. Сони́на, Е. А. Зо́това, С. Н. Мака́ров, Л. В. Гузеева, А. С. Пудовкина

Саратовское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

г. Саратов, ул. Чернышевского, 152, e-mail: eesonina@rambler.ru

Бассейн р.Волги испытывает значительную антропогенную нагрузку. В настоящее время размер ущерба от воздействия планируемой хозяйственной деятельности на водные биоресурсы (ВБР) и среду их обитания рассчитывается согласно «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» (2011 г). Всего за шестилетний период действия Методики (2012–2017 гг.) Саратовским отделением ФГБНУ «ГосНИОРХ» было рассмотрено около 880 проектов планируемой хозяйственной и иной деятельности, оказывающей воздействие на ВБР и среду их обитания в бассейне р.Волги, преимущественно затрагивающих Саратовское и Волгоградское водохранилища и их притоки.

Согласно Методике, восстановительные мероприятия предусматриваются, если прогнозируемый ущерб превышает 10 кг в натуральном выражении. При реализации около 28% проектов будет нанесён «незначительный» ущерб, который не требует компенсации. Суммарная величина потерь ВБР в подобных проектах составила около 960 кг. Учитывая количество подобных работ, а также то, что они планируются, как правило, на малых водотоках, наиболее уязвимых при проведении гидромеханизированных работ в русле и на водосборе, считаем целесообразным введение для подобных проектов фиксированной выплаты, которую можно будет использовать для региональных нужд рыбного хозяйства.

Около 65% рассмотренных проектов, с суммарной прогнозируемой величиной ущерба 1043.4 т, планируют работы, которые нанесут вред ВБР, требующий компенсации. Более половины из них (58%) – это проекты по строительству, ремонту и реконструкции объектов добычи и транспорта углеводородного сырья. Суммарная величина потерь ВБР при их реализации составит более 430.7 т.

В относительном выражении (отношение суммарной величины потерь к числу проектов) значительный вред ВБР наносят работы по забору воды (в среднем ущерб в рамках одного проекта составляет около 5.9 т), дноуглублению, расчистке русел (4.8 т), русловой добыче и перегрузке нерудных строительных материалов (4.4 т).

Основной негативный фактор, приводящий к значительным потерям ВБР в бассейне р. Волги (более 48% от общей величины потерь ВБР), – взмучивание, образование зон с летальными для гидробионтов концентрациями взвесей. Подобные расчёты в настоящее время опираются на литературные данные лабораторных исследований, упрощенные и унифицированные модели распространения взвешенных частиц по акватории. Учитывая долю влияния этого фактора на ВБР Волжского бассейна, необходимо проведение современных натуральных наблюдений для выявления летальных концентраций и продолжительности воздействия на компоненты кормовой базы рыб, распространения мутности от зоны работ по руслу водохранилищ, крупных и средних рек, построение соответствующих расчетных моделей, пригодных для использования в регионе.

Восстановительные мероприятия рекомендованы путем выпуска рыбоводной продукции: подрощенной молоди (стерлядь) и сеголетков рыб (сазан, растительоядные виды рыб). За рассматриваемый период в Волгоградское водохранилище рекомендована компенсация 121 проекта на общую величину 232.8 т, что составляет около 3% от рекомендованной величины ОДУ, в Саратовское – 227 проектов – 568.6 т, что составляет ежегодно около 10% рекомендованной величины ОДУ.

Таким образом, хозяйственная деятельность оказывает большое воздействие на ВБР водных объектов Волжского бассейна, и в связи с этим механизмы оценки воздействия планируемой хозяйственной деятельности требуют дальнейшего совершенствования и уточнения.

EURYTEMORA CASPICA SUKHNIKH ET ALEKSEEV В БАССЕЙНЕ РЕКИ ВОЛГИ

Н. М. Сухих¹, В. И. Лазарева², В. Р. Алексеев¹

¹Зоологический институт Российской академии наук
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. 1,
e-mail: Susikh1@mail.ru; valekseev2@yahoo.com

²Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук
152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: laz@ibiw.yaroslavl.ru

Вид *Eurytemora affinis* (Pore, 1880) является комплексом нескольких видов. В 2011 г. эвритемора атлантического побережья США, определяемая ранее как *affinis*, описана как новый вид *Eurytemora carolleae* Alekseev et Souissi. Считалось, что вид *E. affinis* широко распространен в Каспийском море и в водоемах Волжского бассейна. Морфологическая ревизия, выполненная в 2013 г. (Sukhikh, Alekseev, 2013), показала, что понто-каспийская эвритемора значительно отличается от типовой *E. affinis* и от новоописанной *E. carolleae*. В результате из северной части Каспийского моря описан новый вид *Eurytemora caspica* Sukhikh et Alekseev, 2013.

Целью данной работы стало отследить распространение *E. caspica* в пределах волжского бассейна, оценить показатели обилия вида и подтвердить методами молекулярной генетики единство эвритемы Каспийского моря и бассейна Волги.

Материалом послужили сборы В.И. Лазаревой летом 2015–2017 гг. по всей Волге от верховьев Ивановского водохранилища (ниже г. Тверь) до г. Астрахань, а также по Каме от верховьев Камского водохранилища у г. Усолье до слияния Камы с Волгой. Кроме того, сборы в Волге у г. Астрахани, сделанные В.Р. Алексеевым в июле 2009 г.

Факт присутствия в волжских водохранилищах вида *E. caspica* установлен впервые В.И. Лазаревой (Лазарева и др., 2018). Тщательный морфологический анализ сборов эвритемы из бассейна Волги первоописателями вида показал, что на протяжении всего исследованного водосбора обитает вид *E. caspica*, а не *E. affinis*, как считалось ранее. Вид *E. affinis* не был обнаружен ни в одной пробе. Анализ участка митохондриального гена цитохром оксидазы 1 (CO1) подтвердил видовой статус исследуемой популяции из Каспийского моря. Уровень различий с видом *E. affinis* составил порядка 15%. Анализ участка гена CO1 у рачков вида *E. caspica* из некоторых других точек Волжского бассейна также подтвердил присутствие здесь именно этого вида.

Эвритемора, определенная как *E. affinis*, появилась в планктоне Куйбышевского водохранилища в начале 1980-х гг., к 1984 г. вид в начале лета доминировал среди калянид (2–3 тыс. экз./м³) (Тимохина, 2000). В августе 2015 г. в пелагиали водохранилища впервые зарегистрирована *E. caspica*, в основном (>90% проб) копеподиты. Численность вида (без науплиусов) варьировала от единичных находок до 300 экз./м³. Исследования 2016–2017 гг. показали, что вид расселился в водохранилище от плотины Жигулевской ГЭС до Волго-Камского и Камского плесов (до 3 тыс. экз./м³). Вверх по Волге *E. caspica* проникла до устья р. Камы (55° 12' с.ш.). Летом 2016 г. *E. caspica* впервые отмечена в небольшом количестве (<300 экз./м³) во всех водохранилищах Камского каскада, самая северная находка в Каме расположена в центральной части Камского водохранилища у слияния рек Иньва и Косьва (58° 52' с.ш.). Вид широко распространен в Саратовском водохранилище (встречаемость >40%) (Попов, 2007). Летом 2015 г. в планктоне этого водоема *E. caspica* отсутствовала, но обнаружена фактически повсеместно в 2017 г. (до 1000 экз./м³). В августе 2017 г. вид присутствовал на всей акватории Волгоградского водохранилища, максимальная численность (200 экз./м³) зарегистрирована в его верхнем участке вблизи г. Вольск.

Работа выполнена в рамках государственных заданий АААА-А17-117041910019-2 и АААА-А18-118012690106-7 при поддержке гранта РФФИ АААА-А17-117041010078-8. В ходе исследований использована федеральная коллекция N 96-03-16 ЗИН РАН.

ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ФИКОЦИАНИНА ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ И ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Б. Л. Сухоруков^{1,2}, Н. В. Решетняк¹, Г. Е. Ковалёва^{1,2}

¹ФГБУ «Гидрохимический институт», 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 198,

²ФГБУН ИВП РАН, Гидрохимический отдел, 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 198,
e-mail: bls-phys@yandex.ru

Определение пигментов фитопланктона, их свойств, физических химических, биологических, ответственных за фотосинтез, интересует ученых различных специальностей.

Особый интерес представляет определение водорастворимых пигментов – фикобилинов, маркеров-пигментов синезеленых водорослей (или цианобактерий). Некоторые виды этого отдела (для Юга России – большинство) токсичны и, таким образом, представляют потенциальную или даже реальную опасность для окружающей среды.

Современная измерительная спектрометрическая аппаратура обладает достаточной чувствительностью для регистрации изменений спектральных характеристик проб воды и позволяет измерять спектры показателя поглощения фитопланктона в видимой области, осажденного на фильтрах без экстрагирования фикоцианина. Нами разработана методика, позволяющая оценивать концентрацию фикоцианина по спектрам показателя поглощения, полученным на увлажненных фильтрах. В основу методики положены данные работы [Yacobi et al., 2015], в которой установили, что удельный показатель поглощения фикоцианина на длине волны 625 нм, $\alpha^*_{pc}(625)$, достаточно стабилен тогда, когда концентрация РС меняется в диапазоне от 10 до 140 мг/м³. Величина $\alpha^*_{pc}(625)$ изменяется с концентрацией РС, и, возможно, с другими факторами окружающей среды, однако величину $\alpha^*_{pc}(625) = 0.007\text{--}0.008$ мг/м² считают приемлемой для расчетов в алгоритмах, по оценке концентрации РС в типичных мезотрофных и эвтрофных внутренних водах, где преобладают цианобактерии (Cyanophytes).

Таким образом, концентрацию фикоцианина оценивают, измеряя показатель поглощения природных вод на длине волны 625 нм, (α_{pc} получают вычитанием показателей поглощения хлорофиллов *a*, *b*, *c* из общего показателя поглощения) и деля на общепринятое удельное поглощение фикоцианином (0.007–0.008 мг/м²):

$$C_{pc}(\text{мг/м}^3) = \alpha_{pc}(625)/\alpha^*_{pc}(625). \quad (1)$$

Другой метод, позволяющий оперативно оценивать концентрацию фикоцианина, основан на оценке доли основных отделов фитопланктона в общем фитопланктоне по концентрации хлорофилла *a* (Схл-*a*) по флуоресценции проб воды, на длине волны $\lambda = 685$ нм при возбуждении её на трех длинах волн: 410, 515 и 540 нм. По значениям интенсивности флуоресценции при таком возбуждении определяют Схл-*a*, дифференцированные по трем отделам фитопланктона.

Если учесть, что сырая биомасса фитопланктона (Б_ф) по Схл-*a*:

$$B_f = 1000 * C_{\text{хл-}a} / 2.5, \quad (2)$$

где принято, что сухая биомасса составляет примерно 0.1 сырой массы фитопланктона, а доля Схл-*a* составляет 2.5% сухой биомассы, выражение для оценки концентрации фикоцианина выглядит следующим образом:

$$C_{\text{фц}}, \text{ мкг/дм}^3 = C_{\text{с.з.}}, \% * C_{\text{хл-}a} / 100, \quad (3)$$

где (Сс.з., %) - процентное содержание синезеленых.

Оценку концентрации фикоцианина в экосистеме Нижнего Дона в 2010–2016 гг. выполняли двумя вышеприведенными независимыми методами: по флуоресценции фитопланктона и по измеренным спектрам показателя поглощения в видимой области осажденного на увлажненных фильтрах сестона (впервые). Полученная регрессионная зависимость имеет коэффициент достоверности $R^2 = 0.87$, что позволяет рекомендовать оба этих метода для оперативной (в реальном времени) оценки концентрации фикоцианина в водных экосистемах.

Список литературы

Yacobi Y. Z., J. Köhler, F. Leunert, A. Gitelson. // Limnology and Oceanography: Methods. 2015. Vol. 13. P. 158–167.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ РЕЧНОГО СТОКА ДЛЯ ВОДОСБОРА МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

К. В. Сучкова

Институт водных проблем РАН

119333, Москва, ул. Губкина, 3, e-mail: kseniyasuchkova@mail.ru

Формирование речного стока, выявление источников питания и их количественная оценка является одной из классических и актуальных задач современной гидрологии. На основе идеи о гидрохимическом различии каждой отдельной категории локального стока выполнена разработка и адаптация модели формирования речного и химического стока с учетом его разделения на генетические составляющие. Источниками водных масс, которые рассматривались в работе, являются склоновые (СТВ), почвенные (ПТВ) и грунтовые (ГТВ) типы вод [1]. Таким образом, в каждый момент времени речная вода представляет собой смесь трех типов вод разного химического состава.

С помощью формулы смешения трех водных масс и данных концентраций взаимонезависимых химических элементов, а также концентраций этих элементов в исходной водной массе (источнике), можно определить процентное соотношение генетических составляющих речного стока. При определении этих индексов (источников) водных масс был применен химико-статистического метод расчета генетического состава смеси водных масс [2].

Объектом исследования является водосбор Можайского водохранилища, расположенный на западе Московской области, площадью 1360 км². Исследуемая территория с характерным равнинным рельефом и небольшими возвышенностями, преобладают дерново-подзолистые почвы в основном суглинистого состава. Для расчетов использовались гидрохимические и гидрологические данные в створах основных притоков. Всего было выбрано шесть характеристик химического состава воды: удельная электропроводность, мкСм/см, характеризующая минерализацию воды; концентрация ионов Na⁺ и K⁺, мг/л; валового фосфора, мг/л; величины перманганатной (ПО) и бихроматной окисляемости (БО) воды, мгО/л. Повышенные значения первых двух характеристик свидетельствуют о преобладании грунтового типа вод в речной воде, а остальных характеристик – почвенного и склонового типов вод.

Исследование пространственно-временных закономерностей формирования генетических составляющих (источников питания) речного стока проводилось на основе физико-математической пространственно-распределенной модели ECOMAG (ECOLOGICAL Model for Applied Geophysics), разработанной Ю.Г. Мотовиловым [3]. Модель описывает основные процессы гидрологического цикла суши, такие как испарение, инфильтрацию, формирование снежного покрова, снеготаяние, динамику влажности почвы, формирование поверхностного, подповерхностного, грунтового и речного стока. Калибровка параметров модели выполнялась как по гидрографам стока, так и по соотношениям его генетических составляющих на основе гидрохимических наблюдений.

По статистическим критериям результаты моделирования для 30-летнего периода расчета являются удовлетворительными на всех гидрометрических постах. Среднеарифметическая ошибка между фактическим и модельным процентным содержанием в замыкающем створе грунтового и почвенно-склонового типов вод составляет 3.4%. Получено внутригодовое распределение генетических составляющих речного стока. Обнаруженные сезонные закономерности формирования генетических типов вод в разные фазы годового цикла вносят дополнения в общепринятые представления о пространственно-временных закономерностях формирования генетической структуры стока.

