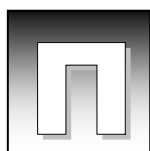




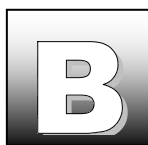
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина
Министерство природных ресурсов Российской Федерации
Научный совет по гидробиологии и ихтиологии РАН
Гидробиологическое общество РАН
Межведомственная Ихтиологическая комиссия



КТУАЛЬНЫЕ



РОБЛЕМЫ



ОДОХРАНИЛИЩ

тезисы докладов

**БОРОК
2002**

УДК [574.5+556.53+556.55](282.247.41)

Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 02-04-58101 г

Актуальные проблемы водохранилищ. Всероссийская конференция с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. 29 октября – 3 ноября 2002 г., Борок, Россия: Тез. докл. – Ярославль, 2002. – 360 с.

Urgent Problems of Reservoirs. All-Russian conference with the participation of foreign specialists. 27 October – 3 November, 2002, Borok, Russia: Abstracts. – Yaroslavl, 2002. – 360 p.

Научные редакторы:

Е.И. Извеков, А.С. Литвинов, В.К. Голованов

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Павлов Д.С., академик РАН, ИПЭЭ РАН
Генкал С.И., д.б.н., ИБВВ РАН
Алимов А.Ф., академик РАН, ЗИН РАН
Розенберг Г.С., член-корреспондент РАН, ИЭВБ РАН
Моисеенко Т.И., член-корреспондент РАН, ИВП РАН
Романенко В.Д., академик НАН Украины, Институт гидробиологии НАН Украины
Литвинов А.С., д.г.н., ИБВВ РАН
Голованов В.К., к.б.н., ИБВВ РАН
Вирбицкас Ю.Б., габил. др., Литва
Банах М.Т., габил. др., Польша
Беднарук С.Е., к.т.н., начальник управления МПР РФ
Сабуров Е.Г., Комитет природных ресурсов по Ярославской области
Черняев А.М., д.т.н., РОСНИИВХ
Асарин А.Е., д.т.н., АО Гидропроект
Авакян А.Б., д.г.н., ИВП РАН
Кудерский Л.А., д.б.н., Институт озераведения РАН
Никаноров С.И., д.б.н., МИК
Горелов В.К., к.б.н., МИК
Эдельштейн К.К., д.г.н., МГУ
Косов В.И., д.т.н., Тверской ГУ
Фенева И.Ю., к.б.н., ИПЭЭ РАН
Копылов А.И., к.б.н., ИБВВ РАН
Комов В.Т., д.б.н. ИБВВ РАН
Корнева Л.Г., к.б.н., ИБВВ РАН
Извеков Е.И., к.б.н., ИБВВ РАН

© Институт биологии внутренних вод РАН, 2002

МНОГОЛИКИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА – ФЕНОМЕН XX ВЕКА

А.Б. Авакян

*Институт водных проблем РАН, Москва, Россия,
avakian@aqua.laser.ru*

1. Научные, технические, социально-экономические и экологические изменения, произошедшие в XX столетии, нарушили спокойный, размеренный, поступательный ход развития предыдущих веков. XX век с полным основанием может получить десятки эпитетов – ядерный, компьютерный и т.д., – но вместе с тем и с полным основанием может быть назван веком грандиозного преобразования природы, и в первую очередь гидрографической сети. Многие крупнейшие речные системы – Волга, Днепр, Ангара, Колумбия, Миссури, Теннесси, Парана и сотни других – превращены в каскады водохранилищ.
2. Хотя первые водохранилища появились около 4 тыс. лет тому назад и использовались для самых различных целей – ирригации, борьбы с наводнениями, получения механической энергии и т.п., – в различные периоды истории их создание было локальным, а функционирование, как правило, недолговечным из-за разрушения плотин землетрясениями, завоевателями или же просто вследствие их заиления наносами. За редким исключением, это были небольшие водохранилища на малых водотоках, не ставившие перед их создателями каких-либо экологических и социально-экономических проблем.
3. XX век коренным образом нарушил привычный ход истории. Общий объем водохранилищ возрос более чем в 450 раз. Создание более 60 тыс. водохранилищ привело на земном шаре к преобразованию природных условий на территории равной 700 тыс. км² и к изменению инфраструктуры в связи с переселением людей и переустройством хозяйства на территории в 1.5 млн. км². Водохранилища явились не только «ключом» к решению многих хозяйственных проблем, но одновременно и «фокусом» противоречий как между целью их создания, так и негативными последствиями в природе и хозяйстве. Немало конфликтов возникло между отдельными водопользователями и водопотребителями из-за противоречивых требований к режиму использования накопленной воды.
4. Подготовка ложа водохранилищ, его заполнение, эксплуатация водохранилищ потребовали осуществления широкомасштабных научно-исследовательских работ, которые условно могут быть разделены на три группы. В первую группу мы включаем исследование изменений гидрологических, гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических условий, а также изучение воздействия водохранилищ на подтопление,

переформирование берегов, всплывание торфяников, изменение почвенного покрова, растительности, животного мира, микроклиматических условий и т.п. Во вторую группу – исследование влияния водохранилищ на земельные ресурсы, качество воды, экономические, социальные и экологические условия жизнедеятельности населения. К третьей группе мы относим исследования взаимосвязей отдельных компонентов вод суши с окружающей средой и выявление качественных и количественных закономерностей трансформации этих взаимосвязей во времени, в зависимости от динамики экосистем в различных природных и техногенных условиях. Из сказанного вытекает, что исследование водохранилищ как элемента окружающей среды требует проведение фундаментальных работ по созданию теории развития водных экосистем, их продуктивности и качества воды в условиях зарегулирования стока речных бассейнов.

5. С момента заполнения крупных водохранилищ всеми указанными проблемами занялись научные сотрудники академических организаций – Института географии и специально созданных для этой цели в системе РАН Институты биологии внутренних вод и водных проблем, а в последствии и Института экологии Волжского бассейна. Большой вклад внесли сотрудники ряда университетов, и в первую очередь Московского, Пермского, Казанского, Санкт-Петербургского, Горьковского, Тверского, Саратовского, а также других учебных и научно-исследовательских учреждений.
6. Единой точки зрения на проблему улучшения ситуации в бассейнах зарегулированных рек нет. Имеющиеся предложения могут быть подразделены на три группы: 1) отказаться от создания новых водохранилищ и спустить (ликвидировать) эксплуатируемые; 2) пересмотреть (в сторону снижения) отметки существующих водохранилищ; 3) всемерно улучшить проектирование, подготовку и эксплуатацию водохранилищ, обратив особое внимание на экологизацию всего процесса их создания и эксплуатации. Углубленные проработки первых двух предложений показали их полную несостоятельность, поскольку спуск водохранилищ, не решая никаких экологических и хозяйственных проблем, приведет к полному разрушению сложившейся системы водоснабжения и водоотведения, электроснабжения, транспорта и тем самым резко ухудшит экологическую, социальную и экономическую ситуации. Единственным способом улучшения положения в бассейнах зарегулированных рек является всемерное совершенствование всех технологических звеньев проектирования, подготовки и эксплуатации водохранилищ, а также воплощение в жизнь предлагаемой нами концепции рационального использования водохранилищ в условиях растущего антропогенного воздействия. Концепция состоит из трех взаимосвязанных элементов: 1) утверждение ста-

туса водохранилища как биogeосистемы, главное назначение которой – производство воды надлежащего качества для обеспечения нормального функционирования как водных, так и наземных экосистем; 2) экосистемный подход как на водохранилище, так и на водосборе, в особенности в пределах водоохранной зоны, ко всем видам хозяйственной деятельности; 3) осуществление районирования и планировки акваторий и береговых зон водохранилищ в целях улучшения их структурной организации и оптимального обустройства. Проведенные исследования дают основание считать, что решение проблемы рационального использования водохранилищ только экономическими, техническими и юридическими средствами не дало и не может дать должных результатов. Поэтому важной составной частью концепции рационального использования водохранилищ и водных ресурсов в целом должно стать экономическое осмысление всех составляющих элементов культуры в самом широком смысле этого слова, в первую очередь таких, как мораль и нравственность.

7. К основным достижениям российских ученых следует отнести: 1) осуществление системной оценки создания водохранилищ в XX веке в масштабе земного шара, отдельных континентов и стран; 2) разработку системной оценки экологических, социальных и экономических последствий создания водохранилищ и их влияния на окружающую среду; 3) систематизацию, анализ и критическое рассмотрение предлагаемых подходов к решению проблемы улучшения экологической ситуации в бассейнах рек, зарегулированных водохранилищами; 4) разработку и обоснование концепции рационального использования водохранилищ в условиях растущего антропогенного пресса; 5) исследование и прогноз взаимодействия крупных зарегулированных речных систем с окружающей средой и обоснование направлений их эффективного использования; 6) исследование и прогноз воздействия измененных гидрогеологических условий на окружающую среду; 7) исследование и прогноз закономерностей развития экологически дестабилизированной наземной среды при антропогенных изменениях гидрологического и гидрогеологического режимов вод суши; 8) изменение природных условий Каспийского и Азовского морей под влиянием зарегулирования стока на их гидрофизический, гидрохимический и гидробиологический режимы; 9) детальные исследования гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических процессов на отдельных водохранилищах и их каскадах.

Несомненно, что все указанные работы должны быть продолжены, расширены и углублены. Представляется целесообразным создать творческий коллектив из представителей институтов Российской академии наук, ведущих университетов и ведомственных НИИ страны, внесших наиболь-

ший вклад в исследование водохранилищ и их воздействия на окружающую среду, для создания полноценной монографии по этой теме.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕНТОФАУНЫ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М.С. Алексеевнина¹, Н.М. Гореликова¹, А.М. Каган²

¹ Пермский государственный университет, Пермь, Россия

² Пермское отделение ГосНИОРХ, Пермь, Россия, annamk@narod.ru

В процессе формирования бентофауны Камского водохранилища можно выделить несколько этапов, примерно соответствующих таковым в волжских водохранилищах. В первые годы существования водохранилища (1954–1957) зафиксирована максимальная летняя биомасса зообентоса (6.9 г/м^2), причем 80% ее обеспечивалось развитием личинок хирономид, и прежде всего видами р. *Chironomus*. Это был этап «временного биоценоза» и повышенной продуктивности донных сообществ.

В последующие годы (1958–1964) биомасса зообентоса снизилась в 4 раза и достигла минимума (1.5 г/м^2), что соответствует этапу обеднения донной фауны – олиготрофии. На втором этапе в бентофауне водоема увеличивается значение олигохет, которые составляют 46–47% всей биомассы. Так же велико значение хирономид (25.9–40%), наименьшее развитие получают моллюски (6.7–20.6%).

В третий период (с 1965 г. до начала 80-х годов) формируются донные сообщества с преобладанием олигохет (до 70% биомассы), при этом биомасса зообентоса увеличивается до $4.3\text{--}4.8 \text{ г/м}^2$. В конце 70-х гг. в бентофауне водохранилища возросло значение моллюсков, главным образом *Sphaeriidae*.

С начала 80-х годов в бентофауне Камского водохранилища происходят дальнейшие изменения. К 1985–1987 гг. общая биомасса зообентоса увеличилась до 12.8 г/м^2 , главным образом за счет развития крупных моллюсков, которые составили 70–90% всей массы. В то же время кормовая биомасса бентофауны снизилась и составила 2.25 г/м^2 (среднесезонная) и 1.57 г/м^2 (летняя). Ведущую роль в кормовой биомассе играют личинки хирономид (35–50%) и олигохеты (20–40%). Летом 1993 г. кормовая биомасса зообентоса еще более уменьшилась (1.05 г/м^2), но при этом на отдельных участках водохранилища крупные моллюски (*Unio*, *Dreissena*) обеспечили высокие биомассы (до 96.4 г/м^2 в центральном районе).

Исследования зообентоса осенью 2001 г. показали, что в донных сообществах водохранилища в течение 90-х гг. произошли значительные перестройки. Так, в олигохетофауне преобладающее развитие получили

Naididae, которые раньше отмечались крайне редко. В водохранилище широкое распространение получил типичный для р. Камы псаммофильный вид *Propappus volki*, доминантом среди тубифицид стал *Potamothrix hammoniensis*. Среди моллюсков широкое распространение получил *Dreissena polymorpha*. Средняя общая биомасса донных животных осенью 2001 г. составила 7.0 г/м², кормовая – 2.3 г/м². По-прежнему низкие величины кормовой биомассы наблюдаются в центральном и приплотинном районах Камского водохранилища (1.6–1.4 г/м²). В верхнем районе, наоборот, нами отмечено значительное увеличение как видового разнообразия бентофауны, так и его биомассы (3.8 г/м² – кормовая, 15.3 г/м² – общая). Следует отметить, что в 2000–2001 гг. в верхнем районе Камского водохранилища ихтиологом Д. Комаровым был трижды обнаружен мхнаторукий китайский краб *Eriocheir sinensis*, отмеченный ранее в волжских водохранилищах. При этом наряду с двумя взрослыми особями был зафиксирован один «малыш», что позволяет выдвинуть предположение о размножении крабов ниже г. Березники.

Анализ многолетней динамики развития зообентоса в Камском водохранилище свидетельствует, что период относительной стабилизации донных сообществ, наблюдавшийся с конца 60-х до начала 80-х годов, когда уровень развития бентофауны позволял отнести водохранилище к мезотрофному типу, сменился периодом увеличения общей биомассы зообентоса из-за широкого распространения *D. polymorpha* и других крупных моллюсков, но при этом величина кормового зообентоса снижается до уровня олиготрофных водоемов.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БЕНТОФАУНЫ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М.С. Алексеевнина¹, А.М. Каган²

¹ Пермский государственный университет, Пермь, Россия

² Пермское отделение ГосНИОРХ, Пермь, Россия, annamk@narod.ru

В августе 2000 г. после 10-летнего перерыва Пермским отделением ГосНИОРХ было проведено детальное исследование бентофауны Воткинского водохранилища. Во время экспедиционного рейса было собрано 79 проб. Анализ материала позволил зарегистрировать 93 вида гидробионтов. Наибольшее разнообразие, как и в других волжских водохранилищах, обеспечили личинки хирономид (50 видов), олигохеты (19 видов) и моллюски (15 видов). Остальные группы животных (амфиподы, изоподы, личинки ручейников) представлены единичными видами и отмечены в небольшом количестве. Видовое разнообразие гидробионтов значительно уменьшается с продвижением от верхнего района водохранилища к нижнему. Так, в верхнем районе зарегистрировано 79 видов донных животных, в центральном – 36, в приплотинном – 12.

Плотность поселений донных животных в верхнем районе водохранилища невелика (813 экз./м²), но общая биомасса зообентоса составила 52.5 г/м², что обусловлено широким распространением двустворчатых моллюсков, и прежде всего *Dreissena polymorpha*. Являясь мощным биофильтром, *D. polymorpha* интенсифицирует процессы биологического самоочищения воды, и при этом кормовое значение зообентоса снижается. Биомасса кормовой части бентофауны, основными компонентами которой являются олигохеты, личинки хирономид и мелкие *Sphaeriidae*, невелика – 1.34 г/м². Доминантными видами среди хирономид являются *Limnochironomus tritonus*, *L. nervosus*, *Polypedilum nubeculosum*, *P. bicrenatum* и *Monodiamesa bathyphila*, из олигохет – *Limnodrilus hoffmeisteri*.

В бентофауне центрального района водохранилища крупные моллюски отсутствовали, и биомасса зообентоса составила 1.55 г/м² при численности 1272 экз./м². Ее величину практически в равных количествах обеспечили олигохеты (0.56 г/м²), личинки хирономид (0.47 г/м²) и мелкие моллюски (0.45 г/м²). В доминантный комплекс донных сообществ вошли виды, указанные для верхнего района водохранилища

В приплотинном районе водохранилища средняя биомасса зообентоса составила 1.92 г/м² благодаря массовому развитию личинок хирономид (90% биомассы), главным образом *Glyptotendipes barbipes*. Кроме хирономид, в нижнем районе незначительное развитие (10%) получают олигохеты, среди которых доминирует *Tubifex tubifex*.

Средняя биомасса зообентоса для всего Воткинского водохранилища в 2000 г. оказалась равной 18.9 г/м^2 , кормовая – 1.56 г/м^2 , 39.3% ее составляют личинки хирономид, 32.8% мелкие моллюски, 14.7% олигохеты и 12.3% представители прочих групп, значение которых по сравнению с прошлыми годами значительно возросло.

Многолетняя динамика зообентоса Воткинского водохранилища свидетельствует о неуклонном нарастании в водоеме численности и биомассы двустворчатых моллюсков, главным образом *D. polymorpha*. Биомасса кормового зообентоса неуклонно снижается, особенно значительно в последние годы. Так, средняя многолетняя биомасса зообентоса для 70-х гг. составила 12.5 г/м^2 , для 80-х гг. – 4.0 г/м^2 , в период с 1988 по 2000 гг. – 1.7 г/м^2 . Такие изменения бентофауны Воткинского водохранилища обусловлены уменьшением в зообентосе доли олигохет. Уровень развития кормовой бентофауны (мягкого зообентоса) в последние годы позволяет считать Воткинское водохранилище малопродуктивным, что, по нашему мнению, определяет его низкое рыбохозяйственное значение.

ИХТИОФАУНА РЕКИ БУРЕИ И ЕЕ ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СВЯЗИ С СОЗДАНИЕМ ВОДОХРАНИЛИЩА БУРЕЙСКОЙ ГЭС

А.Л. Антонов

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия,
antonov@ivep.khv.ru*

Река Бурея является одним из крупнейших левых притоков Амура, имеет длину 623 км и площадь водосбора 70.7 тыс. км² (Мордовин, 1996). В настоящее время в нижнем течении реки завершается строительство Бурейской ГЭС и будет создано водохранилище протяженностью около 230 км, заполнение которого начнется весной 2003 г. Ихтиофауна Буреи до недавнего времени была практически не исследована. Отдельные фрагментарные сведения о ней имеются в работах Л.С. Берга (1948) и Г.В. Никольского (1956). Некоторые данные о рыболовстве в бассейне реки (в ее верхнем течении) приведены в работе М.Д. Семенова-Тяньшанского (1934). Автором в период с 1993 по 2001 гг. были выполнены ихтиологические обследования верхней части бассейна на участке от истоковлевой и Правой Буреи до устья р. Тырма.

Всего установлено обитание 25 видов рыб и одного вида круглоротых.

Состав ихтиофауны в целом сходен с таковым других крупных горных рек бассейна Амура, однако имеет ряд отличий. Своеобразие и уникальность ихтиофауне придает наличие разнообразных форм лососевидных

рыб. В пределах обследованного участка реки обитают три морфологически различающихся, симпатричных и репродуктивно изолированных хариуса: амурский хариус *Thymallus grubei*, «крупночешуйный» *Thymallus* sp. 1 и нижеамурский *Thymallus* sp. 2 (Антонов, 1999, 2001). Кроме того, в горном озере Корбохон в истоках Лево́й Буреи в 1996 г. обнаружена, вероятно, изолированная популяция необычного «большеглазого» ленка, имеющая ряд отличий от ленков, населяющих реку.

Интерес представляет также факт поймки одного половозрелого экземпляра калуги близ устья р. Верхний Мельгин (~100 км выше плотины ГЭС).

Основу населения рыб в русле Буреи и крупных притоков летом составляют голяны – Лаговского и обыкновенный, молодь хариусов, ленки – тупорылый и острорылый, пестроногий подкаменщик, голец сибирский. Встречаются таймень, пескарь, налим, шиповка, щука амурская. Редки два вида сигов и чебак. В малых реках и ключах основу населения составляют хариусы, оба вида ленков, голец и подкаменщик. На зиму все виды уходят в главное русло Буреи и крупных притоков. В пойменных озерах доминируют голян озерный, ротан, вьюн амурский, шиповка. В некоторых крупных озерах встречается щука амурская. Редки карась серебряный и горчак.

В результате создания водохранилища резко сократится численность лососевидных рыб – хариусов, ленков, тайменя, сигов. Популяции, обитающие в малых водотоках, будут изолированы, что приведет к сокращению их численности. По аналогии с Зейским водохранилищем (Головко, Себин, 1978), в первые несколько лет после заполнения водохранилища предполагается увеличение численности голянов Лаговского и озерного, щуки и карася.

Практически будет уничтожена буреинская часть зейско-буреинской популяции калуги, включенной в Красные книги РФ (2001 г.) и мира.

Таким образом, в результате создания водохранилища сократится видовой состав и изменится структура населения рыб.

В качестве мер, компенсирующих влияние водохранилища, предлагается организация охраняемой природной территории и введение ряда ограничений рыболовства.

МОЛЛЮСК *DREISSENA* И БОРЬБА С ОБРАСТАНИЯМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

П.И. Антонов

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия,
ecolog@attack.ru, star@infopac.ru

Из двустворчатых моллюсков, обитающих в водах Волжского бассейна, наиболее массовым видом до недавнего времени была *Dreissena polymorpha* Pall. Еще в молодом возрасте, на стадии оседающего велигера (в среднем длиной 0.2 мм), моллюск с помощью биссусных нитей плотно прикрепляется к всевозможным субстратам, выступающим над поверхностью дна водоема, и ведет сидячий образ жизни. Растут моллюски довольно интенсивно и к концу вегетационного периода сеголетки могут достигать длины 12 мм и более (Кирпиченко и др., 1962; Дрейссена..., 1994). В результате этих биологических особенностей дрейссена образует мощные обрастания в виде щеток, друз и гроздей, состоящие из разновозрастных особей.

В водоеме обрастания дрейссены создают благоприятные условия для обитания многих беспозвоночных животных, а сам моллюск, обладая способностью фильтровать воду, играет существенную роль в процессах самоочищения водоемов. Кроме того, дрейссену потребляют многие виды рыб и некоторые водоплавающие птицы.

Иное отношение к дрейссене возникает у человека при попадании ее на гидросооружения и различного рода системы водоснабжения, где она создает биопомехи при их эксплуатации, а в некоторых случаях может привести к аварийной ситуации.

Разработка способов и поиск реагентов для борьбы с обрастаниями дрейссены начали осуществляться еще в XIX веке, но наиболее интенсивно эти исследования проводятся с начала второй половины XX века, когда на реках Европейских стран и Европейской части СССР было широко развернуто гидростроительство. На Волге одними из первых в подобные работы включились сотрудники Куйбышевской станции ИБВВ АН СССР (ныне ИЭВБ РАН): Н.А. Дзюбан, М.Я. Кирпиченко, С.М. Ляхов и В.П. Михеев. В результате всесторонних исследований биологии, экологии моллюска и технологических особенностей того или иного гидросооружения (Дзюбан, 1965; Ляхов, 1965) ими был создан метод, названный «методом оптимальных периодов» (Дзюбан, Кирпиченко, 1971, 1972). Суть его состоит в том, что не бессистемно и постоянно, а периодически и кратковременно, 2–3 раза в вегетационный период, дрейссену уничтожают реагентом, соответствующим технологическим особенностям предпри-

ятия. Частота применения реагента рассчитывается на основании темпа роста ранних стадий развития моллюска в данных экологических условиях (Кирпиченко, 1965). Пожалуй, до настоящего времени это единственный метод борьбы с обрастаниями дрейссеной, отвечающий определению «метод». Разработка его проводилась с тем условием, что предприятия ежегодно должны осуществлять, по составленным для них рекомендациям, меры профилактики от возникновения обрастаний моллюска, чтобы избежать его мощных многолетних образований, затраты на ликвидацию которых будут очень велики.

В последних публикациях, где в концентрированном виде представлены данные по устранению помех от обрастаний дрейссеной на гидросооружениях – в коллективной монографии «Дрейссена: систематика, экология, практическое значение» (1994, гл. 12) и обзорной статье Т.А. Харченко (1995), – этот метод не нашел должного отражения. В указанных источниках речь, скорее, идет не о методах (способах), как таковых, а о средствах (реагентах), при действии которых дрейссена погибает.

В настоящее время в Волге обитает еще один вид дрейссен – *Dreissena bugensis* (Andr.). Здесь он занял определенную нишу, потеснив аборигена – полиморфную дрейссену, – но его биологические и экологические характеристики еще слабо изучены, не только в новых условиях вод Волжского бассейна, но и в материнских водах (Журавель, 1965). Поэтому проблема обрастаний дрейссеной волжских гидросооружений остается актуальной и по сей день. Для ее решения необходимо развернуть разностороннее и углубленное изучение нового вида моллюсков.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ИЗУЧЕНИЯ РОСТА МОЛЛЮСКОВ РОДА *DREISSENA*

П.И. Антонов

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия,
ecolog@attack.ru, star@infopac.ru

Изучением роста моллюсков рода *Dreissena*, в основном вида *Dreissena polymorpha* Pall., занимались многие исследователи, что нашло отражение в коллективной монографии «Дрейссена: систематика, экология, практическое значение» (1994, гл. 9). Одним из методов изучения роста дрейссены, указанных в этой работе, является метод подсчета годовых колец на раковине моллюска. Многие специалисты свидетельствуют о значительных затруднениях в определении годовых колец нарастания (Кирпиченко, 1965; Morton, 1969; Wiktor, 1969; Львова, 1980; Каратаев, 1983; и др.). Относительно высокой точности здесь можно достичь при достаточно боль-

шом опыте работы. Образно говоря – «набить глаз». Несмотря на имеющиеся сложности, необходимо все же подробнее остановиться на применении данного метода, тем более что частично этот вопрос был затронут нами в одной из публикаций (Кирпиченко, Антонов, 1982).

После зимней приостановки формирования раковины рост у дрейссены возобновляется в мае, что сразу отчетливо фиксируется на раковине очередным кольцом нарастания. Впоследствии этот прирост на протяжении всего наблюдаемого вегетационного периода остается на раковине четко обозначенным. Его можно измерить. Таким образом, отпадает необходимость учитывать предыдущие годовые кольца, поскольку, как было отмечено выше, это весьма сложно. Достаточно будет только измерять исходную длину и прирост у особей из ежемесячных сборов материала в сезон наблюдения из любого места обитания моллюска. Измерения этих параметров мы производили «по зоне нарастания колец», либо вдоль кия раковины (Кирпиченко, 1973; Антонов, 1980), так как эти длины в большей степени соотносятся с массой тела моллюска, чем длина по морфологической оси (Кирпиченко, 1973). Измерения осуществлялись под биноклем с точностью до 0.1 мм.

Полученные данные измерений заносили в первичные таблицы, представляющие собой гистограммы размерного состава и количества дрейссены в выборочной совокупности. Материал был объединен в размерные группы (классы): 0.2–1.1; 1.2–2.1; ... и т.д., до конца размерного ряда, с классовым промежутком в 1 мм. Анализ материала показал, что в размерные группы популяции попадают особи с различными исходными длинами и приростами, а это не позволяет осуществлять расчет средних величин. Возникшие трудности удалось решить путем размещения данных измерений в таблицах-решетках, напоминающих собой турнирные таблицы спортивных соревнований. В столбцах располагался материал, сгруппированный по размерным группам популяции в сезон наблюдений, а в строках материал объединили по исходным размерам, которые соответствовали размерным группам популяции в предыдущем году. При анализе материала с помощью таблиц-решеток выяснилось, что у сеголеток и многолетних особей дрейссены можно раздельно исследовать индивидуальный и групповой, или популяционный рост, который согласно определению Дикки (Dickie, 1968), характеризует «средние размеры (вес) особей разных возрастных групп, одновременно присутствующих в популяции» (Мина, 1973). Для оценки онтогенетического роста достаточно определить минимальный и максимальный прирост у особей, обитающих на обследуемом участке в данный момент времени. Для анализа популяционного роста необходимо иметь данные по дисперсии индивидуального роста и частоте распределения особей с разными приростами за единицу времени.

Наличие у дрейссены раковины как регистрирующей структуры, где наглядно зафиксированы сезонные изменения роста, массовое развитие в водоемах самого моллюска и простота сбора полевого материала (прикрепленность к субстрату), позволяют предположить, что дрейссена может быть выбрана модельным объектом для изучения роста двустворчатых моллюсков.

ФОРМИРОВАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ЗООПЛАНКТОНА САЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Т.Н. Ануфриева

*Красноярский государственный университет, Красноярск, Россия,
tat@lan.krasu.ru*

Установлены основные закономерности формирования и особенности зоопланктонного сообщества Саянского водохранилища в период наполнения (1985–1990 гг.) и в 1998 г. Для 1985–1990 гг. (7-й – 12-й годы наполнения водохранилища) можно отметить следующие тенденции в межгодовой динамике видового разнообразия зоопланктона. Общее число видов увеличивается от 1985–1986 гг. (26 и 35 видов соответственно) к последующим годам формирования водоема и варьирует от 39 до 42 видов в 1987–1990 гг. и 45 – в 1998 г. Увеличение числа видов происходит за счет групп *Copepoda* и *Rotatoria*, комплекс видов группы *Cladocera* более стабилен.

Нами рассчитан индекс общности Чекановского-Сьеренсена для видового состава 1998 г. и периода предыдущих лет (1985–1990 гг.) с целью определения масштабов изменений, произошедших в структуре зоопланктона. В целом, сходство фаун высоко: $Ics = 0.80$. На уровне таксономических групп общность фауны определяют *Cladocera* ($Ics = 0.91$), для *Copepoda* и *Rotatoria* $Ics = 0.60$ и 0.76 соответственно. Таким образом, за тот период, когда наблюдения не проводились (1991–1997 гг.), значительных изменений видового состава не произошло, сохранился (с некоторыми изменениями) сложившийся при формировании водохранилища комплекс видов.

В Саянском водохранилище количество структурообразующих видов является стабильным, составляет 7–8 и практически не варьирует по годам наблюдений. В зависимости от года происходят структурные перестройки внутри доминирующих сообществ; виды *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Bosminai longirostris*, представители рода *Synchaeta* и неполовозрелые стадии *Copepoda* составляют основу структурообразующего комплекса.

Сезонная динамика видового разнообразия зоопланктона за все годы функционирования водохранилища сходна: в июне и июле складывается копеподитно-коловраточный комплекс видов, развиваются мелкие ветвистоусые; в августе, с уменьшением водообмена и прогревом воды, в сообществе лимнической зоны преобладают крупные ветвистоусые, в верховьях, где реофильные условия частично сохраняются, по-прежнему значительную роль играют коловратки. По мере наполнения водохранилища происходит формирование структуры сообществ гидробионтов, меняется соотношение групп зоопланктона в общей численности сообщества. В биомассу сообщества основной вклад во все годы исследований водоема вносят кладоцеры. Суммарную величину численности в нижнем районе водоема определяет копеподитно-кладоцерный комплекс видов, в среднем районе – коловраточно-кладоцерный, в Усинском, и, особенно, в проточном Ургуньском плесе – копеподитно-коловраточный. В биомассе сообщества на всей акватории водохранилища ведущая роль принадлежит ветвистоусым рачкам *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Polypheumus pediculus*.

Пространственное распределение плотности зоопланктона по акватории водохранилища во все годы его изучения носит сходные черты: наибольшие величины численности и биомассы регистрируются в приплотинном районе; по направлению к верховьям плотность зоопланктона уменьшается; минимальные величины численности и биомассы отмечаются в верховьях.