Список литературы

1. Воронков П.П. Гидрохимия местного стока европейской территории СССР. Л.: Гидрометиздат, 1970. 188 с.
2. Эдельштейн К.К., Смахтина О.Ю. Генетическая структура речного стока и химико-статистический метод выделения ее элементов // Водные ресурсы. 1991. № 5. С. 5–20.
3. Motovilov Y.G., Gottschalk L., Engeland L., Rodhe A. Validation of a distributed hydrological model against spatial observation // Agricultural and Forest Meteorology. 1999. V. 98–99. P. 257–277.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Н. Г. Тарасова, Т. Н. Буркова

Институт экологии Волжского бассейна РАН
445003, Самарская обл., г. Тольятти, 10, e-mail: tnatag@mail.ru

Малые реки – это водотоки, площадь водосборного бассейна которых менее 2000 км², а длина менее 200 км. В России около 3 млн малых рек, что составляет 99% от общего количества всех рек, а их суммарная длина – около 95% от общей длины всех рек. Малые реки испытывают на себе значительное антропогенное воздействие с одной стороны, и несут свои воды в более крупные водоемы, оказывая влияние на качество воды последних с другой. Они являются рефугиумами для многих видов флоры и фауны.

В Куйбышевское водохранилище, крупнейшее на Волге, впадает более 50 малых рек. Последним перед плотиной правым притоком является р. Уса, формирующая в месте впадения Усинский залив.

Изучение фитопланктона р. Уса было начато в 1984 г. и продолжается до сих пор. Материалом для данной работы послужили исследования фитопланктона, проведенные нами в 80-х-90-х гг. XX в. и 2012–2015 гг.

Всего в составе альгофлоры планктона р. Уса за это время нами было зарегистрировано 343 таксона водорослей рангом ниже рода. Ее основу составляли диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли.

По сравнению с концом XX в. в начале XXI, особенно в 2010 г. и позже, в фитопланктон р. Уса были отмечены значительные изменения. Несмотря на то, что в XXI в. число видов, разновидностей и форм водорослей, зарегистрированных нами в составе фитопланктона реки, увеличилось, среднее удельное число видов уменьшилось. Возросла роль синезеленых водорослей в формировании общего видового богатства альгофлоры планктона.

Исследования альгофлоры планктона проводились нами в летний период, во время «цветения» воды синезелеными водорослями. По сравнению с XX в. численность фитопланктона возросла почти в 2 раза именно из-за активной вегетации представителей этого отдела. Кроме того, изменился качественный состав синезеленых водорослей, вызывающих «цветение». В р. Уса, начиная с 2010 г., отмечено массовое развитие безгетероцистных форм синезеленых водорослей, вызывающих «осцилляториевую» болезнь, в частности *Plankijthrix agardii* (Gomont) Anag. & Komárek. Этот вид устойчиво входил в состав доминирующего комплекса видов в реке. В устьевом участке реки нами был зарегистрирован еще один чрезвычайно токсичный вид синезеленых водорослей – *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wołosz.) Seenayya et Subba Raju., характерный для субтропической и тропической зон. Начиная с 2010 г. он периодически регистрируется в составе летнего комплекса видов водорослей с численностью, превышающей 1 млн кл./л.

Таким образом, в условиях потепления климата происходят значительные перемены в составе альгофлоры притоков крупного водохранилища, которые выражаются в изменении состава комплекса доминирующих видов водорослей, появлении в его составе безгетероцистных цианобактерий и массовом развитии потенциально токсичных видов. В условиях эвтрофирования крупных водохранилищ, эти виды, выносимые в них реками, могут вызвать новые качественные изменения в составе их фитопланктона.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА НИЗОВЬЕВ РЕКИ ВОЛГИ НА ФОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

О. Г. Тарасова¹, В. Ф. Зайцев²

¹ ФГБНУ «Каспийского научного института рыбного хозяйства»

414056, г. Астрахань, ул. Савушкина 1, e-mail: tarasova-tarasova19770@yandex.ru

² АГТУ, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 21, e-mail: viacheslav-zaitsev@yandex.ru

Экологические проблемы низовьев р. Волги обусловлены, прежде всего, хозяйственной деятельностью человека (урбанизированные территории, населенные пункты, сельское хозяйство), как на территории области, так и на территориях, расположенных выше по течению реки. Основным определяющим фактором сложившейся обстановки в низовьях р. Волги, является гидрологический режим и, прежде всего, характер весеннего половодья.

В рамках регулярного мониторинга для оценки экологического состояния водоемов используется биологическое разнообразие водных биоценозов. При этом, чем благоприятнее водная среда, тем выше биологическое разнообразие, сокращение и упрощение видового разнообразия свидетельствует об увеличении степени загрязнения.

Исследования проводились в низовьях р. Волги с 2010 по 2015 гг. В составе донной фауны рукавов Кизань, Бушма, Бузан, Бахтемир обнаружено 135 видов и форм бентосных организмов.

Наиболее богатой в видовом отношении группой (66 видов и групп) являлись личинки амфибиотических насекомых. Представители энтомофауны принадлежали к 6 отрядам: Trichoptera, Odonata, Ephemeroptera, Coleoptera, Hemiptera, Diptera. Лидировали среди них личинки двукрылых семейств: Chironomidae, Ceratopogonidae, Tabanidae и Culicidae. Группу ракообразных формировали: Gammaridae – 20 видов, Mysidacea – 5 видов, Cumacea – 4 вида, Corophiidae – 3 вида. Из моллюсков зарегистрированы кл. Bivalvia (16 видов) и кл. Gastropoda (13 видов). Среди червей были обнаружены представители кл. Oligochaeta (видовая идентификация не проводилась), кл. Hirudinea (7), кл. Polychaeta (2), кл. Nematoda (1). Для всех водотоков было характерно как наличие идентичных видов, так и видовое различие.

Отмечено, что, в силу своих морфодинамических и гидрологических особенностей, каждый исследуемый водоток характеризовался индивидуальным развитием качественных и количественных характеристик бентофауны.

Значения численности и биомассы для основных групп зообентоса зависели от сезонов года и демонстрировали большую амплитуду колебаний, связанную с динамикой гидролого-гидрохимических параметров реки.

Исследованиями установлено, что в рукавах Бузан, Кизань, Бахтемир наибольшая плотность и видовое разнообразие организмов макрозообентоса зарегистрировано в многоводном (2013 г.) году. Ядро массовых видов в этот период составляли обитатели α - β , β , β - α -мезосапробных зон. В маловодные годы (2010, 2014, 2015 гг.) на этих водотоках выявлено, снижение качественных и количественных характеристик донных беспозвоночных. В рук. Бушма максимальное развитие отмечено в маловодный год (2014 г.) при активном развитии представителей α -мезосапробных зон (*Lithoglyphus naticoides*).

Таким образом, биологическое разнообразие донных беспозвоночных зависело, прежде всего, от водного режима, сезона исследований, а также от морфодинамических и гидрологических особенностей исследуемых водотоков.

СТОК ПЕСТИЦИДОВ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

В. О. Татарников

КаспМНИЦ, 414045, г. Астрахань, Шуряева, 14, vtatar@inbox.ru

К моменту распада СССР волжские воды показывали наибольшие значения концентрации пестицидов за весь период наблюдений. Дальнейшая экономическая деградация народно-хозяйственного комплекса способствовала снижению уровня загрязненности волжского стока. Современное время можно охарактеризовать возрождением экономики страны, а в последний период и усилением агропромышленного комплекса. Такие изменения должны привести к возрастанию использования пестицидов, а, следовательно, и к увеличению их стока.

Район исследований представляет собой сложный гидрологический объект. Вершина дельты Волги образована ответвлением от основного русла р. Бузан, на который приходится 30–50% от общего стока. Далее сток перераспределяется по пяти речным системам и поступает на взморье. Роль волжского стока в жизни взморья крайне велика. Так речной сток за год, в среднем, равен половине объёма Северного Каспия. А в целом, в водном балансе Каспийского моря, доля стока Волги доходит до 80%. Поступая на морской край дельты речные воды, последовательно проходят отмелую и приглубую зоны устьевого взморья, постепенно приобретая морской характер.

Для освящения современной динамики загрязненности речных вод были использованы данные систематических наблюдений за концентрацией ГХЦГ и ДДТ которые ведутся АЦГМС в районе с. Верхнее Лебяжье. Наблюдения за концентрацией стойких органических загрязнителей (СОЗ) имеются с 2002 по 2016 гг. Материалом для исследования динамики в водах устьевого взморья послужили результаты производственного экологического мониторинга ООО КНК. Наблюдения за состоянием загрязненности морских вод на лицензионном участке Северо-Каспийская площадь ведутся с 2001 г. по настоящее время. Однако за концентрацией стойких органических веществ наблюдения велись до 2013 г.

Сопоставление многолетней динамики концентрации СОЗ в вершине дельты Волги и их концентрации в морской воде показала отсутствие явной связи между стоком и концентрацией в море для ДДТ, альфа-ГХЦГ и гамма-ГХЦГ. Концентрация же ДДЭ в речной и морской воде показывали одинаковый временной ход. Скорее всего, такая картина обусловлена деградацией ДДТ до своих изомеров ДДЭ и ДДД. Действительно высокие значения концентрации ДДТ в море соответствуют низким значениям концентрации ДДЭ, т.е. в начальный период наблюдений мы фиксируем свежее загрязнение воды ДДТ, а в конце – уже подвергшееся деградации.

Оценка по стоку СОЗ и их количественному содержанию в морской воде показал, что в воде участка, в большинстве случаев, находится крайне малое количество СОЗ от тех значений, которое поступает с речным стоком (в среднем за весь период наблюдений поступило в приглубую зону 440 кг ДДЭ, 400 кг ДДТ, 210 кг альфа-ГХЦГ, 281 кг гамма-ГХЦГ; находилось в морской воде участка 70 кг ДДЭ, 91 кг ДДТ, 97 кг альфа ГХЦГ, 89 кг гамма ГХЦГ). Исключением является содержание ГХЦГ в 2003 году и ДДТ в 2007 г., когда наблюдалось четырёхкратное и двукратное превышение по соответствующим загрязнителям над поступлением с речным стоком. С другой стороны, мы видим, что в период отсутствия стока пестицидов из Волги, тем не менее, наблюдается содержание некоторого количества поллютантов в море (к примеру, сток ДДЭ с 2002 по 2008 гг. отсутствовал, а в море регистрировался на уровне 44 кг). Такое несоответствие поступлению СОЗ с речным стоком и их динамики в море указывает на наличие других источников поступления СОЗ в море. Наиболее очевидным претендентом на эту роль вполне может быть выдвинуто поступление с атмосферными осадками. Так по некоторым оценкам основной вклад в загрязнение устьевого взморья Волги вносят именно атмосферные осадки.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ЛЕЩА (*ABRAMIS BRAMA*) НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УЧЕТНЫХ СЪЕМОК В 2017 Г.

Т. А. Тележникова, Ю. А. Северов

*«Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга», Татарское отделение
420111, г. Казань, ул. Тази Гиззата, д.4, главпочтамт, а/я 270,
e-mail: tamara-info@bk.ru, objekt_sveta@mail.ru*

Нижекамское водохранилище является основным рыбохозяйственным водоемом для Республик Татарстан, Башкортостан и Удмуртия. Среднегодовые уловы здесь составляют около 270 т, а основным промысловым видом является лещ.

В первые годы существования Нижекамского водохранилища в связи с изменениями условий обитания рыбного населения р. Кама (смена речного режима в результате зарегулирования стока) активно отслеживались различные аспекты биологии и экологии данного вида (Гончаренко, 1985; Махотин, Браславская, 1985; Щукина, 1985; Махотин, 1988). В дальнейшей литературе, посвященной этому виду Нижекамского водохранилища, встречается крайне редко (Бартош, 2006; Кузнецов, 2007; Ветчанин, 2013), однако, достаточно интересно было бы проследить за динамикой популяционных показателей леща и в настоящее время.

В осенний период 2017 г. в рамках ресурсных и мониторинговых исследований было совершено 7 тралений с целью оценки численности и популяционных показателей основных промысловых видов ихтиофауны Нижекамского водохранилища в текущем году. Для отлова рыбы применялся 18-метровый донный двухпластный трал с ячеей в кутке – 40 мм. Продолжительность учетных тралений 20–60 мин, в зависимости от условий лова.

Измерение длины, массы рыб, сбор регистрирующих структур для определения возраста осуществляли по методике И.Ф. Правдина (1966). Промерено 201 экз. леща, на возрастной состав взято 120 экз. Для установления стадий зрелости гонад пользовались общепринятой методикой (Никольский, 1963). Первичная полевая обработка материала производилась непосредственно на судне.

Согласно нашим исследованиям, лещ в траловых уловах встречался длиной от 18.5 до 40,0 см, массой от 156 до 1500 г, возрастом от трех (3+) до семнадцати лет (17+).

Возрастной состав траловых уловов леща, показывает, что в уловах в полной мере представлены как молодые, так и старшевозрастные группы, что свидетельствует о стабильном естественном воспроизводстве данного вида.

В траловых уловах наблюдалось преобладание самцов. Половозрелые самки в уловах единично встречаются при достижении длины тела 26 см, аналогичные результаты были получены при тралении в осенний период 2015 г.

Наибольшие уловы леща на 1 промысловое усилие (168.5 кг/усилие) отмечены вблизи н.п. Усть-Бельское (средняя часть водоема), минимальные (1.85 кг/усилие) в приплотинной части водохранилища (устье р. Иж). Для сравнения приведем наши данные учетных съемок Нижекамского водохранилища в 2015 г.: наименьшие уловы леща (2.41 кг/усилие) наблюдались также в приплотинной части, это объясняется тем, что данные участки водохранилищ имеют меньшее количество биотопов для размножения и нагула рыб (Поддубный, 1971).

По результатам обловов в осенний период основная часть стада леща перемещается в русловую часть водохранилища, т.е. оценка абсолютной численности его промыслового стада тралом достаточно объективна, а в мелководьях всё же концентрируются небольшие по плотности скопления леща, о чем свидетельствуют результаты сетных уловов прошлых лет. Согласно нашим расчетам, численность леща в русловой зоне Нижекамского водохранилища в 2017 г. составила 1 716 967 шт.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ РОСТА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ СНЕТКА И ТЮЛЬКИ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛГИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ ВОДОЕМА

В. Г. Терещенко, Л. И. Терещенко

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: tervlad@ibiw.yaroslavl.ru

Для понимания процесса освоения водоемов чужеродными видами рыб важен анализ изменения динамических свойств их популяций в пределах вновь приобретенного ареала, в частности, показателя «потенциальная скорость роста численности популяции». Он равен максимальной удельной скорости в период экспоненциального роста численности и характеризует наследственно обусловленную способность вида к росту численности в данных условиях обитания. Одна из задач этого исследования – анализ изменения потенциальной скорости роста численности популяции в зависимости от температурных условий обитания вселенца.