Таким образом, плотность зоопланктона каньонообразного Саянского водохранилища по сравнению с рекой незначительно увеличивается в первые годы и продолжает возрастать по мере наполнения водохранилища и смены реофильных условий лимническими – реофильный коловраточный планктон сменяется более многочисленным лимнофильным – рачковым. «Вспышка» в развитии зоопланктона растянута во времени. К 12-му году наполнения водоема четко выделить стадии в развитии зоопланктона не представляется возможным, задача еще более осложняется отсутствием данных по водохранилищу с 12-го по 20-й годы его функционирования.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ТЕПЛОМАССООБМЕН В ВОДОХРАНИЛИЩАХ С ЦИРКУЛЯЦИОННЫМИ И СТОКОВЫМИ СТРАТИФИЦИРОВАННЫМИ ТЕЧЕНИЯМИ

М.Е. Ардашева, А.В. Шильнев, Б.И. Самолюбов

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, sambis@flow.phys.msu.ru*

Исследования, результаты которых приведены в данной работе, направлены на построение математической модели распространения примесей по глубине и длине водоема, с учетом полного набора развивающихся в нем течений (придонного, струйного, циркуляционного, дрейфового). Для решения этой проблемы необходимо знать распределение коэффициента турбулентного обмена, используя которое можно рассчитать профили концентрации примеси. Поэтому основные задачи на данном этапе работы сводились к следующим: 1) анализ результатов измерений распределений скорости и параметров состава воды, 2) поиск распределений коэффициента обмена и разработка методики его расчета, 3) проверка возможности прогноза профилей температуры и концентрации примесей по данным натурных измерений.

Экспериментальная часть исследований базируется в основном на результатах детальных комплексных измерений на разрезах и в сериях зондирований на станциях в Вазузском водохранилище (июль 2001 г.). При анализе данных установлено наличие в водоеме плотностных стоковых и циркуляционных течений. Выявлены преобразования полей скорости, температуры, концентраций взвеси, растворенных солей и кислорода по глубине, длине водоема и во времени. Показано, что распространение вод характеризуется стоковым течением в верховьях, контуры которого четко прослеживаются в полях скорости и концентрации взвеси по ярко выраженному языку вод р. Гжать с повышенной мутностью. В устьевой области формируются придонный и приповерхностный нефелоидный слой. В поле концентрации растворенных солей выявлен выделяющийся по росту минерализации слой глубинных вод, верхняя граница которого контролируется рельефом дна, что типично для плотностных течений. Между местами впадения рек Гжать и Вазуза обнаружена анаэробная линза, положение которой совпадает с областью высокой минерализации. В период усиления ветра, помимо стокового течения в верховьях, которое прослеживается по скорости течения, концентрациям растворенных солей и кислорода, наблюдалась зона циркуляции в интервале глубин 1–10 м, вызванная ветром. Протяженность этой зоны ≈ 25 км, скорости на ее периметре – 5–13 см/с. Дрейфовое течение над термоклином индуцировало циркуляцию под термоклином. Причем, непосредственно под термокли-

ном течение направлено против ветра, что соответствует результатам математического моделирования. Такой характер движения подтверждается также смещением вазузских минерализованных водных масс и анаэробной зоны вверх по склону, что следует из сравнения с данными, полученными в штилевых условиях. Форма минерализованной области в ее верхней части согласуется с формой зоны циркуляции в поле скорости. Плотностное течение было устойчивым на протяжении двух серий зондирований. Его структурные преобразования определялись воздействием ветра и внутренних волн сейшевой природы.

Измеренные профили скорости течения соответствуют теоретическим, найденным с учетом взаимодействия струйной и придонной частей стратифицированного потока. Разработана и проверена модель с зональным профилем турбулентной вязкости для расчета распределений температуры воды, концентраций взвеси и растворенных солей. Зональное распределение турбулентной вязкости позволяет учесть специфику обмена в сдвиговых слоях, ядрах и на границах стратифицированных течений. Результаты расчетов по этой модели сопоставлены с полученными методом взаимодействия сдвиговых слоев. Профили числа Шмидта для растворенных солей характеризуются максимумами в зонах пиков частоты плавучести. Средняя по толщине придонного потока концентрация солей убывала при снижении устойчивости течения по закону, близкому к логарифмическому.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 02-05-64494 и 02-05-79004).

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩ И ПОРАЖЕНИЯ РЫБ ТОКСИКОЗАМИ

Н.М. Аршаница, М.А. Перевозников

*Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного
рыбного хозяйства (ГосНИОРХ), Санкт-Петербург, Россия,
niorkh@mail.lanck.net*

Формирование токсикологического режима водохранилищ связано с их гидрологическими особенностями по сравнению с реками и озерами, что сказывается на поступлении, распределении, накоплении и выносе загрязняющих веществ.

Такие факторы, как тип водохранилища, объем воды, сроки водообмена, глубины, течения, наличие застойных зон, особенности донных отложе-

ний и др., существенно сказываются на особенностях формирования качества воды в водохранилищах как в целом по водоему, так и на отдельных его акваториях. В водохранилищах руслового типа наиболее загрязнены приплотинные акватории верхнего бьефа ввиду накопления загрязняющих веществ в донных отложениях, а в водохранилищах озерного типа – застойные акватории, особенно при значимости аэрогенного пути поступления загрязняющих веществ.

Уровень и тип загрязнения водохранилищ напрямую связаны с уровнем загрязнения формирующих их рек. Однако имеются примеры, когда уровень загрязнения водохранилища существенно выше, чем формирующая его река, что связано с поступлением загрязняющих веществ непосредственно в водоем.

Существенными факторами в формировании качества воды водохранилищ и динамике этого процесса являются тип донных отложений и уровень накопления загрязняющих веществ, переход их в толщу воды и возможность выноса из водохранилища. В случае мелководности загрязняемой акватории вынос загрязняющих веществ происходит при волнообразовании, когда загрязняющие вещества переходят в толщу воды из донных отложений и выносятся из водоема. Для водохранилищ озерного типа характерно наличие акваторий с разным уровнем загрязнения. Наиболее благополучными акваториями являются мелководные участки, тяготеющие к основному руслу, особенно если качество поступающей воды хорошее и существует возможность выноса загрязняющих веществ. При поступлении загрязняющих веществ в русловые водохранилища доминируют организованные источники загрязнения, а в озерные – неорганизованные. Для отдельных водохранилищ отмечены случаи, когда аэрогенный путь поступления загрязняющих веществ был единственным источником их поступления в водоем, создавая высокий уровень их загрязнения, и в этом – сходство их с озерами. Как показывает практика, в большинстве обследованных нами водохранилищ отмечено массовое поражение рыб токсикозами с визуально выраженным проявлением патологического процесса, а на сильно загрязненных акваториях – тотальное поражение различных видов и возрастных групп рыб. На самых загрязненных акваториях численность рыб была низкой, а поражение младших возрастных групп (высокий процент молодежи с деформацией позвоночника, развитием анемии, пучеглазием и пр.) указывало на нарушение процесса воспроизводства. На загрязненных акваториях были отмечены и особи с новообразованиями.

Отмечена особенность поражения рыб токсикозами, связанная с загрязнением донных отложений. На таких акваториях поражаются в первую очередь туводные рыбы, ведущие придонный образ жизни. У таких рыб

выявлены наружные повреждения (очаги гиперемии, отдельные язвы), а также поражение системы пищеварения. Нередки случаи низкой упитанности рыб, развитие общей анемии, что характерно для рыб старших возрастных групп. В целом для водохранилищ характерно наличие акваторий с различной степенью поражения рыб токсикозами и особенностями его проявления, что в основном связано с загрязнением донных отложений. У взрослых особей рыб наблюдаются высокие уровни накопления загрязняющих веществ в органах и тканях.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА ГИДРОУЗЛОВ

А.Е. Асарин

ОАО «Институт Гидропроект», Москва, Россия, mail@hydroproject.ru

Волжско-Камский каскад (ВКК) гидроузлов – крупнейший в Европе по суммарной площади водного зеркала (2300 км^2), суммарному объему водохранилищ (полный 165 км^3 , полезный 78 км^3) и мощности гидроэлектростанций (11.1 млн. кВт). Средняя годовая выработка электроэнергии на ГЭС каскада (37 млрд. кВт·ч) предотвращает выброс в атмосферу тепловыми электростанциями 120 тыс. т загрязняющих веществ (не считая CO_2). В доперестроечный период грузооборот водного транспорта достигал 300 млн. т (1990 г.), число пассажиров превышало 120 млн., а суммарный вылов рыбы из водохранилищ в отдельные годы составлял миллионы центнеров. Число отдыхающих, проводивших летний отдых на акваториях и берегах водохранилищ каскада, приближалось к 20 млн.

В то же время, с созданием и эксплуатацией волжско-камских гидроузлов и водохранилищ связан ряд негативных явлений, которые вызывали и продолжают вызывать недовольство среди части населения, живущего на берегах рек и водохранилищ ВКК, а также у ряда представителей науки и общественности.

Крупнейшим и незабываемым «грехом» водохранилищ ВКК является затопление более 2 млн. га земель (в т.ч. 950 тыс. га сельхозугодий) в исторически наиболее освоенных регионах Центральной России и переселение, в основном не добровольное, более 600 тыс. человек.

Волжские плотины отсекали пути миграции ценных проходных рыб (в том числе осетровых Волго-Каспия) к 90% нерестилищ, а загрязнение речной воды неочищенными промышленными и коммунально-бытовыми сбросами в сочетании с чрезмерным, а в последние годы хищническим

ловом рыбы поставили знаменитый рыбный промысел на грань катастрофы.

К числу очевидных и неблагоприятных последствий создания водохранилищ относится также переработка (обрушение) их берегов в результате ветро-волнового воздействия, периодического повышения и понижения уровня воды, особенно интенсивного в зоне влияния ГЭС, ведущих суточное и недельное регулирование мощности. Проблема защиты берегов водохранилищ усугубляется отсутствием настоящего хозяина, способного не только жаловаться на отсутствие прав и, главное, средств, но и организовать рациональную систему управления акваториями и прибрежными территориями этих искусственных водоемов.

Уже в конце 1970-х годов в ряды недовольных режимом работы гидроузлов и водохранилищ ВКК влились десятки тысяч владельцев садовых участков и летних домиков, созданных в основном без каких бы то ни было правовых оснований на пойменных землях нижнего (ниже Волгоградской плотины) участка Волги. В естественных условиях, т.е. до создания ВКК, эти земли регулярно (раз в 3–5 лет) подвергались затоплению в период половодья и использовались преимущественно в качестве сенокосов.

В начале 1990-х годов прокатилась волна слухов о том, что сооружения ряда гидроузлов (возраст некоторых из них превосходит 40 лет) исчерпали свой ресурс и вот-вот рухнут, затопив сотни тысяч га земель и миллионы людей, живущих в долинах Волги и Камы.

В докладе будет предпринята попытка объективно оценить про- и контра, связанные с функционированием ВКК, разобраться с вечными вопросами «Кто виноват?» и «Что делать?» и наметить пути решения действительно существующих проблем управления гидроузлами и водохранилищами на Волге и Каме.

БЕНТОС ПЯТИ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

А.И. Баканов

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
bakanov1940@mail.ru*

Обобщены результаты исследований макрозообентоса Иваньковского, Угличского, Рыбинского, Горьковского и Чебоксарского водохранилищ, выполненных в 1994–2001 гг. Средние за эти годы значения характеристик рекомендовано использовать в качестве регионально-типологических нормативов (РТН) бентоса верхневолжских водохранилищ. При площади учетной площадки $1/40 \text{ м}^2$ РТН имеют следующую величину: общая численность бентоса $N = 3700 \text{ экз./м}^2$, биомасса $B = 14.7 \text{ г/м}^2$, число видов $S = 6.7$, видовое разнообразие по Шеннону $H = 1.8 \text{ бит/экз.}$, тубифицидный индекс $ТИ = 54\%$, средняя сапробность $СС = 3.0$.

Для более детальных, внутриводоемных исследований разработаны соответствующие нормативы для разных типов грунтов, т.е. не только регионально-типологические, но и биотопические.

Состояние бентоса оценивается с помощью «комбинированного индекса состояния сообщества» $КИСС = (N + 2B + S + H)/5$. Значения каждой характеристики бентоса берутся в процентах от величин, соответствующих РТН. В простейшем случае можно выделить три градации КИСС, исходя из понятия статистической нормы, т.е. $X \pm 0.67\sigma$, где X – среднее арифметическое значение, σ – среднее квадратическое отклонение. Состояние зообентоса на станциях, значение КИСС на которых попадает в пределы статистической нормы, оценивается как «удовлетворительное», если $КИСС > (X + 0.67\sigma)$ – плохое, $КИСС < (X - 0.67\sigma)$ – хорошее.

В исследованных водохранилищах на 19.2% станций состояние бентоса оценивается как хорошее, на 16.4% – как плохое и на 64.4% – как удовлетворительное.

Необходимо различать понятия «оценка состояния сообщества» и «оценка загрязнения по характеристикам сообщества». Поскольку состояние сообщества зависит как от естественных факторов среды (глубины, грунта, течения и т.п.), так и от наличия, характера и интенсивности загрязнения, то дополнительно рассчитывается (аналогично КИСС) «комбинированный индекс загрязнения» по зообентосу $КИЗ = (B + ТИ + 2СС)/4$.

На 23.7% станций загрязненность грунтов оценивается как слабая, на 16.4% – как сильная и на 59.9% – как умеренная.

С использованием ГИС составлены электронные карты, показывающие состояние зообентоса и загрязненность грунтов пяти волжских водохранилищ.

Совместные с токсикологами и гидрохимиками исследования позволили рассчитать корреляцию между характеристиками бентоса, данными биотестирования, концентрацией в грунтах тяжелых металлов и степенью загрязнения нефтепродуктами. Корреляции во многих случаях достоверные, положительные и средние по величине. Это говорит о том, что наблюдающаяся в исследованных водохранилищах интенсивность загрязнения грунтов в среднем положительно влияет на состояние зообентоса, приводя к увеличению его обилия и разнообразия.

Изучено влияние крупных населенных пунктов, расположенных по берегам р. Волги, на состояние зообентоса. В среднем это влияние сказывается на расстоянии около 10 км ниже населенных пунктов. Лишь влияние г. Череповца прослеживается на расстоянии до 40 км.

Отсутствие достоверной корреляции между характеристиками загрязнения воды и грунтов позволяет утверждать, что общепринятые в отечественной и мировой практике методы оценки качества воды по показателям зообентоса недостаточно надежны. Оценивать качество субстрата нужно по тем организмам, которые в нем обитают, т.е. качество грунтов – по бентосу, качество воды – по планктону.

ИЗМЕНЕНИЕ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ ВСЛЕДСТВИЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Т.В. Балюк

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, baluk@aqualaser.ru

Зарегулирование стока рек в результате гидростроительства – одно из самых распространенных современных воздействий на луговую растительность. Естественный ход динамики лугов нарушается как выше створа гидростанций за счет подтопления и заболачивания, так и еще в большей мере в нижних бьефах гидроузлов вследствие частичного или полного нарушения режима поемности. Во всех этих случаях глубина изменения естественной растительности, сопровождающегося падением ее продуктивности, зависит от степени нарушения естественного поемного режима. В Волго-Ахтубинской пойме после завершения строительства Волгоградской ГЭС затопление осуществляется путем искусственных попусков, отличающихся от естественных половодий меньшей (примерно на 2 нед) длительностью и обеспеченностью затопления. Уменьшение расходов во-

ды за период половодья по сравнению с естественными условиями составляет примерно 1/3 среднего многолетнего стока. Сохранение поемного режима обеспечивает существование здесь луговой растительности с характерной для нее разногодичной изменчивостью.

В настоящее время подъем уровней воды в среднем начинается на несколько дней раньше, чем в естественных условиях, и идет с большей скоростью. Высокие уровни держатся недолго, в результате луга осушаются почти на 1 мес раньше. Основные пойменные массивы пребывают теперь под водой на 15–20 дней меньше, чем до зарегулирования речного стока. Снизилась максимальные уровни подъема воды, вследствие этого сократилась частота затопления лугов высокого и верхней части среднего уровней.

По причине этих изменений в увлажнении местообитаний Волго-Ахтубинской поймы возросла встречаемость на высоких и средних уровнях ксерофильных видов (*Artemisia austriaca*, *Galium verum*, *Eryngium planum*, *Potentilla bifurca*, *Psammophiliella muralis*, *Glycyrrhiza glabra*, *Acroptilon repens*, *Carex praecox*), стали обычны для пастбищ (*Poa angustifolia*, *Taraxacum officinale*, *Plantago major*). *Artemisia austriaca* также в основном распространяется на остепненных пастбищах.

Изменение представленности в травостое многолетников мезофильной и гигрофильной экологии обусловлено, скорее, сукцессионными изменениями, вызванными перестройкой гидрологического режима. Оценивая в целом произошедшие изменения травяной растительности Волго-Ахтубинской поймы после зарегулирования речного стока, нужно прежде всего подчеркнуть, что они неглубоки и сводятся в основном к изменению количественных соотношений встречаемости растений. Изменения, которые можно отнести к сукцессионным, наблюдаются прежде всего на участках поймы высокого и верхней части среднего уровней, т.е. там, где сократилась обеспеченность затопления. Фиксируемые изменения свидетельствуют о некоторой ксерофитизации и одновременно об увеличении пастбищной дигрессии.

Небольшие изменения растительности травяных сообществ в ответ на значительную с гидрологической точки зрения перестройку режима половодий можно объяснить высокой буферностью фитоценозов Волго-Ахтубинской поймы. Флористический состав этих сообществ формировался в условиях резкой разногодичной и сезонной переменности увлажнения, всегда существовавшей в этой пойме. Острая сезонная переменность увлажнения пойменных местообитаний связана с быстрой сменой переувлажненного периода во время половодья засушливым после спада воды.

СТАДИЙНОСТЬ В РАЗВИТИИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

М. Банах

*Поморская педагогическая академия, Слупск, Польша,
banach@wsp.slupsk.pl, banach@pap.slupsk.wp.pl*

С подпором реки начинается новый этап развития ее берегов на повышенных отметках. Общий характер изменения берегов сводится к следующему: в начале – разнообразие конфигураций, а затем – постепенное выравнивание береговой линии. На поперечном разрезе отмечается подрезка коренного берега, его отступление и, нередко, увеличение высоты. Одновременно происходит обмеление подводной части, образуется прибрежная отмель.

Береговая зона трансформируется под воздействием экзогенных процессов, среди которых волновая абразия является ведущим геоморфологическим фактором. Масштаб и форма преобразования берегов зависят от размера водоема, физико-географических условий долины и всего водосбора, а также от режима эксплуатации гидроузла. Динамика уровня воды в водохранилище определяет продолжительность отдельных стадий перестроения берегов (хода абразии) и прибрежной отмели. Чем больше амплитуда колебаний уровня, тем сложнее развитие береговой зоны и продолжительнее его стадии. Процесс перестроения береговой зоны исследовался подробно и систематически в первые 22 года после подпора р. Вислы в 1970 г., а в последние 9 лет – эпизодически. Изменения береговой зоны регистрировали геодезически на нескольких десятках створов. Геодинамическое картирование производилось постоянно. Использованы также фотоснимки разных периодов.

Средний многолетний расход р. Вислы в створе гидроузла Влоцлавек составляет 903 м³/с. После подпора на 11 м образовалось водохранилище средней величины, площадью 70 км² и объемом 400 млн. м³. Длина водоема 57 км, средняя глубина 5.5 м, средняя ширина 1.2 км. Это равнинное водохранилище долинного типа, проточное, обеспечивающее неполное сезонное регулирование речного стока. Колебания уровня воды нерегулярные и небольшие; годовая амплитуда на гидроузле не превышает 1 м, а суточная – 15 см, т.е. в 6 раз меньше по сравнению с естественными условиями. В течение 72 дней в году берега испытывают воздействие ледовых явлений. Наибольшее распространение (58.1%) имеют берега, сформированные только четвертичными породами. Остальные берега сложены породами неогена, перекрытыми сверху четвертичными отложениями. По-

сле 30 лет эксплуатации водохранилища абразии подвергается около 70% длины правого, высокого берега и 50% левого, низкого (не считая бухт).

Детальный анализ рассеяния точек кумулятивных кривых и графиков годовых значений абразии для всех поперечных разрезов позволяет выделить (по интенсивности абразии и переформированию берегов) три стадии в развитии береговой зоны.

Первая стадия (3–8 лет) характеризуется нарастающим развитием экзогенных процессов. Одновременно с абразией берегов происходит аккумуляция наносов в прибрежной зоне и массовое перемещение их перпендикулярно берегу в глубь водоема. Начинается абразия низких пологих берегов.

Вторая стадия (9–12 лет) отличается переменной интенсивностью процессов формирования берегов, но с общей тенденцией к ее уменьшению. Прибрежные отмели уже достигли значительных размеров, и вдольбереговой транспорт наносов начинает доминировать над поперечным. Сильно растут косы и пересыпи, постепенно отчленяются от основного водоема устья небольших притоков. Аккумулятивное выравнивание береговой линии преобладает над абразионным. Растет протяженность однородных по литодинамике участков берега, вдоль которых мигрируют наносы. Уменьшается динамика склоновых процессов.

Третья стадия – динамического равновесия – наступает через 12–20 лет после начала переформирования берегов и ложа. Экзогенные процессы начинают «вписываться» в естественный ритм развития ландшафта долины, а интенсивность некоторых из них (например, оползней) становится меньше, чем до создания водохранилища. Такой характер развития берегов обусловлен 6-кратным уменьшением амплитуды колебаний уровня воды по сравнению с прежними речными условиями, а также ослаблением стокового течения реки и относительным понижением высоты склонов долины. Доля участия абразии берегов в общем занесении и заилении ложа водохранилища уменьшается в несколько раз и становится незначительной (менее 1%). В этой стадии активизация береговых процессов отмечается лишь местами во время экстремально интенсивного волнения, при форсированной сработке уровня воды или развитии склоновых процессов. Третья стадия будет продолжаться десятки лет.

Выделенные стадии развития экзогенных процессов в береговой зоне водохранилища Влоцлавек можно отнести и к другим равнинным водохранилищам средней величины, долинного типа, с малыми (не более 1 м) колебаниями уровня воды.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА

С.Е. Беднарук

*Министерство природных ресурсов России,
Москва, Россия, serg-bedn@mtu-net.ru*

Волжско-Камский бассейн – важнейший в экономическом отношении регион страны, на территории которого расположено 39 субъектов Российской Федерации. Здесь сосредоточено более 40% населения и вырабатывается до 50% сельскохозяйственной и промышленной продукции страны. На Волго-Каспийский бассейн приходится более 50% уловов рыбы на внутренних водоемах страны и более 90% уловов осетровых.

Основное влияние на Волжский водохозяйственный комплекс оказывает Волжско-Камский каскад (ВКК) водохранилищ ГЭС, суммарной полезной емкостью около 80 км³ и среднемноголетней выработкой электроэнергии около 36 млрд. кВт·ч. Важнейшими водопользователями в бассейне Волги являются гидроэнергетика, водный транспорт, коммунальное и промышленное водоснабжение, рыбное хозяйство, орошаемое земледелие.

Гидроэнергетика. Волжско-Камский каскад входит в состав Единой Энергетической Системы Российской Федерации. Гидроэлектростанции каскада играют в объединенной энергосистеме важнейшую роль и как источники энергии, и как режимные станции, на которые возлагается участие в суточном регулировании и ведении частоты системы максимальной мощностью. Удельный вес гидроэлектростанций каскада в энергосистемах Центра и Поволжья по мощности и покрытию энергобаланса составляет до 20%. Гидроэлектростанции каскада играют решающую роль в обеспечении устойчивости объединенной энергосистемы в критические периоды.

Судоходство. В результате создания гидроузлов Волжско-Камского каскада, Волго-Донского и Волго-Балтийского водных путей Волга превратилась в глубоководную транспортную магистраль, интенсивно используемую как для внутренних (более 70% всего грузооборота речного транспорта страны), так и для международных перевозок. Эта транспортная система соединяет центральные районы страны с морскими портами Северного, Балтийского, Каспийского и Средиземноморского бассейнов. На Волге ниже устья Камы гарантированные глубины возросли до 3.5–4.0 м. В связи с изменением судоходных условий за прошедшие десятиле-

тия был полностью обновлен волжский флот и реконструированы портовые сооружения.

Коммунальное и промышленное водоснабжение. Требования коммунального и промышленного водоснабжения заключаются в обеспечении гарантированных объемов и минимальных горизонтов воды для бесперебойной работы водозаборных сооружений. Эти требования для каждого водохранилища зафиксированы в «Основных положениях» правил их использования. Как правило, коммунальное и промышленное водоснабжение использует воду в относительно небольших количествах по сравнению со стоком реки. В настоящее время объем безвозвратного водопотребления на коммунальные и промышленные нужды в бассейне Волги составляет около 2% среднегогодового стока реки.

Однако в ряде случаев требования водоснабжения являются основными и первостепенными компонентами водохозяйственного комплекса, например в Иваньковском водохранилище, где доля забора воды в канал им. Москвы составляет 35% от суммарного притока в водохранилище. Роль водохранилищ каскада в обеспечении водоснабжения непрерывно увеличивается, причем, на первый план здесь выступает проблема качества воды.

Сельское хозяйство. Особое место занимает сельское хозяйство Волго-Ахтубинской зоны. По природно-климатическим условиям в зоне выделены пойма, дельта и западные подстепные ильмени. Существующие формы ведения сельского хозяйства в низовьях Волги сложились в условиях стихийного затопления поймы и дельты весенним половодьем. Наибольшее значение здесь имеют естественные кормовые угодья – луга среднего уровня поймы, площадь которых составляет 80% от общей площади кормовых угодий.

Западные подстепные ильмени после строительства гидроузлов на Волге практически не затапливаются, так как для их затопления необходим расход воды порядка 30 тыс. м³/с, продолжительностью более 30 дней. При зарегулированном волжском стоке это возможно только в исключительно многоводные годы.

Рыбное хозяйство. Рыбное хозяйство является важным участником волжского водохозяйственного комплекса. Различают рыбное хозяйство волжских и камских водохранилищ и рыбное хозяйство низовьев Волги с прилегающей акваторией Каспийского моря. Несмотря на то, что общая площадь созданных на Волге водохранилищ более чем в 5 раз превышает площадь зеркала речного русла, достигнутые объемы добычи рыбы не соответствуют ожидавшейся рыбопродуктивности этих водоемов, что связано с рядом неблагоприятных для рыбного хозяйства факторов: загрязнением воды промышленными и хозяйственными неочищенными стоками,

неблагоприятным уровнем режимом и т.д. Регулирование волжского стока привело к ухудшению условий размножения проходных и полупроходных рыб в низовьях Волги (Волго-Ахтубинской пойме и дельте).

Водные ресурсы Волги. Среднемноголетний сток Волги в створе Волгограда составляет 249 км^3 , сток самого многоводного 1926 г. (за столетний ряд наблюдений) достигал 382 км^3 , самого маловодного 1937 г. – 161 км^3 .

Регулирующее влияние Волжско-Камского каскада на сток характеризуется следующими цифрами. Если в естественных условиях за три весенних месяца по Волге у Самары проходило в среднем 62% годового стока, а остальные 38% – за девять месяцев межени, то сейчас в межень проходит в среднем 56% объема годового стока, а в половодье лишь 44%. В маловодные годы эта разница еще больше.

Суммарный полезный объем водохранилищ Волжско-Камского каскада равен 79.5 км^3 . Однако весь этот объем практически никогда не использовался. При позднем начале половодья либо при катастрофически маловодной зиме объем используемого стока достигал $65\text{--}70 \text{ км}^3$. В нормальных условиях обычно используется до $50\text{--}55 \text{ км}^3$ полезной емкости водохранилищ.

Регулирование режимов работы водохранилищ каскада. Регулирование режимов работы водохранилищ и управление использованием их водных ресурсов осуществляется Министерством природных ресурсов Российской Федерации на основании Водного Кодекса Российской Федерации (ст. 65, 74, 93, 139) и «Положения о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 17 мая 1997 г. № 588.

В соответствии с указанными правовыми актами, МПР России при установлении режимов наполнения и сработки Волжско-Камских водохранилищ, пропуска половодий привлекает к участию в выработке управленческих решений заинтересованные федеральные органы исполнительной власти и органы власти субъектов Российской Федерации. С этой целью при МПР России постоянно действует Межведомственная оперативная группа по регулированию режимов работы водохранилищ каскада. В работе группы принимают участие представители Росгидромета, Минэнерго России, Минсельхоза России, Госкомрыболовства России, МЧС России, Минтранса России, Госстроя России, Санэпиднадзора Минздрава России, РАО «ЕЭС России», органов исполнительной власти субъектов Федерации и других заинтересованных организаций. Заседания группы проводятся с периодичностью не реже одного раза в месяц в условиях межени и практически еженедельно или еженедельно в период половодья.

На каждом заседании рассматривается текущая водохозяйственная обстановка на водохранилищах каскада и предлагаемые МПР России режимы работы гидроузлов на предстоящий период. В результате вырабатываются рекомендации, учитывающие потребности всех основных водопользователей и субъектов Федерации. На основании рекомендаций Межведомственной оперативной группы МПР России дает указания ЦДУ ЕЭС России по режимам работы всех гидроузлов каскада.

Планирование и установление режимов использования водных ресурсов каскада осуществляется на базе двух основополагающих принципов:

- всестороннего учета требований различных отраслей экономики в условиях комплексного использования водных ресурсов;
- бассейнового подхода к распределению водных ресурсов с учетом интересов входящих в бассейн территорий.

Установление рациональных режимов работы водохранилищ оказывает непосредственное влияние на эффективное функционирование всей экономики и водообеспеченность различных регионов бассейна. Это особенно важно в маловодные периоды и при пропуске высоких половодий.

Требования многочисленных водопользователей к уровненным режимам водохранилищ и к режимам пусков из них очень противоречивы и, часто, прямо противоположны интересам энергетического использования водных ресурсов водохранилищ.

Регулирование режимов работы отдельных водохранилищ, а тем более всего каскада, представляет собой сложнейшую многокритериальную управленческую задачу, весьма тяжелую даже для формализации, не говоря уже об оптимальном ее решении. Поэтому сложилась практика компромиссного решения этой задачи на основе специально разработанных «Правил использования водных ресурсов водохранилищ». Сущность этой практики заключается в изменении приоритетов различных водопользователей и своевременном ограничении объемов водопотребления в зависимости от времени года и условий водности.

Регулирование режимов работы водохранилищ каскада может осуществляться лишь при наличии оперативной гидрометрической и гидрологической информации, а также прогнозов водности различной заблаговременности. Качество регулирования напрямую зависит от качества гидрометеорологической информации. Поэтому беспрецедентное сокращение гидрометеорологической сети в последнее десятилетие ставит под угрозу возможность наиболее рационального использования водных ресурсов и ведет к опасности принятия неправильных управленческих решений с вероятными тяжелыми последствиями для населения и экономики.

В переживаемых в настоящее время условиях нехватки средств на проведение эксплуатационных и профилактических работ по судоходным пу-

тям, причалам, водозаборах и т.п. ужесточаются ограничения по уровенным и попусковым режимам водохранилищ. Естественно, что регулирование представляется наиболее простым (и бесплатным) способом решения всех сиюминутных проблем отдельной отрасли, региона или водопользователя. При этом мало задумываются не только об интересах других участников водохозяйственного комплекса, но даже и о собственных интересах на не очень отдаленную перспективу.

Главными проблемами в решении вопросов регулирования режимов работы водохранилищ являются отсутствие притока молодых квалифицированных кадров и слабость технического и информационного (прежде всего, гидрометеорологического) обеспечения процессов принятия управленческих решений.

Сегодня вся подготовка решений по режимам работы крупных водохозяйственных систем строится в основном на знаниях и опыте отдельных специалистов и имеет недостаточное научное обоснование. Прежде всего, это касается прогнозов водности, т.е. практического отсутствия краткосрочных прогнозов боковой приточности к водохранилищам, количественных оперативных (скользящих) прогнозов развития половодий и паводков, увязанных с фактическим состоянием водных объектов, прогнозами погоды и т.д.