В обобщенном виде влияние температурного фактора на многие стороны жизнедеятельности рыб (в частности эффективность размножения, развитие их кормовой базы и т.д.) может быть отражено интегральным параметром – географическим положением водоема.

Нами проведено обобщение сведений о влиянии географической широты конкретного местообитания на потенциальную скорость роста численности популяций снетка *Osmerus eperlanus* (L.) и тюльки *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840) на примере Рыбинского (58°24'N 38°20'E) и Куйбышевского (55°02'N 49°27'E) водохранилищ, в которых эти вселенцы в отдельные периоды достигали высокой численности. А по морфометрии и гидрологическому режиму эти водоемы сходны. Используются многолетние данные исследовательских уловов пелагическим тралом (размер 10 × 1.5 м, ячея в кутке 6 мм).

Установлено, что потенциальная скорость роста численности северного вселенца снетка оказалась ниже в Куйбышевском водохранилище (3.7 год⁻¹) по сравнению со снетком Рыбинского водохранилища (4.2 год⁻¹). Следовательно, при удалении от нативного ареала к югу она снижается. У южного вселенца тюльки, наоборот, данный популяционный показатель в Куйбышевском водохранилище был выше (3.6 год⁻¹) по сравнению с более северной популяцией Рыбинского водохранилища (3.2 год⁻¹).

Обычно потенциальная скорость роста численности популяции реализуется на 3-ей фазе натурализации вселенца. Для тюльки и снетка в Рыбинском водохранилище более высокое значение удельной скорости роста численности было зафиксировано на 4-ой фазе натурализации вселенца; т.е. короткоцикловые виды при определенных условиях (например, при восстановлении своей численности после ее резкого падения в неблагоприятные для воспроизводства годы) могут реализовывать потенциальную скорость роста своей численности снова.

Таким образом, при удалении от нативного ареала как у теплолюбивого, так и у холодолюбивого вида потенциальная скорость роста численности вселенца уменьшается. Однако, предыдущие исследования процессов натурализации вселенцев в водохранилищах Волги и Днепра (Терещенко и др., 2015, 2016, 2017) показали также, что морфометрия и гидрологический режим водохранилища могут маскировать эту закономерность.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА

Н. А. Тимофеева, Л. Е. Сигарева, В. В. Законнов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: timof@ibiw.yaroslavl.ru

Растительные пигменты накапливаются в глубоководных донных отложениях в результате седиментации планктонных водорослей и фитодетрита, и их содержание зависит от соотношения продукции и деструкции органического вещества в водоеме. Содержание осадочного хлорофилла *a* (Хл) в сумме с дериватами коррелирует с показателями обилия и функционирования планктонных альгоценозов, а также с концентрациями органического вещества в донных отложениях, что дает основание использовать осадочные пигменты в качестве индикаторов трофического состояния водных экосистем. Адекватное применение осадочных пигментов в гидроэкологических работах требует знания закономерностей их пространственного распределения в водоемах разного типа. Недостаточно изучены в этом аспекте техногенные водоемы, характеризующиеся значительной неоднородностью условий седиментации по акватории. Особый интерес представляют водохранилища в пределах одной речной системы. Цель работы – на основе изучения пространственного распределения осадочных пигментов дать сравнительную оценку трофического состояния бентали водохранилищ Волжского каскада.

Материал получен в экспедициях по Волге в июне и августе 2016 г. Пробы верхнего слоя (0–5 см) отложений отбирали дночерпателем ДАК-250 на 110 станциях в широком диапазоне глубин (3–27 м) 8 водохранилищ и нижнем незарегулированном участке реки. Содержание Хл и продуктов его разрушения – феопигментов (Ф), органического вещества, гранулометрический состав и водно-физические показатели донных отложений определяли традиционными методами.

Результаты показали, что концентрации осадочных пигментов в пространственном аспекте варьируют в широких пределах: Хл – от 0 до 199 ($C_v=251\%$), Хл+Ф – от 0 до 557 мкг/г сухого грунта ($C_v=153\%$). Минимальные концентрации пигментов отмечены в песчаных отложениях, максимальные – в глинистом иле (Иваньковское водохранилище, ст. Видогощь). Относительное содержание Ф составляло в среднем $81\pm 2\%$ ($C_v=29\%$) от Хл+Ф. Концентрация органического вещества в донных отложениях изменялась в пределах 0.4–44% ($C_v=92\%$). Средние концентрации Хл+Ф в донных отложениях уменьшались вниз по каскаду от значений гипертрофной категории в Иваньковском водохранилище к эвтрофным в Угличском и Рыбинском, мезотрофным в Горьковском, Чебоксарском, Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах, олиготрофным в нижнем незарегулированном участке Волги от г. Волжский до г. Астрахани. Пространственное распределение осадочных пигментов в системе водохранилищ в значительной степени обусловлено распределением донных отложений разного типа. При анализе всего массива данных выявлены достоверные связи ($P < 0.05$) содержания Хл+Ф (мкг/г сухого грунта) с концентрацией органического вещества ($r = 0.65$), средним диаметром частиц грунта ($r = -0.43$), относительным содержанием частиц грунта размером < 0.1 мм (алевритовой и пелитовой фракций) ($r = 0.44$), а также влажностью ($r = 0.66$) и воздушно-сухой объемной массой ($r = -0.56$) донных отложений. Прослеживается достоверная положительная связь содержания осадочных пигментов (Хл+Ф) с глубиной только в отдельных водохранилищах каскада (Иваньковском ($r = 0.63$) и Горьковском ($r = 0.78$)).

Исследование показало, что концентрации осадочных пигментов в водохранилищах Волжского каскада в настоящее время изменяются в тех же пределах, что и в предыдущие годы наблюдений. Межгодовые изменения продуктивности бентали наиболее выражены в Иваньковском водохранилище.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЧНОГО ОКУНЯ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н. Ю. Тропин

Вологодское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

160012, г. Вологда, ул. Левичева, д. 5, e-mail: nikolay-tropin1@yandex.ru

Речной окунь (*Perca fluviatilis* L.) относится к числу наиболее распространенных и массовых видов рыб водных объектов Вологодской области. Высокая численность и преимущественно хищнический образ жизни обуславливают весомое значение окуня как биологического регулятора. В больших по площади водоемах данный вид формирует локальные популяции, которые отличаются друг от друга, в том числе по меристическим (счетным) и пластическим признакам. Поэтому исследование морфологического полиморфизма окуня в крупных рыбохозяйственных водоемах является весьма актуальным.

Шекснинское водохранилище (озерная (оз. Белое) и речная часть) является крупнейшим на территории Вологодской области и входит в состав Волго-Балтийского водного пути. Речная часть водохранилища протяженностью 120 км является затопленным руслом р. Шексна (до плотины в п. Шексна). Речная часть Шекснинского водохранилища, как и озерная относится к числу основных рыбопромысловых водных объектов региона.

В настоящей работе проанализированы результаты исследований морфологических особенностей 50 экземпляров речного окуня, проведенных автором в 2007–2016 гг. в речной части Шекснинского водохранилища.

Изучение основных меристических признаков окуня Шекснинского водохранилища показало их незначительное варьирование, не выходящее за пределы внутривидовой изменчивости в пределах ареала. Так, количество чешуй в боковой линии составляло в среднем 62.66 ± 0.13 , тычинок на первой жаберной дуге – 21.86 ± 0.07 , а общее число позвонков – 40.5 ± 0.07 . Для счетных признаков, характеризующих структуры плавников, выявлено наличие небольшого размаха колебаний: число лучей в первом спинном плавнике – 14.94 ± 0.02 , во втором спинном – 16.5 ± 0.07 , в грудном – 12.02 ± 0.005 , в анальном – 10.6 ± 0.07 , а количество лучей в брюшном плавнике у всех исследованных рыб равнялось 6. Согласно коэффициента корреляции, наиболее изменчивыми из меристических признаков окуня являлись количество лучей анального плавника (4.75%) и число тычинок на первой жаберной дуге (3.64%). В наименьшей степени изменчивость проявлялась в числе лучей в грудном (0.32%), а также в первом спинном (1.00%) плавниках. Таким образом, по совокупности счетных признаков речной окунь Шекснинского водохранилища сходен с таковым из других крупных рыбопромысловых водоемов Вологодской области.

Для выявления изменчивости пластических признаков использовались их расчетные индексы по отношению к длине головы и тела. Анализ пластических признаков головы по коэффициенту вариации выявил наибольшую вариабельность таких параметров как ширина верхнечелюстной кости (2.91%) и горизонтальный диаметр глаза (2.08%). В наименьшей степени варьируют заглазничный отдел головы (0.69%), а также длина верхнечелюстной кости (0.89%). Среди пластических морфологических признаков по отношению к длине тела также выделяются как слабо – так и сильно изменчивые параметры. Наибольшим коэффициентом вариации характеризовались промежуток между первым и вторым спинными плавниками (6.41%), ширина верхнечелюстной кости (3.61%), а также расстояние между анальным плавником и анальным отверстием (3.05%). В наименьшей степени изменялись длина туловища (0.32%), антеанальное (0.37%) и антевентральное (0.60%) расстояние.

Сравнительный морфологический анализ речного окуня Шекснинского водохранилища по совокупности пластических и меристических признаков с таковым из Белого и Кубенского озер, а также оз. Воже, расположенных соответственно, в западной, центральной и в северной частях Вологодской области, показал достоверное более близкое сходство «шекснинского» окуня с «вожским».

БАКТЕРИОПЛАНКТОН КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (1957–2017 ГГ.)

М. В. Уманская, И. С. Орлова, Е. С. Краснова

Институт экологии Волжского бассейна РАН

445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: mvumansk67@gmail.com

Микробиологические исследования Куйбышевского водохранилища, самого крупного на реке Волге, проводили с момента его образования до настоящего времени с некоторыми перерывами. В настоящей работе были использованы как ранее опубликованные (Салманов, 1958; Михеева, 1966; Иватин, 2012 и др.), так и собственные данные. В различные годы исследования проводили с апреля по ноябрь, однако наиболее полные ряды данных имеются за летние месяцы. За время существования водохранилища общая численность бактерий изменялась от 0.2 до 17.5 млн кл./мл с учетом сезонных изменений и локальных повышений численности в прибрежных застойных зонах и местах сбросов сточных вод. Средняя численность бактерий в планктоне водохранилища в течение всего периода наблюдений составляет $2.1 \pm 0.8 \times 10^6$ кл./мл, и мало меняется от года к году. Особенностью водохранилища является практически полное отсутствие пикофитопланктона, во всяком случае, в летний период.

Периоды повышенной численности бактериопланктона связаны с резкими изменениями гидродинамического режима: они наблюдались в период заполнения водохранилища и во время строительства и заполнения Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ. Последнее привело к кратковременному увеличению интенсивности развития бактерий ($2.9 \pm 1.3 \times 10^6$ кл./мл) в 1979–1981 гг., однако впоследствии уровень развития бактериопланктона вернулся к среднемноголетнему уровню. Кроме того, среднегодовые величины численности бактериопланктона заметно колеблются вслед за изменениями периода водообмена водохранилища, однако с некоторой задержкой, обусловленной, очевидно, внутренней нагрузкой, т.е. поступлением органических веществ и биогенов из грунтов. Из-за этой задержки выявляется лишь слабая отрицательная корреляция между интенсивностью развития бактерий и водностью года.

На глубоководных станциях наблюдаются хаотические колебания численности по глубине, причем расположение максимумов может изменяться от поверхностного горизонта до глубины более 10 м. Поскольку водная масса водохранилища не стратифицирована, это, видимо, отражает сложную гидродинамику водохранилища. Имеются различия в степени развития бактериопланктона на различных плесах водохранилища, причем их характер изменился после запуска Чебоксарской и Нижнекамской ГЭС. Численность и биомасса бактерий на большинстве русловых станций водохранилища, как правило, несколько ниже, чем на пойменных. Левобережные притоки (в первую очередь Кама) приносят в водохранилище большое количество пико- и микродетрита, который вносит существенный вклад в содержание органического углерода в sestone в Камском и Волго-Камском плесах водохранилища. Ниже впадения притоков количество детрита в водной толще быстро снижается за счет разбавления волжскими водами. Выявлена обратная корреляционная зависимость между общей численностью бактерий и количеством пикодетрита

В целом, данные, полученные в 2009–2017 гг., подтверждают вывод, сделанный ранее А.И. Иватиным о том, что в Куйбышевском водохранилище отсутствует значимый тренд к возрастанию общей численности бактериопланктона с увеличением срока эксплуатации водохранилища.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА НИЖНЕЙ ВОЛГИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Е. И. Филинова

Саратовское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, д. 152, e-mail: e.filinowa@yandex.ru

Нижняя Волга зарегулирована плотинами с образованием двух крупных водохранилищ долинного типа – Волгоградского и Саратовского. Волгоградское водохранилище, заполнявшееся в 1958–1960 гг. замыкает каскад волжских водохранилищ, средне проточное (коэффициент водообмена – 7.7). Саратовское – заполнено в 1967–1968 гг. внутри каскадное, транзитное, высоко проточное (коэффициент водообмена – 18.9). В водохранилищах по гидрологическим и гидрохимическим параметрам выделяют участки – верхний, с режимом близким к речному, наиболее подверженный влиянию паводковой волны, а также суточным и недельным колебаниям уровня, связанным с режимом работы гидроузла, средний – промежуточный между речным и озерным режимами и нижний – близкий к озерному с минимальной скоростью течения и в сравнении с выше расположенными участками более стабильным режимом уровня.

Обобщены архивные материалы по изучению преобразования донной фауны на участке зарегулированного стока реки в период заполнения водохранилищ и начальных этапов формирования донных водохранилищных сообществ, а также результаты собственных мониторинговых исследований макрозообентоса Волгоградского водохранилища с 1980 по 2017 гг. и Саратовского – с 1983 по 2017 гг.

Анализ данных литературы, архивных и собственных материалов свидетельствует, что снижение скорости течения на участке зарегулированного стока р. Волги способствовало заилению донных грунтов и зарастанию высшей водной растительностью мелководий. Значительное воздействие на формирование фаунистического комплекса макрозообентоса исследуемых водохранилищ оказали акклиматизационные мероприятия с целью повышения обеспеченности кормом бентосоядных рыб. По сравнению с речным режимом в водохранилищах увеличилось видовое обилие за счет лимнофильной и фитофильной фауны, а также видов-вселенцев.

В результате многолетних исследований нами было идентифицировано 218 видов и групп видов макрозообентоса в Волгоградском водохранилище и 186 – в Саратовском, что позволило значительно расширить известные фаунистические списки. Максимальная видовая представленность характерна для затопленных пойм притоков, отличающихся биотопическим разнообразием. Минимальное число видов зарегистрировано в профундали нижних участков водохранилищ.

Показана приоритетная роль вселенцев в донных сообществах в современных условиях. В результате стихийного расселения дрейссенид, а также искусственной интродукции полихет и последующей их натурализации в водохранилищах, произошла значительная перестройка трофической структуры донных сообществ с увеличением концентрации доминирования фильтраторов – седиментаторов. Утилизация органического вещества донными сообществами в исследуемых водохранилищах идет по детритному пути. На современном этапе в макрозообентосе на всех участках по количественным показателям развития доминируют дрейссениды, в мягком зообентосе – полихеты *Hypnia. invalida*. Инвазийные виды в открытой части Волгоградского водохранилища формируют более 90% общей численности и 99.9% общей биомассы и составляют около 30% количественных показателей мягкого зообентоса. Установлена средообразующая роль моллюсков р. *Dreissena*.

Характер структурных перестроек качественного состава и количественных показателей развития зообентоса в пространстве и времени отражает различную направленность и скорость сукцессии на рассматриваемых участках водохранилищ, и в значительной степени определяется гидрологическими особенностями участков. В высоко проточном Саратовском

водохранилище сукцессионные изменения в донных биоценозах более растянуты во времени по сравнению с средне проточным Волгоградским.

Анализировали воздействие на донные зооценозы крупных промышленных комплексов: в Волгоградском водохранилище на стационарных трансектах, расположенных выше городов Саратова и Энгельса и ниже их по течению, в Саратовском водохранилище исследовали хроническое влияние недостаточно очищенных стоков крупных предприятий г. Тольятти и г. Самары. Во всех случаях ниже по течению от предполагаемых источников загрязнения зарегистрированы неспецифические изменения макрозообентоса. Отмечено снижение видовой представленности за счет отсутствия редко встречаемых видов, гибель молоди моллюсков, угнетение популяций доминирующих видов донных гидробионтов – уменьшение численности и биомассы по сравнению с фоновыми участками, при выборе которых необходимо учитывать неоднородность прочих экологических условий, определяющих состав, структуру и уровень развития макрозообентоса.

Результаты мониторинговых исследований макрозообентоса, в Волгоградском и Саратовском водохранилищах имеют теоретическую и практическую значимость. Полученные данные о фаунистическом разнообразии, количественном развитии и структурных изменениях макрозообентоса, как одной из биотических составляющих во взаимосвязи с природными и антропогенными факторами позволяют создать целостную картину динамики водохранилищных экосистем с целью моделирования возможных вариантов сохранения биологического разнообразия и оптимизации функционирования этих рукотворных водоемов.

ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООБЕНТОСА ОЗЕРА БЕЛОГО ЗА ВРЕМЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И. В. Филоненко, К. Н. Ивичева

Вологодское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

160012, г. Вологда, ул. Левичева, д. 5, e-mail: igor_filonenko@mail.ru, ksenya.ivicheva@gmail.com

Создание Шекснинского водохранилища 1963–1964 гг. привело к изменению морфометрии оз. Белого. Уровень воды поднялся на 1 м, а площадь акватории увеличилась на 159 км² [Ершова, 1968]. Белое озеро является крупнейшим рыбопромысловым озером Вологодской области. Среди имеющейся в литературе информации достоверно сопоставимы данные о биомассе зообентоса. Численность донных организмов, ввиду различий в методах сбора, сравнивать затруднительно. Исследователи применяли как дночерпатели разных конструкций, так и сита для промывки проб отличались размером ячеек. Для сравнительной оценки подходят данные по основным типам грунтов – пески и илы, на которых исследования проводились регулярно. Бентофауна зарослей макрофитов и каменистых гряд наиболее разнообразна, но обследовалась спорадически. Данные периода 2010–2017 гг. приводятся по состоянию бентоценозов на момент осенней съемки. Рассчитывались стандартная ошибка средней (m) и среднеквадратичное отклонение (S). Показатели численности и биомассы зообентоса озера рассчитаны как средневзвешенные к площади основных субстратов водоема.

Вся глубоководная часть оз. Белого занята илами, а в сублиторали представлены грунты с преобладанием песков. После векторизации картосхемы распределения донных отложений оз. Белого [Антропогенное влияние ..., 1981] в ArcGis 10 доля, занимаемая крупноалевритовым, мелкоалевритовым и глинистым илами, составила 88.7%. На заиленные пески, пески с гравием и выходами глин приходится 11.3%. Такое соотношение субстратов озера делает показатель биомассы зообентоса илов близким к среднему для водоема в целом.

Основная доля станций все годы наблюдений приурочена к илам глубоководной части. До создания водохранилища численность зообентоса на илах указывалась в пределах 286–1019 экз./м², а биомасса 3.14–7.09 г/м² [Мордухай-Болтовской, Митропольский, 1959]. После повышения уровня воды в 1962 г. биомасса зообентоса составляла 7.16 г/м² [Стругач, 1968].

В 80-е годы XX века по одним данным биомасса на илах составила 5.66 г/м^2 [Стальмакова, 1977], а по другим – 7.8 г/м^2 [Выголова, 1979]. Исследования 1994–1995 гг. характеризуют среднюю биомассу зообентоса оз. Белого в количестве 12.4 г/м^2 [Баканов, 2002].

Значительные колебания показателей зообентоса даже в смежные периоды наблюдений многие исследователи объясняли особенностями фенологии и временем сбора материала. Наряду с олигохетами, доминирующей группой зообентоса оз. Белого являются хирономиды. Последние, как гетеротопные организмы, имеют резкие сезонные колебания численности и биомассы. Наиболее стабильны и, при этом, относительно высоки показатели бентоценозов оз. Белого по окончанию вегетационного периода в сентябре–октябре. Для этого сезона известно, что в октябре 1955 г. биомасса на илах составила 4.41 г/м^2 , а в октябре 1956 г. – 7.09 г/м^2 [Мордухай-Болтовской, Митропольский, 1959]. Средний показатель биомассы на илистых субстратах в сентябре 1973 г. составил 14.74 г/м^2 , в 1974 – 1.96 г/м^2 , а для этих же лет в целом по озеру – 9.86 и 1.39 г/м^2 , соответственно [Стальмакова, 1977]. Ежемесячные наблюдения за бентосом в 1976 г. и ежедекадные в 1977 г. показали биомассу на илах озера в сентябре в количестве 11.5 и 8.6 г/м^2 , соответственно [Выголова, 1979]. Средневзвешенная численность зообентоса на илистых субстратах в 2010–2017 гг. в начале октября составила 3768 г/м^2 ($m = 889.6$; $S = 2516.2$), а биомасса – 10.39 г/м^2 ($m = 2.581$; $S = 7.30$).

Вероятно, что осенние сборы в конце сезона вегетации наиболее точно характеризуют многолетнюю динамику зообентоса оз. Белого. Средневзвешенный показатель численности зообентоса на озере за последние восемь лет в сентябре–октябре составляет 3537 г/м^2 ($m = 816.2$; $S = 2308.5$), а биомасса 9.84 г/м^2 ($m = 2.324$; $S = 6.573$). Количественные показатели зообентоса данного водоема остаются практически неизменными с конца XX века. Так же не изменился и доминирующий комплекс организмов основных бентоценозов озера.

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2017 г.

Л. Ю. Халиуллина, И. И. Халиуллин

Институт фундаментальной медицины и биологии КФУ

ФГУ «Средволгаводхоз», Казань, ул. Кремлевская, д. 18, e-mail: Liliya-kh@yandex.ru

С мая по октябрь 2017 г. были проведены мониторинговые исследования Куйбышевского водохранилища. Целью исследований является выявление наиболее значимых факторов, которые влияют на процессы эвтрофикации и развитие водорослей, а также собрать достоверный материал о современном состоянии и структуре планктонных водорослей, населяющих водохранилище. Собранные данные позволят получить объективную оценку современного состояния и возможность прогнозирования, а также управления процессами в экосистеме Куйбышевского водохранилища.

Отбор проб производился с интервалом один раз в неделю, так как при организации мониторинга нужно ориентироваться на среднюю периодичность смены синоптических циклов погоды, которая в наших климатических условиях составляет примерно одну неделю (Даценко, 2007).

Постоянные станции наблюдений были размещены в русле рек Волга, Кама и Казанка, так как наиболее репрезентативными в пространственном отношении являются точки наблюдений, расположенные на русловой вертикали в сужениях водохранилища как интегральный показатель количественных данных водорослей и биогенов. В мелководьях показатели фитопланктона и биогенов бывают слишком лабильны. Качественные и количественные показатели, в зависимости от множества факторов, учитывать которые слишком затруднительно технически, могут даже в течение нескольких часов сильно колебаться и совершенно не репрезентативны.

Пробы отбирались с поверхности, интегрированные и с разных глубин. В ходе еженедельных наблюдений были фиксированы и проанализированы следующие показатели:

- гидрохимический анализ воды по 24 показателям;
- гидробиологический анализ по показателям фитопланктона и зоопланктона;
- определение суммарных концентраций цианотоксинов;
- измерение уровня освещённости и солнечной радиации;
- определение общего микробного числа в воде;
- анализ видовой принадлежности гетеротрофных микроорганизмов;
- ежедневные показатели гидрологического режима Куйбышевского водохранилища;
- ежедневные показатели метеусловий и температуры воздуха.

Полученные данные будут применены для разработки прогностических многовариантных расчетов при разных сценариях регулирования речного стока Куйбышевского водохранилища и систем уравнений, связывающих качественный и количественный состав гидробионтов с гидрохимическими, морфометрическими и гидрофизическими параметрами водохранилища, которые отражали бы поведение доминирующих видов гидробионтов и динамику водной экосистемы в целом. Для получения достоверных и репрезентативных данных, их необходимо собирать в ходе непрерывного мониторинга в течение нескольких лет. Поэтому мониторинговые исследования Куйбышевского водохранилища на этих же станциях продолжены и в 2018 г.

После обработки собранных данных и анализа результатов исследований будут получены ответы на многие вопросы по управлению качеством воды в волжских водохранилищах. На сегодня также очевидна необходимость создания специальной структуры, которая вела бы непрерывный с должным интервалом мониторинг Куйбышевского водохранилища и его притоков, и которая бы согласовывала действия ведомств по управлению гидрорежимом водохранилища при необходимости предотвращения нежелательных последствий эвтрофирования и интенсивного «цветения» воды.

Список литературы

Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ: гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 232 с.

ПРИТОЧНОСТЬ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА В ПЕРИОД ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ВОДНОСТИ 2017 Г.

А. И. Цветков, М. В. Цветкова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: yarrivers@gmail.com

Климатические изменения в плане увеличения осадков, оказывают очень значительное влияние на внутригодовое распределение стока. В течение последних 40 лет на Волге отмечается увеличение стока в зимний период года. Основной причиной роста стока рек зимой на ЕЧР, является как рост количества осадков, так и рост повторяемости зимних оттепелей. Здесь выявлены значимые положительные тренды зимнего стока, при этом существенно увеличилась его изменчивость. Осадки на территории России, в целом, будут возрастать, причем наиболее значительный их рост ожидается зимой. Установлено, что сток рек в течение зимнего периода возрастает, а запасы воды в снежном покрове к началу весны уменьшаются, что создает условия для снижения стока весеннего половодья и в последние десятилетия весенний сток уменьшился на 10–30%.

В тоже время в последние года наблюдается увеличение притока в водохранилища в летнее время, особенно ярко это проявилось в 2017 г. Так, по данным Росгидромета для ЕТР в марте, апреле, мае количество осадков превысило норму в 1.5–2 раза, при этом в мае на Верхней Волге временно установился снежный покров. Июнь также был богат на осадки – в начале месяца в Поволжье за три дня выпало более половины месячной нормы осадков. В начале второй декады ливни обрушились на Центральный федеральный округ. Осадки выпадали с интенсивностью до 25–30 мм/сут. В июле Северо-Западный, Центральный и Приволжский феде-

ральный округа, получили в июле осадков в норме и более. Время от времени здесь шли очень сильные дожди. В Центральной России за сутки выпадало до 35–40 мм дождя.

Суммарный среднемесячный приток по водохранилищам Волжско-Камского каскада за 2017 г. составил 10103 м³/с. По показателям притока этот год стал самым многоводным за весь период наблюдения, за счет зимних и летних обильных осадков. Так, анализируя данные информационной системы по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России (<http://gis.vodinfo.ru/>), и данные НПС «Многолетние характеристики притока воды в крупнейшие водохранилища РФ» показано, что в последние десятилетия в среднем отличались повышенной водностью в течение всего года, за исключением апреля и мая. Наиболее значительное увеличение притока характерно для меженных периодов. В период с 1978–2013 в процентном отношении к 1946–1977 гг. увеличение приточности в январе, феврале и марте соответственно составило 157, 159 и 175%, июле, августе, сентябре, октябре и ноябре – 130, 128, 131, 134 и 144% соответственно. Для периода 2015–2017 к 1978–2013 гг. эти же показатели были 103, 99, 102% и 105, 128, 119, 97, 88, 93% соответственно. В 2017 г. по отношению к периоду 1978–2013 гг. по месяцам начиная с января: 99, 94, 125, 79, 102, 165, 208, 150, 99, 99, 124, 131, 114%.

Многочисленные математические модели изменения климата в результате глобального потепления (Thober et al., 2018; Kovats et al., 2014) доказывают, что для северных территорий увеличивается количество осадков. Так, в работе Стефана Тобера и соавторов, показано, что при повышении температуры воздуха на 1.5, 2 и 3°C, возрастает вероятность числа экстремальных паводков на 1.3, 4.7 и 11.9% соответственно.

Увеличение притока воды в меженные периоды и выравнивание внутригодового распределения стока благоприятны для судоходства, но требуют пересмотра режима работы водохранилищ и их каскадов для создания оптимальных условий регулирования стока с учетом запросов всех водопользователей и при минимизации возможных неблагоприятных экологических и социальных последствий. Необходимо развитие гидрометеорологического мониторинга на реках и водосборах водохранилищ и совершенствование методов краткосрочных и долгосрочных прогнозов притока к водохранилищам.