Для решения вопросов рационального регулирования режимов работы водохранилищ ВКК в ближайшие годы и в отдаленной перспективе необходимы:

1. Обеспечение государственного заказа и организация подготовки высококвалифицированных кадров, специализирующихся в области безопасности гидротехнических сооружений и регулировании использования водных ресурсов. Для этого необходимо определить головное по этим направлениям высшее учебное заведение, разработать современные учебные планы и обеспечить необходимое финансирование. Только для системы МПР России в ближайшие 5 лет необходимо подготовить не менее 250–300 специалистов указанного профиля. На той же учебной базе целесообразно было бы организовать курсы переподготовки и повышения квалификации специалистов, занимающихся вопросами безопасности ГТС и регулирования использования водных ресурсов.

2. Создание современной интегрированной системы управления водными ресурсами Волжско-Камского каскада водохранилищ ГЭС, включающей в себя:

- системы автоматизированного получения, обработки и хранения необходимой гидрометрической, гидрометеорологической и другой информации, получаемой как с помощью наземных станций и постов наблюдения,

так и с помощью средств дистанционного зондирования (спутниковых, авиационных, радарных);

- программные реализации физико-математических моделей формирования речного стока, позволяющие на основании оперативной и ретроспективной исходной информации осуществлять практически непрерывное краткосрочное и долгосрочное количественное прогнозирование водности;

- программные реализации имитационных математических моделей функционирования каскада, обеспечивающие наиболее полный учет физических процессов, связанных с передвижением водных масс по водохранилищам и незарегулированным участкам рек, и особенности работы гидротехнических сооружений. Эти модели призваны обеспечить многовариантное сценарное моделирование режимов работы каскада на основе прогнозируемой приточности к водохранилищам, а в результате – принятие наиболее рациональных (оптимальных) управленческих решений.

В последние годы подобные системы созданы в целом ряде стран (Норвегия, Канада и др.) и весьма хорошо зарекомендовали себя при пропуске высоких половодий 1995–2000 гг., позволив значительно сократить материальный ущерб по сравнению с аналогичными и даже меньшими по масштабам половодьями 30–20-летней давности. По оценкам западных специалистов, в большинстве случаев подобные системы окупаются в течение первого года эксплуатации.

В настоящее время МПР России ведется интенсивная работа по созданию такой системы, ее элементы уже работают.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИХТИОЦЕНОЗЕ ТЕРМОГРАДИЕНТНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Э. Бернотас, Ю. Вирбицкас

Институт экологии, Литва, Вильнюс, esoi@esoi.lt

Обобщаются материалы исследований продукционных процессов в популяциях и сообществе рыб охладителя Игналинской АЭС за период 1980–2000 гг.

В условиях минимальных тепловых нагрузок на водоем (до 100 Вт/м²) и интенсивной антропогенной эвтрофикации (с олигомезотрофного до эвтрофного статуса) биомасса ихтиоценоза повысилась в 1.3, продукция – в 1.5, П/Б – в 1.1 раза.

Минимальные тепловые нагрузки действуют на продукционные процессы рыб неоднозначно. Повышение средней поверхностной температуры на 2–3°C в вегетационный период вызывает повышение темпов роста, выживаемости и урожайности годичной генерации молоди эвритермных рыб. Повышение температуры в зимнее время у эвритермных рыб вызывает нарушения в развитии и функционировании воспроизводительной системы, снижение темпов роста и повышение смертности половозрелых особей младших возрастных групп. Однако нарушения воспроизводства эвритермных рыб существенно не влияют на их биомассу и продукцию. С уменьшением в 1.5–2.5 раза объемов холодных водных масс с физиологически оптимальными температурами для stenothermных холодолюбных рыб во время летней термической стагнации и с повышением уровня трофности водоема биомасса ряпушки уменьшилась в 2.5, продукция – в 4, П/Б – в 1.2 раза, а биомасса снетка – почти в 100 раз.

Биомасса ихтиоценоза менее тесно связана с трофическими параметрами охладителя (концентрацией фосфора, интегральной годичной продукцией фитопланктона), чем в водоемах с естественным термическим режимом. В условиях минимальных тепловых нагрузок охладителя соотношение между продукцией рыб и продукцией фитопланктона уменьшается, однако не выходит за пределы варьирования, свойственные водоемам анализируемой географической широты с естественным термическим режимом.

С уменьшением тепловых нагрузок до 10 Вт/м² (на примере водохранилища – охладителя Литовской ГРЭС) изменения продукционных процессов в популяциях эвритермных рыб прекращаются.

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И СОЛЕВОЙ СОСТАВ ВОДНЫХ МАСС ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ 2001 г.

**Э.С. Бикбулатов, А.С. Литвинов, И.Э. Степанова,
О.Л. Цельмович, М.Ю. Кочеткова**

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
ernst@ibiw.yaroslavl.ru*

Еще до создания Чебоксарского водохранилища в соответствии с особенностями гидрохимического режима р. Волги на месте будущего водоема было предложено выделить два участка: от Горьковской плотины до устья р. Оки и от р. Оки до г. Чебоксары. Верхний речной участок по содержанию и составу солей близок к озерной части Горьковского водохранилища. По сравнению со средним значением за летние периоды 1969–1974 гг. (134 мг/л) общая минерализация в августе 2001 г. была выше на 33% и близка к верхнему пределу (182 мг/л) измерений 30-летней давности. Сумма главных ионов в пробах воды, взятых в самой нижней точке речного участка, укладывается в пределы значений, измеренных в более ранние годы.

Главной особенностью состава вод на участке после впадения р. Оки является ярко выраженная пространственная неоднородность в распределении суммы солей и соотношениях главных ионов. Менее минерализованные волжские воды, прижатые к левому берегу, летом сохраняли свои гидрохимические характеристики до с. Безводное. Немного выше с. Безводное общий поток разрезается на два самостоятельных рукава расположенным здесь островом Теплый. По левобережному рукаву проходит основной судовой ход, и пробы воды, взятые у его правого и левого берегов, показывают, что этот поток сформирован волжскими водами.

Более минерализованные окские воды в пределах акватории Чебоксарского водохранилища принимают стоки биологических очистных сооружений г. Нижнего Новгорода и дополнительно обогащаются различными компонентами – минерализация возрастает почти до 400 мг/л. Наличие большого количества островов, перекатов, протоков, заливов, мелких и средних рек на участке между с. Безводное и г. Васильсурском способствует созданию пестрой картины распределения химических компонентов. Основным же результатом происходящих между гг. Нижний Новгород и Васильсурск гидрологических и гидрохимических процессов является повышение общего уровня минерализации водохранилищных вод. За счет смешения волжских и окских вод происходят заметные изменения в ионном составе воды, особенно ярко проявляющиеся в возрастании содержа-

ния хлоридов натрия. Несмотря на высокую минерализацию вод р. Суры (электропроводность равна 560 мкСим/см), состав и содержание химических компонентов у левого и правого берегов в районе г. Васильсурска практически однородно. Ниже г. Васильсурска, вплоть до плотины ГЭС, минерализация и состав основной массы воды практически не меняются. Эта устойчивость характеристик – несомненный признак сформировавшейся новой водной массы.

Таким образом, для летнего периода в Чебоксарском водохранилище характерно существование трех, отличающихся по основным гидрохимическим характеристикам, акваторий:

верхний речной участок, где свойства воды полностью определяются водами вышележащего Горьковского водохранилища;

средний участок – район интенсивного формирования водных масс с новыми свойствами;

нижний участок – район с однородными физическими и химическими свойствами сформировавшихся водных масс собственно водохранилища.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ЧЕБОКСАРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ 2001 г.

Э.С. Бикбулатов, И.Э. Степанова, Е.М. Бикбулатова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, Борок, Россия,
ernst@ibiw.yaroslavl.ru*

Пространственное распределение биогенных элементов по акватории Чебоксарского водохранилища обнаруживает много общих черт с распределением компонентов солевого состава. На речном участке содержание нитритов, нитратов, общего фосфора, общего азота в целом соответствует их концентрациям в нижней части Горьковского водохранилища.

Загрязненная р. Ока дает значительную биогенную, в основном азотную, нагрузку на средний участок водохранилища. На правобережных станциях содержание нитратного азота в окском потоке в 3–5 раз выше, чем на соответствующих левобережных станциях, характеризующих волжский поток. Повышено здесь и содержание общего азота.

Содержание гидросиламина составляет 3–5 мкг N/л. Только в районе гг. Городец и Балахна оно превышает указанные пределы, что может быть обусловлено специфическим загрязнением.

Постепенно трансформируясь, воды среднего участка по мере продвижения к г. Васильсурску приобретают черты собственно водохранилищных вод. В полной мере это относится и к биогенным элементам: концен-

трации нитратов, общего азота и фосфора после впадения р. Суры сохраняют практически одинаковые значения до самой плотины Чебоксарской ГЭС. Единственным заметным отличием вод нижнего участка от вышележащих акваторий является появление ниже г. Козьмодемьянска больших концентраций нитритов, которые могут быть обусловлены как интенсификацией естественных процессов нитрификации, так и специфическим загрязнением. Сохранение концентрации нитратов на близком к постоянному уровню на довольно большом расстоянии свидетельствует о том, что эта форма азота почти не вовлекается в биотический круговорот, несмотря на интенсивно проходящие процессы фотосинтеза.

Органические вещества распределены по акватории водохранилища довольно равномерно. Только левобережный волжский поток, в противоположность биогенным элементам, содержит больше ОВ. Причиной этого явления (при примерно равной цветности) может быть относительная чистота волжских вод, способствующая развитию фотосинтезирующих планктонных организмов, которые составной частью входят в понятие валового органического вещества. В то же время окские воды и сточные воды г. Нижнего Новгорода после биологической очистки содержат меньшие концентрации ОВ. К тому же, из-за возможного присутствия соединений токсического характера они являются менее пригодной средой для активной жизнедеятельности низших водорослей-фотосинтетиков.

Воды Чебоксарского водохранилища в меженный период содержат в десятки раз больше нитратов, нитритов, в 2–3 раза больше фосфора. В то же время имеется тенденция к некоторому снижению ряда показателей органического вещества (цветности, ХПК), что является весьма характерным для рек, текущих в южном направлении.

ПОСТУПЛЕНИЕ ЛАБИЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РЫБИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Е.М. Бикбулатова, И.Э. Степанова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
ernst@ibiw.yaroslavl.ru*

По степени доступности для микрофлоры органическое вещество (ОВ) водоемов условно подразделяется на 2 фракции – легко (ЛФ) и трудно (ТФ) усваиваемую. Их соотношение в органическом комплексе определяется интенсивностью продукционных процессов и уровнем внешней нагрузки (поступление с речным стоком, атмосферными осадками и сточными водами). Для Рыбинского водохранилища, как и для большинства

проточных водоемов мира, основной составляющей внешней нагрузки является речной сток. Практически ежемесячные, а в половодье даже заметно более частые (через день), собственные наблюдения по ряду параметров ОВ (БПК, ХПК, органический углерод – $C_{орг.}$) в основных притоках в совокупности с данными Гидрометслужбы по объему их водного стока позволяют дать надежную количественную оценку поступления различных фракций ОВ в водохранилище из внешних источников и сравнить их с образующимися в самом водоеме в результате продукционных процессов.

Непосредственные измерения и расчеты показывают, что в близкие к среднемноголетним по водности 1981–1982 гг. в Рыбинское водохранилище поступало ежегодно около 40 тыс. т лабильных ОВ (в 1981 г. – 45, в 1982 г. – 33 тыс. т/год). Это составляет 4.8% от суммарного поступления ОВ с речным стоком. Относительно большая нагрузка 1981 г. соответствующей фракцией ОВ обусловлена более интенсивными фотосинтетическими процессами в речных водах в условиях более теплых (температура воздуха на 1.5–2.9°C выше нормы) летних (июнь–сентябрь) месяцев.

Наибольшую нагрузку принимает Волжский плес – до 50% от общей (1981 г.). Далее следуют Моложский, Шекснинский и Центральный плесы. Средняя величина поступления лабильных ОВ за 2 года по соответствующим плесам составляла 39, 30, 26 и 5% от общей нагрузки ЛФ на водоем.

Во внутригодовом распределении притока ЛФ максимальная величина приходится на апрель–май (около 25%), минимальная – на меженные периоды (февраль – 2.9%, июль–август – 4.3%).

УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ФИТОФИЛЬНЫХ РЫБ В ГОРНОМ НУГУШСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А.Р. Биккинин

*Башкирский государственный университет, Уфа, Россия,
bikkininRF@ic.bashedu.ru*

Нугушское водохранилище создано в 1968 г. на р. Нугуш (правобережном притоке р. Белой) в предгорьях Южного Урала с целью перераспределения годового стока и обеспечения постоянного попуска в нижний бьеф в интересах предприятий нефтехимического комплекса. Площадь водоема при НПУ достигает 25.2 км², общая длина 25 км. На большем протяжении оно имеет каньонообразный характер и только в приплотинной части расширяется до 5 км. Горный характер водохранилища отражается и на средней глубине водоема, составляющей в среднем 15.8 м. Пло-

щадь мелководных участков (до 2 м) незначительна, всего 4.4%, а мелководья, заросшие макрофитами, не превышают 2–3 га.

Гидрологический режим водохранилища характеризуется значительным ежегодным понижением уровня в зимне-весенний период, практически до мертвого объема, что предопределяет крайнюю нестабильность условий существования в нем для различных гидробионтов.

Ихтиокомплекс водохранилища формировался за счет аборигенных видов – плотвы, голавля, щуки, окуня, гольяна, красноперки, ерша, уклейки. Кроме того, в начале 70-х годов в него были вселены судак из Рыбинского водохранилища (в виде личинок) и 2–3-летки леща из р. Белой. Стенбионтные реофилы – хариус, елец, подкаменщик, пескарь, голец – практически выпали из состава ихтиофауны и встречаются лишь в зоне выклинивания. К настоящему времени в водохранилище сформировалась своеобразная ихтиофауна, промысловая часть которой представлена плотвой, лещом, судаком и уклейей.

Если для судака условия воспроизводства и нагула оказались практически идеальными, что привело к быстрому росту численности этого вида в водоеме, то на фитофилах – щуке и леще – практикуемый уровень режим сказался крайне неблагоприятным образом. Особенно это отразилось на щуке, которая в настоящее время встречается в уловах в единичных экземплярах. Необходимо отметить, что ко времени нереста этого вида два небольших по площади нерестилища (залив у плотины и пойменный участок в зоне выклинивания) ежегодно находятся в осушенном состоянии.

Для леща, нерест которого из-за низких температур в данном водоеме смещается ближе к концу мая, а в иные годы происходит и в первую декаду июня, ситуация более благоприятная. К этому времени чаша водохранилища, как правило, заполняется до НПУ (217.0 м БС) и такой уровень сохраняется около 2–3 нед, срока достаточного для откладки икры и нормального течения эмбриогенеза. В маловодные же годы нерестилища так и остаются не залитыми, и часть самок, видимо, откладывает икру на глубоководных участках. Такой характер нереста отмечен, в частности, для леща Горьковского водохранилища (Лесникова, 1975). Например, весной 1999 г. уровень в водоеме так и не достиг средней многолетней отметки, нерестилища остались сухими. Из 11 исследованных нами 7 июня самок 6 имели пустые ястыки, у трех гонады находились в IV преднерестовой стадии, а у двух оставшихся происходила интенсивная резорбция невыметанной икры.

Стадо плотвы, относящейся к рыбам с коротким жизненным циклом и более лабильной по отношению к нерестовому субстрату, не подвержено столь заметному влиянию уровня режима. Во всяком случае, нам не

удалось зафиксировать реального снижения ее численности ни в неводных, ни в сетных уловах в течение последних 10 лет.

Принимая во внимание особенности экологии размножения ранних фитофилов (леща, плотвы, щуки, окуня), а также учитывая своеобразие температурного режима в горном водоеме, каковым является Нугушское водохранилище, рекомендуется в весенний период (с 10 мая по 15 июня) не снижать уровень воды ниже 216.4 м БС. В противном случае нерестилища осушаются и производители перечисленных видов лишаются нормальных условий для нереста.

ВОЗМОЖНОСТИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НА РЕКАХ ГОРНОГО ТИПА

Р.Ф. Биккинин, И.П. Дьяченко

*Башкирский государственный университет, Уфа, Россия,
bikkininRF@ic.bashedu.ru*

В 2003 г. на реке Белой (Южный Урал) начнется заполнение Юмагузинского водохранилища, создаваемого с целью предотвращения катастрофических последствий паводков повышенной водности на равнинной части республики, а также для внутригодового перераспределения речного стока. Водоохранилище протяженностью около 100 км и площадью 18.8 км² будет расположено в широтном колене речной долины, которая пересекает здесь ряд горных хребтов. Рельеф местности накладывает определенный отпечаток на морфологические показатели возводимого объекта. Это будет глубоководный водоем речного типа (средняя глубина 31 м), со слабо выраженным мелководьем в зоне выклинивания, значительными перепадами уровня в течение одного месяца (до 4 м и более) и периодическим восстановлением речного режима в хвостовой части.

В современных условиях ихтиофауна данного участка реки представлена 19 видами рыб, относящихся к разным таксономическим и экологическим группам. В целом в ней доминируют по численности реофильные виды – голавль, елец, хариус, пескарь, голец речной, щиповка; довольно обычны сом, налим, щука. Очень редко в уловах регистрируется таймень. В притоках встречается форель ручьевая. Рыбопродуктивность в реке, с учетом влияния хищников и естественной смертности рыб не превышает 1.0 кг/км.

Для прогнозирования рыбопродуктивности создаваемого водоема в качестве аналога можно использовать данные по Павловскому водохранилищу р. Уфа, введенному в эксплуатацию в 1959 г. и по морфологическим показателям весьма сходному со строящимся Юмагузинским. Средняя ве-

личина рыбной продукции в нем, по данным М.П. Ковалевой (1972) за период с 1966 по 1970 гг., составляла всего 2.75 кг/га. Очевидно, этот показатель в горных водохранилищах Южного Урала может быть повышен только путем рыбоводно-мелиоративных работ, заключающихся в первую очередь в «улучшении» в них видового состава ихтиофауны, а за счет также искусственного увеличения численности местных быстрорастущих эврибионтных форм. Например, на том же Павловском водохранилище рыбопродуктивность удалось повысить до 5–6 кг/га только после вселения леща и судака. Стоит, однако, отметить, что акклиматизационные работы со стерлядью, карпом, сазаном и сиговыми здесь оказались неэффективными (за весь период наблюдений удалось выловить только несколько особей ладожского сига-лудогги).

Очевидно, что новый водоем с общей площадью около 1880 га не может быть оставлен без внимания и попыток организации здесь рыбного хозяйства или проведения иных рыбохозяйственных мероприятий. Один из вариантов обогащения ихтиофауны путем вселения взрослых рыб реален, но достаточно трудоемок и экономически невыгоден. Более приемлемым здесь был бы метод подращивания личинок и мальков интродуцируемых видов на месте, для чего можно было бы использовать акваторию какого-либо залива водохранилища. Такой подход не нов и широко используется на водохранилищах бассейна р. Волги – Куйбышевском, Камском, Воткинском и др. (Костарев, 1988).

Проработка картографического материала, визуальная оценка ситуации на местности и частичная геодезическая съемка в ложе будущего водохранилища, проведенные в июне–августе 2001 г., позволили сделать важный вывод, что для широкомасштабного развертывания работ по организации товарных рыбоводных хозяйств на строящемся водохранилище нет объективных предпосылок. Практически единственным местом для создания небольшого пруда (или каскада малых прудов) общей площадью около 25 га является долина р. Мелеуз (левого бережного притока, впадающего в р. Белую в пределах акватории будущего водоема). Технологическое решение здесь может быть многовариантным и в основном завязано на НПУ водохранилища. К положительным моментам в этом случае можно отнести тот факт, что р. Мелеуз имеет устойчивый дебит в течение года, и это делает будущее выростное хозяйство практически независимым от уровня режима водохранилища.

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ВОДОЕМОВ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ

В.В. Бульон

*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия,
vboulion@zin.ru*

Прогнозирование первичной продукции как показателя трофического состояния водоемов – одна из важнейших проблем гидроэкологии. Разработка методов прогнозирования тесно связана с решением следующих задач.

1. Создание базы данных для большого числа разнотипных водоемов, и, насколько это возможно, для большого числа переменных, влияющих на величину первичной продукции.

2. Количественное описание закономерных связей между гидрологическими, физико-химическими и продукционными показателями. К ним относятся средняя и максимальная глубина водоема, скорость водообмена, удельный водосбор, коэффициент экспорта фосфора, географическая широта и длительность вегетационного периода, цветность и прозрачность воды, содержание хлорофилла и общего фосфора, биомасса и продукция автотрофных организмов.

3. Выделение ключевых биотических и абиотических факторов и связей между ними для целостной оценки трофического состояния водоемов. Все факторы можно условно разделить на две категории: *x*-переменные (или движущиеся) и *y*-переменные (зависимые, или целевые). К первой категории относятся гидрологические, морфометрические и географические особенности водоемов. Из «целевых» переменных наибольший практический интерес представляет годовая первичная продукция.

4. Создание прогностических моделей при соблюдении главного принципа моделирования: чем проще модель, тем она полезнее. В основании моделей должен лежать принятый в продукционной гидробиологии балансовый подход. Используемые в прогностических моделях закономерные связи между биотическими и абиотическими факторами должны быть хорошо аргументированы статистически и представлены в виде эмпирических регрессионных уравнений.

При гидробиологических исследованиях наибольшее внимание уделяется продукции фитопланктона. Значительно реже учитывается продукция макрофитов. В докладе обсуждаются общие закономерности функционирования этих двух групп автотрофных организмов. Показана зависимость их биомассы и продукции от морфометрии водоемов, содержания общего фосфора, прозрачности воды и географической широты.

Степень зарастания водоемов макрофитами зависит от оптической глубины (отношения прозрачности воды к средней глубине) и географической широты. Коэффициент множественной регрессии R^2 равен 0.70.

От степени зарастания водоемов зависит годовая продукция макрофитов ($R^2 = 0.74$). Географическая широта также влияет на величину годовой продукции макрофитов. Совместное влияние этих двух факторов определяет 80% изменчивости годовой продукции макрофитов.

Впервые разработана масс-балансовая модель для прогнозирования биомассы и годовой продукции фитопланктона и макрофитов. Модель управляется небольшим числом входных параметров (x -переменных): средней глубиной, содержанием общего фосфора, цветностью воды и географической широтой. Из биотических факторов в качестве x -переменных использованы средние за вегетационный сезон суточные P/B -коэффициенты для фитопланктона и макрофитов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 00-15-97825 и 02-04-48646).

СООБЩЕСТВО МИКРООРГАНИЗМОВ УВОДЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО РОЛЬ КАК ФАКТОРА САМООЧИЩЕНИЯ

А.Н. Буторин, Н.А. Лаптева, Г.И. Маркевич

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
butorin@ibiw.yaroslavl.ru, lap@ibiw.yaroslavl.ru*

Уводьское водохранилище служит основным источником водоснабжения г. Иваново. Это проточный димиктический водоем каньонного типа, площадью 17 км² и максимальной глубиной 18 м, со слабо развитой литоралью. В весенне-летний период в поверхностном слое воды в открытой части водоема первичная продукция (A) составляла 0.7 мг С/л сут, а деструкция (R) в среднем 0.3 мг С/л сут. В речных заливах значения этих показателей были 1.5–2 раза выше. Интегральные значения A и R колебались в пределах 0.05–11 и 0.07–16 г С/м² сут соответственно. На мелководных участках они были в 4–6 раз ниже, чем на глубоководных. Летом отношение A/R сохранялось в пределах 1, а на незарегулированном участке р. Уводь достигало 2. Коэффициент корреляции между A и R : $K = 0.74$ ($p < 0.05$). Общая численность бактерий (ОЧ) в поверхностном слое воды была равна 1.6–11.2 млн. кл./мл (эпифлуоресцентная микроскопия) или 0.3–1.7 млн. кл./мл (световая микроскопия). Минимум ее наблюдали в апреле, максимум в конце июля – начале августа. В более продуктивных

мелководных плесах она была выше, чем в открытой части. Средние значения биомассы бактериоплактона, по данным световой и эпифлуоресцентной микроскопии, соответственно 83.6 и 219.0 мкг/л. Численность сапрофитных бактерий (СБ) варьировала от 2 до 10 тыс. кл./мл. Показатель качества воды СБ:ОЧ составил 0.08–0.11. Он был минимальным в открытой части и максимальным на зарастающих мелководьях. Количество олигокарбофильных бактерий (ОБ), как правило, выше на участках низкой продуктивности, где СБ:ОБ составляло от 1 до 30%. На мелководье оно достигало 40%, что указывало на обогащенность ОБ. Темновая ассимиляция углекислоты (ТА) в летний период не превышала в среднем 4 мкг С/(л·сут). Ее пространственно-временные колебания совпадали с таковыми продукционно-деструкционных процессов. Бактериальная продукция (БП), рассчитанная по ТА, была равна 30–40 мкг С/(л·сут) в центральной части и в 2–2.5 раза выше в заливах.

По микробиологическим показателям Уводьское водохранилище можно отнести к мезотрофному типу, а его воду характеризовать как достаточно чистую в течение всего безледного периода. Интенсивность A на единицу объема воды в нем ниже, а ее интегрированные значения в 1.5–2 раза выше, чем в мезотрофных Горьковском и Рыбинском. Процессы продуцирования и деструкции ОБ в нем были в целом более сбалансированы, чем в последних. Общая численность бактерий в поверхностном слое воды была в 1.5–2 раза ниже, а скорость БП близка к таковой в Рыбинском. Существенное превышение A над БП указывало на обеспеченность бактерий автохтонным ОБ. Локальные участки открытой части акватории испытывают влияние речных заливов, где сообщество микроорганизмов играет активную роль в процессах самоочищения.

СОДЕРЖАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ФОСФОРА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.В. Варламова

*Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия,
ecolog@attack.ru*

С целью изучения особенностей накопления фосфора в донных отложениях Куйбышевского водохранилища в 1991–1992 гг. проведены исследования в приплотинном плесе. Подробно изучены три основных типа донных отложений, характерных для плеса: тонкодисперсные глинистые илы (затопленное старое русло), мелкоалевритовые илы (затопленная левая пойма) и тонкодисперсные глинистые илы повышенной карбонатности (затопленная правая пойма). Определены формы накопления фосфора, исследованы пространственная и временная изменчивость их концентраций. Работы проводились в виде сезонных съемок (один раз в сезон), в период открытой воды (весна, лето, осень).

Установлено:

- Среднее содержание общего фосфора в донных отложениях приплотинного плеса составляет 0.12%. Максимальные концентрации фосфора (0.3%) ассоциируются с глинистыми илами; минимальные (0.03%) – с песчаными осадками.
- Большая часть фосфора донных осадков (в среднем 88% от $P_{\text{общ.}}$) представлена минеральными формами, из которых 75% (от $P_{\text{мин.}}$) находятся в сорбированном состоянии в виде неапатитового (37%) и апатитового (38%) фосфора. На долю остаточного фосфора приходится 25% от $P_{\text{мин.}}$.
- В распределении минеральных форм фосфора в осадочной толще выявлены следующие закономерности:
 - доминирование неапатитовой формы фосфора в глубоководных, тонкодисперсных илах, обогащенных Fe^{+3} и органическим веществом;
 - рост концентраций апатитового фосфора – от левобережья к правобережью;
 - ассоциация повышенных концентраций остаточного фосфора с тонкодисперсными илами глубоководной зоны плеса;
 - отрицательный тренд стратификации минеральных форм фосфора – снижение их концентраций от поверхности осадков в глубь толщи.
- Важным источником создаваемого запаса фосфора в донных отложениях водохранилища наряду с минеральными частицами является органическое вещество (ОВ). Прямая зависимость концентраций минеральных форм фосфора твердой фазы отложений от содержания в них ОВ ($r = 0.77$,

0.51 и 0.44 для $P_{\text{неап.}}$, $P_{\text{ап.}}$ и $P_{\text{ост.}}$ соответственно, при $n = 75$) свидетельствует об аутигенном (внутриводоемном) происхождении некоторой их части.

- Органический фосфор донных отложений составляет в среднем 12% от $P_{\text{общ.}}$. Бактериальная его составляющая может достигать 86% и при определенных условиях является одним из регуляторов сезонных и пространственных соотношений минеральных и органических форм фосфора в осадках плеса.
- Количество фосфора в поровом растворе грунтового комплекса не превышает 1% от общего его содержания в осадках. Сезонные колебания его концентраций достоверно выявлены только для минеральной формы в верхнем слое отложений (до 5 см).

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КАЧЕСТВЕННЫМ СОСТАВОМ РАСТВОРЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И РАЗВИТИЕМ ФИТОПЛАНКТОНА В НЕКОТОРЫХ ПРИТОКАХ ДНЕПРА

Т.А. Васильчук, П.Д. Ключенко, О.В. Бусыгина

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, pkloch@mail.kar.net

Содержание растворенных органических веществ (РОВ) в поверхностных водах суши является одним из основных показателей их качества. Замечено, что повышение концентрации РОВ наблюдается в местах с высоким обилием основных продуцентов органического вещества – водорослей. Поэтому важную роль играет установление характера взаимосвязи между интенсивностью развития фитопланктона и составом растворенного органического вещества. Подобные работы проводились в основном на водохранилищах Днепра, в то время как сведения о компонентном составе РОВ водотоков его бассейна практически отсутствуют.

Такие показатели, как перманганатная и бихроматная окисляемость, органический азот и фосфор, дают лишь приблизительное представление о содержании РОВ и их химической природе. Поэтому при изучении качественного состава РОВ мы применили схему систематического анализа с использованием ионообменной и гель-хроматографии. Для разделения органических соединений на группы с разной химической природой были использованы ДЭАЭ- и КМ-целлюлозы, а для установления их молекулярно-массового распределения – нейтральные сефадексы G-25 и G-50.

Проведенные исследования показали, что среди РОВ рек Припять, Здвиж и Ирпень (правые притоки Днепра) доминируют гумусовые вещества, преимущественно фульвокислоты (ФК), количество которых почти на порядок превышает содержание гуминовых кислот (ГК). Концентрация

ФК и ГК в р. Припять, протекающей в гумидной зоне, находилась в пределах, соответственно, 22.5–51.6 мг/л и 1.8–6.3 мг/л, что заметно выше по сравнению с аналогичными показателями для р. Здвиж (ФК – 6.07–13.91 мг/л, ГК – 0.24–0.47 мг/л) и р. Ирпень (ФК – 4.73–10.51 мг/л, ГК – 0.15–0.41 мг/л). Установлена обратная зависимость между динамикой содержания ФК и биомассой фитопланктона, которая для р. Припять характеризовалась коэффициентом корреляции $r = -0.91$. Для рек Здвиж и Ирпень она была менее достоверной ($r = -0.25$ и -0.09). Это свидетельствует о том, что в водах с высоким содержанием гумусовых веществ наблюдается угнетение развития растительного планктона.

Анализ молекулярно-массового распределения ФК исследованных рек показал, что для р. Припять характерно наличие большого количества высокомолекулярных соединений с молекулярной массой более 1000 Da (48.0–74.3%), тогда как в р. Здвиж их содержание в разные сезона года находилось в пределах 26.6–43.3%, а в р. Ирпень – 10.7–38.7%.