Список литературы

- Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России (<http://gis.vodinfo.ru/>)
Научно-прикладной справочник: Многолетние характеристики притока воды в крупнейшие водохранилища РФ [Электронный ресурс] / Коллектив авторов под редакцией Георгиевского В.Ю. М.: ООО «РПЦ Офорт», 2017. 132 с.
- Thober S., Kumar R., Wanders N., Marx A., Pan M., Rakovec O., Samaniego L., Sheffield J., Wood E.F., Zink M. Multi-model ensemble projections of European river floods and high flows at 1.5, 2, and 3 degrees global warming // *Environ. Res. Lett.* 13. 2018. 014003 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9e35>.
- Kovats R.S., Valentini R., Bouwer L.M., Georgopoulou E., Jacob D., Martin E., Rounsevell M., Soussana J.-F. Europe. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. P. 1267–1326.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е. М. Целищева

Пермское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

614002, г. Пермь, ул. Чернышевского, 3, e-mail: lady_in_red91@mail.ru

Камское водохранилище – первая ступень каскада на р. Кама, заполнено в 1954 г., ниже по течению расположены Воткинское и Нижнекамское водохранилища. В данной работе использованы доступные сведения о зоопланктоне Камского водохранилища за период с 1958 по 2017 г. Особенности количественного развития и распределения зоопланктона по акватории водохранилища охарактеризованы преимущественно по результатам гидробиологических съемок в 2012–2017 гг. Материал был собран в рамках регулярного мониторинга центрального плёса Камского водохранилища, который проводит Пермское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ».

К настоящему времени в Камском водохранилище зарегистрировано 209 таксонов (в т.ч. 183 вида) зоопланктона: коловратки – 94, ветвистоусые – 61 и веслоногие ракообразные – 28 видов. Зоопланктеры в основной своей массе являются широко распространенными эвритермными эврибионтными видами, но лишь небольшая их часть встречается в водохранилище повсеместно. Около 60% видового разнообразия зоопланктона обеспечивают редко встречающиеся и единичные виды, как правило, придонные литоральные и фитофильные формы.

Наиболее часто встречаемые виды (в >70% проб) в зоопланктоне Камского водохранилища: среди коловраток *Aplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Keratella quadrata* (O.F. Muller, 1786), *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Polyarthra major* Burckhardt, 1900, ветвистоусые рачки *Daphnia galeata* Sars, 1863, *Bosmina (Eubosmina) coregoni* Baird, 1857, *Chydorus sphaericus* (O.F. Muller, 1776), *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848), *Leptodora kindtii* (Focke, 1844), и копеподы *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853). Помимо перечисленных видов, в зоопланктоне водохранилища постоянно встречаются зарослевые и пелагические формы коловраток и ракообразных: *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832, *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832, *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Muller, 1776), а также велигеры дрейссены.

В пространственном отношении качественно более богат зоопланктон верхнего района водохранилища (105 таксонов), в основном за счет разнообразия коловраток (65 видов), что характерно для этого района т.к. он более проточный и его условия ближе к речным. В центральном районе Камского водохранилища происходит обеднение видового состава – здесь зарегистрировано всего 76 видов зоопланктонных организмов. Наибольшего развития достигают ракообразные – зоопланктоценоз здесь имеет наиболее лимнофильный характер. В приплотинном районе водохранилища характер зоопланктона остается рачковым, происходит дальнейшее обеднение фауны коловраток. Всего здесь зарегистрировано 68 видов зоопланктеров.

Средняя биомасса зоопланктона водохранилища за последние годы составляла 1.44 ± 0.36 г/м³, основу которой формировали ветвистоусые рачки *Daphnia galeata* Sars, 1863, *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Muller, 1776) и копеподы *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853). Численность (174.6 ± 82.3 тыс. экз./м³) зоопланктона слагали главным образом коловратки *Aplanchna priodonta* Gosse, 1850, представители семейств Brachionidae и Synchaetidae, а также взрослые и ювенильные особи копепоид отряда Cycloporiformes.

Начиная с 2007 г. в Камском водохранилище увеличиваются показатели биомассы (в среднем в 1.5 раза). Обильно развиваются кладоцеры, зоопланктоценоз приобретает более лимнофильный характер. При этом за последнее десятилетие трофический статус водоема не меняется и водохранилище на большем протяжении относится к мезотрофному типу водоемов.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ КАЗАНКА С УЧЕТОМ ВЕЩЕСТВ ДВОЙНОГО ГЕНЕЗИСА

Р. Р. Шагидуллин, Д. В. Иванов, Н. В. Шурмина, Л. К. Мустафина,
О. А. Богданова, Ф. М. Абдуллина

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
420087, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: water-rf@mail.ru*

Сокращение государственной сети станций мониторинга поверхностных вод привело к пробелам в получении объективной информации об экологическом состоянии водных объектов, необходимой для принятия решений по регулированию водопользования. В первую очередь это касается урбанизированных территорий, где спектр видов и форм негативного воздействия на водоемы достаточно широк. Для получения информации о пространственно-временной динамике качества вод р. Казанка, левого притока р. Волга (Куйбышевского водохранилища) был проведен комплексный экологический мониторинг реки на 39 створах наблюдений от истока до устья (140 км). Пробы отбирались ежемесячно из поверхностного горизонта и анализировались по 43 показателям качества. По величине удельного комбинаторного индекса загрязненности (УКИЗВ) качество вод р. Казанки за период исследований варьировало в пределах 4 класса качества: на участках верхнего и среднего течений воды в основном характеризовались как «грязные» 4«а» и 4«б» классов, в нижнем течении реки и Казанском заливе 4«в» класса. Параллельно растет показатель комплексности загрязненности вод, достигая в черте г. Казани 35%. Определяющий вклад в формирование ионного состава Казанки в нижнем течении вносят воды Голубых озер с минерализацией ~2400 мг/л и концентрацией сульфатов 1300 мг/л. Постоянство во времени химического состава и дебита (~1.6 м³/с) питающих эти карстовые озера подземных вод формируют стабильную картину сезонной и многолетней динамики стока основных ионов (кальций, магний, сульфаты, гидрокарбонаты) на участках реки, расположенных ниже по течению. Приток в р. Казанку вод Голубых озер обеспечивает около 20% суммарного объема речного стока в нижнем течении.

Систематическое превышение нормативов качества вод отмечалось по 12 из 15 обязательных при расчете УКИЗВ показателей. В качестве критических показателей загрязненности на всем протяжении реки выступают марганец, сульфаты, нитриты и БПК₅. Ежегодно с водами Голубых озер в р. Казанка поступает 61646 т сульфатов, что составляет 49% от их выноса с речным стоком. Вклад сульфатов в величину УКИЗВ для участка нижнего течения равен 17%. Если предположить, что определяющий вклад в относительные показатели загрязнения вносят сульфаты природного происхождения, то уровень фактического загрязнения реки, отражающего антропогенную нагрузку на водный объект посредством интегральных показателей, следует признать значительно завышенным. Доля сульфатов антропогенного происхождения в воде Казанского залива не превышает 1% от обнаруживаемых концентраций. По вкладу в величину индексов качества других растворенных в воде веществ двойного генезиса на втором месте располагался Mn (средняя кратность превышения ПДК 3.6, повторяемость случаев загрязненности 90%). Между тем, как показал статистический анализ данных, интенсивность водной миграции Mn, как и других металлов, определяется величиной их подвижности в почвах и породах бассейна, т.е. природными геохимическими факторами. Общая масса соединений Mn, ежегодно поступающих в Казанку со сточными водами, не превышает 6 кг. Принимая во внимание, что превышения концентраций Mn, Cu, Zn и Fe систематически фиксируются службами мониторинга в разнотипных водных объектах, полученные результаты доказывают, что наблюдаемые вариации микроэлементного состава поверхностных вод и их отклонения от нормативных значений следует рассматривать в обязательной увязке с региональным геохимическим фоном. Для Волги, Камы и их притоков должны быть установлены целевые показатели качества воды (бассейновые, региональные допустимые концентрации или региональные нормативы), а также нормативы допустимого воздействия, на основании которых должны определяться показатели допустимого сброса загрязняющих веществ для каждого отдельного выпуска сточных и ливневых вод.

ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Ф. М. Шакирова

Татарское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

420111, г. Казань, ул. Тази Гиззата, 4, e-mail: shakirovafm@gmail.ru

Куйбышевское водохранилище, созданное в 1955–1957 гг. в результате сооружения Куйбышевского гидроузла в районе Жигулёвских гор, расположено в промышленном и густонаселенном районе среднего Поволжья. Относится к водоёмам многоцелевого назначения и является самым крупным в Европе и в Волжско-Камском каскаде, регулирующим более 90% водных ресурсов бассейна Волги (Куйбышевское водохранилище, 1983, 2008).

На Средней Волге, в районе будущего Куйбышевского водохранилища, встречался 51 вид рыб (Берг, 1948, 1949; Кузнецов, 1978). Гидростроительство на Волге и перекрытие её плотинами Жигулёвской ГЭС изменило условия обитания рыб и сказалось на численности проходных и лимнофильных видов, существенно изменив их состав в созданном водоеме (Кузнецов, 2005; Шакирова, Северов, 2014; Шакирова и др., 2015 и др.). Таким образом, сегодня в составе ихтиофауны Куйбышевского водохранилища отмечается 59 видов рыб, в числе которых 18 видов – вселенцы, хотя видовой состав вселенцев, появившихся здесь в разные годы и различным путем насчитывает 24 вида, но некоторые из них сегодня уже не встречаются в водоёме (малоротый буффало *Ictiobus bubalus*, большеротый *I. cyprinellus* и черный буффало *I. niger*, баунтовский *Coregonus lavaretus baunti* и чудской сиги *C. l. maraenoides*) и информация по ним отсутствует (Шакирова и др., 2015).

Таким образом, в результате антропогенного (гидростроительство, активизация судоходства, искусственная интродукция, садковое выращивание) и естественного воздействия (глобальные климатические изменения) произошли значительные изменения в составе рыбного населения Куйбышевского водохранилища. Из состава ихтиофауны выпали проходные виды, но появились виды, ранее не обитавшие здесь, целенаправленно вселённые или самостоятельно проникшие. Некоторые из них (тюлька) успешно натурализовались, достигли достаточной численности и осваиваются промыслом. Другие (черноморско-каспийская игла-рыба, головешка-ротан, бычок-кругляк, звёздчатая пуголовка, бычок-головач и бычок-цуцик) размножаются и стали обычными видами с локальным распределением. Дальневосточные пелагофильные растительноядные виды (белый и пёстрый толстолобики и белый амур) не натурализовались, их численность определяется масштабами искусственного воспроизводства. При слабой изученности образа жизни большинства вселенцев и в отсутствии сегодня сведений о динамике численности их популяций трудно сказать однозначно, каково воздействие многих из них на экосистему водохранилища и как в дальнейшем сложатся взаимоотношения у инвазийных видов с местными. Для этого необходимо продолжить исследования за проникающими, акклиматизируемыми и выращиваемыми в водохранилище видами.

Процесс формирования ихтиофауны Куйбышевского водохранилища продолжается. Следует ожидать изменений в составе рыбного населения водохранилища в результате строительства нового грузового порта (Свияжский мультимодальный логистический центр), расположенного на пересечении международных транспортных коридоров север – юг и запад – восток, который в перспективе станет центром перевозок грузов в Поволжье и будет способствовать самопроизвольному вселению чужеродных видов в экосистему. В связи со вступлением России во Всемирную торговую организацию предполагается, что новый грузовой порт станет крупным перевалочным пунктом экспортно-импортных грузов не только для регионов Поволжья, но и международным транспортным коридором маршрута Китай – северо-западная Европа, что значительно может расширить состав вселенцев.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОДОСБОРЕ ВОЛГИ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТЬЕВОЙ ЗОНЫ И ВЫНОС ВЕЩЕСТВ

С. И. Шапоренко, А. Г. Георгиади

Институт географии РАН

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29, e-mail: ser-shaporenko@yandex.ru

Материалами для анализа послужили данные Росгосстата и Росгидрометслужбы за период 1990–2015 гг., относящиеся в целом для водосбора Волги по водопотреблению, сбросу сточных вод разных категорий и поступлению с ними загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты, а также качеству воды по гидрохимическим показателям и выносу растворенных веществ через замыкающий створ Верхнее Лебяжье.

С начала 1990-х гг. прослеживалась четко выраженная тенденция сокращения водопотребления и водоотведения сточных вод, которая прерывалась короткими отрезками стабилизации или роста по отдельным категориям в конце 1990-х, в начале и второй половине 2000-х, в отдельные годы 2010-х. Сокращение объемов сточных вод сочетается с превосходящим его уменьшением сбросов загрязняющих веществ по большинству ингредиентов, межгодовая изменчивость которых четко коррелирует между собой. Сокращение в 2–6 раз сбросов загрязняющих веществ по органическому и взвешенным веществам, фенолам, нитритам, аммонии и фосфатам, соединениям меди, цинка сочеталось с пропорциональным ростом сбросов количества нитратов с середины 1990-х до середины 2000-х гг. Оно связано, скорее всего, с недостатками технологии работы традиционных очистных сооружений с искусственной биологической очисткой в аэротенках – отсутствием на очистных сооружениях стадии их удаления из отводимых в природные поверхностные водные объекты сбросных вод и подверженностью самих сооружений перепадам по нагрузке и энергоснабжению.

Благоприятные тенденции в водопользовании сочетаются со слабо выраженными тенденциями улучшения качества воды по концентрациям растворенных веществ, за исключением средних и максимальных концентраций железа, максимальных показателей БПК₅, которые можно характеризовать относительно стабильными. Однако при этом качество воды по индексу УИКЗВ в створе Верхнее Лебяжье с 2006 г. стабильно держится в разряде 3б «очень загрязненная», а в устье Волги ниже г. Астрахани – в разряде 4а «грязная» за счет загрязнения промышленными и коммунальными предприятиями городской агломерации. Параллельные тенденции сокращения антропогенной нагрузки от водопользования и качества воды в замыкающем створе, тем не менее, не могут однозначно свидетельствовать о их взаимообусловленности, так как на качестве воды может сказываться и наблюдающееся сокращение водного стока Волги с 1995 г.

Предложен способ, который позволяет проследить поступление отдельных загрязняющих веществ с определенной категорией сточных вод и их влияние на качество воды по гидрохимическим показателям. Расчеты показали, что только среднегодовые концентрации нефтепродуктов и меди, максимальные и, возможно, среднегодовые концентрации фенолов в створе Верхнее Лебяжье связаны с изменчивостью сбросов загрязняющих веществ со сточными водами на водосборе.