Количество белковоподобных веществ в изученных реках незначительно и почти на порядок ниже, чем в водохранилищах Днепра. Так, в р. Припять оно составляло 0.026–0.062 мг/л, в р. Здвиж – 0.026–0.103 мг/л и в р. Ирпень – 0.038–0.073 мг/л. Белковоподобные соединения во все сезоны года представлены в основном (70–95%) низкомолекулярными соединениями (< 1000 Da). Положительные коэффициенты корреляции между биомассой фитопланктона и динамикой белковоподобных веществ ($r = 0.23, 0.55$ и 0.49 для рек Припять, Здвиж и Ирпень соответственно), свидетельствуют о том, что одним из важных источников их поступления в водную среду являются планктонные водоросли.

Концентрация углеводов в воде рек Припять, Здвиж и Ирпень составляла, соответственно, 0.82–1.40 мг/л, 0.77–2.76 мг/л и 0.85–1.71 мг/л. Наиболее высокое их содержание было отмечено летом, а также заметно возрастало в зимний период. Установленная прямая зависимость между интенсивностью развития фитопланктона и содержанием углеводов ($r = 0.41, 0.25$ и 0.26) позволяет предположить, что одним из источников обогащения речной воды исследуемыми соединениями являются водоросли, которые, как известно, выделяют углеводы прижизненно и посмертно.

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДОПУСТИМЫХ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК НА ГЕО- И ЭКОСИСТЕМЫ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Е.В., Веницианов, Т.И. Моисеенко, В.П. Салтанкин

*Институт водных проблем РАН, Москва, Россия,
venits@aqua.laser.ru, tatyana@aqua.laser.ru*

Водохранилища являются водными объектами, которые обычно находятся под многофакторным антропогенным воздействием, оказывающим влияние на гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы реки, а также на береговую зону в верхнем и нижнем бьефе водохранилища за счет форсированных сбросов, подтопления, усиленного разрушения берегов и пр. Поскольку водохранилища являются искусственными и регулируемые водными объектами, то происходит изменение естественного «фоновое» состояния речной системы, и это изменение, как правило, существенно усиливает уровень антропогенных воздействий на состояние гео- и экосистемы водохранилища. Подчеркнем, что и само водохранилище становится фактором антропогенного воздействия на речную систему и береговую зону.

Оценка воздействий и их уровня должна обеспечиваться не только наблюдениями в самом водном объекте, но и в береговой зоне с использованием как контактных, так и дистанционных методов. Понятие допустимых уровней воздействия исходит из определения «нормы», соответствуя такому уровню, который не приводит к существенным негативным изменениям состояния гео- и экосистемы водохранилища при условно «фоновом» характере воздействия. «Фоновое» состояние зарегулированной речной системы отличается от фонового состояния речной системы в естественных условиях, поскольку даже при исключении обычных видов водопользования неизбежно воздействие водохранилища на окружающую среду, связанное с затоплением территорий и регулированием гидрологического режима. Поэтому вводится понятие условного «фона».

Комплексный характер антропогенных воздействий требует привлечения множества критериев для оценки уровня этих воздействий, включая подтопление, переформирование берегов, изменения режима подземных и качества речных вод, эвтрофирование, изменения токсикологической обстановки, объема, режима формирования и состава донных осадков, изменения видовой структуры биоценозов и продукционно-деструкционных характеристик, нарушения местообитаний и биотопов. Вряд ли возможно введение некоего интегрального единого критерия допустимости: существует множество факторов воздействия, и изменение состояния гео- и экосистемы происходит по многим параметрам, в том числе и в береговой зо-

не. Разработаны методы многокритериальной оценки допустимых уровней антропогенных воздействий по основным характеристикам состояния гео- и экосистем.

ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ И СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ БОКОПЛАВА *GMELINOIDES FASCIATUS* (STEBB.) ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ АККЛИМАЦИИ

В.Б. Вербицкий¹, Н.А. Березина²

¹ Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок, Россия, verb@ibiw.yaroslavl.ru

² Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия,
nadya_berezina@hotmail.com

Намеренные интродукции многих видов беспозвоночных, проводившиеся особенно интенсивно в 1960–1970-х годах с целью обогащения кормовой базы для рыб, иногда вели к неконтролируемому расселению ряда интродуцированных видов. Это произошло и при вселении байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) в бассейн р. Волги. Вселенный в 1962–1968 гг. в Горьковское водохранилище, этот вид в настоящее время типичен для большинства верхневолжских водохранилищ. В Рыбинском водохранилище он стал массовым видом, заселив среди прочих биотопов и ранее практически пустовавшие биотопы песчаных и галечных пляжей. При этом биологические особенности *G. fasciatus* изучены недостаточно. Особенно слабо исследованы закономерности реакций бокоплава на различные абиотические факторы водной среды, в том числе изменение температуры и солености, которые позволили им широко расселиться по водоемам бассейнов Волги и Балтийского моря.

Нами экспериментально исследованы тепло- и солеустойчивость *G. fasciatus* при разных сочетаниях температуры (12–14, 16–23 и 22–26°C) и солености (0.2, 2 и 5‰) среды акклимации, а также связь показателя устойчивости с длиной тела в диапазоне 6.5–12.3 мм. Показано, что выживаемость бокоплавов при акклимации в воде соленостью 5‰ значительно снижалась с ростом температуры акклимации. Тепло-устойчивость рачков возрастает пропорционально температуре среды акклимации независимо от ее солености, но в то же время уровень теплоустойчивости у бокоплавов из солоноватой воды на 1.5–2.5°C ниже, чем у бокоплавов из пресной воды. С увеличением длины тела бокоплавов до 7.5 мм их теплоустойчивость возрастала. При большей длине тела показатели теплоустойчивости

независимо от солености акклимационной среды достигали одного и того же уровня.

Повышение температуры благоприятно для бокоплавов, акклимированных в пресной воде, и в целом повышает их соленостную устойчивость. В солоноватой же среде наибольшей стойкостью характеризовались особи, акклимированные при низких температурах воды. В пресной воде, независимо от температуры акклимации, бокоплавы при разной длине тела достигали одного уровня соленостной устойчивости. В солоноватой воде среди особей длиной более 7.5–8.0 мм происходило разделение по уровню КСМ на две группы – с низкой и высокой устойчивостью. В зависимости от температуры акклимации, доли этих групп в выборке различны, при этом все особи, акклимированные к низким температурам, характеризовались высокой устойчивостью.

Исходя из полученных результатов, мы можем предположить, что в естественных условиях бокоплавы *G. fasciatus* способны расселяться в солоноватых водах (2–5‰) центральной и северной части Европы, где средний уровень температур в теплый период года не превышает 22°C. Распространение рачков в солоноватые воды в южных регионах будет лимитироваться повышенными температурами.

КРИТИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ МАКСИМУМ *CERIODAPHNIA QUADRANGULA* (O.F. MÜLLER) И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

В.Б. Вербицкий, Т.И. Вербицкая

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, Борок, Россия,
verb@ibiw.yaroslavl.ru

Критический тепловой максимум (КТМ) – критерий температурной толерантности у пойкилотермных позвоночных и беспозвоночных, по которому определяется тепловая устойчивость видов и температура, при которой отмечаются первые признаки стресса. У пресноводного планктонного ветвистоусого рачка *Ceriodaphnia quadrangula*, являющегося массовым видом в литорали Рыбинского водохранилища, исследовали динамику КТМ в течение вегетационных сезонов 1999–2000 гг. с целью выявления наличия и характера зависимости величины КТМ от температуры среды. Для анализа использован материал 77 серий определений КТМ у 706 экз. *C. quadrangula*. При анализе всего материала выявлено наличие достоверной ($p < 0.01$) положительной связи между значениями КТМ и температурой воды в водоеме ($r = 0.41–0.58$). При этом во всем исследованном диапазоне температур изменчивость уровня КТМ не зависела от температуры

воды в водоеме. Разделение всех данных на две группы (полученные в весенне-летний и в летне-осенний периоды) позволило выявить наличие общих закономерностей в температурных реакциях цериодафний. Оценка достоверности различий между сезонными значениями теплоустойчивости за каждый год по t -критерию Стьюдента, F -критерию Фишера и критерию Колмогорова-Смирнова выявила достоверную разницу ($p < 0.01$) между ними. Анализ зависимости КТМ от температуры воды, проведенный для каждого сезона, показал, что на разных участках температурной шкалы рост теплоустойчивости с повышением температуры происходил неравномерно. Его количественная оценка обычно осуществляется путем вычисления прироста теплоустойчивости в ответ на повышение температуры среды на 1°C . Наличие области температур, где прирост теплоустойчивости под влиянием повышения температуры среды на 1°C отсутствует (зона плато), свидетельствует о существовании гомеостаза уровня теплоустойчивости организма. У исследованных цериодафний можно выделить две такие зоны плато – в области низких и высоких температур. В 1999 г. зоны плато в весенне-летний период находились в диапазонах $6\text{--}17^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 34.1°C) и $20\text{--}27^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 35.5°C), в летне-осенний период – в диапазонах $14\text{--}18^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 35.5°C) и $18\text{--}24^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 36.2°C). В 2000 г. плато располагались соответственно: весной в диапазонах $4\text{--}19^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 35.6°C) и $19\text{--}23^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 37.3°C), а осенью – в диапазонах $1\text{--}5^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 36.0°C) и $7\text{--}12^{\circ}\text{C}$ (КТМ = 36.8°C). Таким образом, в 2000 г., по сравнению с 1999 г., уровень теплоустойчивости у цериодафний был на $1.5\text{--}1.8^{\circ}\text{C}$ выше весной и на $0.5\text{--}0.8^{\circ}\text{C}$ – осенью. Для проверки статистической достоверности наличия зон плато был проведен расчет зависимости между значениями КТМ и температурой воды в пределах этих зон. Полученные величины коэффициентов корреляции (от 0.00 до +0.18) подтвердили вывод об отсутствии подобной связи. Вне зон плато отмечен достоверный ($p < 0.01$) рост значений КТМ с повышением температуры. В осенний период 2000 г. при температуре воды $+2\text{--}10^{\circ}\text{C}$ одновременно с партеногенетическими самками были протестированы и гамогенетические самки. Оказалось,

что при 2°C теплоустойчивость у гамогенетических самок на 4°C ниже, чем у партеногенетических. При повышении температуры воды до 5°C теплоустойчивость гамогенетических самок растет, достигая того же уровня, что и у партеногенетических самок, и при более высоких температурах разница между ними в уровнях КТМ отсутствует.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 98-04-48576а).

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СЕСТОНА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л.А. Выхристюк¹, О.Е. Варламова¹, С.И. Понятова²

¹ *Институт экологии Волжского бассейна РАН,
Тольятти, Россия, tdz@mail.ru.com*

² *ОАО «Тевис», Тольятти, Россия*

В круговороте вещества и потока энергии в водных экосистемах существенную роль играет сестон (синоним взвешенного вещества), представляющий собой сложный многокомпонентный комплекс и являющийся активным блоком внутриводоемных процессов.

Одним из наиболее важных химических соединений, входящих в состав взвешенного вещества, является его органическая составляющая, количественные и качественные характеристики которой в значительной мере определяют продуктивность водоема, его кормовые условия и интенсивность биохимических процессов.

Из органических соединений взвеси в Куйбышевском водохранилище изучались органический углерод и органический азот, лабильная часть ОВ, фосфор, белки; определялись степень окисленности и калорийность сестона. Исследования проводились с 1979 по 1985 гг. в сезонном аспекте по акватории водоема и в водной толще.

В сестоне Куйбышевского водохранилища преобладают минеральные частицы (64–92%), на органическую его часть в среднем за период наблюдений приходится 8–36% с абсолютным максимумом 43% в летний период за счет повышения доли свежего ОВ. Основная масса органической части сестона представлена детритом (в среднем 77%).

Содержание взвешенного органического углерода (C_v) и азота (N_v) варьируют от 0.33 до 6.05 мг/л (среднее значение – 1.62 ± 0.27 мг/л) и от 0.017 до 0.410 мг/л (среднее значение – 0.115 ± 0.034 мг/л) соответственно и находятся в тесной зависимости от сезонного хода биологических процессов; коэффициент корреляции между биомассой фитопланктона и концентрацией C_v равен 0.5. В распределении C_v и N_v по акватории водохранилища отмечается тенденция к возрастанию концентраций по мере перехода от верхних плесов к нижним с максимальными значениями в летний период. Отчетливо проявляется вертикальная зональность распределения взвешенного ОВ, которая выражается, как правило, в уменьшении C_v и N_v с глубиной.

Легкогидролизуемое органическое вещество, обеспечивающее биопродукторов питательными веществами и являющееся основой энергетических возможностей водоема, оценивалось по углероду, азоту, БПК₅ и со-

единениям белковой природы. На долю легкогидролизуемых фракций углерода и азота от общего ОВ сестона Куйбышевского водохранилища в среднем приходится 41% и 45%, соответственно; максимальный «выход» лабильного ОВ происходит в фотическом слое в летний период и достигает более 50%. Абсолютные величины находятся в пределах от 0.04 до 2.16 мг/л для органического углерода и от 0.010 до 0.151 мг/л для азота.

Количество лабильного органического вещества, определенное по БПК₅, изменяется от 0.2 до 1.1 мг О/л при среднем значении за вегетационный сезон 0.6 мг О/л.

Калорийность сестона (энергетическая ценность единицы массы) водохранилища укладывается в пределы значений 1.94–3.40 кал/мг, характерных для водохранилищ Средней и Нижней Волги.

Пределы содержания соединений белковой природы (белок по Луори) достаточно широки – 240–1100 мкг/л при среднем значении 540 мкг/л. В целом органическое вещество взвесей обогащено белком, на долю которого приходится 17–34% (в среднем 18%).

Степень окисления ОВ сестона водохранилища различна – от +1.9–21.7% до –0.3–16.4% и определяется, прежде всего, интенсивностью продукционных процессов. Наибольшая (–16.4%) недоокисленность органических веществ характерна для летнего сестона, как следствие повышенной доли свежего лабильного ОВ; наименьшая – для ранневесенней и позднеосенней взвеси. В среднем величина окисленности органического вещества сестона составляет –2.8%.

В целом, сестон Куйбышевского водохранилища обладает достаточно высоким энергетическим потенциалом, и прежде всего в период массовой вегетации фитопланктона, достигающего наибольшего развития в нижних, более эвтрофных участках водоема (приплотинный плес, Черемшанский залив).

ВИДЫ – СТИХИЙНЫЕ АККЛИМАТИЗАНТЫ В ИХТИОФАУНЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.Ф. Галанин¹, В.А. Кузнецов¹, В.А. Яковлев², И.В. Головин²

¹ *Казанский государственный университет, Казань, Россия,
igor.galanin@ksu.ru, vjatscheslav.kuznetsov@ksu.ru*

² *Институт экологии природных систем АН Республики Татарстан,
Казань, Россия, vyakov@iens.kcn.ru*

Создание Куйбышевского водохранилища положило начало новому этапу существования ихтиофауны Средней Волги. Характерной особенностью этого периода стало появление ряда стихийных акклиматизантов, представленных в основном мелкими короткоцикловыми видами рыб, вселившимися самостоятельно, хотя и не без участия человека. Наиболее обычными среди них являются тюлька, снеток, игла-рыба, бычок-кругляк, звездчатая пугловка и ротан. Данная работа выполнена на основе учета встречаемости этих видов в уловах молоди и взрослых рыб, а также анализа бентосных проб на акватории Свияжского залива и смежного с ним участка Волжского отрога, в Мешинском заливе и в районе Камского устья.

Особенностью большинства этих видов являются значительные изменения встречаемости в разные годы, что указывает на резкие колебания численности их популяций. Например, все три случая обнаружения бычка кругляка в верховьях Куйбышевского водохранилища за период регулярных наблюдений 1993–2000 гг. произошли в 1999 г. Поскольку все эти акклиматизанты находятся вблизи границ своих ареалов, значительные колебания численности и, как следствие, встречаемости во многом могут быть обусловлены температурным фактором среды. Так, по данным уловов молоди в наиболее холодном в наблюдаемый период 1994 г. на акватории верховий Волжского отрога не был встречен ни один из южных вселенцев, тогда как именно на этот год приходятся все случаи встречи северного вселенца – снетка. К наиболее теплым 1995 и 1996 гг. относится основное количество пойманных экземпляров тюльки и иглы-рыбы. Помимо увеличения численности, повышение частоты встречаемости в эти годы обусловлено и значительным падением уровня воды, который сделал эти виды доступнее для облова. Для некоторых южных вселенцев необходимо отметить также несоответствие сроков воспроизводства с климатическими условиями, а именно позднее окончание периода размножения. Так, молодь тюльки на предмальковых и ранних мальковых этапах встречается до августа. Самец иглы-рыбы с развивающимися эмбрионами и самка с икрой в 1997 г. были пойманы 13 августа.

Места обнаружения видов-вселенцев и орудия, которыми они ловились, позволяют сделать некоторые заключения о местах обитания этих видов. Тюлька является типичным пелагофилом, который если и встречается в литорали, то только на ее периферии и никогда не появляется в зарослях. Игла-рыба, наоборот, придерживается литорали с растительностью, а ее выход из зарослей и увеличение встречаемости в уловах связаны с падением уровня воды. Все встречи этого вида в 1996 и 1997 гг. происходили при пониженном или понижающемся уровне воды. Ротан, как и игла-рыба, придерживается литорали с растительностью, как вегетирующей, так и разлагающейся. Его сеголетки ловились вблизи уреза воды и в заливаемых весной озерах. Однако крупные особи могут встречаться и вдали от берега. В 2000 г. по данным сетных уловов в зоне камского русла был отмечен ротан длиной 17.5 мм.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕМАТОДОФАУНЫ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Гвоздев, Г.Л. Атаев, В.Н. Бредихин

*Российский государственный педагогический университет
им. А.И. Герцена (РГПУ), Санкт-Петербург, Россия, olga@sptimesrussia.com*

Антропогенные факторы, воздействующие на природные экосистемы, участвуют в процессах формирования территориальных гельминтофаунистических комплексов и приводят к возникновению очагов патогенных гельминтов.

Наиболее представленная группа паразитических червей в малых водохранилищах Ленинградской области – трематоды. На примере анализа трематодологической ситуации, выполненного на Оредежском водохранилище (район пос. Вырица) в течение 1980–2000 гг., выделены основные антропогенные факторы, влияющие на становление и развитие фауны трематод в экосистеме водохранилищ. При значительном разнообразии этой группы экологических факторов, два из них играют решающую роль в развитии паразитологической ситуации в водохранилище:

1) Повышение трофики водоема, связанное с интенсивными методами хозяйствования в акватории водохранилища. Нерегулируемая эвтрофикация создает условия для развития гидробионтов, в том числе литоральных видов моллюсков, особенно лимнеид и планорбид, которые могут быть использованы сосальщиками в качестве промежуточных хозяев.

2) Зарегулирование стока реки плотиной гидроэлектростанции провоцирует цепь экологических событий, которые в конечном итоге приводят к формированию трематодозных очагов.

Распределение и количественное развитие трематод в экосистеме реки Оредеж характеризуется зональностью:

зона I – русло реки (2–4 вида трематод, экстенсивность заражения E не превышает 6%);

зона II – водохранилище (5–9 видов трематод, $E = 7–15$);

зона III – пойменные водоемы, заливы – характеризуется наличием очагов трематодозов (10–20 видов, $E = 50–80\%$).

ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЫБ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю.В. Герасимов

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
gu@ibiw.yaroslavl.ru*

Многолетние данные по распределению рыб в Рыбинском водохранилище показывают, что наиболее предпочитаемыми местообитаниями служат русловые участки и сравнимые с ними по глубине участки естественного или антропогенного происхождения (например, карьеры). Далее следует глубоководная пойма, а минимальная плотность отмечена на мелководной пойме.

Сравнительный анализ (t -тест) средней плотности рыб на различных биотопах Рыбинского водохранилища в дневное и ночное время показал, что выделенные биотопы характеризуются существенными и устойчивыми различиями в плотности образующихся на них рыбных скоплений. Этот факт подтверждает объективность выделения таких местообитаний в качестве субъединиц, составляющих абиотическую основу, на которой формируется структура рыбного сообщества водохранилища.

Последние данные говорят о том, что идет процесс увеличения продуктивности кормовых биотопов на мелководных участках, где в настоящее время формируются скопления рыб. В то же время, значительные коэффициенты вариации плотности рыб в скоплениях, образующихся на мелководной пойме, указывают на их низкую стабильность, в отличие от скоплений на участках с большими глубинами. Это свидетельствует о высоком уровне зависимости пойменных группировок рыб от таких факторов, как гидродинамические воздействия высокой интенсивности и изменения уровня режима, которые препятствуют образованию стабильных скоплений на мелководьях (Герасимов, Поддубный, 1999). На воздействие

обоих факторов был зарегистрирован хорошо выраженный ответ рыб. Чувствительность рыб к колебаниям уровня и воздействию ветровой гидродинамики обратно пропорциональна глубине, на которой формируется рыбное скопление.

Существенное влияние на распределение рыб оказывает также наличие на дне водохранилища остатков затопленного леса, представляющих собой обломки стволов деревьев разной длины (высотой до 6 м), которые стоят вертикально и удерживаются остатками корневой системы, частично погруженной в донный субстрат.

Скопления рыб на подобных местообитаниях значительно превосходят по плотности скопления, расположенные на соседних местообитаниях со сходной глубиной, однако соотношение плотности рыб между глубоководной и мелководной поймами сохраняется: плотность рыб в затопленных остатках леса на мелководной пойме в несколько раз меньше, чем на глубоководной.

Сравнительный анализ плотности рыбного населения на участках глубоководной и мелководной поймы с затопленным лесом и без него показал достоверность различий в плотности скоплений на этих двух типах местообитаний. Интересно, что и на мелководной, и на глубоководной пойме на местообитаниях с затопленными остатками леса формируются более устойчивые скопления рыб, о чем свидетельствуют меньшие значения коэффициента вариации их плотностей.

Полученные данные позволяют сделать заключение о том, что в пресных водоемах трехмерные субстраты, имеющие сложную внутреннюю структуру, подобную морским рифам, могут выполнять и сходные с ними функции увеличения емкости среды и повышения устойчивости населяющих их сообществ гидробионтов, что подтверждает результаты более ранних экспериментальных исследований (Герасимов, Поддубный, 1999).

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ТОКСИКАНТОВ В ЭКОСИСТЕМЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.В. Герман¹, Г.М. Чуйко¹, Б.А. Флеров¹, В.В. Законнов¹,
Д. Тиллитт², Д. Зайчек²

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок, Россия, gera@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Колумбийский центр изучения окружающей среды, Колумбия, США,
donaltdtillitt@usgs.gov*

В период 1989–2001 гг. проведено изучение источников поступления и пространственного распределения трех групп органических токсикантов (полихлорированных бифенилов (ПХБ), полиароматических углеводородов (ПАУ) и нефтепродуктов в экосистеме Рыбинского водохранилища.

В воде нефтепродукты, представленные главным образом нелетучими углеводородами, и ПАУ найдены по всей акватории водохранилища в концентрациях соответственно 1–4 и 2–150 ПДК. Наиболее загрязненным районом является Шекснинский плес водохранилища и, особенно, реки Серовка и Ягорба. Там же обнаружено высокое содержание в воде ПХБ 0.05–0.30 мкг/л. Наименьший уровень загрязнения отмечен для Волжского плеса (р-н Шумаровских островов) и р. Шексны выше г. Череповца.

Характер загрязнения донных отложений (ДО) в целом соответствует таковому для воды. Содержание нефтяных компонентов достигает 30 мг/г сухого веса в реках Серовка и Ягорба, наиболее чистыми являются пробы ДО р. Шексны выше г. Череповца. Доля смолистых компонентов составляет 30–50%, что говорит о загрязнении относительно легкими и средними нефтепродуктами. Концентрации ПАУ (в пересчете на бенз(а)пирен) составляют для большинства проб 25–53 мкг/г сухого вещества, на относительно чистых участках (ст. Наволок, Главный плес) концентрация ПАУ снижается до 1.43 мкг/г, что значительно превышает фоновый уровень (1–3 нг/г). Наиболее интенсивное загрязнение ДО ПХБ также наблюдается в Шекснинском плесе и впадающих в него реках (от 0.11 до 13.9 мг/кг). На остальной акватории водохранилища концентрация ПХБ в ДО не превышает 0.024 мг/кг, что можно считать фоновым уровнем.

Содержание алифатических углеводородов в дрейссене колеблется от 8–9 мг/кг сырого веса (р. Шексна, выше г. Череповца, Шумаровские о-ва) до 37–40 мг/кг (ст. Торово, Шекснинский плес). Легкие, 2–3-ядерные ПАУ накапливаются в концентрациях от 10 до 350 мкг/кг, тяжелые 4–7-ядерные (в пересчете на бенз(а)пирен) – 1.6–330 мкг/кг с максимальными значениями в Шекснинском плесе. ПХБ также обнаруживается пре-

имущественно в дрейссене из Шекснинского плеса (0.20–1.4 мг/кг), следовые количества найдены в Главном плесе (ст. Брейтово).

В рыбе содержание углеводов колеблется от 3 мг/кг (лещ, мышцы, ст. Шумаровские о-ва) до 140 мг/кг (лещ, печень, ст. Торово). Максимальный уровень аккумуляции легких ПАУ найден на ст. Мякса (16 мкг/кг), тяжелых – на ст. Торово (8 мкг/кг). ПХБ аккумулируются в концентрациях от 0.019 мг/кг (Волжский плес) до 30–60 мг/кг (Шекснинский плес).

Таким образом, для всех изученных групп токсикантов характерно наиболее высокое содержание в различных компонентах экосистемы в районе Шекснинского плеса водохранилища. В целом, по интенсивности загрязнения органическими токсикантами Рыбинское водохранилище можно разделить на три района: 1) реки Серовка, Ягорба и Шексна в пределах г. Череповца; 2) нижняя часть Шекснинского плеса (станции Любец и Мякса); 3) остальная часть акватории.

РЫБЫ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

А.В. Герман¹, Г.М. Чуйко¹, Б.А. Флеров¹, Д. Тиллитт², Д. Зайчек²

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок, Россия, gera@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Колумбийский центр изучения окружающей среды, Колумбия, США,
donaltdtillitt@usgs.gov*

Изменение параметров внутренней среды организмов, обитающих в районах, подверженных антропогенному загрязнению, может служить предпосылкой к использованию их в качестве биоиндикаторов присутствия в водоеме загрязняющих веществ. В случае комплексного загрязнения экосистемы наличие связи между уровнем аккумуляции токсиканта и изменением показателя, используемого в качестве биоиндикатора, помогает, кроме всего прочего, определить степень значимости для экосистемы или отдельных ее звеньев существующего уровня загрязнения данной группой веществ.

В результате исследований, проведенных в 1989–2001 гг. в экосистеме Рыбинского водохранилища, обнаружено присутствие полихлорированных бифенилов (типа Клофен А-50, А-40 и А-30, Арохлор 1254), полиароматических углеводов (в том числе и канцерогенных 4–7-ядерных), алифатических углеводов и тяжелых металлов. Наиболее высокая интенсивность загрязнения зарегистрирована в Шекснинском

плесе. По уровню загрязнения органические токсиканты можно расположить в ряду: нефтепродукты > ПХБ > ПАУ.

Весной наблюдалась положительная коррелятивная связь между уровнями аккумуляции ПХБ и нефтепродуктов в печени рыб ($r = 0.72$, $p = 0.02$), зимой – между нефтепродуктами и ПАУ ($r = 0.59$, $p = 0.12$). Рыбы, обитающие в этом районе, характеризуются более высокой относительной массой печени и содержанием в ней гликогена и липидов, повышенным уровнем глюкозы в крови и коллагена в позвоночнике, пониженной активностью холинэстераз печени в сравнении с аналогичными видами, обитающими в относительно чистых Волжском и Моложском плесах. Кроме того, рыбы из Шекснинского плеса менее устойчивы к понижению содержания в воде кислорода. В зимний период обнаружено отсутствие повышения уровня гликемии в ответ на стресс вылова.

Корреляционный анализ выявил достоверные связи между концентрацией ПХБ в печени, ее относительной массой и активностью холинэстераз ($r = 0.64$, $r = -0.41$ соответственно, $p < 0.05$).

Различная интенсивность наблюдаемых изменений физиолого-биохимического статуса рыб и уровня аккумуляции токсикантов в зависимости от сезона наблюдений позволяет предположить, что критическим периодом жизнедеятельности является зимне-весенний период, а по степени значимости токсиканты можно расположить в ряду ПХБ > нефтепродукты > ПАУ.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ НА РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.К. Голованов¹, А.К. Смирнов¹, А.М. Болдаков²

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок, Россия, golovan@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Костромской филиал военного университета радиационной, химической
и биологической защиты, Кострома, Россия*

Влияние подогретых вод АЭС, ГРЭС, ТЭЦ и промышленных предприятий различного типа на рыбное население водохранилищ Верхней Волги исследовано достаточно полно (Симпозиум по влиянию..., 1971; Влияние тепловых электростанций..., 1974; Мордухай-Болтовской, 1975; Биологический режим...1977; Голованов и др., 1997). Экспериментальные и полевые исследования по проблеме так называемого «термального загрязне-

ния», выполненные в США, Канаде, Франции, других странах дальнего и ближнего зарубежья (Horoszewich, 1969; Brett, 1970; Fry, 1971; Reutter, Herdendorf, 1976; Coutant, 1977; Elliott, 1981), а также работы Ф.Д. Мордухай-Болтовского (1974, 1975), Ю.Б. Вирбицкаса (1988), Ю.Н. Никанорова (1973, 1974, 1977) и Т.С. Житеневой (1976) позволили выявить основные формы воздействия тепловых нагрузок на ихтиоценозы водоемов-охладителей, озер, рек и водохранилищ:

1. Прохождение рыб – взрослых, молоди и личинок – через технические системы тепловых станций и промышленных предприятий.
2. Биологическое действие повышенных температур в зонах сбросов и на смежных участках водоемов.
3. Влияние критически высоких (в диапазоне от 30°C и выше) и низких (ниже 4°C) уровней температуры на жизнедеятельность молоди и взрослых рыб (поведение, распределение и выживаемость) в разные сезоны года.
4. Синергизм или воздействие различных факторов совместно с температурным.

При оценке действия тепловых нагрузок различной интенсивности на рыбное население водоемов в первую очередь учитывают общие закономерности влияния температурного фактора на пресноводные организмы. Экспериментальные исследования, в дополнение к полевым, позволяют выявить непосредственное участие температурного фактора в жизнедеятельности водных организмов, а также «взвесить» его долю при синергическом (совместном) воздействии нескольких факторов в зонах сброса подогретых вод тепловых и атомных электростанций.

Из 69 видов рыб, обитающих в верхневолжских водохранилищах, большинство представлено теплолюбивыми и эвритермными видами семейства карповых. Если лещ, синец и плотва обладают высокой численностью и имеют важное промысловое значение, то встречаемость других карповых рыб – уклейки, густеры, золотого и серебряного карасей, язя и чехони – существенно ниже. Прочие виды указанного семейства достаточно редки в уловах. Вторым по обилию является семейство окуневых, в котором наиболее важное промысловое значение имеют судак, окунь и ерш. Среди других ценных видов рыб заметную роль в промысле играет щука (семейство щуковых). К теплолюбивым следует отнести и вид-вселенец – тюлька. Особо следует отметить те виды, которые резко отличаются от эвритермных, а также более теплолюбивых карповых и окуневых по температурным требованиям. К ним относятся представители сиговых (ряпушка и редко встречающаяся пелядь), корюшковых (снеток) и тресковых (налим). Значения оптимальных и верхних летальных темпера-

тур у них существенно ниже в сравнении с другими видами рыб, обитающих в верховолжских водохранилищах.