Объемы выноса со стоком Волги биогенных и загрязняющих веществ в большей степени определяются водностью года. Прямая средней силы связь с водным стоком проявляется у общего фосфора, соединений меди, несколько хуже у нефтепродуктов и органического вещества, еще слабее у минерального фосфора и фенолов, других гидрохимических показателей. Эти вещества демонстрируют тенденцию к сокращению выноса с 1996 г. Суммарный вынос нитратов и минерального азота демонстрируют наиболее тесную корреляционную связь с водным стоком, но при этом определенную асинхронность с его многолетней тенденцией в силу указанных выше антропогенных причин.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 17-05-00948.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Е. А. Шашуловская, С. А. Мосияш, И. Г. Филимонова, Л. В. Гришина, Е. Г. Кузина,
О. В. Шашуловская

Саратовское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»

410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, 152, e-mail: shash.elena2010@yandex.ru

Рассмотрены изменения общих гидрохимических параметров Саратовского и Волгоградского водохранилищ, замыкающих Волжский каскад, и самого крупного на р. Урал – Ириклинского водохранилища за период 2009–2016 гг., включающий экстремальные годы по температурному режиму и распределению водного стока за вегетационный сезон. Исследуемые водоемы имеют существенные отличия по динамике и количественным показателям рассматриваемых ингредиентов. Сделана попытка оценить состояние и тенденции развития экосистем водохранилищ, используя некоторые статистические индексы.

Функционирующая водная экосистема должна поддерживать свой гомеостаз, т.е. обладать устойчивостью. По Г.Е. Михайловскому (1988) усредненный модуль коэффициентов корреляции параметров экосистемы, соответствующий средней силе корреляционных связей в ней, можно интерпретировать как пластичность и считать этот показатель мерой устойчивости экосистемы. М. Уильямсоном (1975) предложено в качестве меры устойчивости экосистемы рассматривать удельный вес изменчивости, аккумулированной первой главной компонентой при исследовании структуры многомерного массива гидрохимических параметров с помощью факторного анализа. Количественно оценить изменения, происходящие в структуре главных факторов, позволяет энтропийный показатель К. Шеннона (1963). Известно (Климонтович, 1990), что при самоорганизации системы и переходе ее в более упорядоченное состояние информационная энтропия убывает. Вследствие того, что число гидрохимических параметров, характеризующих водную экосистему, значительно, для ее характеристики часто применяют метод функции желательности (ФЖ), направленный на свертывание информации и преодоление проблемы размерности (Гелашвили и др., 2006).

Наибольшими величинами пластичности характеризуется Ириклинское водохранилище. За исследуемый период наметились тенденции ее увеличения в Саратовском водохранилище и уменьшения в Ириклинском.

Первая главная компонента (ГК) характеризует наиболее общее, генеральное направление изучаемых параметров (Коросов, 1996). Величина этой компоненты связана с показателем пластичности корреляционными отношениями: в Ириклинском водохранилище – $r = 0.61$, $p = 0.05$, Саратовском – $r = 0.92$, $p = 0.03$ и Волгоградском – $r = 0.89$, $p = 0.002$. Установлена значимая связь первого главного фактора с величиной водного стока через соответствующий гидроузел и летней температурой в Ириклинском и Волгоградском водохранилищах, что свидетельствует о роли поверхностного стока и термического режима в динамике показателей, входящих в плеяду первой ГК. В Ириклинском водохранилище связь первой ГК и стока более значима, чем в Волгоградском. Интересно, что для Саратовского водохранилища связь ГК с этими факторами не установлена.

Наибольшее среднее значение индекса Шеннона за исследуемый период рассчитан для Волгоградского водохранилища (3.10) по сравнению с Саратовским (2.88) и Ириклинским (2.83). Во всех водохранилищах выявлена обратная зависимость пластичности от индекса Шеннона. В более устойчивой экосистеме энтропийный показатель снижается. В период 2009 – 2016 гг. в Волжских водохранилищах индекс Шеннона колеблется на одном уровне, в Ириклинском – он достоверно увеличивается ($R^2 = 0.74$).

Среднее значение ФЖ в исследуемых водохранилищах колебалось в одних пределах: 0.65–0.69. В 2009 г. диапазон колебания показателя составил 0.78–0.89, а в 2016 г. – значения функции снизились до 0.60–0.74. В Саратовском и Ириклинском водохранилищах уменьшение значений показателя статистически значимо ($R^2 = 0.43$ и 0.33), в Волгоградском – выявленная тенденция слабее ($R^2 = 0.14$). Снижение значений функции желательности свидетельствует о некоторой дестабилизации экосистем исследуемых водоемов.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ ГРУПП БАКТЕРИОБЕНТОСА В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Н. Г. Шерышева, А. В. Рахуба

Институт экологии Волжского бассейна РАН

445003 г. Тольятти, ул. Комзина, 10, e-mail: sapfir-sherry@yandex.ru

Определение общей численности бактерий в донных отложениях позволяет оценивать бактериобентосную популяцию в целом и раскрывать ее потенциальные возможности в важнейших процессах деструкции органического вещества (Дзюбан, 2010). Влияние абиотических и биотических факторов на распространение эколого-трофических групп бактериобентоса в водохранилищах изучено совершенно недостаточно.

Целью данной работы было установить численность массовых деструкторов: аэробных сапрофитных бактерий, гетеротрофов с широким спектром минерализации веществ, анаэробных маслянокислых бродильщиков и сульфатредукторов; выявить закономерности их пространственного распространения в Куйбышевском вдхр. в условиях интенсивного развития фитопланктона и воздействия абиотических факторов.

Для того чтобы установить влияние «цветения» воды на численность эколого-трофических групп бактерий, пробы бактериобентоса отбирались из наилка в пойменных участках и в русловом профиле Ульяновского, Новодевиченского, Приплотинного плесов, а также в зоне активного цветения – в Черемшанском заливе в конце июля – начале августа 2017 г. В наилке определяли гранулометрический состав, значения температуры, рН, редокс-потенциала, содержание органического вещества по потерям при прокаливании (ОВ), содержание минерального фосфора в придонной воде.

Численность аэробных сапрофитных бактерий составляла $0.6\text{--}20.2 \times 10^4$ КОЕ/мл наилка. Наиболее многочисленными были представлены аэробные гетеротрофные бактерии ($N = 13.8\text{--}300 \times 10^4$ КОЕ/мл). Анаэробные бродильщики изменяли свою численность от 0.5 до 350×10^4 кл./мл, сульфатредукторы – от 0.1 до 9.5×10^3 кл./мл. В пространственном распространении выявлены устойчивые тренды увеличения численности анаэробных бродильщиков и сульфатредукторов вдоль продольного профиля от Ульяновского плеса к Приплотинному. Сапрофитные бактерии приурочены в большей степени к пойменным участкам, на которых происходит обогащение наилка питательными веществами в результате седиментации разлагающегося фитопланктона. Так, регистрировалось увеличение численности сапрофитов в Черемшанском заливе с интенсивно развивающимся фитопланктоном и далее в зоне распространения влияния цветения вдоль левобережной поймы водохранилища к плотине. В русловых участках численность сапрофитов снижалась. Бродильщики также увеличивали свою численность в пойме, при этом минимальная их численность регистрировалась в Приплотинном плесе на максимальной глубине 38 м. Сульфатредукторы предпочитали участки с наименьшими значениями редокс-потенциала. Максимальные численности сульфатредукторов обнаружены в глубоководном Приплотинном плесе. Гетеротрофные бактерии толерантны к различным глубинам и не проявляли выраженных закономерностей в распределении по акватории водоема по отношению к растительным пигментам или абиотическим факторам.

Выявлены корреляции численностей сульфатредукторов с содержанием хлорофилла *a* ($R = 0.65$ при $p < 0.05$), бродильщиков – с содержанием феопигментов ($R = 0.60$), сапрофитных бактерий – с концентрацией хлорофилла *a* ($R = 0.43$). Из абиотических факторов установлены корреляции численностей сульфатредукторов с редокс-потенциалом ($R = -0.64$), содержанием ОВ ($R = 0.73$) и минерального фосфора ($R = 0.46$); бродильщиков – с содержанием минерального фосфора ($R = 0.73$) и ОВ ($R = 0.44$), сапрофитов – с редокс-потенциалом ($R = 0.44$) и алевритово-пелитовой фракцией наилка ($R = 0.42$).

Таким образом, из рассмотренных факторов, регулирующими количественное развитие и пространственное распространение исследованных эколого-трофических групп бактериобентоса, являются процесс «цветения» воды, тип ила, глубина водоема, редокс-потенциал, содержание органического вещества и минерального фосфора.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г. В. Шурганова, И. А. Кудрин, Д. Е. Гаврилко, В. С. Жихарев, Т. В. Золотарева

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, galina.nngu@mail.ru

Чебоксарское водохранилище – самое молодое в системе Волжского каскада, является пятой его ступенью и входит в систему водоемов Средней Волги. Проектным заданием предусматривалось доведение уровня водохранилища до НПУ 68 м БС. Однако в результате несвоевременного ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений график наполнения был изменен. К настоящему времени (уже более 35 лет) водохранилище существует в режиме промежуточного наполнения НПУ 63 м БС. В связи с планируемым строительством Низконапорного гидроузла и созданием им водохранилища актуализировался вопрос о диагностике экологического состояния экосистем, попадающих в зону его воздействия.

С момента образования Чебоксарского водохранилища на протяжении всего периода его существования накоплен большой материал по динамике видовой структуры зоопланктона и пространственному размещению зоопланктонных сообществ. Определено расположение зоопланктоценозов, динамика границ, оценены скорости и направления перестроек видовой структуры на разных участках водоема в период его формирования и функционирования на протяжении более чем тридцати лет. Интенсивная перестройка видовой структуры зоопланктоценозов, сопровождавшаяся изменением занимаемых ими акваторий водохранилища, закончилась к началу 1990-х гг. С этого времени до сих пор на акватории Чебоксарского водохранилища выделяются четыре различающиеся между собой по видовой структуре зоопланктоценоза: два лимнофильных (левобережный речной и озерный), реофильный (правобережный речной) и реофильно-лимнофильный (переходный).

Особое внимание на современном этапе исследований уделяется планктонным сообществам зоны речной гидравлики, представляющим собой трансформированные и обедненные сообщества приплотинной части Горьковского водохранилища. Травмирующее воздействие на планктон оказывает прохождение водных масс через турбины ГЭС и водослив через гребень плотины. В результате наблюдается массовая гибель организмов зоопланктона. Отрицательное влияние на планктонные организмы оказывают также стоки промышленных предприятий, дноуглубительные работы, а также попуски из Горьковского водохранилища, производящиеся для обеспечения судоходства на обмелевшем участке.

Зоопланктон создаваемого «Сормовского водохранилища» будет сформирован из лимнофильного планктонного комплекса Горьковского водохранилища. Поэтому существенной перестройки видовой структуры, как это происходило при преобразовании речного планктона в водохранилищный при зарегулировании р. Волги и создании Чебоксарского водохранилища, не будет. Вследствие относительно небольшого подтопления территории следует ожидать поступления большого количества биогенов и органики с затопляемых почв и разлагающейся растительности. В результате так называемый «биопродукционный эффект подпора» будет выражен в первые годы после создания Низконапорного гидроузла умеренно или слабо. При замедлении течения и формировании водохранилища усилятся тенденции формирования лимнофильных черт зоопланктона. В период становления водохранилища гидрохимические и гидрофизические характеристики водных масс значительно меняться не будут, поскольку основным источником формирования нового водохранилища останутся водные массы, поступающие из Горьковского водохранилища.

Учитывая все лимитирующие факторы развития зоопланктона в новом водохранилище, включая существенное развитие синезелёных водорослей, тем не менее, можно ожидать не меньшего, чем в настоящее время, уровня его количественного развития. Трофический статус нового водоема останется мезотрофно-эвтрофным.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA* ИЗ РАЗНЫХ ПО СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЧАСТКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г. Х. Щербина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742, Ярославская область, Некоузский р-н, пос. Борок, e-mail: gregory@ibiw.yaroslavl.ru

Основным потребителем зообентоса в Рыбинском водохранилище является: плотва, лещ, густера, ерш, молодь окуня и др. Питание бентосоядных рыб, в том числе леща, в Рыбинском водохранилище изучали с момента заполнения водоема (Ключарева, 1960). Наиболее подробно питание леща в водоеме было изучено Т.С. Житеновой (1958, 1980). В работах отмечены доминирующие в кишечниках виды и группы донных макробеспозвоночных и отсутствует весь список обнаруженных пищевых объектов. По данным автора, основным кормовым объектом леща были личинки *Chironomus plumosus* (L.). Представленный в настоящей работе материал собран осенью 2013 г. на восьми станциях Рыбинского водохранилища из траловых уловов. На каждой станции отбирали по 10 экз. леща. Лабораторная обработка собранного материала проводилась по методике, общепринятой для изучения питания рыб (Методическое пособие ..., 1974). Массу хирономид восстанавливали по ширине головной капсулы (Безматерных, Щербина, 2015), массу остальных донных макробеспозвоночных восстанавливали по таковому из бентосных проб, собранных одновременно с материалом по питанию рыб. Среднее значение общего индекса потребления (ОИП) и частного индекса потребления (ЧИП) за данный период определяли, суммируя все индексы потребления, и делили их на число исследованных рыб (Баканов и др., 1980). Всего в пищевом спектре леща обнаружено 22 вида донных беспозвоночных, из которых наиболее представлены хирономиды, моллюски и олигохеты – 9, 6 и 3 вида соответственно. Кроме того обнаружено два вида остракода и по одному виду – пиявок и ручейников. Наибольшее число видов (10) в пищевом рационе леща обнаружено на ст. 6, наименьшее (2) на ст. 1 (таблица).

Таблица. Частный (ЧИП) и общий (ОИП) индексы потребления ($^0/_{000}$) в пищевом рационе леща на различных станциях Рыбинского водохранилища

Показатель	Номер станции							
	1 (4)	2 (9)	3 (6)	4 (10)	5 (2)	6 (9)	7 (10)	8 (6)
ЧИП хирономид*	<u>19.81</u> 99.9	<u>30.39</u> 98.3	<u>36.41</u> 99.7	<u>36.05</u> 99.3	<u>0.22</u> 95.7	<u>0.36</u> 29.8	<u>25.65</u> 99.65	1.75 83.73
ЧИП моллюсков	0.01	0.49	0.00	0.26	0.01	0.24	0.00	0.17
ЧИП олигохет	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.61	0.09	0.17
Общий индекс потребления	19.82	30.91	36.46	36.31	0.23	1.21	25.74	2.01
Всего обнаружено видов	2	8	7	6	3	10	6	9

* – над чертой средние значения частного индекса потребления, под чертой % от общего индекса потребления. Станции: 1 – Коприно, 2 – Волково, 3 – Первомайка, 4 – Брейтово, 5 – Городок, 6 – Ягорба, 7 – Мякса, 8 – Любец. В скобках указано число рыб с пищей.