В бассейне Верхней Волги известны 3 крупных источника теплового загрязнения – Калининская АЭС и Конаковская ГРЭС на Иваньковском водохранилище, а также Костромская ГРЭС на Горьковском водохранилище. Наиболее изучены в период с 1965 по 2000 гг. зоны сброса подогретых вод 2 тепловых электростанций, а также смежные районы водохранилищ. Имеется отрывочная информация о «точечных» источниках «термального загрязнения», возникающих в результате работы крупных промышленных предприятий (например, Череповецкого промышленного комплекса на Рыбинском водохранилище, отдельных ТЭЦ вблизи крупных городов – Твери и Ярославля), однако подробных исследований данных источников тепловых сбросов практически не проводилось. Различные аспекты влияния вод с повышенной температурой на жизнедеятельность молоди и взрослых рыб рассматриваются на примере исследований, проведенных в акваториях, прилегающих к Конаковской (Никаноров, 1974, 1977; Бергельсон, 1977; Бойцов, 1977; Ефимова, 1977; Саппо, 1977; Филон, 1977; Поддубный и др., 1995) и Костромской ГРЭС (Сулимов, 1974, 1977; Житенева, 1976, Сулимов, Хижинская, 1977; Кияшко и др., 1985; Поддубный и др., 1985, 1995; Поддубный, 1991; Комплексная оценка..., 1992).

В связи с проникновением видов-вселенцев, в частности каспийской тюльки, в водоемы Верхней Волги представляет существенный интерес оценка возможной роли сбросов тепловых станций в качестве потенциальных биотопов-резерватов для обитания теплолюбивых и эвритермных видов, а также как районов формирования внутривидовых группировок рыб. В силу того, что практически в каждом крупном городе, расположенном на берегах Волги и верховолжских водохранилищ, присутствуют слабо изученные «точечные» участки термального загрязнения (районы ТЭЦ и крупных промышленных предприятий), можно говорить о наличии в бассейне Верхней Волги перспективных объектов для дальнейших исследований по данному вопросу.

Сравнительно новая проблема – тенденция к потеплению климата, в особенности за последние два десятилетия. В бассейне Верхней Волги (Рыбинское водохранилище), по данным лаборатории гидрологии и гидрохимии Института биологии внутренних вод РАН, такой тенденции не отмечено, однако наблюдается существенное увеличение температур воды в зимний период года. Тем не менее, в отдельные сезоны года, например в теплые летние месяцы, температура воды в мелких реках и побережье водохранилищ на короткие промежутки времени (дни и недели) иногда превышает порог «заколдованных» (Мордухай-Болтовской, 1974) 30–33°C, а

в районе Костромской ГРЭС на русле Волги в августе 2001 г. достигла уровня 28°C. В итоге, после продолжительного периода жары в августе (температура воды в садках рыбоводного хозяйства держалась на уровне 31–33°C) и дальнейшего подъема температуры, произошла массовая гибель маточного стада осетровых в рыбоводном хозяйстве, расположенном на подогретых водах Костромской ГРЭС. Аналогичные прецеденты, в результате которых был нанесен большой экономический ущерб, известны и для других рыбхозов на территории Европейской части России.

Биотопы тепловых сбросов и прилегающие к ним участки вносят весомый вклад в разнообразие рыбных сообществ, обеспечивая «резервное» сохранение тех видов, у которых оптимальные зоны жизнедеятельности расположены преимущественно в диапазоне температур от 23 до 28–30°C. К ним, в первую очередь, относится большая группа карповых и окуневых видов рыб – основных обитателей верхневолжских водоемов. Кроме того, следует учитывать характер сезонно-возрастного распределения рыб по градиенту температур, а также возможность использования ими (за счет нагульных и нерестовых миграций) всего богатства термальных биотопов, существующих в районах действия подогретых вод ГРЭС и АЭС (Голованов, 1996, 2001; Голованов и др., 1997, 2001). Таким образом, несмотря на локальный характер действия на экосистемы, подогретые воды вносят весомый вклад в формирование численности популяций как массовых, так и редких видов рыб, обитающих в водохранилищах Верхней Волги.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ БИОТЫ ГЛУБОКОВОДНОГО КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**З.Г. Гольд, И.С. Вышегородцева, Л.А. Глущенко, Н.А. Кожевникова,
О.А. Кузнецова, И.И. Морозова, С.М. Чупров, А.В. Шапошников**

*Красноярский государственный университет, Красноярск, Россия,
zgold@lan.krasu.ru*

Заполнение Красноярского водохранилища, сооруженного на р. Енисей, осуществлено в период с 1967 по 1970 гг. В ходе работ по мониторингу гидробиологического режима водохранилища Красноярским госуниверситетом получен ряд многолетней динамики биоты с 9-го (1978 г.) по 32-й (2001 г.) годы его функционирования. Основу цикла информационно-аналитических работ составила разработка схемы и заполнение универсальной гидробиологической базы «Биота» Красноярского водохранилища. В базе реализовано 8 модулей: бактерио-, фито-, зоопланктон, зообен-

тос, перифитон, ихтиофауна, первичная продукция, флуоресцентные характеристики фитопланктона. Модули объединены в единое целое программной оболочкой, позволяющей проводить просмотр, редактирование, ввод первичных данных, расчет структурно-функциональных показателей видов и сообществ, разведочный статистический анализ. Сопряженная оценка межгодовой динамики структуры всех составляющих биоты Красноярского водохранилища к 32-му году его функционирования выявила: упрощение видовой структуры сообществ, стабилизацию структурообразующих комплексов, распространение эффектов «цветения вод» по всей акватории водохранилища, временные циклы варьирования плотности сообществ (11–15 лет). Определены специфические аспекты пространственно-временной динамики структурно-функциональных характеристик сообществ пелагиали и бентали, обусловленные водностью года и глубиной водоема.

В числе 22 видов рыб, обитающих в Красноярском водохранилище, новыми видами (акклиматизантами) являются: лещ, пелядь, омуль байкальский, обыкновенный карп. Доминируют окунь речной, плотва сибирская и лещ. Зарегистрировано увеличение численность плотвы, леща и омоложение стада последнего. Особенностью водохранилища является низкая численность щуки. Карп (конкурент в питании лещу) не достиг промысловой численности. Анализ изменений показателей крови рыб и содержания химических элементов в их тканях позволил дифференцировать районы водохранилища по динамике физиологических параметров основных промысловых рыб.

Трофность вод Красноярского водохранилища, оцененная по величинам валовой первичной продукции фитопланктона, продукционным характеристикам бактериопланктона (α – β -эвтрофный тип), продукции зоопланктона, макрозообентоса (олиго- β -мезотрофный тип), более существенно варьирует в пространственном аспекте (плесы, заливы, зона подпора, приплотинный район), чем во временном.

Качество воды Красноярского водохранилища, оцененное по структурным характеристикам биоты, слабо варьирует по годам в рамках каждого биотопа, и более значимые различия проявляются между биотопами: пелагиаль – по величинам численности (бактериопланктон) и индекса сапробности (фито-, зоопланктон) вода оценивается III классом, умеренное загрязнение, бенталь – по индексу сапробности макрозообентоса вода соответствует IV–V классам, загрязненная – грязная. Выявлена низкая информативность олигохетного и биотического индексов. Осуществлена оценка токсичности вод по реакциям различных объектов биотестирования (светящиеся бактерии, парамеции, рачки): вода по всей акватории водохранилища оказывает токсическое действие на живые организмы. Кро-

ме факторов внешнего загрязнения вод, имеют место эндогенные (внутри-водоемные) факторы – воздействие токсичности метаболитов объектов «цветения» вод.

Разрабатывается инструмент оперативной оценки и прогноза состояния водной экосистемы в рамках работ «Построение информационной модели экосистемы Красноярского водохранилища».

Работы выполнены при финансовой поддержке Администрации Красноярского края, грантов Министерства образования (Фундаментальные исследования в области естественных наук, Фундаментальное исследование и высшее образование) и Американского фонда гражданских исследований и развития (№ REC-002).

ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ОТ УРОВНЯ ВОДЫ В МОСКВОРЕЦКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

А.В. Гончаров, Ю.С. Даценко

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, gonch2@rambler.ru*

Уровень воды может рассматриваться в качестве характеристики целого комплекса условий, оказывающих влияние на развитие фитопланктона. Это и химический состав воды, зависящий от соотношения поверхностного и подземного стока, и условия стратификации и перемешивания водной массы, и температурные условия на разных участках водоема.

Анализ данных МГП «Мосводоканал» за 1992–2000 гг. позволил выявить тесную связь между средними за вегетационный сезон значениями биомассы фитопланктона и уровнем воды в приплотинной зоне Рузского и Озернинского водохранилищ ($r = -0.81 \div -0.90$). При этом наиболее сильная связь с уровнем проявилась у синезеленых водорослей ($r = -0.95 \div -0.83$). В аналогичных расчетах для Можайского водохранилища определена лишь слабая и малодостоверная связь средней за сезон биомассы с уровнем воды ($r = -0.42$); однако в весенний период (в это время здесь доминируют диатомовые водоросли) проявляется сильная зависимость фитопланктона от уровня ($r = -0.85$). В Истринском водохранилище связь фитопланктона с уровнем воды отсутствует, что, возможно, объясняется сравнительно слабыми колебаниями уровня в этом водоеме.

Обратную связь развития фитопланктона с уровнем водохранилища можно объяснить следующим образом. В жаркое сухое лето с низким уровнем в водохранилище обычно выше температура придонного слоя воды. Вследствие этого, а также из-за малой глубины, складывается опре-

деленная цепь причинно-следственных связей. Более интенсивный удельный поток детрита в гипolimнион приводит к быстрому поглощению кислорода при разложении органического вещества. Возникновение резкого дефицита кислорода в придонных слоях стимулирует регенерацию биогенных веществ из донных отложений. В результате увеличивается внутренняя биогенная нагрузка. В этих условиях, на фоне малого притока биогенных веществ с водосбора, даже короткое штормовое перемешивание слоев приводит к быстрому обогащению прогретого эпилимниона биогенными веществами и наблюдается интенсивное развитие фитопланктона, иногда в виде резких вспышек цветения. В многоводные годы с высоким уровнем водохранилища эти процессы протекают гораздо менее интенсивно и развитие фитопланктона происходит более плавно, не достигая высоких величин.

Рассматриваемые процессы протекают по-разному в водоемах, различающихся по своим гидролого-морфометрическим характеристикам. Поэтому связь фитопланктона с уровнем воды проявляется не всегда. Вместе с тем изучение данного вопроса имеет большое значение для прогнозирования и регулирования состава воды, так как уровень представляет собой основной управляемый параметр водохранилища.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-05-64319).

ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ ГИДРОУЗЛОВ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

В.И. Готванский

Госстрой России, Москва, Россия, gotvanski@yandex.ru

В свое время гидроузлы сыграли огромную роль в подъеме экономики страны. Сегодня они дают почти 20% электроэнергии. Однако потенциал гидроресурсов совсем не исчерпан, а сейчас самое время обратить внимание на форсированное развитие именно гидроэнергетики.

Дело в том, что ГЭС работают на возобновляемом источнике энергии, не загрязняящую окружающую среду, не выжигаящем кислород атмосферы. Производство энергии на ГЭС не влечет за собой постепенного ухудшения здоровья и сокращения срока самой жизни людей в отличие от тепловых станций. Стоимость 1 кВт·ч ГЭС в 6 раз ниже по сравнению с АЭС и более чем в 10 раз ниже по сравнению с тепловыми станциями.

По нашему мнению, создание гидроузлов было бы особенно эффективным в условиях Дальнего Востока. Наряду с производством электроэнер-

гии здесь они решают проблемы защиты земель и населенных пунктов от наводнений, экономят средства на дальнепривозное органическое топливо. Примером комплексного гидроузла является Зейский. Заполнение его водохранилища началось 30 лет назад, в 1972 г., а первый ток был получен в 1975 г. За это время ГЭС выработала более 120 млрд. кВт·ч электроэнергии, что эквивалентно 180 млн. т угля, которые следовало бы добыть, перевезти и сжечь на тепловой станции, при этом получив весь обычный «букет» загрязнений, деградацию плодородных земель (район Ерковецкого месторождения), проблему золы и отвалов и т.д. Теперь долина Зеи в нижнем бьефе избавлена от катастрофических наводнений, повысилась эффективность использования 600 тыс. га земель. Вышли из зоны эпизодического затопления поймы и острова, по площади сопоставимые с площадью водохранилища. Снизилась пика паводков на среднем Амуре. Увеличение зимних расходов водохранилища до 750–1000 м³/сут способствовало ликвидации зимних заморов рыбы на нижнем Амуре.

В зоне водохранилища продолжают процессы переработки берегов на подветренных участках, сложенных рыхлыми породами. В отличие от водохранилищ Волжского каскада, на Зейском нет подпора грунтовых вод и заболачивания побережья. Не произошло и оттаивания мерзлоты «на десятки километров», как прогнозировали некоторые ученые (Рянский и др.), и даже на метры. Протаиванию подвергается, как и на Вилюйском, лишь толща мерзлых пород в ванне водохранилища. В зоне побережья шириной 0.5–5 км) произошло смягчение метеозлементов, на 0.2 класса бонитета возросла продуктивность древесных пород (И.Ф. Савченко).

Завершается строительство Бурейского комплексного гидроузла. Площадь его водохранилища будет более чем в 3 раза меньше Зейского (740 км²). Затоплению подвергнутся незаселенные горные долины. Благодаря этому гидроузлу сезонное перераспределение стока, снижение пиков паводков скажутся на среднем и нижнем Амуре.

Меньше трех лет потребовалось, чтобы разработать ТЭО, проект и построить Толмачевскую ГЭС на Камчатке.

К сожалению, на Зейском водохранилище не были выполнены мероприятия по снижению ущерба, который понесла биота наземной и водной экосистем, по оптимизации природной среды. Пассивность охотхозяйств, засилье браконьеров и возросшая численность волков не дают возможности восстановить поголовье копытных. Нужно бороться с этими явлениями, а не только подсчитывать число жертв на льду водохранилища. Естественные процессы восстановления и преобразования экосистем в зоне влияния водохранилища протекают медленно. На качестве воды сказываются разработки золота, загрязняющие десятки его притоков. Не лучше обстоят дела и на других водохранилищах. Пока тувинцы сбрасывали в

Енисей неочищенные стоки городов, заводов и пастбищ, не замечали, как загрязняют реку. С появлением Саяно-Шушенского водохранилища заби-ли тревогу. Но ведь нужны очистные сооружения, охрана этого пресного моря среди полупустыни в центре Азии, а не обвинения в адрес ГЭС.

Нельзя строить гидроузлы на равнинных реках, на Амуре, а в горных безлюдных долинах – сам Бог велел. Но пылятся в Ленгидропроекте гото-вые ТЭО и проекты Гилюйской, Ниманской, Нижне-Бурейской, верхне-селемджинских и ГЭС на Большой Уссурке. Пока же планируют газопро-вод Сахалин–Хабаровск, в Приморье возят дорогостоящий мазут, уголь из Якутии и даже из Кузбасса. Тем временем Бикин, Бол. Уссурка и другие реки по-прежнему буйствуют на освоенных людьми берегах. Подсчитано, что ущерб от наводнений только за один год сопоставим со стоимостью средней по мощности ГЭС.

Предлагается:

Доработать нормативы и правила сооружения гидроузлов до безуслов-ного и своевременного выполнения требований ОВОС по природоохран-ным мероприятиям в бьефах ГЭС.

От эксплуатации водохранилищ (так, к сожалению, называются многие управления) реально перейти к рачительному использованию и оптимиза-ции природной среды в пределах их бассейнов.

Правительству Российской Федерации внести коррективы в «Энергети-ческую стратегию России на период до 2020 г.», привести прогнозный то-пливно-энергетический баланс страны в соответствие с провозглашенны-ми целями. Пока заложенное в нем производство 70% энергии на тепло-вых электростанциях не вяжется с энергоресурсосбережением, оно будет усугублять парниковый эффект Земли и не улучшит условий жизни насе-ления. В регионах России, обеспеченных гидроресурсами и другими во-зобновляемыми источниками энергии, целесообразно активнее заменять углеводородное топливо такими ресурсами.

Пример тому – Евросоюз, принявший законодательное решение о при-оритетном развитии энергетики на базе использования возобновляемых источников энергии с поощрительными мерами по их освоению с целью ослабления парникового эффекта, экономии невозобновляемых ресурсов, обеспечения экологической безопасности.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРАТИФИКАЦИИ И СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕПЛООБМЕНА МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

М.Г. Гречушникова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, allavis@mail.ru*

Традиционные способы наблюдения за термическим режимом водохранилищ не достаточны для изучения и прогнозирования гидроэкологических процессов. Для этого требуется более подробная информация, нежели общие сведения о закономерностях сезонного хода или среднедекадных значениях температуры водной поверхности. Ежедневные значения температуры воды можно получить, используя математические модели. Необходимость применения модели обусловлена недостаточностью натурных наблюдений: рейдовые наблюдения ведутся на одной станции, а гидрологические съемки проводятся не более 6–7 раз за вегетационный период и не могут характеризовать развитие процессов в течение синоптических циклов.

Для Можайского водохранилища выполнены расчеты вертикального распределения среднесуточной температуры воды в 4 расчетных отсеках водоема с шагом по глубине 1 м по модели тепло-массообмена (ТМО), разработанной в Лаборатории по изучению водохранилищ (пос. Красновиново).

По результатам расчетов выявлены следующие особенности формирования сезонного слоя температурного скачка (СТС): при заглублении синоптического СТС, возникающего при антициклонической погоде; при нагревании почти всей водной толщи и неизменно низкой температуре воды в самом придонном слое водохранилища в годы с высоким уровнем и несильным ветром в период весенне-летнего нагревания водохранилища; на нижней границе перемешанного слоя при продолжительном и сильном ветре в период весенне-летнего нагревания водохранилища.

СТС образуется при сочетании нагревания и перемешивания воды по вертикали. Для оценки роли конвекции и ветрового перемешивания в формировании и разрушении СТС проведен численный эксперимент. Из алгоритма модели поочередно удалялись блоки расчета свободной конвекции (СК) и ветрового перемешивания (ВП). Расчет, произведенный для вегетационного периода, показал, что в период весеннего нагревания и в первую половину лета ВП имеет большее значение, чем СК в формировании вертикального распределения. Летом конвекция способствует увели-

чению продолжительности стратификации, противодействуя ветровому разрушению СТС. В период осеннего охлаждения оба процесса практически одинаково важны для охлаждения водной толщи.

Как показали материалы расчета составляющих теплового баланса различных отсеков водохранилища, перестройка структуры теплового баланса водохранилища служит причиной горизонтальной неоднородности температуры воды не только в сезоны нагревания и охлаждения, но и при смене фазы внутри синоптических периодов. Использование модельных расчетов позволило впервые оценить величину составляющих горизонтального теплообмена, а именно интенсивность теплообмена при адвекции, стоковых, плотностных и компенсационных течениях.

Возможность чрезвычайно быстрой перестройки термической структуры в долинном водохранилище при смене синоптической ситуации указывает на актуальность краткосрочного прогнозирования возникновения благоприятных для «цветения» гидрологических условий. Поэтому использование расчетов по модели ТМО в сочетании с краткосрочным прогнозом погоды может служить гидрологической основой таких прогнозов для важных источников водоснабжения.

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.Л. Григорьева¹, И.В. Ланцова²

¹ *Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, grigor@aquas.laser.ru*

² *Администрация г. Конаково Тверской области, Россия*

На формирование качества воды в водохранилищах воздействуют многие абиотические, биологические и антропогенные факторы. Среди комплекса внешних абиотических факторов на функционирование водных экосистем и качество воды в водохранилищах наиболее существенное влияние оказывает изменение гидрологического режима реки при зарегулировании ее стока. На показатели качества воды влияют также водность года, положение водохранилища в каскаде, сезонная и суточная динамика внутриводоемных процессов, связанных с действием как физико-химических (температура, прозрачность, процессы сорбции, десорбции, седиментации, выщелачивания и др.), гидрологических (скорость течения и интенсивность турбулентного перемешивания, морфометрия, глубина и т.д.), так и биологических факторов (численность и видовой состав гидробионтов, их миграция, функционирование и др.).

Иваньковское водохранилище – водоем долинного типа, относящийся по своему объему (1.12 км³) к средним водохранилищам. По морфологи-

ческим особенностям котловины подразделяется на три плеса: Волжский, Ивановский и Шошинский. Особенностью водохранилища является его мелководность: глубины до 2 м составляют около 48% от площади водоема. Химический состав воды водохранилища определяется в большой степени гидрохимическим режимом основных притоков рек Волги и Тверцы, водный сток которых составляет более 80% общего притока воды в водоем. На долю притоков, впадающих в Шошинский плес (рек Шоша и Лама), приходится около 11% притока воды в водоем. Важный фактор формирования химического состава вод Ивановского водохранилища – поступление ЗВ от точечных и площадных источников загрязнения, которое приводит не только к абсолютному увеличению содержания некоторых ионов (натрий, хлориды, сульфаты), но и к изменению соотношения одно- и двухвалентных катионов.

На участке водосбора от г. Твери до г. Дубны на формирование качества воды водохранилища влияние оказывают: химический сток малых притоков (рек Орша, Созь, Дойбица, Донховка, Сучок, Инюха и др.); поступление загрязняющих веществ с грунтовыми водами через разгрузку в ложе и берега водохранилища и поступление сточных вод от 26 выпусков; рассредоточенный сток с береговой зоны, в которой расположены две птицефабрики: «Красный луч» (с. Городня) и «Завидовская» (пос. Мокшино), многочисленные дачные кооперативы, пансионаты, турбазы, индивидуальные коттеджи, ряд населенных пунктов, крупнейший из которых г. Конаково с населением 46 тыс. человек, сельскохозяйственные поля и животноводческие фермы. Все это приводит к ухудшению качества воды от входного створа к замыкающему. С водами малых притоков, непосредственно впадающих в Ивановское водохранилище, по нашим расчетам, выносятся около 400 т минерального азота, из них 130 т приходится на грунтовые воды. С подземным стоком через разгрузку в ложе и берега водохранилища и с грунтовым стоком малых притоков в водоем поступает около 430–450 т минерального азота, что составляет около 40% от поступления его со сточными водами г. Твери.

В последние годы на первый план выдвинулись такие негативные факторы, влияющие на качество воды Ивановского водохранилища, как заболачивание водоема, интенсивная застройка береговой зоны самого водохранилища и его притоков, увеличивающееся рекреационное использование водоема.

СОСТАВ, КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ И ДИНАМИКА МЕЙОБЕНТОСА РЫБИНСКОГО И ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

В.А. Гусаков

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
gva@ibiw.yaroslavl.ru

Впервые изучен мейобентос Горьковского водохранилища (в пределах речного участка), новыми сведениями дополнены материалы по Рыбинскому.

В обоих водохранилищах сообщество характеризуется высоким разнообразием. В его составе обнаружены 293 вида и формы (из 16 таксономических групп): 242 – в Рыбинском и 223 – в Горьковском. Впервые для фауны этих водоемов указаны 53 представителя, описаны два новых для науки вида круглых червей – *Tobrilus minor*, *Peritobrilus tumidus* (Гагарин, Гусаков, 1998). Наибольшую частоту встречаемости ($> 80\%$) в мейобентосе имеют шесть групп: Nematoda, Oligochaeta, Cladocera, Cyclopoida, Harpacticoida, Chironomidae. Они же, вместе с клещами и остракодами, составляют основу сообщества и по видовому богатству. Среди всех групп заметно выделяются нематоды, составляя третью–четвертую часть от общих видовых списков. Состав мейобентоса в водохранилищах характеризуется высоким сходством как между отдельными исследованными участками (50–81% по индексу Чекановского-Серенсена), так и между водоемами в целом (74%). Сходны в них и наборы видов, имеющих высокую встречаемость. Это свидетельствует о том, что донная мейофауна состоит здесь преимущественно из широко распространенных форм, способных существовать в широком диапазоне различных условий среды.

Мейобентос Рыбинского и Горьковского водохранилищ характеризуется также высокой степенью количественного развития, которая определяется главным образом гидродинамическими условиями и характером донных отложений. Так, в Рыбинском водохранилище большее видовое богатство (до 89 видов и форм в одной пробе) донная мейофауна имеет на заиленных грунтах глубоководной зоны по сравнению с незащищенным осушаемым песчаным побережьем; на речном участке Горьковского – большее число видов и форм (до 66 в пробе) регистрируется, наоборот, в прибрежье, чем в более проточной русловой зоне. Средние многолетние значения численности и биомассы в первом водохранилище также минимальны в открытой литорали (133.9 ± 24.2 тыс. экз./м² и 3.3 ± 0.6 г/м²) и максимальны в профундали (435.2 ± 28.5 тыс. экз./м² и 13.8 ± 0.9 г/м²). Наибольшие для водоема величины отмечены на затопленных руслах рек и достигают 914 тыс. экз./м² и 41.0 г/м². В Горьковском водохранилище ми-

нимальные средние показатели (63.5–70.9 тыс. экз./м² и 1.3–2.1 г/м²) зафиксированы весной в русловой зоне речного участка и в Костромском разливе, максимальные (до 449.7 тыс. экз./м² и 15.3 г/м²) – летом в районе Костромской ГРЭС; в районе электростанции отмечены и наибольшие для водоема значения численности и биомассы – 1193 тыс. экз./м² и 47.6 г/м². Основу численности сообщества в обоих водохранилищах образуют нематоды, олигохеты, кладоцеры, циклопы, гарпактициды и личинки хирономид; основу биомассы – те же группы рачков, хирономиды и моллюски.

Годовая и сезонная динамика мейобентоса в открытой литорали Рыбинского водохранилища имеет большúю амплитуду и во многом определяется скоростью и степенью осенне-зимней сработки уровня. Наиболее устойчивы к зимнему безводному периоду нематоды и личинки хирономид, переживающие его в состоянии анабиоза. Всего в промерзшем грунте в жизнеспособном состоянии были обнаружены около 40 видов и форм мейобентоса из 5 групп (Nematoda, Tardigrada, Harpacticoida, Chironomidae и Mollusca). Некоторые организмы избегают неблагоприятных условий зимовки, зарываясь вглубь грунта ниже точки промерзания или мигрируя в более глубокие зоны водоема вслед за отступающей водой. Горизонтальные миграции выявлены у гарпактицид, хирономид и циклопов, вертикальные (в грунте) – у представителей большинства ведущих групп. В профундали Рыбинского водохранилища по сравнению с открытой литоралью многолетние и сезонные колебания количественных показателей мейобентоса характеризуются меньшим размахом. Наименее изменчивой величиной в глубоководной зоне является видовое богатство сообщества.

Сезонные трансформации мейобентоса в Горьковском водохранилище в основном подчинены тем же закономерностям, что и в Рыбинском.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ, АЛЬГОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОДУКЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ВОЛГОГРАДСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

И.Н. Далечина, С.Г. Котляр

*Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Саратов, Россия, malininaJA@info.sgu.ru*

Биоценозы практически всех водоемов в настоящее время подвержены антропогенному воздействию. Среднегодовая токсическая нагрузка на экосистемы Волги и ее притоков в 5 раз превосходит среднегодовую токсическую нагрузку на водные экосистемы других регионов России. Антропогенный прессинг на Волгоградское водохранилище усугубляется крайне неблагоприятным водным балансом, который обусловлен большим потреблением волжской воды на производственные нужды и потерями ее при транспортировке и использовании (Логашова, Елисеев, 2001). В загрязненных водных объектах происходят сложные процессы самоочищения, ведущие к восстановлению существовавшего естественного состояния водохранилища.

Целью работы являлась оценка качества вод Волгоградского водохранилища в зоне влияния крупных промышленных центров (гг. Саратова и Энгельса).

Кислородный режим на исследуемых участках водохранилища был благоприятным. Газовой стратификации не наблюдалось. Показатели перманганатной окисляемости (ПО) в летний период были низкими.

В зоне влияния промышленного комплекса отмечалось значительное увеличение БПК₂₀, что является свидетельством активизации биохимических процессов и антропогенного воздействия. Отношение БПК₅ к ПО возрастало от 0.2–0.3 (выше г. Саратова) до 0.4 (ниже г. Саратова). Отношение ПО к бихроматной окисляемости (БО) составило 15–17%, что свидетельствует о наличии трудноминерализуемого органического вещества в воде.

Влияние промышленных стоков проявлялось в увеличении средних значений и амплитуды колебаний хлоридов, аммонийного азота, нитратов, кремния и суммы биогенных компонентов. Сравнение средних и максимальных концентраций гидрохимических показателей в исследуемой воде выявило увеличение всех форм азота и фосфора, снижение содержания железа в 2001 г. по сравнению с 2000 г.

Особенности гидрохимического и гидрологического режимов сказались на продуктивности фитопланктона. Средняя численность его не превышала 4.5 млн. кл./л, биомасса 0.85 мг/л. В 2000 г. отмечался один летний подъем численности, в 2001 г. их зарегистрировано 2 – весенний и летний.

Ранний прогрев воды в апреле–мае способствовал массовому развитию диатомовых водорослей.

Летний подъем численности водорослей в 2000 г. пришелся на август, в 2001 г. максимальная численность фитопланктона зарегистрирована в июле. По средним показателям в 2001 г. значительно снизилась численность синезеленых и пиррофитовых, но возросла доля диатомовых водорослей в сообществах.

В июле 2000 г. на участках ниже промышленных центров в летний период зарегистрирована вспышка численности криптоноад, а в августе более интенсивно развивались синезеленые водоросли, что приводило к снижению показателей фотосинтеза и увеличению деструкции. Коэффициент самоочищения на участках выше города не опускался ниже критических величин (0.6–0.7), ниже промышленных центров в летний период снижался до 0.16–0.36.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЫБИНСКОГО И ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Г.М. Даниярова

ФГУ «Управление эксплуатации Рыбинского и Шекснинского водохранилищ», Рыбинск, Россия

1. Отрицательное антропогенное воздействие на акваторию водохранилищ и прибрежную водоохранную зону требует разработки проекта комплексных водоохранных мероприятий, направленных на улучшение санитарно-технического состояния водоемов.

2. Главная цель осуществления комплекса мероприятий по упорядочению водопользования и улучшению водохозяйственной обстановки на водохранилищах – создание условий для реализации государственной политики устойчивого водопользования с такими приоритетными направлениями, как:

- обеспечение питьевой водой высокого качества в необходимом количестве и режиме;
- предупреждение и ликвидация последствий вредного воздействия паводков, подтопления, водной эрозии;
- охрана и рациональное использование водных ресурсов, охрана и восстановление малых рек, впадающих в водохранилища;
- повышение уровня управления режимами работы водохранилищ;
- обновление и повышение надежности большей части ГТС, обеспечивающих инженерную защиту территорий от вредного воздействия вод.

3. Берегоукрепительные работы, проводимые на водохранилищах, – это первые значительные шаги на пути к оздоровлению экологической обстановки в водоемах.

4. Расчистка устьевых участков малых рек, впадающих в водохранилища, – залог улучшения качества вод и состояния прилегающих территорий.

5. Происходящие в стране социально-экономические преобразования, изменение организационно-правовых форм крупных предприятий-водопользователей требуют нового подхода к научному обеспечению водохозяйственной деятельности.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА В СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Ю.С. Даценко, Е.И. Ветрова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, ndats@mecom.ru*

Начиная с простых полуэмпирических моделей эвтрофирования водоемов, в центре внимания лимнологов находится описание трансформации соединений фосфора в водоеме как элемента, ответственного в большинстве случаев за процессы увеличения продуктивности экосистем. С развитием моделей термической стратификации водоемов появилась возможность более подробного описания вертикального распределения фосфора в водоеме с учетом как динамических, так и биохимических факторов. В вегетационный период наиболее интенсивные превращения фосфора происходят в системе минеральный растворенный – органический фосфор, поэтому моделирование этих двух форм следует рассматривать как максимально возможное упрощение фосфорной системы для описания его круговорота. Органический фосфор в этом случае рассматривается как агрегированная переменная, включающая взвешенный органический фосфор фитопланктона и растворенный органический фосфор (как аллохтонного происхождения, так и продуктов метаболизма гидробионтов). Общий фосфор рассчитывается как сумма минерального и органического фосфора.

В настоящей работе представляются результаты моделирования изменений содержания основных форм фосфора по вертикали в стратифицированном Можайском водохранилище в летний период на основе квазидвумерной модели тепло-массообмена водохранилищ. Вертикальное распределение минерального и органического фосфора воспроизводится в

8 отсеках водохранилища с мая по сентябрь с суточным шагом. При описании превращений минерального фосфора учитывались следующие процессы: минерализация органического (фитопланктонного) фосфора, вынос фосфора из донных отложений, потребление минерального фосфора фитопланктоном. Моделирование изменений органического фосфора включает формализацию процессов роста фитопланктона, разложения органического фосфора и оседания взвешенного органического фосфора. Для расчета световой функции, выноса фосфора из донных отложений использовались эмпирические зависимости, полученные ранее для Можайского водохранилища. Расчеты показали, что модель хорошо воспроизводит закономерное уменьшение содержания органического и минерального фосфора от поверхности ко дну, регулярно наблюдающееся в водохранилище в летний период.

Верификация фосфорного блока модели проводилась по данным синхронных гидрохимических съемок водохранилища, проведенных в 1984 г. с частотой один раз в месяц. Пределы колебаний органического фосфора в водохранилище в этом году составили 5–190 мкг/л, минерального – 0–300 мкг/л. В этом же году проводились детальные наблюдения за концентрациями фосфора в трех основных притоках водохранилища, необходимые для расчета притока фосфора в водоем. Концентрации органического фосфора оценивались по содержанию в воде водохранилища и притоков органического вещества на основе полученной зависимости между разностью общего и минерального фосфора и величине бихроматной окисляемости. Для сравнения рассчитанных и измеренных концентраций фосфора использовался критерий Тиля, значение которого при идеальном совпадении концентраций стремится к нулю. Расчетные величины этого критерия колеблются в различные месяцы и в различных отсеках для минерального фосфора в пределах 0.21–0.53, для общего фосфора в пределах 0.16–0.44. Минимальные ошибки расчета наблюдались в августе (средние по водохранилищу) и в первом отсеке (средние по трем съемкам, проведенным в июне, июле и августе).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-05-64319).

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО И ОПЕРАТИВНОГО РАСЧЕТА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

Ю.С. Даценко, В.В. Пуклаков, К.К. Эдельштейн

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, ndats@mecom.ru*

Эффективная эксплуатация крупных водохозяйственных систем, включающих водохранилища, предусматривает необходимость учета сложных процессов формирования и трансформации состава и качества воды в техногенных водоемах с управляемым водным режимом. Степень этой трансформации определяется интенсивностью водообмена водохранилищ и генетическим составом водных масс, образующих в них сложную гидрологическую структуру. Она, в свою очередь, зависит от режима регулирования стока воды гидроузлами, морфологическими особенностями ложа водохранилищ, гидроклиматическими и синоптическими условиями в их бассейнах и на акватории. Наиболее эффективным методом выявления закономерностей внутриводоемных процессов при конкретных внешних воздействиях выступает математическое моделирование, которое позволяет на основе диагностических расчетов разработать конкретные научно-обоснованные рекомендации по оптимизации эксплуатации отдельного водохранилища или каскада водохранилищ с учетом качества воды. Этим задачам отвечает созданная на кафедре гидрологии суши МГУ им. М.В. Ломоносова и надежно верифицированная на Можайском водохранилище математическая боксовая квазидвумерная модель тепло-массообмена (ТМО) водохранилищ.

Современные информационные технологии позволяют автоматизировать процесс работы с моделью путем создания специальных программных продуктов, обеспечивающих возможность практической работы с моделью в режиме интерфейса. Такой программный комплекс, предназначенный для гидроэкологической поддержки решений по управлению водным режимом и качеством воды в водохранилищах Волжско-Камского каскада, разработан для разнотипных водохранилищ Волжского каскада – Ивановского, Угличского, Горьковского и Можайского – на базе модели ТМО. Математическая модель и банки данных, относящиеся к тому или иному объекту рассматриваемого каскада, объединены общей программной оболочкой, рассчитанной на диалог с пользователем. С помощью этой оболочки можно:

- проводить численные эксперименты в сценарном варианте, позволяющие проанализировать особенности гидрологического режима и

- трансформации качества воды в годы средней и экстремальной водности;
- задавать необходимые исходные данные и в оперативном режиме с суточным шагом рассчитывать водный баланс и характеристики гидроэкологической структуры в реальном времени; в этом режиме предусмотрена возможность изменений параметров сброса воды из водохранилищ с целью выбора оптимального режима регулирования стока гидроузлом;
 - проанализировать полученные результаты в удобном для пользователя виде (графики распределения параметров по глубине в 4 и более частях водоема, изолинии рассчитываемых показателей в вертикально-продольном разрезе и т.д.);

Данный программный комплекс обеспечивает возможность оперативно отслеживать изменения гидроэкологического состояния водных объектов в реальном времени и через оптимизационные расчеты сбросов принимать решения по управлению работой гидроузла. Комплекс открыт для корректировки и пополнения любой новой информацией как по новым объектам (водохранилищам), так и по показателям качества воды.

Работа выполнена при финансовой поддержке МПР и РФФИ (проект 02-05-64319).

СТРУКТУРА ВОДОХРАНИЛИЩА КАК ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ

С.А. Двинских

*Пермский государственный университет, Пермь, Россия,
dalladav@mail.ru*

При описании физических процессов долгое время придерживались точки зрения Аристотеля, согласно которой важность целого превышает важности его составляющих. Другими словами, значимость элементов, составляющих некоторое множество, трактовалась через значимость самого множества (как целого). Взгляды Аристотеля господствовали в физике на протяжении многих столетий, пока Галилей не высказал иную точку зрения, обоснованную впоследствии Ньютоном: целое объясняется свойствами его элементарных составляющих. Иначе говоря, знание о сложном объекте можно получить, изучая свойства его элементов, для чего используют тип математического описания, с которым чаще всего приходится иметь дело в прикладных исследованиях: это связь «вход–выход». Во многих отношениях оно диаметрально противоположно частному, ло-

кальному описанию, поскольку не содержит деталей и единственно доступным источником информации являются закономерности, связывающие выходы системы с ее входами. Это внешнее описание системы.

Может ли внутренняя модель объяснить каждое внешнее описание? Ответом на данный вопрос является решение так называемой задачи реализации – это один из важнейших аспектов математической теории систем. Описание системы в этом случае эквивалентно отображению $f: W \rightarrow G$, где W – множество возможных входов, а G – множество возможных выходов (или W и G – конечные наборы элементов, связь между которыми описывается функцией f).

Однако такой подход возможен к простым системам или, как их называет В.С. Преображенский (1983), моносистемам. Любую сложную систему можно разложить на простые системы (подсистемы). Применительно к водохранилищам удобнее всего это сделать на основе районирования. Последнее трактуется как метод членения исследуемой территории на такие таксоны, которые отвечали бы по крайней мере двум критериям: критерию специфики выделяемых территориальных ячеек и критерию взаимосвязанности насыщающих их элементов (Географический..., 1988).

Опыт многолетнего изучения водохранилищ (Вендров, 1961; Матарзин, 1961; Фортунатов, 1970; Широков, 1974; Двинских и др., 1975; и др.) показывает, что влияние природных факторов и деятельности человека на характер и интенсивность всех внутриводоемных процессов, а также своеобразие взаимодействия водоема с окружающей средой осуществляется через особенности его морфометрии и морфологии. С учетом опыта районирования крупных водохранилищ, можно выделить следующую систему таксономических единиц: плес, гидрологический район, гидрографический участок. Внутри каждой единицы могут быть выделены зоны *глубоководная* и *мелководная*, представляющие собой линейно вытянутые вдоль берега области, определяющие перенос вещества и энергии. Необходимость их выделения сомнений не вызывает, так как их выделение обусловлено разными процессами (Двинских, Матарзин, 1980). К элементам своеобразия мелководной зоны Г. Шилькрот относит: положение между сушей и морем, определяющее его функции разграничения и связи между этими средами (постоянный контакт прибрежных вод с дном и атмосферой, обеспечивающий непрерывный обмен теплом и веществом между водой, грунтом и воздухом; освещенность, достигающую дна и достаточную для роста донной растительности; зарастание дна мелководий различными фитоценозами). Для мелководий характерен замедленный водообмен, что способствует интенсивному протеканию здесь биологических и биохимических процессов. По результатам исследований О.А. Тихомирова, общая продуктивность мелководий выше, чем на от-

крытых глубоководных участках в 2–2.5 раза. Разложение органического вещества играет главную роль в формировании химического состава водной массы. Однако надо отметить, что особенности формирования компонентов мелководий зависят от их морфологических и морфометрических характеристик, литологии, места положения в плане и др. (Двинских, 1993). Эти же характеристики в конечном счете определяют здесь и особенности динамики водных масс. Сказанное находит отражение и в классификации водохранилищ по другим показателям (Буторин, 1969; Матарзин, Мацкевич, 1970; Вендров, Дьяконов, 1976; и др.).

Обе зоны имеют вертикальную и горизонтальную структуру. Вертикальная характеризуется специфической совокупностью элементов, образующих систему, а горизонтальная – особенностью расположения и взаимодействия отдельных частей. Первая в основном претерпевает изменения во времени, вторая в пространстве.

Вертикальная (ярусная) структура водохранилища включает породы дна, донные отложения, водную массу, растительный и животный мир, атмосферу. По терминологии физико-географического районирования, вертикальная структура глубоководной части водоема является неполным комплексом, так как взаимодействие трех основных компонентов географической оболочки (атмосферы, гидросферы и литосферы) частично проявляется в пограничных областях (у дна и у поверхности водного зеркала), а в полной мере – лишь в мелководной зоне. Следовательно, глубоководная зона – неполный географический комплекс, а мелководная зона – полный комплекс.

Горизонтальное (пространственное) строение водохранилища – это сочетание входящих в его состав частей более низкого таксономического уровня и ландшафтных элементов. Устойчиво повторяющееся, обусловленное генезисом или обменом веществом и энергией сочетание более мелких единиц называют морфологией ландшафта или морфологической структурой (Охрана ландшафта, 1982). Следовательно, изучив морфологическую структуру водохранилища, можно получить представление о его горизонтальном строении, которое служит основанием для морфометрического районирования.

Временные масштабы элементов вертикального и горизонтального строения значительно отличаются друг от друга. Если элементы вертикального строения могут изменять свои характеристики не только по сезонам года, но и внутри суток (например, температурный и кислородный режимы водной массы имеют суточный ход), то элементы горизонтального строения более устойчивы: морфология может сохраняться неизменной на протяжении нескольких лет (районирование по морфометрическим показателям, предложенное для Камского водохранилища

Ю.М. Матарзиным и И.К. Мацкевичем в 1972 г. все еще остается в силе), а морфометрия более изменчива и в основном определяется уровнем режимом водоема. Однако, несмотря на временную разницу в динамике вертикального и горизонтального строения, они взаимосвязаны. Морфология, определяя объемы водных масс и гидродинамические процессы (течения, волнение), влияет на термическую стратификацию, вертикальный водообмен, насыщение водных масс кислородом и т.д. В то же время изменение вертикального строения системы (толщина водной массы, слой донных отложений) сказывается на морфометрии, но все-таки ведущая роль принадлежит более устойчивому горизонтальному строению, которое и должно быть основным при проведении районирования водохранилищ. Районирования по другим показателям должны укладываться в рамки основного.

Таким образом, структура водохранилища выражается в характере внутренних взаимосвязей компонентов его вертикального и горизонтального строения, характеризующихся изменением как во времени, так и в пространстве. Горизонтальное строение лежит в основе выделения районов, однотипных по морфологии и морфометрии, а вертикальное – в выделении зон, отличающихся по характеру взаимодействия между компонентами. Если в первом случае количество районов будет зависеть от сложности рельефа котловины водохранилища, то во втором прежде всего выделяются глубоководная и мелководная зоны (в зависимости от глубины), которые могут быть подразделены на более мелкие части, что зависит от решаемой задачи. Благодаря тесной связи между горизонтальным и вертикальным строением, внутри каждого района можно выделить зоны, а внутри зон – подзоны. Водохранилище как систему можно представить и состоящим из подсистем зон или подсистем районов. Следовательно, иерархическое описание водохранилища может осуществляться несколькими путями: описание горизонтального строения, описание вертикального строения и комплексное описание. Выбор вида описания зависит от поставленной проблемы.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА СТРУКТУРУ ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

С.Я. Двуреченская, Н.И. Ермолаева

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
Новосибирский филиал, Новосибирск, Россия, dvur@ad-sbras.nsc.ru*

Водохранилища Сибири существенно отличаются от водохранилищ европейской территории России по климатическим условиям и гидрологическим характеристикам. Большие объемы и глубины сибирских водохранилищ, довольно низкие температуры воды и сравнительно короткий безледоставный период обуславливают специфику гидрохимических и гидробиологических характеристик водоемов, влияют на формирование качества воды.

Новосибирское водохранилище, обладая повышенной проточностью (среднегодовой коэффициент водообмена равен 7), сочетает признаки проточно-руслowych и озероподобных водохранилищ. На уровень продуктивности водохранилища, помимо температурного режима, климатических и гидрологических условий, существенное влияние оказывают особенности водосборной площади и гидрохимический режим водоема. Последний, в свою очередь, тесно связан с водностью года и уровнем режимом водоема. Химический состав воды влияет на структуру экосистемы в целом. Для индикации экологического состояния водоема можно использовать различные показатели, в том числе изменение видового состава и структурных характеристик зоопланктонного сообщества.

Проведен сопоставительный статистический анализ отдельных приоритетных гидрохимических характеристик воды и таксономического состава зоопланктонных ценозов в озеровидной (нижней) части Новосибирского водохранилища в различные по водности годы: 1998 г. – четвертый по маловодности за весь период существования водохранилища – и близкий к многоводным 2001 г. Установлены высокие корреляции между численностью веслоногих рачков (*Copepoda*) и значениями pH, концентрациями нитритов и нитратов; численностью ветвистоусых ракообразных (*Cladocera*) и концентрациями легкоокисляемых органических веществ и нитритов, которые не зависят от водности года. Для маловодного года найдены, помимо описанных, высокие корреляции *Copepoda* с концентрациями аммонийных соединений, фенолов и нефтепродуктов; *Cladocera* – с аммонийными соединениями и фосфатами; коловраток (*Rotatoria*) – с концентрациями легкоокисляемых органических веществ, аммонийных соединений, нитритов, фосфатов и нефтепродуктов. Для многоводного 2001

г. обнаружена также корреляция между численностью *Copepoda* и легко-окисляемыми органическими веществами. В 1998 г. в озерном расширении водохранилища зафиксированы повышенные концентрации аммонийных соединений, нитритов, фенолов и нефтепродуктов и пониженные концентрации нитратов и фосфатов по сравнению с 2001 г. Наблюдавшаяся картина, по-видимому, связана с активным развитием синезеленых и диатомовых водорослей в маловодном 1998 г. и, соответственно, с интенсивным потреблением окисленных форм азота и фосфора. Обилие биогенов, активное развитие кормовой базы (фитопланктон, детрит) в период маловодья способствовали резкому увеличению количественных показателей *Cladocera* и *Rotatoria*. Так, в 1998 г. численность коловраток превышала показатели 2001 г. в 20 раз, а ветвистоусых – примерно в 500 раз.

Таким образом, видовой состав и структура зоопланктонного сообщества Новосибирского водохранилища в значительной степени определяются кислотностью среды и концентрациями биогенных соединений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 00-15-98542 и 02-05-64384а).

ЗАДАЧИ ЭКОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Т.П. Девяткова, Г.В. Морозова, О.В. Ларченко, А.Б. Китаев

*Пермский государственный университет, Пермь, Россия,
hydrology.department@psu.ru*

Камские водохранилища, как и все крупные искусственные водоемы, вызвали не только коренные преобразования в режиме водных объектов, но и повлияли на изменение:

1. Экологических условий природных комплексов;
2. Социально-экономических факторов хозяйственной деятельности человека.

Создание таких природно-антропогенных водных объектов, как показали многочисленные исследования водохранилищ вообще, и Камских в частности, привело как к позитивным (в области целевого назначения водоемов), так и к негативным (в хозяйственном и экологическом отношениях) последствиям.

Возникновение водохранилищ, обусловленное сооружением ГЭС, представляет пример «жесткого» управления природопользованием, которое, в отличие от «мягкого» управления, опирающегося на саморегулирующие

способности природных систем, требует, во-первых, постоянных вложений финансовых, материальных и трудовых ресурсов для поддержания устойчивого функционирования и, во-вторых, решая одни проблемы, создает несколько новых. Так, обеспечивая прежде всего гидравлический напор для производства энергии, водохранилища улучшают возможности судоходства, перераспределяют сток внутри года, снижают опасность наводнений и обеспечивают водой потребителей в маловодные периоды. В то же время они создают ряд негативных последствий, мероприятия по уменьшению которых сами приводят к появлению новых проблем. Их решение подтверждает сложившееся представление о том, что «жесткое» управление природными процессами (при помощи технических устройств) вызывает «цепную реакцию» возникающих задач, решение которых вовлекает все новые ресурсы, что в конечном итоге ведет к нарушению устойчивости экосистем – от локального и регионального до глобального уровня.

В связи с этим возникает альтернатива: либо продолжать бороться с негативными последствиями решаемых задач, постоянно возникающих в процессе цепной реакции, и тем самым постепенно, но неуклонно уменьшать сферу экологически и социально благоприятных условий жизни человека, либо – пытаться остановить этот процесс общей деградации и тем самым способствовать восстановлению эколого-социально-экономического равновесия в развитии природы и общества – на разных уровнях: от локального до глобального.

При выборе второго пути имеет смысл ставить и применять различные способы решения задач, которые должны определяться:

- 1) системным знанием об общих природно-естественных законах функционирования и развития природно-антропогенных систем;
- 2) представлением об особенностях проявления этих законов в условиях конкретного объекта (экологических, социальных, экономических);
- 3) наличием необходимой информации для получения этих знаний и представлений.

Возможны варианты частичного уменьшения отрицательных воздействий водохранилищ – в пределах частей водоемов, не оказывающих существенного влияния на функционирование водохранилищ как природно-антропогенных систем. К таким частям русловых и долинных водохранилищ относятся некоторые заливы, образовавшиеся в нижних частях долин небольших рек, приток воды по которым «пренебрежимо» мал по сравнению с притоком на основной реке и объемом водной массы водохранилища, даже в условиях его сработки до установленной проектной отметки. Однако и в этом случае важным обстоятельством является место расположения залива по отношению к главным зонам – выклинивания, пере-

менного или постоянного подпора при сезонном регулировании стока. Имеет значение и степень проявления суточного регулирования в каждой из этих зон, особенно в каскаде водохранилищ.

В процессе эксплуатации Камских водохранилищ возникает необходимость осуществления проектов, направленных на улучшение эколого-социально-экономических условий территорий различного масштаба, расположенных на побережьях водоемов. Так, за последние годы появились проблемы, связанные с ухудшением экологической ситуации на территории курорта федерального значения «Усть-Качка» (верхняя часть Воткинского водохранилища), музея-заповедника деревянной архитектуры «Хохловка» (приплотинный район Камского водохранилища). Строительство автодорожного моста через Обвинский залив Камского водохранилища потребовало изменения конструктивных решений, не предусматривавших необходимости сохранения условий водоема. Институтом «Пермгипроводхоз» с участием ПГУ начата проработка проекта восстановления Чермозского пруда. Подобные задачи возникают и в других частях водохранилища. В большинстве случаев решение их увязывается с возможным отчленением заливов от основной площади водохранилища, которое, как один из способов улучшения акваториальной планировки и обеспечения стабильности уровня воды, может сыграть положительную роль, т.е. способствовать восстановлению экосистемы водоемов и их устойчивого функционирования.

Однако необходимо иметь в виду, что гидротехническая часть задачи является наиболее простой и быстро решаемой по сравнению с частью экологической, хотя и гидротехнические устройства нуждаются в обосновании с точки зрения обеспечения ими оптимальных условий функционирования восстанавливаемых экосистем. В этой связи на первое место по значимости и очередности анализа выходит необходимость определения водообмена, обеспечивающего надежность динамического равновесия водных экосистем в различных условиях, предотвращение гиперэвтрофикации водоемов, интенсивного заиливания, зарастания мелководий и т.д.

СЕДИМЕНТАЦИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЕЛАГИЧЕСКОЙ И ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНАХ МЕЗОТРОФНОГО ВОДОЕМА, ЗАСЕЛЕННОГО ДРЕЙССЕНОЙ

Р.А. Деренговская, Т.В. Жукова, О.А. Макаревич, А.П. Остапеня

Белорусский госуниверситет, Минск, Республика Беларусь, ostap@bsu.by

В конце 80-х годов в мезотрофном полимиктическом оз. Нарочь, расположенном на северо-западе Беларуси, появился вселенец – моллюск *Dreissena polymorpha* Pall. Последующее бурное развитие популяции дрейссены внесло существенные изменения в механизмы биотического круговорота в озере, и в частности в процессы седиментации взвешенных веществ. В связи с этим представляет интерес сравнить седиментационные потоки в пелагической зоне озера, где дрейссена отсутствует, и в мелководной (до глубины 8 м), заселенной моллюсками, биомасса которых достигает весьма высоких величин ($> 100 \text{ г/м}^2$). Это на порядок выше биомассы аборигенного бентоса в период, предшествовавший современным глубоким перестройкам экосистемы оз. Нарочь (1956–1977 гг. в среднем для озера $10.0 \pm 3.1 \text{ г/м}^2$).

Сопоставление двух седиментационных потоков в функционировании озерной экосистемы проведено с учетом того, что площади прибрежного пояса до глубины 8 м и глубоководной зоны от 9 до 24 м составляют соответственно $36.20 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ и $44.72 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ со средней глубиной 4.0 и 16.5 м. Концентрация сестона в летний период равна соответственно $0.61 \pm 0.33 \text{ мг/л}$ и $0.87 \pm 0.29 \text{ мг/л}$ или, с учетом высоты столба воды, 2.44 и 14.36 г/м^2 .

Скорость седиментации в глубоководной части озера определяли при помощи седиментационных ловушек, установленных на глубоководной станции (16 м). По данным, полученным в 1998–2000 гг., поток осаждающейся взвеси в течение лета увеличивался: 0.28 в июне, 0.56 в июле и $1.18 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$ в августе, составив в среднем $0.75 \pm 0.42 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$.

Экспериментально определенная зависимость скорости фильтрации озерной воды (Y , мл/ч) от массы моллюска (x , г сырой массы) в оз. Нарочь описывается зависимостью: $Y = 79.25 x^{0.66}$. Материалы по средневзвешенной для озера биомассе (107.3 г/м^2 в расчете на сырое вещество) и численности (1521 экз./м^2) (Бурлакова, 1997) относятся к 1995 г. – периоду стабилизации популяции дрейссены с незначительными колебаниями ее численности, биомассы и размерного состава. Рассчитанный поток взвеси, осаждаемой моллюсками, составил $0.98 \pm 0.26 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$.

Таким образом, скорость седиментации взвешенного вещества в пелагической части оз. Нарочь и осаждение взвеси дрейссеной в литоральной зоне выражаются величинами одного порядка

Ежесуточные потери взвеси от общего ее содержания в столбе воды пелагической и литоральной зон в среднем составляют 5.2 и 40.2%. Учитывая продолжительность вегетационного сезона, можно рассчитать интенсивность оборачиваемости взвеси за счет седиментационного потока (10 раз за сезон) и фильтрационной активности моллюсков (73 раза за сезон). Таким образом, в прибрежном поясе, заселенном дрейссеной, только за счет фильтрационной активности моллюсков скорость круговорота взвешенных веществ интенсифицируется примерно в 7 раз по сравнению с аналогичными потоками в глубоководной зоне.

АЭРОБНАЯ БИОДЕГРАДАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПОГЛОЩЕНИЕ КИСЛОРОДА ДОННЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ ВОДОЕМОВ

Б.М. Долгонос

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, borismd@aqua.laser.ru

Кислородный режим донных отложений – один из основных факторов, определяющих скорость биodeградации накопленного органического вещества, емкость седиментов по отношению к различным поллютантам, вероятность их выноса в придонную воду. Для описания аэробной биodeградации в донных отложениях существуют различные модели химического и биологического типа. Модели первого типа основаны на уравнениях химической кинетики, отражающих распад органического вещества безотносительно к биологическим механизмам этого процесса. Такие модели обычно включают два кинетических уравнения, описывающих баланс органического вещества и баланс кислорода. В таких моделях предполагается, что скорость распада пропорциональна содержанию органического вещества. Насколько справедливо это предположение, к настоящему времени не установлено. Его проверка возможна на пути рассмотрения биологических механизмов для описания явления. Несомненно, более убедительный способ анализа состоит в том, чтобы не предопределять закон распада органического вещества, а включить в модель дополнительное кинетическое уравнение для биомассы, описывающее функционирование бентосного сообщества аэробных микроорганизмов. Биологические модели широко используются для описания биodeградации в водоносных горизонтах, однако они не использовались для описания процессов в донных отложениях, которые имеют свои особенности: незначительность фильтрационных потоков, иммобилизация микробных клеток, прикрепленных к твердому скелету седиментов, поступление органического вещества на поверхность донных отложений. В этих условиях численность

микроорганизмов контролируется не переносом клеток, как в проточных системах, а биологическими механизмами конкуренции между различными микробными группами. В связи с этим разработана модель биодegradации органического вещества и поглощения кислорода, учитывающая биологические механизмы. Она основана на уравнениях баланса биомассы, органического вещества и кислорода. В основу модели положен ряд предположений, касающихся: 1) неподвижности микроорганизмов, фиксированных на твердом скелете донных отложений; 2) седиментации органического вещества в виде детрита (поток растворенного органического вещества считается несущественным); 3) однородности свойств органического вещества по отношению к его биодegradации и др. Скорость роста микроорганизмов описывается модифицированной функцией Моно вида $m \sim [S/(S+K)][C/(C+K')]$, где S и C – концентрации органического вещества и кислорода, K и K' – соответствующие константы полунасыщения. Одним из выводов этой модели является зависимость скорости распада органического вещества от его концентрации в виде $dS/dt \sim S^2/(S+K)^2$, которая дает два крайних случая. Первый описывает биодegradацию трудноразложимого органического вещества; в этом случае константа K мала и dS/dt не зависит от S . Второй случай описывает биодegradацию лабильного органического вещества, когда константа K велика, что дает зависимость $dS/dt \sim S^2$. Видно, что во всех этих случаях предположение о пропорциональности $dS/dt \sim S$, принимаемое в химических моделях, не подтверждается. Скорость потребления кислорода J выражается через концентрацию кислорода в придонной воде C_0 . Из экспериментальных данных известен эффект плато, когда с ростом C_0 потребление кислорода сначала увеличивается, а затем выходит на постоянный уровень. Этот эффект подтверждается теоретически из анализа уравнений модели. Для проверки полученной зависимости $J(C_0)$ используются литературные экспериментальные и натурные данные (Fillos, Molof 1972; Belanger 1981; Дзюбан 1987). Две из описанных экспериментальных систем с донными отложениями характеризуются высокими скоростями поглощения кислорода, а одна низкой. По этим данным оцениваются параметры модели, и обсуждается их соответствие общепринятым представлениям.

РОЛЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОЛГОГРАДСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В РАЙОНЕ г. САРАТОВА

В.В. Донецкая

*Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Саратов, Россия, malininaJA@info.sgu.ru*

Одним из объективных показателей микробиологических процессов в воде является потребление кислорода на дыхание. По нему можно судить о количестве органического вещества, подвергшегося деструкции под воздействием водной микрофлоры. О потреблении кислорода бактериопланктоном на дыхание в Волгоградском водохранилище в районе г. Саратова в 2001 г. мы судили по изменению содержания кислорода в пробах с фильтрованной водой в опытах с суточной экспозицией. Параллельно проводили опыты в пробах с нефилтрованной водой для учета количества кислорода, потребляемого всем планктонным сообществом организмов.

Интенсивность дыхания бактерий в разные периоды наблюдений колебалась в широких пределах и находилась в зависимости от наличия в воде питательных веществ и температурного фактора.

Наиболее низкие величины потребления кислорода одной бактериальной клеткой отмечались в майских пробах, отобранных выше гг. Саратова и Энгельса (соответственно $8.0 \cdot 10^{-9}$ и $37.0 \cdot 10^{-9}$ мкг O_2 /кл.). Видимо, это связано с преобладанием в планктоне нежизнеспособной аллохтонной микрофлоры, занесенной в водоем с паводковыми водами. В июне интенсивность дыхания бактерий выше г. Саратова повысилась до $41.0 \cdot 10^{-9}$ мкг O_2 /кл., тогда как в лучше прогреваемом левобережье выше г. Энгельса в этот период она достигла более высоких величин ($215.0 \cdot 10^{-9}$ мкг O_2 /кл.).

В правобережной части водохранилища наиболее высокий темп дыхания микроорганизмов отмечался у наиболее загрязненного городскими сточными водами пос. Красный Текстильщик, где при колебаниях от 166.0 до $613.0 \cdot 10^{-9}$ мкг O_2 /кл. одной бактериальной клеткой в среднем поглощалось $336.0 \cdot 10^{-9}$ мкг кислорода.

В ниже расположенных точках (пос. Широкий Буерак и пос. Синенькие) интенсивности дыхания бактерий в среднем снизилась до 162.0 и $203 \cdot 10^{-9}$ мкг O_2 /кл., что свидетельствует о частично прошедших процессах самоочищения воды.

В левобережной части ниже г. Энгельса в период с мая по август интенсивность дыхания бактерий по сравнению с выше расположенными пробами была более высокой (от 150.0 до $352.0 \cdot 10^{-9}$ мкг O_2 /кл.). В сентябре темп дыхания бактерий снизился до $76.0 \cdot 10^{-9}$ мкг O_2 /кл., что может быть

связано с присутствием в сточных водах веществ, оказывающих на бактериопланктон ингибирующее действие.

Выше г. Саратова в мае–июне деструктивная активность бактериопланктона была низкой и соответственно составила 0.233 и 0.175 мг О₂/л (13.06 и 12.50% от общей деструкции). В летний период значительно повысилась роль бактериопланктона в деструкции органического вещества в водоеме, а в июле отмечалось преобладание бактериальной деструкции над общей (бактериальная деструкция составила 138.5%). Аналогичное явление отмечалось в мае и сентябре у загрязненного сточными водами пос. Кр. Текстильщик и пос. Ш. Буерак в мае и июне.