На чистых станциях (2–4) отмечены наибольшие значения ОИП и ЧИП хирономид. На всех станциях, где зарегистрированы максимальные величины ОИП, на долю хирономид приходилось 98.3–99.9%, основу которых составляли личинки *Ch. plumosus*. Относительно высокий ОИП и ЧИП хирономид на ст. 7 связан с тем, что в макрозообентосе данной станции более 80% биомассы приходится на личинок р. *Chironomus*. Небольшое видовое богатство и минимальное значение ОИП на ст. 3 связано с тем, что на данной станции хирономиды в составе зообентоса не обнаружены. Таким образом, на тех станциях, где доминируют личинки мотыля, ОИП и ЧИП хирономид достигает максимальных значений, что подтверждает ранее сделанный вывод Т.С. Житеновой (1980), что излюбленным кормом леща Рыбинского водохранилища являются личинки р. *Chironomus*.

К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ДНА ДОЛИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.Г. Калинин, И.А. Ковязина

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: vgkalinin@gmail.com, irinakoviazina@mail.ru

Формирование донного рельефа в искусственных водоемах происходит за счет абразионной деятельности водной массы, а также за счет твердого стока, химических и биохимических источников взвесей. Пространственное распределение наносов определяется морфометрическими особенностями и гидрологическим режимом водохранилищ (Матарзин, 2003). Для оценки особенностей распределения донных отложений в долинных водохранилищах существуют различные методы: вычисление объема обрушенного материала на береговых стационарах, расчет твердого стока, отбор проб грунта дна, повторные промеры глубин. Использование ГИС-технологий позволяет более детально провести анализ пространственно-временной динамики подводного рельефа и выполнить расчеты объемов донных отложений.

Цель работы – анализ процессов формирования рельефа дна на примере центрального участка Камского водохранилища.

Исходными данными явились материалы эхолотных промеров глубин за 1995 г., 2009 г. и 2012 г. Для того, чтобы исходные материалы за разные годы были сопоставимы нами разработан метод их предварительной обработки, включающий: географическую привязку; создание отдельных картографических слоев участков водохранилища с заполненной атрибутивной базой данных; приведение всех значений глубин к НПУ с последующим вычислением их абсолютных высот; применение одних и тех же интерполяционных методов; обеспечение точного соответствия количества и местоположения промерных точек (Калинин и Гайнуллина, 2015). Соблюдение этих требований является крайне важным условием для создания корректных цифровых моделей рельефа (ЦМР) дна и проведения сравнительного анализа.

Построенные гидрологически корректные ЦМР дна послужили основой создания модельных карт динамики донного рельефа за периоды 1995–2009 и 2009–2012 гг.

Анализ произошедших пространственно-временных изменений донного рельефа за 1995–2009 гг. показал, что на исследуемом участке преобладала тенденция к увеличению абсолютных отметок дна по направлению к старому руслу р. Камы. На севере центрального участка величина прироста донных отложений достигла максимальных значений – до 6.0 м.

За период 2009–2012 гг. наибольшая аккумуляция локализована в зоне надпойменной террасы. В южной части исследуемого участка имел место размыв: вдоль прирусловых валов он составил 0.5-1.0 м, у левого берега – 2.0-4.0 м.

Таким образом, на основе предложенного метода обработки материалов повторных съемок разных лет и применения ГИС-технологий исследована динамика процессов формирования рельефа дна центрального участка Камского водохранилища. Выявлено, что за период 1995–2009 гг. имела место тенденция к увеличению абсолютных отметок дна, а за 2009–2012 гг. преобладал процесс размыва. В целом за весь период полезный объем исследуемого участка уменьшился на 11.22%.

Список литературы

- Калинин В.Г., Гайнуллина Д.Н. Применение ГИС-технологий для исследования процессов формирования рельефа дна водохранилищ // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: тр. Междунар. науч. - практ. конф. (29-31 мая 2015 г., Пермь): в 2 т. Т. I: Гидро- и геодинамические процессы. Управление водными ресурсами / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь. – 2015. С. 31–36.
- Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ/Ю.М. Матарзин – Пермь, 2003. – 296 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
<i>К.И. Абрамова, Р.П. Токинова, С.В. Бердник, Р.Р. Шагидуллин, Л.К. Мустафина, Н.В. Шурмина, О.А. Богданова</i> ФИТОПЛАНКТОН КАЗАНСКОГО ЗАЛИВА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2017 Г.....	5
<i>М.И. Базаров</i> ПЛОТНОСТЬ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ТРАЛОВО-АКУСТИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ	6
<i>А.В. Белобородов</i> НОВЕЙШИЕ ДАННЫЕ ПО РУСЛОВЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ НИЖНЕЙ ВОЛГИ (УЧАСТОК ГРАЧИ-ЗАМБЯНЫ) ЗА ПЕРИОД 2000–2015 ГГ.....	7
<i>К.В. Беспалова, А.В. Селезнева, В.А. Селезнев</i> СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ФОСФОРА В ВОДЕ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	8
<i>С.Э. Болотов, А.В. Крылов</i> ГОМЕОСТАЗ СООБЩЕСТВ ЭКОТОНОВ МАЛЫХ РЕК И БИОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ.....	9
<i>М.Я. Борисов, Н.Ю. Тропин, А.С. Комарова</i> МОРФОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЫСТРЯНКИ РУССКОЙ (<i>ALBURNOIDES VIPUNSTATUS</i> (BLOCH, 1782)) БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	10
<i>Е.А. Боровикова, Д.П. Карабанов, А.С. Комарова, Ю.И. Малина, М.И. Малин</i> ПОПУЛЯЦИИ РЯПУШКИ (<i>COREGONUS ALBULA</i> (L.)) РЕКИ ВОЛГА И ВОДОЕМОВ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА.....	11
<i>В.Ф. Бреховских, З.В. Волкова</i> ВЛИЯНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ	12
<i>Е.С. Брызгалина, О.В. Филиппов, А.И. Кочеткова, М.С. Баранова</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ ПО ДАННЫМ ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	13
<i>Т.Н. Буркова, Н.Г. Тарасова</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА Р. СВЯЯГА ОТ ИСТОКА ДО УСТЬЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2016 Г.....	14
<i>С.В. Быкова</i> СВОБОДНОЖИВУЩИЕ ИНFUЗОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА В 2016–2017 ГГ.: СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ.....	15
<i>А.М. Визер, М.А. Дорогин</i> ЗАВИСИМОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ОТ ИЗМЕНЕНИЙ ЗООБЕНТОСА И РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)	16
<i>Л.В. Веснина</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	17
<i>Л.В. Веснина</i> УНИФИЦИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ЦИСТ РАЧКА АРТЕМИИ СОЛЕННЫХ ОЗЕР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	18
<i>А.А. Возняк</i> ЕСТЕСТВЕННЫЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	19
<i>М.В. Войнова, Д.В. Кашин, К.И. Асаева</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ.....	20
<i>И.С. Ворошилова, Е.Г. Пряничникова, Р.З. Сабитова, А.А. Прокин</i> <i>CORBICULA FLUMINEA</i> (MOLLUSCA, BIVALVIA, CORBICULIDAE) В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ.....	21
<i>Д.Е. Гаврилко, Т.В. Золотарева, В.С. Жихарев, Г.В. Шурганова</i> СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ЗАРОСЛЕЙ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ ПРИТОКОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	22
<i>М.В. Гапеева, И.И. Томилина, Р.А. Ложкина</i> ВЛИЯНИЕ Г. ЧЕРЕПОВЕЦ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ШЕКСНИНСКОГО ПЛЕСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЗА ПЕРИОД 1961–2015 ГГ.....	23
<i>В.К. Голованов, А.К. Смирнов, Н.С. Некрутов</i> ТЕМПЕРАТУРНЫЕ АДАПТАЦИИ РЫБ ВЕРХНЕЙ, СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ.....	24
<i>И.Л. Голованова, А.А. Филиппов, А.И. Аминов</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ГЛИКОЗИДАЗ РЫБ ИЗ УЧАСТКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ	25

<i>Л.В. Головатюк</i> ШИРОТНЫЙ ГРАДИЕНТ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА СРЕДНИХ И МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА НИЖНЕЙ ВОЛГИ	26
<i>Л.В. Головатюк, Т.Д. Зинченко</i> ЭКОЛОГИЯ И ПРОДУКЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ <i>PALPOMYIA</i> <i>SCHMIDTY</i> И <i>CULICOIDES</i> SP. (DIPTERA: CERATOROGONIDAE) В СОЛЕННЫХ РЕКАХ БАССЕЙНА ОЗЕРА ЭЛЬТОН.....	27
<i>А.В. Гончаров, М.Г. Гречушников, Е.Р. Кременецкая</i> ВНУТРИСУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДЕ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ	28
<i>М.Ю. Горбунов, М.В. Уманская</i> МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО В ХЕМОКЛИНЕ ОЗЕР СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ АНОКСИИ	29
<i>О.Г. Горохова, Т.Д. Зинченко</i> РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА АЛЬГОЦЕНОЗОВ ПЛАНКТОНА НЕКОТОРЫХ РЕК-ПРИТОКОВ КУЙБЫШЕВСКОГО И САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ	30
<i>В.А. Гремячих, В.Т. Комов</i> СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЦАХ РЕЧНОГО ОКУНЯ <i>PERCA</i> <i>FLUVIATILIS</i> (PERCIFORMES: PERCIDAЕ) ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА.....	31
<i>Л.Г. Гречухина, Л.Г. Корнева</i> ФИТОПЛАНКТОН КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ПРИТОКОВ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2017 Г.	32
<i>И.Л. Григорьева, А.Б. Комиссаров, Е.А. Чекмарёва</i> ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	33
<i>Д.С. Даирова, О.Г. Тарасова</i> ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ, ОСНОВАННЫХ НА СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ, С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И КАЧЕСТВА ВОДЫ ЛОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА НИЖНЕЙ ВОЛГИ	34
<i>Ю.С. Даценко, В.В. Пуклаков</i> МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ БАЛАНСА ФОСФОРА В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	35
<i>Ю.Ю. Дегбуадзе</i> ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИНВАЗИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В БАС- СЕЙНЕ ВОЛГИ.....	36
<i>Л.В. Дегтярева, Н.В. Галушкина</i> ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЭВТРОФИРОВАНИЯ НИЖ- НЕЙ ВОЛГИ.....	37
<i>А.Н. Дзюбан</i> ЦИКЛ МЕТАНА В ВОДОЕМАХ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА КАК ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	38
<i>Н.В. Думнич, Е.В. Лобуничева</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА РЕЧНОЙ ЧАСТИ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	39
<i>А.С. Дюкова, С.А. Бутенина, Ю.В. Виноградова, Т.В. Волот</i> СТРУКТУРА ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗ. КАМЕНИК КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	40
<i>О.Н. Ерина, М.А. Терешина, Е.А. Вилимович</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ	41
<i>Л.С. Ермилова</i> ДИНАМИКА УЛОВОВ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПОДРАЙОНЕ (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) С 2013 ПО 2017 ГГ.	42
<i>В.В. Жариков, С.В. Быкова, Н.Г. Тарасова</i> ВОДОРОСЛИ И ИНФУЗОРИИ ВОЛГИ И КАМЫ ДО МЕСТА ИХ СЛИЯНИЯ.....	43
<i>Н.Н. Жгарева, Е.Г. Пряничникова</i> О РАСШИРЕНИИ АРЕАЛА ОБИТАНИЯ <i>DIKEROGAMMARUS</i> <i>НАЕМОВАРНЕС</i> (EICHWALD, 1841) (AMPHIRODA: GAMMARIDAE) В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ.....	44
<i>Н.Н. Жгарева, В.В. Соловьева, А.А. Горлов, А.В. Гончаров</i> ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ БИОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЦВЕТНОСТИ ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ РЕК-ПРИТОКОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)	45
<i>В.С. Жихарев, Г.В. Шурганова</i> ЗООПЛАНКТОН НЕКОТОРЫХ ОЗЁР ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ПОЙМЫ РЕКИ КЕРЖЕНЕЦ.....	46
<i>А.Е. Жохов, М.Н. Пугачева</i> ПАРАЗИТАРНЫЕ ИНВАЗИИ РЫБ В БАССЕЙНЕ ВОЛГИ В XXI ВЕКЕ: ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ.....	47

<i>Е.А. Заботкина, Т.Б. Лапирова</i> ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЫБ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА	48
<i>Е.А. Заботкина, В.Е. Середняков, Д.Ю. Трофимов, И.С. Ягунов</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕЩА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА.....	49
<i>В.В. Законнов</i> ПРОЦЕССЫ ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА.....	50
<i>А.В. Законнова</i> ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	51
<i>Р.А. Запруднова</i> МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ИОННОЙ РЕГУЛЯЦИИ ЛЕЩА ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА.....	52
<i>Т.Д. Зинченко</i> МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОТИЧЕСКИХ ГИДРОСИСТЕМ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА	53
<i>Т.В. Золотарева, Д.Е. Гаврилко, Г.В. Шурганова</i> МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛОВРАТКИ <i>KELLICOTTIA VOSTONIENSIS</i> НЕКОТОРЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУСТЫНСКОЙ ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	54
<i>Е.Ю. Иванчева, В.П. Иванчев</i> ДИНАМИКА ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОПУЛЯЦИИ ЛЕЩА <i>AVRAMIS BRAMA</i> И ЯЗЯ <i>LEUCISCUS IDUS</i> В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ ОКИ.....	55
<i>К.В. Иващенко, Е.В. Попова</i> БИОРАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2017 Г.....	56
<i>К.Н. Ивичева, И.В. Филоненко</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗООБЕНТОСА ОЗЕРА БЕЛОЕ (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ) В XXI ВЕКЕ.....	57
<i>Ю.Г. Изюмов, Н.И. Комова</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛА ПОЗВОНКОВ У ПЛОТВЫ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	58
<i>А.М. Истомина</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА СРЕДНЕКАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	59
<i>С.Н. Казаринов, С.П. Огородов</i> ИХТИОФАУНА ШИРОКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	60
<i>В.Г. Калинин, К.Д. Микова</i> ХАРАКТЕРИСТИКА СРОКОВ ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ПЕРИОД СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ.....	61
<i>Д.П. Карабанов, Д.Д. Павлов, М.И. Базаров, Е.А. Боровикова, Ю.В. Герасимов, Ю.В. Кодухова, А.К. Смирнов, И.А. Столбунов</i> ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ РЫБ В ПРИБРЕЖЬЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ И КАМЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ ИБВВ РАН 2005–2017 ГГ.)	62
<i>Р.К. Катаев, А.Е. Минин, Д.И. Постнов, В.В. Вандышева</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ ГОРЬКОВСКОГО И ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ.....	63
<i>Н.Ю. Кириллова, А.А. Кириллов</i> ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ГЕОГЕЛЬМИНТОВ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ	64
<i>А.Б. Китаев</i> ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ОБМЕНА ВОД В КАМСКОМ И ВОТКИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	65
<i>А.Б. Китаев</i> СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ БОЛЬШЕКАМСКОГО И КИРОВСКОГО ВОДОЗАБОРОВ Г. ПЕРМИ.....	66
<i>А.А. Клевакин, В.В. Логинов, А.В. Моисеев, О.А. Морева, А.В. Бугров</i> ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РЫБ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2000-е И 2010-е ГГ	67
<i>М.И. Ковалева, Л.В. Задворнова, И.В. Карасев</i> ДИНАМИКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ Р. ВОЛГА В АКВАТОРИИ Г. ЯРОСЛАВЛЯ	68
<i>М.А. Козлова</i> МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ – ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МОСКВЫ	69
<i>А.Б. Комиссаров</i> ФИТОПЛАНКТОН ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ 2015–2017 ГГ	70
<i>А.Ф. Коновалов</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДАКА (<i>SANDER LUCIOPERCA</i>) БЕЛОГО ОЗЕРА.....	71
<i>Л.Г. Корнева</i> ФИТОПЛАНКТОН ВОЛГИ: СТРАТЕГИЯ ДИНАМИКИ РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	72

<i>Н.Г. Косолапова</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	73
<i>Д.Б. Косолапов, А.И. Копылов</i> ЗНАЧЕНИЕ ГЕТЕРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ В СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОТИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	74
<i>Е.М. Коргина</i> СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВА ПЛОСКИХ ЧЕРВЕЙ (TURBELLARIA) ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	75
<i>А.И. Кочеткова, Е.С. Брызгалкина, В.В. Самотеева, Е.П. Ракиенко, С.Л. Сиротина</i> ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕРОПРИЯТИЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	76
<i>Е.С. Кривина, Н.Г. Тарасова</i> ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ АЛЬГОФЛОРЫ ПЛАНКТОНА МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	77
<i>Е.В. Кузнецова</i> ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	78
<i>С.А. Курбатова, И.Ю. Еришов</i> ЗНАЧЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОДДЕРЖАНИИ РАЗНООБРАЗИЯ И ОБИЛИЯ ЗООПЛАНКТОНА.....	79
<i>Е.М. Курина</i> ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ МАКРОЗООБЕНТОСА ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ	80
<i>А.В. Кутузов</i> ГИС КАРТИРОВАНИЕ ПОБЕРЕЖЬЯ И МЕЛКОВОДИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ	81
<i>В.И. Лазарева, Р.З. Сабитова, Е.А. Соколова</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА В КАСКАДЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ И КАМЫ.....	82
<i>В.И. Лазарева, И.Э. Степанова, А.И. Цветков, Е.Г. Пряничникова, С.Н. Перова</i> ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ И КАМЫ ДЛЯ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА	83
<i>Е.Е. Латина</i> ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШОШИНСКОГО ПЛЕСА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	84
<i>Т.Б. Лапирова, Е.А. Заботкина</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КАРТИНЫ КРОВИ ЛЕЩА (<i>ABRAMIS BRAMA L.</i>) ПРИ ПЕРВОМ ОБНАРУЖЕНИИ ЗАРАЖЕНИЯ РЫБ ТРИПАНОСОМАМИ В УГЛИЧСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ.....	85
<i>Н.В. Левашина</i> СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ СУДАКА В ДЕЛЬТЕ ВОЛГИ.....	86
<i>А.С. Литвинов, А.В. Законнова</i> ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В 2001–2016 ГГ.	87
<i>В.В. Логинов</i> ТРОФИЧЕСКИЙ СТАТУС ГОРЬКОВСКОГО И ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ В ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ПЕРИОДЫ 2005–2017 ГГ	88
<i>Д.В. Ломова, Е.Р. Кременецкая, В.А. Ломов</i> РЕЖИМ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД	89
<i>Е.Н. Медянцева, А.В. Тютин</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ДВУХ ВИДОВ CLADOCERA В РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ИОННОМУ СОСТАВУ ВОДЫ И ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МАЛЫХ ВОДОЕМАХ.....	90
<i>А.В. Мельникова</i> СОСТОЯНИЕ ЗООБЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА НА МЕЛКОВОДНЫХ УЧАСТКАХ ВЕРХОВИЙ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2016 Г.	91
<i>В.Р. Микряков, Н.И. Силкина, Л.В. Балабанова</i> РЕАКЦИЯ ИММУНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ГОМЕОСТАЗА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА НА МНОГОФАКТОРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ	92
<i>В.Р. Микряков, Н.И. Силкина, Д.В. Микряков</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПОПУЛЯЦИОННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛЕЩА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ФЕНОТИПАМ ЭРИТРОЦИТАРНОГО АНТИГЕНА.....	92
<i>В.Р. Микряков, Н.И. Силкина, А.В. Попов</i> ВЛИЯНИЕ ТЕПЛЫХ ВОД КОНАКОВСКОЙ И КОСТРОМСКОЙ ГРЭС НА ИММУНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ РЫБ.....	93
<i>И.С. Микрякова, А.И. Копылов, Д.Б. Косолапов</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА, БИОМАССЫ И ПРОДУКЦИИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ГОРЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	94

<i>Н.М. Минеева</i> ПИГМЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ТЕНДЕНЦИИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ	95
<i>Р.А. Михайлов, Е.В. Грантина</i> ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАЛАКОФАУНЫ В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ РЕКИ САМАРА.....	96
<i>Р.А. Михайлов</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ В РЕКЕ БОЛЬШОЙ КИНЕЛЬ	97
<i>О.А. Морева, Т.В. Кривдина, В.В. Логинов, А.В. Моисеев, М.А. Предвижкин</i> ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ СТАРИЦ РЕКИ КЕРЖЕНЕЦ	98
<i>Н.О. Науменко, А.В. Новиков, О.В. Сумарукова</i> ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗМОЖНОГО ПРОРЫВА ПЛОТИНЫ НА РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	99
<i>Т. В. Никитина, И. А. Дружинина, В. А. Нечаева</i> РЕСНИЧНЫЕ ИНФУЗОРИИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД РЕКИ ВОЛХОВ	100
<i>Н.Г. Отюкова</i> ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА БАЗЕ ИБВВ	101
<i>В.В. Павлова</i> СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ГЛУБОКОВОДНОГО ЭКОТИПА <i>DREISSENA ROSTRIFORMIS BUGENSIS</i> (MOLLUSCA: BIVALVIA) В ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ.....	102
<i>С.А. Поддубный, Е.Н. Соколова</i> ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАЩИЩЕННЫХ МЕЛКОВОДИЙ ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ	103
<i>С.А. Поддубный, Е.В. Чемерис, А.В. Кутузов, А.А. Бобров</i> ЗАРАСТАНИЕ МЕЛКОВОДИЙ ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ: ОСОБЕННОСТИ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ДИНАМИКА.....	104
<i>В.Н. Подшивалина</i> ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ НА УЧАСТКАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРИТОКОВ.....	105
<i>Е.Г. Пряничникова, С.Н. Перова</i> ДРЕЙССЕНИДЫ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ	106
<i>И.Л. Пырина, А.С. Литвинов</i> РОЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОДНЫХ МАСС В ЖИЗНИ ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ФОРМИРОВАНИИ ФИТОПЛАНКТОНА РАЗНЫХ ВОДОЕМОВ.....	107
<i>Л.В. Разумовский, В.Л. Разумовский</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ПРОПОРЦИЙ В ФИТОПЛАНКТОННЫХ КОМПЛЕКСАХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	108
<i>А.В. Рахуба, Л.Г. Тихонова</i> ФОРМИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ФОСФОРНОЙ НАГРУЗКИ В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ.....	109
<i>О.С. Решетняк</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ НИЖНЕЙ ВОЛГИ: АНТРОПОГЕННОЕ ЭВТРОФИРОВАНИЕ ИЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГРЕСС.....	110
<i>Т.О. Ронжина, Г.А. Романенко, И.Ю. Теряева, Д.Г. Елизарьев</i> ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ БУРЛИНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ.....	111
<i>Ю.М. Ротарь</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПЕРИФИТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ.....	112
<i>А.С. Сажнев, Д.Г. Селезнёв</i> ОКОЛОВОДНЫЕ СООБЩЕСТВА ЖЕСТКОКРЫЛЫХ С УЧАСТИЕМ НЕТЕРОСЕРИДАЕ (COLEOPTERA) И ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОЙ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ВИДОВ В НИХ НА СЕВЕРЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ.....	113
<i>Е.Г. Сахарова</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА И ХЛОРОФИЛЛА <i>a</i> ОЗ. ПЛЕЩЕЕВО В 2014–2016 ГГ.	114
<i>Ю.А. Северов</i> ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЛИЧИНОК РЫБ В ПРИБРЕЖЬЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	115
<i>В.А. Селезнев, В.В. Жариков, А.В. Рахуба, Ю.М. Ротарь, А.В. Селезнева, Н.Г. Тарасова, О.В. Мухортова, М.В. Уманская, Н.Г. Шерешева, Л.Г. Тихонова, К.В. Беспалова</i> КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2017 Г.	116

<i>А.В. Селезнева, К.В. Беспалова, В.А. Селезнев</i> ПИТЬЕВОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ	117
<i>И.В. Семадени, Н.М. Минеева</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ПЕРИОД ЛЕТНЕГО МАКСИМУМА ФИТОПЛАНКТОНА.....	118
<i>Л.Е. Сигарева, Н.М. Минеева, Н.А. Тимофеева, Н.Ю. Метелева, Т.Г. Коренева</i> ХЛОРОФИЛЛ В ИЗУЧЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПРЕСНОВОДНОЙ И МОРСКОЙ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ОХОТСКОГО МОРЯ)	119
<i>М.В. Сиротина, Д.С. Осипова, Е.А. Яничева</i> ЗООПЛАНКТОН ЗООГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ МАЛЫХ РЕК ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМ. М.Г. СИНИЦЫНА.....	120
<i>Д.И. Соколов, О.Н. Ерина</i> ОЦЕНКА ВНЕШНЕЙ ФОСФОРНОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОЕМ ПРИ РАЗНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДАННЫМИ	121
<i>А.С. Соколова, Д.В. Микряков, С.В. Кузьмичева</i> ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ <i>DREISSENA POLYMORPHA</i> И <i>D. BUGENSIS</i> , ОБИТАЮЩИХ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛГИ.....	122
<i>Е.А. Соколова</i> СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2005–2016 ГГ.....	123
<i>В.В. Соловьева, Л.Г. Корнева, О.С. Макарова</i> МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ САПРОБНОСТИ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ФИТОПЛАНКТОНУ.....	124
<i>Ю.И. Соломатин</i> ПЛОТНОСТЬ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 1980-е И 2010-е ГГ.....	125
<i>Е.Э. Сони́на, Е.А. Зотова, С.Н. Макаров, Л.В. Гузеева, А.С. Пудовкина</i> ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЛАНИРУЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА.....	126
<i>Н.М. Сухих, В.И. Лазарева, В.Р. Алексеев</i> <i>EURYTEMORA CASPICA SUKNIKH ET ALEKSEEV</i> В БАССЕЙНЕ РЕКИ ВОЛГИ.....	127
<i>Б.Л. Сухоруков, Н.В. Решетняк, Г.Е. Ковалёва</i> ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ФИКОЦИАНИНА ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ И ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	128
<i>К.В. Сучкова</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ РЕЧНОГО СТОКА ДЛЯ ВОДОСБОРА МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	129
<i>Н.Г. Тарасова, Т.Н. Буркова</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ	130
<i>О.Г. Тарасова, В.Ф. Зайцев</i> БИОРАЗНООБРАЗИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА НИЗОВЬЕВ РЕКИ ВОЛГИ НА ФОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	131
<i>В.О. Татарников</i> СТОК ПЕСТИЦИДОВ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ.....	132
<i>Т.А. Тележникова, Ю.А. Северов</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ЛЕЩА (<i>ABRAMIS BRAMA</i>) НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УЧЕТНЫХ СЪЕМОК В 2017 Г.....	133
<i>В.Г. Терещенко, Л.И. Терещенко</i> ИЗМЕНЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ РОСТА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ СНЕТКА И ТЮЛЬКИ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВОЛГИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ ВОДОЕМА.....	134
<i>Н.А. Тимофеева, Л.Е. Сигарева, В.В. Законнов</i> РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКОГО КАСКАДА	135
<i>Н.Ю. Тропин</i> МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЧНОГО ОКУНЯ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	136
<i>М.В. Уманская, И.С. Орлова, Е.С. Ксранова</i> БАКТЕРИОПЛАНКТОН КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (1957–2017 ГГ.).....	137
<i>Е.И. Филинова</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА НИЖНЕЙ ВОЛГИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	138
<i>И.В. Филоненко, К.Н. Ивичева</i> ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООБЕНТОСА ОЗЕРА БЕЛОГО ЗА ВРЕМЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	139

<i>Л.Ю. Халиуллина, И.И. Халиуллин</i> МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2017 г.....	140
<i>А.И. Цветков, М.В. Цветкова</i> ПРИТОЧНОСТЬ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА В ПЕРИОД ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ВОДНОСТИ 2017 Г.....	141
<i>Е.М. Целищева</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	143
<i>Р.Р. Шагидуллин, Д.В. Иванов, Н.В. Шурмина, Л.К. Мустафина, О.А. Богданова, Ф.М. Абдуллина</i> ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ КАЗАНКА С УЧЕТОМ ВЕЩЕСТВ ДВОЙНОГО ГЕНЕЗИСА.....	144
<i>Ф.М. Шакирова</i> ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	145
<i>С.И. Шапоренко, А.Г. Георгиади</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОДОСБОРЕ ВОЛГИ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТЬЕВОЙ ЗОНЫ И ВЫНОС ВЕЩЕСТВ.....	146
<i>Е.А. Шашуловская, С.А. Мосияш, И.Г. Филимонова, Л.В. Гришина, Е.Г. Кузина, О.В. Шашуловская</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	147
<i>Н.Г. Шерышева, А.В. Рахуба</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ ГРУПП БАКТЕРИОБЕНТОСА В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ.....	148
<i>Г.В. Шурганова, И.А. Кудрин, Д.Е. Гаврилко, В.С. Жихарев, Т.В. Золотарева</i> МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	149
<i>Г.Х. Щербина</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ ЛЕЩА <i>ABRAMIS BRAMA</i> ИЗ РАЗНЫХ ПО СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЧАСТКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	150
<i>В.Г. Калинин, И.А. Ковязина</i> К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ДНА ДОЛИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	151