В среднем у пос. Усть-Курдюм бактериопланктоном ежедневно минерализировалось 3.26 ккал/л органического вещества. Близкие величины получены у пос. Ш. Буерак (3.42 ккал/л) и у пос. Синенькие (3.90 ккал/л). Максимум бактериальной деструкции отмечен у пос. Кр. Текстильщик (6.43 ккал/л) и ниже г. Энгельса. (4.17 ккал/л против 2.32 ккал/л выше г. Энгельса).

Высокий уровень бактериальной деструкции в Волгоградском водохранилище в районе г. Саратова, а в отдельных случаях преобладание бактериальной деструкции над общей, свидетельствуют о вовлечении в круговорот большого количества аллохтонного органического вещества. Кроме того, это может быть вызвано загрязненностью водоема бытовыми сточными водами.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗМЕНЕНИЮ ПРАВИЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ВОДОХРАНИЛИЩ С УЧЕТОМ ПРИРОДООХРАННЫХ ИНТЕРЕСОВ

В.Г. Дубинина¹, Т.И. Иванова², С.В. Козлитина³

¹ Межведомственная Ихтиологическая комиссия,
Москва, Россия, inicom@aport.ru

² Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, martin@aqua.laser.ru

³ Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, Россия, riasfp@icom.ru

Решения о пересмотре Правил использования водных ресурсов водохранилищ, прежде всего южных рек, с учетом природоохранных интересов неоднократно принимались высшими руководящими органами страны начиная с 1971 г. и вплоть до настоящего времени. Однако никаких обязательных объемов весенних попусков для обеспечения необходимых условий нереста рыб в низовьях рек на послеплотинном участке в гарантиро-

ванных объемах в Правилах установлено не было. Определяются они по остаточному принципу, после выполнения требований транспорта и энергетики к водным ресурсам водохранилищ.

В ряде научно-исследовательских и проектных организаций имеются проработки по изменению режима работы водохранилищ Волжско-Камского каскада. Большинство исследователей приходят к выводу о необходимости отказаться от обязательной (нормальной) предполоводной сработки водохранилищ зимой и перейти к их эксплуатации с переменной глубиной сработки, т.е. ввести элементы многолетнего регулирования. С помощью математической модели (Воропаев и др., 1994) обосновывается положение, что весенние попуски в низовье Волги должны быть функцией от суммарной полезной емкости всех вышерасположенных по каскаду водохранилищ. Численные результаты моделирования режима работы каскада водохранилищ в многолетнем разрезе подтвердили возможность выполнения требуемых рыбохозяйственных попусков при выполнении требований всех отраслей хозяйства и незначительном (в пределах 2–3%) сокращении выработки электроэнергии гидростанциями каскада.

На примере Нижнего Дона была разработана модель оценки эффективности водохозяйственной политики при оперативном управлении и перспективном планировании распределения водных ресурсов с позиции устойчивого функционирования водных экосистем. В основу разработки были положены ранее выполненные исследования (Дубинина, 1972, 1978, 1999; Дубинина, Козлитина, 1976; Dubinina, Kozlitina, 1998, 2000; Козлитина и др., 1998).

Разработан комплекс программ для оценки эффективности водохозяйственной политики на р. Дон. Оценена рыбопродуктивность Азовского моря при различном внутригодовом и межгодовом распределении стока и предложены варианты восстановления водных экосистем Нижнего Дона и Азовского моря.

Принципиальное решение проблемы устойчивого функционирования водных экосистем Дона, Кубани и Азовского моря возможно лишь при существенном пересмотре исходных положений по распределению водных ресурсов между участниками ВХК и при поэтапном выполнении комплекса специальных мероприятий, направленных на экономию водных ресурсов и возвращение воды в реки.

В настоящее время имеются разработки по экологически обоснованным попускам и нормированию безвозвратного изъятия речного стока, которые должны быть учтены при пересмотре Правил использования водных ресурсов водохранилищ.

Восстановление и сохранение водных экосистем и их важнейшей функции – естественного воспроизводства гидробионтов – следует считать

принципиальным элементом общей стратегии управления водными ресурсами.

БАССЕЙНОВОЕ СОГЛАШЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ РОССИИ

А.С. Дунаев

*Администрация Ярославской области,
Ярославль, Россия, ecolog2002@yandex.ru*

Водные ресурсы имеют важнейшее экономическое, социальное и культурное значение для сбалансированного (устойчивого) развития территории, региона, страны.

Перманентно реформируемая система государственного управления водными ресурсами остается недостаточно эффективной в современных социально-экономических условиях, что вызывает обоснованное беспокойство у органов государственной власти субъектов РФ, местного самоуправления, водопользователей, населения.

Эффективное управление водными ресурсами возможно только на основе учета особенностей их формирования на всей территории водосбора, т.е. на основе бассейнового принципа, который предполагает сотрудничество субъектов РФ. Бассейновые соглашения (как форма сотрудничества и как документ о таком сотрудничестве) получили широкое распространение в развитых странах; возможность их принятия, и даже необходимость предусмотрена в водном кодексе РФ и других нормативных правовых документах. Однако отсутствие правового механизма и отечественного опыта тормозит их практическое применение.

Обоснование возможности и целесообразности использования механизма бассейнового соглашения в условиях России, разработка и апробирование организационной модели, нормативной правовой базы соглашения имеют большое теоретическое и практическое значение.

Имевшая место в 1990-е годы попытка «организовать» бассейновые соглашения «сверху» была для того времени прогрессивной, но имела весьма ограниченный успех.

Решение накопившихся проблем использования и воспроизводства природных ресурсов крупнейшего водоема Верхней Волги – Рыбинского водохранилища – стало предметом деятельности для созданной здесь в 1997 г. по инициативе «снизу» (Вологодской, Ярославской и Тверской облас-

тей) межобластной межведомственной комиссии, использовавшей в своей практике бассейновый принцип.

Были определены основные заинтересованные участники бассейнового соглашения – органы государственного управления, местного самоуправления, крупнейшие (и наиболее влиятельные) природопользователи, научные и общественные организации региона и выявлены их интересы.

Отмечено наличие существенных противоречий между различными уровнями (федеральным, бассейновым, региональным, муниципальным и локальным) и органами управления природопользованием на водохранилище и территории его водосбора.

Важным организационным этапом бассейнового сотрудничества стало принятие в 1999 г. Положения о комиссии по Рыбинскому водохранилищу, утвержденного губернаторами трех областей. Фактически была создана стройная и работоспособная (как показала практика) многоуровневая система координации деятельности по управлению природопользованием бассейна Рыбинского водохранилища, включающая федеральный уровень (межведомственная оперативная группа при МПР России), бассейновый (комиссия по Рыбинскому водохранилищу), субъектов РФ (областные межведомственные рабочие группы), муниципальный (муниципальные коллегии, комиссии).

Серьезной правовой основой для развития сотрудничества стало подписание в ноябре 1999 г. между МПР России, Госкомэкологии России и тремя субъектами РФ соглашения по обеспечению рационального использования Рыбинского водохранилища.

Созданный по инициативе трех субъектов РФ механизм сотрудничества на Рыбинском водохранилище, реализованный на практике как вариант, этап бассейнового соглашения, может и должен стать прочным звеном в единой системе подобных соглашений Волжского бассейна – Волжского бассейнового соглашения.

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ НА РЕКАХ ЗАУРАЛЬЯ БАШКОРТОСТАНА

И.П. Дьяченко, Р.Ф. Биккинин

*Башкирский государственный университет, Уфа, Россия,
bikininRF@ic.bashedu.ru*

В последние годы в Республике Башкортостан спроектирован и построен ряд водохранилищ комплексного назначения (ВКН), многие из которых расположены в остепненном Зауралье. Тем самым, прежде всего, решается задача покрытия дефицита воды в меженный период за счет аккумуляции паводкового стока, что позволяет интенсифицировать в регионе поливное земледелие, а также расширить зоны рекреации в густонаселенных районах. Кроме того, по мере создания таких водохранилищ возникает возможность организации рентабельного рыбного хозяйства, ориентированного главным образом на эффективную утилизацию естественных кормовых ресурсов водоемов.

Поскольку аборигенная ихтиофауна в большинстве рек этого региона, как правило, небольших и совсем малых, представлена преимущественно низкопродуктивными тугорослыми видами (елец, голавль, карась, плотва, пескарь, уклея, окунь, ерш), то в основу рыбохозяйственной стратегии освоения построенных на них водохранилищ должна быть положена существенная перестройка местных ихтиоценозов с учетом состояния кормовой базы водоемов и трофической специализации потенциальных вселенцев. Мы также руководствовались этим принципом при выработке рекомендаций по направлению акклиматизационно-рыбоводных работ на только что введенных в эксплуатацию Маканском и Таналыкском водохранилищах, сооруженных на зауральских степных речках с аналогичными названиями в пределах Хайбуллинского района РБ. Первое из них имеет площадь водного зеркала при НПУ 210.0 га и объем 5.25 млн. м³, а второе, соответственно, 201.5 га и 14.2 млн. м³, что указывает на его значительно большую глубоководность. Гидрохимический режим водохранилищ по большинству ингредиентов укладывается в рыбоводные нормативы (Мартышев, 1973; Козлов, Абрамович, 1991).

Продукционно-биологические исследования водохранилищ, проведенные в течение вегетационного периода 2000 г., показали достаточно высокую продуктивность фитопланктона в обоих водохранилищах, хотя Таналыкское, как более глубоководное и поэтому характеризующееся более низкими показателями температуры воды, уступает по продуктивности Маканскому водохранилищу. В первом удельная продуктивность от весны к лету возрастала от 1.33 до 1.40 г/м³, а во втором – от 1.5 до

2.6 г/м³. Валовая продукция макрофитов, определенная по Г.В. Недоспасовой (1974), в Маканском водохранилище, в связи с его мелководностью, также превосходит, причем существенно, таковую в Таналыкском, при близких показателях удельной продукции.

Первичная продукция, создаваемая фитопланктоном и высшей водной растительностью, создает тот трофический потенциал, который может служить основой для внедрения в водохранилищный ихтиокомплекс дальневосточных растительноядных рыб – белого амура и белого толстолобика. Наши расчеты показывают, что их общая рыбопродукция за вегетационный сезон может достичь уровня 102 кг/га в Маканском и 94.5 кг/га в Таналыкском водохранилищах.

Уровень развития зоопланктона в обоих водоемах низок, что не позволяет рассчитывать на получение дополнительной рыбной продукции за счет интродукции специализированных зоопланктофагов. Зообентос в достаточной степени развит лишь в Таналыкском водохранилище, где появляется возможность рекомендовать к внедрению в ихтиокомплекс леща, положительно зарекомендовавшего себя в других водохранилищах региона (Павловское, Нугушское, Ириклинское). Кроме того, в относительно глубоководных малых водохранилищах Зауралья, таких, как Таналыкское, перспективно вселение хищника открытой воды – судака, оправдавшего свои качества биомелиоратора, ограничивающего рост численности ерша и уклей в Нугушском водохранилище.

ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РЕЧНОГО УЧАСТКА КРЕМЕНЧУГСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕЕ УЧАСТИЕ В ПРОЦЕССАХ САМООЧИЩЕНИЯ

Т.Н. Дьяченко

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, timol@iptelecom.net.ua

Речной участок Кременчугского водохранилища (46 км вниз по течению от плотины Каневской ГЭС) представляет собой разветвленную водную систему, состоящую из основного русла (37 км²) и объектов придаточной сети (88 км²), включающей многочисленные рукава, протоки, заливы и устьевые участки двух правобережных притоков – рек Рось и Ольшанка. Экосистемы участка, особенно верхней его части, в максимальной степени испытывают влияние работы Каневского гидроузла: во время попусков скорости стоковых течений у ГЭС достигают 1.5–2.5 м/с, а амплитуда колебаний уровня – 1.6 м. На участке интенсивно протекают процессы самоочищения, активное участие в которых принимает высшая водная растительность. Функционирование ее сообществ, в частности, обеспечи-

вает очищение от взвешенных частиц, биогенных элементов, тяжелых металлов, органических веществ и т.д. Высшие водные растения вместе с фитопланктоном и эпифитными группировками водорослей формируют благоприятный кислородный режим в водных объектах.

Основные заросли (54 км²) сосредоточены в придаточной сети, где около 28 км² занято сообществами воздушно-водных видов с преобладанием *Typha angustifolia* L., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.; на 21.5 км² распространены ценозы гидатофитов, среди которых доминируют *Potamogeton perfoliatus* L., *P. lucens* L., *Batrachium foeniculaceum* (Gilib.) V. Crecz., *Ceratophyllum demersum* L. Образуемая продукция наземной фитомассы оценивается в 40200 т сухой массы. Основными продуцентами являются воздушно-водные виды, на долю которых приходится до 80% продукции. В основном русле разреженные сообщества высших водных растений занимают лишь 0.4 км², их продукция составляет 96 т. За вегетационный сезон высшая водная растительность речного участка накапливает в наземной фитомассе 931.50 т азота, 138.34 т фосфора и 13.23 т железа (из них в придаточной сети 929.3 т, 138.0 т и 13.2 т соответственно); в корневищах воздушно-водных растений содержится: 1100.5 т азота, 194.2 т фосфора и 132.4 т железа. В процессе фотосинтеза высшие водные растения и обрастающие их водоросли насыщают воду кислородом. Так, на изучаемом участке высшие растения за сутки выделяют кислорода на 117.3 т больше, чем поглощают в процессе дыхания (из них 117 т в придаточной сети). Выделение кислорода группировками эпифитных водорослей, по данным Г.В. Меленчук и проф. О.П. Оксуюк, составляет 240.6 т.

Следовательно, на речном участке Кременчугского водохранилища процессы самоочищения в биоценозах высших водных растений наиболее интенсивно протекают в придаточной сети, степень их влияния на самоочищение в основном русле зависит от расходов воды через плотину вышерасположенной ГЭС и от величины амплитуды колебаний уровня, обеспечивающей водообмен между руслом и придаточной сетью (Оксуюк и др., 1996). Таким образом, изменяя режим работы ГЭС, можно регулировать участие биоценозов высших водных растений придаточной сети в процессах самоочищения на речных участках равнинных водохранилищ.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАНЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Т.Н. Дьяченко, И.Ю. Иванова

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, timol@iptelecom.net.ua

Самое молодое в каскаде Каневское водохранилище (его заполнение закончено в 1974 г.) расположено в средней части р. Днепр на территории Киевской и Черкасской областей.

В первые годы после заполнения высшая водная растительность водохранилища изучалась фрагментарно (Козина, 1977; Корелякова, 1982), более полные исследования были проведены лишь в середине 90-х годов (Иванова, Дьяченко, Набатова, 1999). Использовались принятые в гидроботанике методы. Площади мелководий (до 3 м) и глубоководий определялись по лоцманским картам, заросшие площади – с помощью аэровизуальных наблюдений.

В Каневском водохранилище, как и в других равнинных водохранилищах простой конфигурации, основываясь на особенностях гидрологического режима, соотношении мелководных и глубоководных участков, а также разнице в процессах переформирования ложа, гидрологи традиционно выделяют три части – верхнюю, среднюю и нижнюю. Общая площадь верхней, речной части 157 км², площадь акватории – 87 км, 59% ее приходится на мелководья. Для средней, озерно-речной части эти величины составляют 280 км², 262 км² и 45% соответственно. Площадь акватории нижней, озерной части 229 км² (общая 238 км²) из которых 46 км² – мелководья.

Развитие растительности в каждой из частей имеет свои особенности, во многом определяемые гидрологическим режимом и характером мелководий. Так, хуже других зарастает наиболее глубоководная, озерная часть водохранилища. Здесь преобладает настоящая водная растительность, сообщества которой занимают 170 га, а запасы фитомассы в воздушно-сухом весе составляют 260 т; фитомасса воздушно-водных видов оценивается в 550 т, площадь зарастания – в 31 га. В озерно-речной части высшая водная растительность занимает 1932 га, причем основная часть площади (1651 га) приходится на сообщества гидато- и плейстофитов, дающие урожай в 3608 т. Фитомасса сообществ воздушно-водных растений составляет 2226 т. В верхней, речной части, в максимальной степени испытывающей воздействие Киевской ГЭС и антропогенную нагрузку г. Киева, доминирует настоящая водная растительность (999 га), фитомасса которой составляет 2550 т. Площадь, занятая воздушно-водными видами, невелика – 81 га, фитомасса – 2106 т.

Таким образом, высшая водная растительность занимает в Каневском водохранилище лишь около 15% площади мелководий; продуцируемая ею фитомасса в средние по водности годы составляет около 11300 т в сухом весе, 6419 т из них приходится на настоящую водную растительность. Наибольшие площади зарастания отмечены в озерно-речной части водохранилища, характеризующейся также и максимальными величинами урожая фитомассы (5834 т).

О КОРРЕЛЯЦИИ ЧИСЛА ПЕРВИЧНЫХ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК И РЕПРОДУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК У ВИДОВ И ПОРОД РЫБ

Н.Ю. Евтихьева

*Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия, vniro@vniro.ru*

В рыбохозяйственной литературе существуют указания на количество первичных половых клеток и коррелятивную связь между числом первичных половых клеток у личинок и плодовитостью взрослых рыб (самок) (Nedelea, Steopoe, 1970; Рязанцева, Сакур, 1980; Макеева и др., 1988).

Нами было изучено количество первичных половых клеток у разных пород карпа: алтайского зеркального, ангелинского зеркального и ангелинского чешуйчатого (Евтихьева, 1988). Установлено, что у алтайского зеркального карпа количество первичных половых клеток составляет в среднем 23 шт., у ангелинского зеркального – 11 шт., у ангелинского чешуйчатого – 5.5 шт. Средний размер половых клеток (малый диаметр) у изученных пород равен 9.2; 10.5; 12.4 мкм соответственно. Анализы проводили у личинок в возрасте от 1 до 3 сут.

Исследовали также число первичных половых клеток у толстолобиков, выращенных в садках на теплой воде Шатурской ГРЭС (Багров, Евтихьева, Илясова, 1997) и у веслоноса из племрыбхоза «Горячий ключ» (Евтихьева, 1998). Анализы проводили у личинок от 1 до 5 сут и в более поздние сроки развития. Число первичных половых клеток у белого толстолобика невелико и колеблется от 2 до 8 шт. (в среднем 5 шт.); у пестрого толстолобика количество клеток в 2.5 раза больше и составляет от 10 до 18 шт. (в среднем 12.5 шт.). У веслоноса число первичных половых клеток колеблется в значительных пределах (от 1 до 14 шт.), составляя в среднем 6 шт.

Диаметр первичных половых клеток у белого толстолобика, веслоноса и пестрого толстолобика был равен 11.2, 12.5 и 15.5 мкм соответственно.

Имеющиеся в литературе сведения и собственные данные позволяют разработать экспресс-метод прогнозирования плодовитости при учете числа первичных половых клеток у эмбрионов, предличинок или личинок и проводить направленный отбор в раннем возрасте, что крайне важно и экономично при селекции поздно созревающих видов рыб.

При подготовке к изданию «Каталога пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ» (Богерук, Евтихьева, Илясов, 2001) мы получили возможность сравнить степень связи между числом первичных половых клеток, их размерами и такими репродукционными характеристиками самок, как рабочая и относительная плодовитость во время 2-го нереста, количество икринок в 1 г, диаметр икринок (табл. 1).

Таблица 1

Репродуктивные характеристики разных видов и пород рыб

Виды и породы рыб	Воз- раст личи нок, дни	ППК*		Репродуктивные характеристики самок			
		Кол-во, шт	Диа- метр клетки, мкм	Рабочая плодов., тыс. шт.	Относит. плодов., тыс. шт./к г	Икри- нок в 1 г, шт	Диа- метр икры, мм
Породы карпа							
Румынский чешуйчатый	1	40	—	1092	168	700	1.53
Черепетский чешуйчатый (местный)	1–20	40.5	12.1	746	133	650	1.51
Черепетский рамчатый (немецкий)	1–20	31.8	10.3	726	123	694	1.49
Алтайский зеркальный	1–3	23	9.2	695	162	772	1.35
Ангелинский зеркальный	1–3	11	10.5	625	156	720	1.45
Ангелинский чешуйчатый	1–3	5.5	12.4	675	164	700	1.51
Ропшинский	20	8	—	450	120	1000	1.25
Осетровые							
Веслонос	1–3	6	12.5	500	52	750	2.80
Толстолобики							
БТ58	3–5	5.1	11.2	850	120	1050	1.35
ПТ58	3–5	12.5	15.5	1200	90	950	1.55

*ППК – первичные половые клетки

Тесная положительная корреляция обнаружена между числом первичных половых клеток и рабочей плодовитостью ($r = 0.74$), между диаметром клеток и диаметром икринок ($r = 0.86$), умеренная корреляция – между числом первичных половых клеток и диаметром икринок ($r = 0.50$).

Отрицательную корреляцию выявили между числом, размером первичных половых клеток и количеством икринок в 1 г ($r = -0.53$, $r = -0.79$ соответственно) (табл. 2).

Таблица 2

**Парные коэффициенты корреляции репродуктивных
характеристик у пород карпа**

Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции (r)
Число ППК – диаметр ППК	-0.07
Число ППК – рабочая плодовитость	0.74
Число ППК – относительная плодовитость	-0.05
Число ППК – количество икринок в 1 г	-0.53
Число ППК – диаметр икринок	0.50
Диаметр ППК – рабочая плодовитость	0.16
Диаметр ППК – относительная плодовитость	-0.06
Диаметр ППК – количество икринок в 1 г	-0.79
Диаметр ППК – диаметр икринок	0.86

*ППК – первичные половые клетки

**МЕЛКОВОДЬЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ИХ
ЗНАЧЕНИЕ В ВОСПРОИЗВОДСТВЕ БИОРЕСУРСОВ**

Ю.Е. Егоров, Н.Ш. Ахметзянова

*Институт экологии природных систем АН Республики Татарстан,
Казань, Россия, hydrobiology@iens.kcn.ru*

Куйбышевское водохранилище – крупнейший искусственный водоем Европы. Протяженность акватории водохранилища по судовому ходу близка к 500 км, площадь зеркала, после перекрытия Волги у г. Чебоксары и Камы у г. Набережные Челны, составляет около 590 тыс. га (Фортунов, 1983).

По абсолютной площади мелководий Куйбышевское водохранилище занимает первое место среди всех водохранилищ бывшего СССР (Буторин, Успенский, 1984). При этом в результате абразионно-аккумулятивных процессов происходит прирост площади мелководий примерно на 0.12% в год, за счет размыва берегов и разрушения островов. За 45 лет существования водохранилища площади мелководий увеличились по меньшей мере на 5.4%. Основные массивы мелководий сосредоточены вдоль левого берега водохранилища. Если в состав мелководной зоны включить территории, обсыхающие при сработке воды от НПУ-53 до минимальной отметки (ПСУ-47), то общая площадь мелководий водохранилища составит около 250 тыс. га, причем на территории республики Татарстан находится почти 200 тыс. га, т.е. около 80% этой осушной зоны.

Говоря о значении мелководий в плане воспроизводства биоресурсов, можно выделить следующие аспекты. Мелководья, заросшие воздушно-водной и погруженной растительностью, являются мощным средообразующим фактором в литоральной зоне водохранилищ. Водные растения играют важную роль в очистительных процессах, аккумулируя и утилизируя поступающие биогенные элементы и тем самым снижая уровень эвтрофикации водоема. Кроме того, водная растительность может быть использована в качестве дополнительного источника кормов для сельскохозяйственных животных (Голубева и др., 1990).

На Куйбышевском водохранилище общая площадь мелководий, занятая высшей водной растительностью, составляет около 7900 га, в том числе в пределах республики Татарстан более 6400 га (Голубева и др., 1990). Основным ценозообразователем является рогоз узколистый, занимающий до 85% площади заросших мелководий. Второй по значению вид – тростник обыкновенный, заросли которого составляют около 11%, на третьем месте – манник большой (2.0%). Общие запасы биомассы этих трех видов в пределах республики Татарстан составляют более 360 тыс. т в сыром весе (Голубева и др., 1990; Егоров и др., 2000).

Роль мелководий в воспроизводстве рыбных ресурсов также весьма велика. Здесь расположены основные нерестилища фитофильных рыб, составляющих основу рыбного населения и рыбного промысла. Численность личинок рыб-фитофилов (плотвы, густеры, леща, сазана и др.) наиболее высока в заливах и протоках с наличием водной растительности и состав-

ляет здесь 700–1000 экз./м³, тогда как на участках без растительности она примерно в 2 раза ниже.

Учеты рыб, проведенные нами в устье р. Меши в 1986 и 1995 гг., показали, что видовой состав рыб за эти 10 лет не претерпел существенных изменений. Доминантами являются плотва, густера, чехонь. Эти три вида составляют 79% по численности и 76% по биомассе. Общая численность рыб в пересчете на 1 учет в 1986 г. составляла 45 экз. (4.6 кг), а в 1995 г., при той же методике и на тех же биотопах, – 60 экз. (5.5 кг), т.е. увеличилась на 33%, а биомасса – на 19%. Рост численности произошел за счет плотвы, численность которой возросла на 52%, хотя средний вес одной особи уменьшился на 20%, по-видимому, вследствие усиления пищевой конкуренции. Во всяком случае, говорить о сокращении запасов рыб за этот период нет оснований.

Заросли высшей водной растительности являются прекрасными охотничьими угодьями, в первую очередь, как места остановок пролетной водоплавающей дичи и как места гнездования некоторых редких и особо ценных промысловых видов: лебедя-шипуна, серого гуся и др. (Горшков, Аюпов, 1989).

Таким образом, мелководные участки водохранилищ, заросшие макрофитами, учитывая их важную роль в экосистеме водоемов, требуют всестороннего изучения всех компонентов биоты.

МНОГОЛЕТНЯЯ СУКЦЕССИЯ ЗООПЛАНКТОНА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.И. Ермолаева

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
Новосибирский филиал, Новосибирск, Россия, ermolaeva@ad-sbras.nsc.ru*

В русле и в пойме р. Оби до заполнения было отмечено 67 видов зоопланктеров. Из них 16 видов коловраток, 35 видов ветвистоусых и 16 видов веслоногих рачков. Число видов в 1957 г. возросло до 89 за счет попадания в водохранилище обитателей затопленных пойменных озер и болот. Зоопланктон водохранилища характеризовался большим разнообразием экологических характеристик обнаруживаемых видов. В затопленной части водохранилища доминировали коловратки. В 1957–1959 гг. в планктоне преобладали литоральные виды, а количество факультативно-планктонных по сравнению с таковыми в реке возросло почти вдвое. В доминирующий комплекс входили ракообразные как из речного планктона, так и типичные планктонные обитатели пелагиали озер. Для многих видов вновь созданные условия не соответствовали их

видов вновь созданные условия не соответствовали их экологическим характеристикам. В дальнейшем сократилось число видов веслоногих рачков, преимущественно из сем. Diaptomidae. Отмирание водной растительности привело к тому, что целый ряд фитофильных зоопланктеров стали редкими. При большом видовом разнообразии зоопланктона только немногие виды являлись массовыми, формируя новый олигомикстный комплекс зоопланктона, свойственный открытым частям больших озер. Наполнение водохранилища было закончено в 1959 г., создавшийся новый гидрологический режим вызвал окончательное разрушение ранее существовавших биоценозов. К 1963 г. завершился процесс разложения затопленной растительности, и реакция воды сменилась на слабощелочную. Возросла роль пелагических видов, за ними следовали литоральные и семипелагические, а число факультативно-планктонных уменьшилось. Качественный состав фауны зоопланктона был представлен 72 видами. По сравнению с 1956 г. из состава зоопланктона выпали 21 вид ветвистоусых и 8 видов веслоногих рачков. Элиминация видов шла в основном за счет выпадения фитофильных и ацидофильных экологических группировок. Практически закончился первый этап формирования зоопланктонного сообщества – этап смешанных планктоноценозов, характеризующийся, прежде всего, разнообразием экологических характеристик обнаруживаемых видов. В 1970–1972 гг. отмечена 81 форма зоопланктеров, среди которых преобладали коловратки. Изменение видового спектра произошло главным образом за счет рачкового планктона. В начале 60-х годов доминировали *Polyarthra euryptera* (Wierz.), *P. vulgaris* (Ehrb.), *Keratella cochlearis* (Gosse), *K. quadrata* (O.F. Müller), *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Asplanchna priodonta* (Gosse), а к началу 70-х годов в состав устойчивых доминантов вошли *Daphnia longispina* (O.F. Müller), *D. cucullata* (Sars), *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin), *Cyclops strenuus* (Fisch.), *Acanthocyclops viridis* (Jurine), *Eudiaptomus graciloides* (Lill.). Этот состав доминантов практически не изменился до настоящего времени.

С зарегулированием реки общая биомасса зоопланктона значительно увеличилась. По Быстровскому разрезу в 1957 г. ее максимум составлял 350 мг/м^3 , в 1959 г. – 900 мг/м^3 , в 1963 г. – 3800 мг/м^3 . Таким образом, биомасса возросла более чем в 10 раз. К 1970 г. завершился второй этап формирования зоопланктонного сообщества Новосибирского водохранилища, поскольку видовой и численный состав зоопланктона остался в последующие годы достаточно стабильным. В последние 20 лет в период открытой воды средняя биомасса зоопланктона в июле в озерной части колеблется в пределах $0.4\text{--}7.8 \text{ г/м}^3$ (по сравнению с $0.1\text{--}0.4 \text{ г/м}^3$ в Оби до ее зарегулирования).

Исходя из вышеизложенных данных, можно предполагать, что процесс формирования зоопланктона продолжался более 7 лет с начала заполнения водохранилища, что, по-видимому, связано с растянутым временем заполнения водоема и постепенным изменением экологических условий. Стабилизация доминантного комплекса произошла спустя 10–12 лет с момента образования водохранилища.

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТАВА ОСНОВНОЙ ВОДНОЙ МАССЫ ВОДОХРАНИЛИЩА В МНОГОВОДНЫЕ И МАЛОВОДНЫЕ ГОДЫ

М.Г. Ершова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, hydro@hydro.geogr.msu.ru*

1. Генетический состав весенней, летней и осенней (существующей до конца зимы) модификаций основной водной массы (ОВМ) долинного водохранилища сезонного и многолетнего регулирования стока, занимающей обычно центральный и приплотинный районы, различается в годы разной водности. От соотношения в них весной и летом доли старых зимних вод и вод половодья и паводков зависит концентрация ионов Ca , HCO_3 и биогенных веществ, которая при прочих равных условиях определяет степень «цветения» водоема.

2. Расчет генетического состава вод выполнен по модели СВМ (Состав водных масс) для каждой гидрологической фазы режима Можайского водохранилища и его притоков (26 расчетных периодов) по 5 сценариям (вариантам). Один из них соответствовал многоводному 1986/87 водохозяйственному году (вариант 0), для четырех других использованы условия притока и сброса, сконструированные из данных 1986 г. таким образом, чтобы получить многоводный год с уменьшенным сбросом по сравнению с 1986 г. (вариант I), маловодный (II) и средневодные годы – с уменьшенным половодьем (III) и уменьшенными летне-осенними паводками (IV). Расчет проводился для каждого из 19 отсеков водохранилища.

3. Сопоставлены положения границ ареалов с преимущественным содержанием основных генетических типов вод притока в поле пространственно-временных диаграмм, построенных по результатам расчета состава вод по всем вариантам. В многоводные годы речные весенние воды ядра половодья продвигаются вглубь водохранилища намного дальше, чем в маловодные, не доходя до плотины 5–7 км. Приплотинный район весной и летом заполняют трансформированные воды половодья. В маловодные

годы трансформация происходит медленнее и в центральном районе весенние речные воды сохраняются в нетрансформированном виде до середины лета. В осенне-зимний период в сценариях II и III ареалы с преобладанием этих вод также существуют дольше, чем в вариантах 0, I и IV. В маловодные годы и годы с маловодной весной (II и III сценарии) приплотинный район весной занимают трансформированные зимние воды предыдущего года, в годы с отсутствием или малыми объемами летних и осенних дождевых паводков летом в центральном районе преобладают трансформированные воды весеннего половодья и весеннего паводка, а зимой – воды зимней межени. При увеличении сброса воды при прочих равных условиях границы всех водных масс сдвигаются ближе к плотине, а время их существования в нетрансформированном виде сокращается.

4. Наибольшие различия в генетическом составе весенней, летней и осенней модификаций ОВМ проявились в преобладании в маловодном году старых зимних вод весной (52%), летом (32%) и осенью–зимой (9%) в отличие от долей этих вод в многоводном году (23, 11 и 2% соответственно), а также в повышенной доле вод половодья в многоводном году весной (53%) и летом (44%), а в маловодном году – зимой (36%). От I варианта IV отличается летом повышенной долей вод половодья (51%) и очень низкой долей летних вод, а III – повышенной долей старых зимних вод весной (52%) и летом (около 30%). В многоводный год (сценарий I) значительная доля летней ОВМ (> 32%) приходится на воды летне-осенних паводков, доля которых в маловодном году составляет всего 12%.

5. Показаны возможные различия (до 14–27%) в минерализации и цветности воды ОВМ в годы с различным ее генетическим составом, вызванные разной водностью этих лет, и высказана гипотеза о роли генетической структуры вод в возможных изменениях содержания фосфора в ОВМ водохранилища.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 02-05-64319 и 02-05-64494).

РОЛЬ ХЕМОГЕННОГО КАЛЬЦИТА И НОЧНОЙ КОНВЕКЦИИ В ХИМИЧЕСКОМ КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М.Г. Ершова, М.Б. Заславская, К.К. Эдельштейн

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, hydro@hydro.geogr.msu.ru*

1. Выполненные в 1996–1999 гг. серии учащенного (с интервалом от 4 ч до 15 мин) термокондуктометрического и оксиметрического зондирования стратифицированного летом Можайского водохранилища на многосуточных станциях в центре плесов и у приглубых берегов показало существование не только сезонного круговорота химических веществ, но и аналогичных ему химических круговоротов синоптического и суточного масштабов. Летом после смены штормовой погоды на антициклоническую в местах ап- и даунвеллинга в водохранилище возникают локально разобщенные элементы большого круговорота химических веществ. Частота этого явления за 40 лет составила в среднем 6 раз в год, в течение вегетационного периода.

2. В штилевую безоблачную антициклоническую погоду особенно активен малый круговорот суточного масштаба, который вовлекает в перемешивание ночной конвекцией слои, расположенные выше синоптического или сезонного слоя скачка. Возникающая в пересыщенной CaCO_3 воде трофогенного слоя кристаллизация хемогенного кальцита зафиксирована при электронной микроскопии проб воды, отобранных на горизонтах 0.5–4 м в июле 1999 г. Размеры кристаллов варьировали в пределах от долей микрона до нескольких микрон. При этом рассчитанная степень пересыщения CaCO_3 содержащей их воды достигала $\Omega = 10\text{--}24$ раз и уменьшалась в ночные часы до $\Omega = 5\text{--}9$. Такие же величины пересыщения отмечались в антициклоническую погоду и летом 1997 г. Ночью сорбирующиеся на поверхности кристаллов органические вещества, тяжелые металлы и фосфаты нисходящими конвективными токами вносятся в слой температурного скачка. Здесь происходит десорбция фосфора, частичное растворение кальцита в недонасыщенной CaCO_3 воде ($\Omega = 0.2\text{--}0.8$). Образующиеся в слое температурного скачка растворенные химические вещества восходящими конвективными токами выносятся к поверхности воды. Это проявляется здесь в повышении к утру минерализации и электропроводности воды, содержания в ней фосфатов, которые вновь вовлекаются в продукционный процесс. При величине чистой первичной продукции $> 2 \text{ мг } \text{O}_2/(\text{л} \cdot \text{сут})$ небольшая концентрация фосфатов ($< 0.010 \text{ мг/л}$) в поверхностном перемешанном слое не могла бы без такого круговорота обеспечить рост биомассы фитопланктона в течение двухнедельного в июле 1996 г. периода антициклонической погоды.

3. Для оценки интенсивности переноса веществ ночной конвекцией произведены балансовые расчеты солеобмена между поверхностным слоем (0–3 м) и подповерхностным (3–6 м), включающим верхние 0.5 м слоя температурного скачка. Расчеты показали, что с 1 часа ночи до 9 часов утра из трофолитического слоя в поверхностный возвращается 75% массы

солей, поступившей в него из поверхностного слоя в предшествующие 8 часов.

4. Малый круговорот веществ с участием в нем хемогенного кальцита играет роль регулятора процесса цветения воды даже в слабоэвтрофном стратифицированном водохранилище. Быстрое поглощение фитопланктоном фосфатов в дневные часы сдерживается их сорбцией на кристаллизующемся кальците, что ограничивает пики биомассы водорослей. В то же время ночная конвекция способствует его десорбции в слое температурного скачка и выносу в трофогенный слой, продлевая тем самым период цветения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 02-05-64319 и 02-05-64494).

УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ИХТИОФАУНЫ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Т.С. Житенева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
adm@ibiw.yaroslavl.ru*

Совместимость водохранилищ с природной средой и сохранение популяций рыб, обеспечивающих стабильные уловы, – одно из условий проектирования водохранилищ нового поколения. Вместе с тем, при проектировании требования ихтиофауны к условиям среды, основанные на научных исследованиях, учитываются недостаточно и, как правило, ограничиваются вопросами, связанными с размножением рыб, хотя благоприятные условия размножения рыб не всегда обеспечивают высокие уловы.

При прогнозировании состояния популяций рыб в будущих водохранилищах должны учитываться их требования к условиям среды (гидролого-гидрохимическому и гидробиологическому режиму) на всех этапах и критических, переходных периодах развития, поскольку характер взаимосвязи организма со средой специфичен не только на ранних этапах развития (Васнецов, 1953), но и на более поздних отрезках онтогенеза, которые свойственны рыбам от годовалого до предельного возраста (Житенева, 1985).

На примере популяций леща волжских водохранилищ было показано, что несоблюдение требований рыб к условиям среды, в частности к обеспеченности пищей, на этапах и критических периодах, продолжающихся до 4–5-летнего возраста, привело к замедлению роста особей на после-

дующих этапах развития и более позднему созреванию популяций. Это снизило темп воспроизводства данного вида рыб в водоемах.

Неблагоприятные условия роста и развития популяций леща волжских водохранилищ определили значительную продолжительность критических периодов их развития, носящих переходный характер между последовательными этапами, и сделали эти отрезки развития наиболее уязвимыми к действию неблагоприятных факторов среды. Это необходимо учитывать при прогнозировании экологических условий будущих водохранилищ.

В Иваньковском водохранилище численность леща не лимитируется условиями размножения, однако низкая обеспеченность рыб пищей на этапах, связанных с обитанием у границы сублиторали, приводит к элиминации молоди в критический период развития при миграции на русловые участки, что резко снижает численность старших возрастных групп. Слишком длительный период неблагоприятных условий питания молоди иваньковского леща в сублиторали не компенсируется улучшением питания рыбы на русловых участках – рост леща остается низким, а созревание поздним (Житенева, 1998).

В настоящее время предложена методика и разработана периодизация развития и роста леща, выявлены требования рыб к условиям среды в том числе к составу и количеству пищевых организмов на каждом этапе и критическом периоде развития (Житенева, 1985, 1999, 2000). Дальнейшая разработка периодизации развития основных промысловых видов рыб и учет их требований к условиям среды на каждом этапе и критическом периоде развития, должны служить одним из условий правильного прогнозирования состояния ихтиофауны будущих водохранилищ.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ГРУНТОВ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.В. Законнов

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

Эволюция экосистем водохранилищ включает в себя и изменения в строении ложа. Формирование донных отложений (ДО) водохранилищ начинается с момента их заполнения и продолжается длительное время. По итогам мониторинга (3–4 грунтовые съемки через 10–15 лет) ДО водоемов замедленного водообмена оказались довольно гибкими динамичны-

ми системами, активно реагирующими на внутриводоемные и экзогенные процессы на водосборе.

Современная картина распределения и накопления ДО характеризуется следующими закономерностями:

на стрежневых участках в верхних частях водохранилищ и повсеместно в литорали преобладают пески;

в местах перехода русловых участков в долинные сосредоточены песчано-илистые отложения;

в озерных и приплотинных плесах затопленных русел рек накапливаются илисто-глинистые отложения;

среднегодовая седиментация находится в узких пределах – 1.9–2.3 мм/год ($1.4\text{--}1.7 \text{ кг/м}^2$).

Основой происхождения грунтового комплекса являются первичные грунты, слагающие дно (пески, глины, материнские породы, песчано-глинистые почвы, торфяники). Находясь в аквально-субаквальных условиях, искусственно управляемых режимом уровней воды водохранилищ, они переходят в статус трансформированных грунтов, которые включают в себя размытые (обнаженные) и разбухшие почвы, материнские породы и торф, почвы различной степени подтопления – болотные и луговые, торфяные и макрофитные сплавины. Некоторое время затопленные грунты сохраняют свои первоначальные свойства, а оказавшись погребенными, являются своеобразными маркерами.

В профундали (аквальные условия) начинается процесс накопления осадков – вторичных грунтов, – которые представлены галькой и песками различной крупности (коэффициент сортировки ≤ 2), переходными типами отложений – илистым песком, песчанистым и торфогенным илами, тонкодисперсными – глинистыми и торфянистыми илами, а также специфическими осадками из отмерших макрофитов и раковин.

Под действием гидродинамических факторов (стоковых и ветровых течений, волнового воздействия) происходит процесс трансседиментации – переотложения осадков до момента выработки относительно устойчивого профиля дна.

Трансформация площадей основных типов грунтов имеет следующую тенденцию:

- сокращение площадей первичных грунтов и постепенный переход их в трансформированные с последующей стабилизацией ареалов (с 99 до 10–20%);
- увеличение площадей занятых песками (с 0.9 до 45–55%);
- увеличение площадей под илами, а затем их сокращение и стабилизация (с 0.1 до 25–40%).

Характер пространственно-временного распределения и структура грунтового комплекса свидетельствуют о том, что интенсивная стадия формирования ДО первого этапа эволюции водохранилищ сменилась пассивной.

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В. В. Законнов¹, Д. В. Иванов², А. А. Хайдаров³

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок, Россия, zak@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Институт экологии природных систем АН Республики Татарстан,
Казань, Россия, ivanov@iens.kcn.ru*

Исследование донных отложений (ДО) в водохранилищах имеет большое научное и практическое значение, особенно при решении общелимнологических и экологических проблем, связанных с функционированием водных экосистем и их эксплуатацией.

Проблемы Чебоксарского водохранилища, усугубляемые предполагаемым подъемом уровня воды, отразятся на процессах формирования, распределения, накопления и качественном составе наносов. Сохранение уровня режима в течение 20 лет близким к отметке 63 м БС, не привело к какой-либо существенной трансформации ДО в последнее десятилетие.

Материалы третьей грунтовой съемки (2000–2001 гг.) показали:

1. В результате образования водохранилища были выведены из сельскохозяйственного оборота значительные площади плодородных пойменных земель, которые вместе с подтопляемыми территориями составляют более 1200 км².

2. Площади распределения трансформированных грунтов (размытых и разбухших материнских пород и почв) составили 18%, песчаных наносов – 52%, илисто-глинистых отложений – 30%.

3. Интенсивность переработки крутого правого берега не изменилась. Начался процесс переформирования дна и берегов низкого левого берега.

4. Скорость седиментации увеличилась и стала такой же, как в водохранилищах Верхней Волги (1.5–2.5 мм/год).

5. В седиментационном балансе основным источником поступления наносов являются абразионные процессы; на втором месте находится сток речных взвесей, биотическая составляющая невелика.

6. Продуктивность дна за 20-летний период эксплуатации водохранилища ухудшилась в 3–20 раз.

7. Статистической обработкой установлено, что содержание органического вещества, азота и фосфора в ДО за истекшие 20 лет существенно не изменилось и в среднем составляет 1.73, 0.15 и 0.23% соответственно. При этом наблюдается относительное увеличение доли азота в отложениях: в 1981 г. соотношение C/N было равно 8.8 (3–16), а к 2000 г. оно составило в среднем 6.6 (1–10). В грунтовом комплексе продолжают доминировать осадки, в которых отношение C/N находится в пределах 5–10.

В случае подъема уровня воды до отметок 65 и 68 м БС уменьшатся на 500 и 1100 км², соответственно, ныне полезные в сельскохозяйственном отношении площади земель, вновь активизируются абразионные процессы. Более всего в этом отношении пострадают природа и население левобережья, в пределах республики Марий Эл и Нижегородской области (дальнейшее подтопление территории, переселение людей, сомнительная материальная компенсация). Восполнение этих потерь за счет увеличения производства электроэнергии на Чебоксарской ГЭС представляется нерентабельным.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В РАСЧЕТЕ ПРИТОКА ФОСФОРА В ВОДОХРАНИЛИЩЕ

М.Б. Заславская

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, hydro@hydro.geogr.msu.ru*

1. Химический состав речных вод в отдельные фазы гидрологического режима определяется преобладанием вод одного из трех генетических типов – склонового, почвенного или грунтового, с различным содержанием в них консервативных и неконсервативных веществ. Содержание фосфора в речных водах характеризуется наиболее выраженной сезонной и внутрисезонной изменчивостью, что затрудняет количественную оценку притока фосфорсодержащих веществ в водохранилища. В связи с этим точность оценки притока фосфора зависит от степени учета в применяемой расчетной методике закономерностей, установленных по данным учащенных наблюдений за внутригодовыми колебаниями его концентрации реке. Генетический подход при расчете притока фосфора предполагает установление формы связи и, по возможности, ее аналитического выражения между содержанием фосфора (C_{TP}) и расходом (Q) воды в разные фазы гидрологического режима реки.

2. Учащенные гидрохимические наблюдения на двух притоках Можайского водохранилища (ежедневные в половодье, 2–3-кратные в неделю в дождевые паводки и еженедельные в межень) позволили установить на-

личие связи $C_{TP}(Q)$ только для многоводных фаз стока. Они имеют сложную форму, напоминающую треугольник, стороны которого соответствуют подъему, пику и спаду половодья (паводков). Наименее устойчива и наиболее разнообразна связь $C_{TP}(Q)$ в паводочные фазы стока. Форма приведенной зависимости сохраняется от года к году, однако изменяется положение вершин треугольника, соответствующих моменту преобладания в реке одного из трех генетических типов. Расчет притока фосфора в водохранилище в периоды повышенной водности при наличии регулярных наблюдений производился с использованием связи $C_{TP}(Q)$ для соответствующей фазы гидрологического режима. Для межениных периодов при отсутствии связи $C_{TP}(Q)$ применялся метод линейной интерполяции между измеренными значениями содержания фосфора.

3. Годовая величина стока общего фосфора в замыкающем створе главного притока Можайского водохранилища – р. Москва – д. Барсуки в 1984 г., рассчитанная по этой методике, составила 22.4 т. Из них 53.5% приходится на весеннее половодье, 32% – на летне-осенние паводки, 9.5% – на зимнюю и летнюю межень и 5% годовой величины притока фосфора поступило в водохранилище в зимние паводки.

4. Наши многолетние исследования выявили существенную роль в формировании стока фосфора и фосфорной нагрузки на водохранилище не только колебаний водности года, но и изменчивости внутригодовой структуры водного стока рек, питающих водохранилище.

Анализ результатов расчета притока фосфора за 11-летний период, в который вошли шесть средневодных лет, три маловодных и два многоводных года, позволяет сделать следующие выводы:

- нагрузка фосфором москворецких водохранилищ выше в годы с большей водностью;
- чем больше доля межениного стока, тем меньше вынос фосфора в Можайское водохранилище;
- для маловодных лет характерна наиболее высокая доля весеннего половодья в стоке фосфора (выше 90%).

Средняя величина нагрузки фосфором Можайского водохранилища составляет в маловодные годы 1.83 т/км^2 , в средневодные – 2.32 т/км^2 и в многоводные – 3.16 т/км^2 за расчетный период.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 02-05-64319 и 02-05-64494).

ТРАНСПОРТ ВЗВЕШЕННЫХ И РАСТВОРЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИДОННЫМИ ПЛОТНОСТНЫМИ ПОТОКАМИ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

К.И. Звездун, Б.И. Самолюбов

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, sambis@flow.phys.msu.ru*

Представлены результаты натурных измерений и математического моделирования переноса взвеси одиннадцатью плотностными течениями в равнинных Можайском, Рузском, Озернинском, Истринском, Ивановском и горном Нурекском водохранилищах. Рассмотрены выявленные особенности распределений скорости течения, температуры воды, концентраций взвеси, растворенных солей и кислорода по глубине и вдоль по водохранилищу. Теоретические распределения концентрации взвеси вдоль по течению апробированы по результатам измерений.

Несмотря на острую необходимость и активность исследований плотностных течений, в моделях транспорта примесей этими потоками остаются неясными многие вопросы, касающиеся методов прогноза влияния взаимодействия течения с окружающими водами на перенос взвеси; учета изменений состава примеси по мере ее распространения; развития эрозийного потока взвеси на разных стадиях уплотнения донных отложений; воздействия стратификации на турбулентную диффузию взвеси; влияния примеси одного типа на перенос другой. Это далеко не полный перечень проблем теоретического описания распространения взвеси плотностным течением, решение которых возможно только на базе комплексных экспериментальных и теоретических исследований. Такой подход применен в данной работе, цели которой: 1) выявление закономерностей транспорта взвеси плотностными потоками по данным измерений; 2) разработка методов математического моделирования переноса взвешенных примесей течением с учетом эффектов седиментации из вышележащих слоев воды в поток и из потока на дно, турбулентного взвешивания и вовлечения; 3) апробация модели по данным измерений в стратифицированных течениях.

При анализе данных, полученных с применением специально разработанных методик, обнаружены придонные плотностные и промежуточные стратифицированные течения струйного типа. Основные параметры придонного потока: скорость течения на уровне ее максимума – 3–10 см/с, толщина потока – 2–4 м, интегральные числа Ричардсона и Рейнольдса для потока в целом – (0.3–7) и $(1–2) \cdot 10^5$ соответственно. Течение обусловлено термической стратификацией вод. Выявлен механизм распространения и эволюции структуры течения с термической стратификацией,

с внутренними ускоренно движущимися и фронтальными зонами на всем пути этого потока до затухания.

Раскрыт ряд закономерностей преобразования распределений концентраций растворенных и взвешенных примесей под влиянием течения. Показано, что влияние придонного плотностного потока на массообмен может приводить как к стимуляции самоочищения вод за счет турбулентного вовлечения, так и к гашению процессов обмена при увеличении устойчивости течения.

Установлено, что в ходе распространения придонного течения концентрация взвеси в нем снижается на 30% за счет осаждения частиц, удельное содержание растворенных солей спадает в процессе их разбавления на 40%. Концентрация растворенного кислорода в придонном потоке снижается по длине разреза на порядок, и особенно резко – после отделения струи от плотностного течения. В модели переноса взвеси учитываются а) воздействие стратификации на перенос взвеси, б) поступление взвеси из вышележащих слоев воды, в) влияние турбулентного вовлечения и вертикальной компоненты средней скорости течения на изменение концентрации взвеси. Эффективность модели подтверждается результатами сравнения теоретических продольных распределений концентрации с измеренными в одиннадцати придонных стратифицированных течениях на Можайском, Рузском, Озерненском, Истринском, Ивановском и Нурекском водохранилищах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 02-05-64494 и 02-05-79004).

РЕАКЦИИ СООБЩЕСТВ МИКРОПЕРИФИТОНА НА ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

В.А. Золотарев

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

Наши многолетние исследования процесса обрастания искусственных субстратов (стеклянные пластины) в Рыбинском водохранилище и разнотипных озерах показали, что использование микроперифитона в системе биологического мониторинга пресноводных экосистем имеет определенные преимущества. К подобным выводам пришли также зарубежные ученые, разработаны упрощенные методы анализа возможных структурных преобразований в сообществах гидробионтов под воздействием тех или

иных факторов (Cairns et al., 1985; Pratt, Bowers, 1990). В настоящее время методы с использованием сообществ микроперифитона на искусственных субстратах успешно внедряются в государственные системы мониторинга водных ресурсов (Shen et al., 1994).

При выборе объективных показателей экологического состояния водоемов необходимо учитывать, что «судьба органического вещества в водоеме есть и всегда будет стержнем гидробиологической науки, фундаментом ее парадигмы» (Федоров, 1987).

Основополагающий принцип учения об экологической нише – принцип конкурентного исключения (Гаузе, 1935) – довольно ярко проявляется в сукцессионных процессах микроперифитона. Структура сообществ определяется в первую очередь биотическими факторами, такими как конкуренция и хищничество. Абиотические факторы влияют на развитие организмов большей частью опосредованно, изменяя в разной степени способность разных видов к конкурентной борьбе за существование. Энергетические потоки в экосистемах можно контролировать путем изучения биоразнообразия и обилия функциональных групп простейших (Pratt, Cairns, 1985). Важнейшие параметры структуры сообществ могут быть выражены в двух важных показателях организации сообщества – в числе входящих в него видов и их относительном обилии. Необходимо также различать группы организмов разных трофических уровней, присутствующих в микроперифитоне: продуцентов, консументов разных порядков и детритофагов.

Наши исследования показали особую роль прикрепленных жгутиконосцев в начальной стадии обрастания, причем максимальной плотности (свыше 50 тыс. кл./см²) достигают колониальные воротничковые *Codonosiga botrytis* (Ehr.) Kent в эвтрофных водоемах. Зоофлагелляты являются одним из важнейших элементов в детритных пищевых цепях, их разнообразие и обилие в перифитоне довольно велико: обнаружено более 100 видов жгутиконосцев, относящихся к 7 отрядам, десятки видов инфузорий и амёб, отдельные особи коловраток и гастротрих, а также десятки видов микроводорослей и бактерий. Выявлены закономерности сукцессии микроперифитона в разнотипных водоемах в сезонном аспекте, разработаны новые показатели трофического статуса и токсичности водной среды.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ УЛОВОВ СУДАКА ОЗ. БЕЛОЕ

О.В. Зуянова, Г.В. Кононова

*ГУ «Вологодская областная инспекция рыбоохраны», Вологда, Россия,
voir@vologda.ru*

Одной из задач, стоящих перед рыбной отраслью, является обеспечение продовольственной безопасности. Однако в водоемах Вологодской области, как и в других пресноводных водоемах Северо-Запада, наблюдается снижение уловов промысловых видов рыб на фоне обостряющейся ситуации с прогнозами ОДУ.

Большую озабоченность вызывают обстоятельства, сложившиеся с рыбными запасами одного из основных промысловых водоемов области – озера Белого, – в котором судак является наиболее ценным в промысловом отношении видом.

Анализ данных промысловой статистики за период с 1939 г. показывает, что вылов судака в оз. Белом претерпевал значительные изменения. Так, максимальные величины вылова составляли порядка 500 т, минимальные уловы – 34.2 т – отмечались в 1976 г. В 2001 г. вылов судака оказался на уровне 1976 г. (48.4 т).

Снижение численности судака может быть обусловлено уменьшением численности снетка (основного кормового объекта), популяция которого из-за высокотемпературного режима и низких уровней воды находится в последние годы в депрессивном состоянии. По данным промысловой статистики, максимальный вылов снетка за анализируемый период – 550 т, минимальный – 0.4 т (2001 г.) Подобное снижение вылова (до 0.8 т) наблюдалось в 1975 г., когда несколько предшествовавших ему лет характеризовались повышенным температурным режимом и низкими уровнями воды. Коэффициент корреляции между уловами судака и снетка за период наблюдений равен 0.69.

В то же время, по нашим данным, с выпадением снетка из рыбной части сообщества оз. Белое, в речной части Шекснинского водохранилища наблюдается появление в составе ихтиофауны тюльки (каспийской кильки). В дальнейшем изменения в структуре рыбной части сообщества экосистемы Шекснинского водохранилища (с ее озерной частью) может пойти по двум направлениям: либо полного вытеснения одного вида другим, как более приспособленным, либо их сосуществования в противофазе.

Оба варианта взаимоотношений кормовых объектов судака найдут отражение в темпе его роста, особенно при переходе его молоди на хищное

питание из-за морфологических особенностей строения глотки судака (ее малого раскрытия).

Наряду со снижением уловов судака в озере наблюдается увеличение его вылова в Шекснинском водохранилище. Так, по нашим данным, вылов судака в водохранилище в 2000 г. вырос на 30% по сравнению с 1999 г., а в 2001 г. увеличился на 60% по сравнению с прошлым годом. Таким образом, вырисовывается еще одна причина снижения численности судака в Белом озере – его миграция в Шекснинское водохранилище в поисках более доступных кормовых объектов.

Заявления о критическом перелове, по нашему мнению, не имеют под собой достаточного обоснования. Как ни парадоксально, но на фоне снижения уловов лимиты вылова судака, ежегодно определяемые научными организациями, на протяжении последних пяти лет находятся на стабильном, достаточно высоком уровне (в среднем 181 т). Кроме того, при расчетах лимита величина ОДУ уменьшается на 30–40% с поправкой на неучтенный вылов. Фактический же вылов судака за последние годы в среднем составляет менее 50% от общей цифры лимита.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, нам представляется целесообразным рассматривать ситуацию с уменьшением численности и, как следствие, снижением уловов судака в оз. Белом как сложную, но далеко не катастрофическую.

РАЗМЕРНО-ВЕСОВАЯ И ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА БАЙКАЛЬСКОГО БОКОПЛАВА *GMELINOIDES FASCIATUS* (STEBB.) В МОЛОЖСКОМ ПЛЕСЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.К. Иванов

*Дарвинский государственный природный заповедник,
пос. Борок Вологодской области, Россия*

Значительные изменения в структуре и функционировании экосистем наблюдаются под действием антропогенного фактора (чрезмерное изъятие природных ресурсов, загрязнение различными веществами, процессы урбанизации). Существенную роль в преобразовании сообществ животных и растительных организмов играют чужеземные организмы (интродуценты). Интродуцированный в Горьковское водохранилище в 1962–1965 гг. бокоплав *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.) (Мордухай-Болтовской, Чиркова, 1971) к 1990 г. полностью освоил Рыбинское водохранилище (Скальская, 1994). Несмотря на важность объекта интродукции для экосистемы водохранилища информации о структуре его популяции совершенно недоста-

точно. Наши данные о размерно-весовой и половой структуре бокоплава получены за трехлетний период наблюдений (1999–2001 гг.) в Моложском плесе Рыбинского водохранилища (район Дарвинского заповедника).

Основными местообитаниями бокоплава служат скопления зеленых водорослей на стволах и ветвях деревьев у самого уреза воды. После отмирания нитчатки *Gmelinoides fasciatus* в массе попадает в зарослях рдестов и другой водной растительности. Отбор проб осуществлялся вручную с субстратов, случайным образом, одна проба включала от 116 до 220 экз. в зависимости от массы субстрата.

Средняя длина бокоплава за весь период наблюдений составила 4.6 мм, а сырой вес – 3.7 мг. В 2001 г. была проанализирована общая размерно-весовая структура и размерно-весовые характеристики яйценосных самок. Общая средняя длина составила 4.5 мм, вес – 3.8 мг, а яйценосные самки характеризовались средней длиной 4.8 мм и весом 4.2 мг. Минимальная длина яйценосных самок составила 3.5 мм, максимальная – 8 мм, вес – 2 и 12.5 мг соответственно.

Наиболее крупными были бокоплавы перезимовавшей генерации (5.6 мм и 6.0 мг). Самый интенсивный линейный рост молоди наблюдался в первой и второй декадах июля, весовой прирост был более равномерным во времени.

Средняя плодовитость бокоплава в 2001 г. составила 8.8 яйца на одну самку. Максимальная плодовитость (17.2 яйца на одну самку) приходилась на середину июня, тогда как доля яйценосных самок в общем количестве анализируемых особей была наивысшей в середине мая (49.3%) и в первых числах сентября (30.4%). Доля яйценосных самок в течение летних месяцев (июнь–август) была небольшой и изменялась незначительно (10.7–15.7%).

Таким образом, полученные результаты позволяют предположить, что самки *Gmelinoides fasciatus* в условиях Рыбинского водохранилища за лето могут давать 5–6 разнокачественных пометов. Быстрое и асинхронное развитие молоди приближает время размножения, сокращает время генераций и позволяет полнее использовать кормовые ресурсы. Распределение животных на минимальных глубинах (по урезу воды) позволяет существенно снизить влияние хищничества рыб. Это способствует успешной акклиматизации и процветанию вида на новых участках ареала.

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ШАХТНЫХ ВОДОЕМОВ-ОТСТОЙНИКОВ

Е.А. Иванов

*Львовский национальный университет имени Ивана Франка,
Львов, Украина, eugen_ivanov@yahoo.com; ivanov@email.lviv.ua*

На протяжении 1998–2001 гг. нами проведены ландшафтно-экологические, в том числе геофизические и геохимические, исследования в районах водоемов-отстойников Центральной обогатительной фабрики «Червоноградская» и шахт Червоноградского горнопромышленного района Львовско-Волинского каменноугольного бассейна. Одной из поставленных задач было изучение особенностей термического режима шахтных вод как в пределах данных водоемов, так и в сравнении с природными водохранилищами, озерами и реками района исследования с целью поиска закономерностей связи между тепловым, химическим и биологическим загрязнением вод отстойников.

В процессе добычи и обогащения каменного угля в исследуемом районе ежегодно откачивается или используется в замкнутом цикле в прудах-осветителях около 20 млн. м³ высокоминерализованной воды. Основными загрязнителями воды являются взвешенные и минеральные вещества, соли тяжелых металлов, нефтепродукты, бактериальные примеси. Шахтная вода содержит, как правило, 30–60 мг/л взвешенных веществ черного цвета, оказывая определенное влияние на тепловое загрязнение отстойников. Дело в том, что высокая мутность воды и «неприродный», темный оттенок воды способствуют большему ее нагреванию в солнечную погоду в сравнении с природными водоемами – в среднем на 0.5–0.8°C. В прибрежных участках прудов-осветителей температура воды дополнительно повышается еще на 0.2–0.4°C. Это обусловлено железобетонным покрытием их дна, способствующим прогреванию прибрежных водных масс. Следует учесть, что поступающая в отстойник вода принимает часть тепла от корпусов перекачивающих насосов. При этом температура в зонах сброса технических вод повышается на 0.4–0.6°C.

В общем, термические контрасты в пределах шахтных водоемов-отстойников могут изменяться от 0.6 до 2.0°C и, при одинаковых погодных условиях, превышать температуру природных водных источников на 1.0–1.8°C. Кажущееся небольшим повышение температуры в прудах-осветителях вызывает изменение газового состава вод в водоеме, содержания в них кислорода (поскольку его растворимость меняется в зависимости от температуры), усиление развития микрофлоры и микрофауны. Это может привести к эвтрофированию водоемов: гипераккумуляции органических веществ на дне, развитию зарастания и заболачивания, а впо-

следствии – к массовой гибели водных организмов при существенном недостатке растворенного в воде кислорода.

Комплексные географические исследования показали, что тепловой режим шахтных вод почти всегда служит показателем их химического и биологического загрязнения. Помимо этого, такие совокупные изменения термического состояния вод в пространстве и во времени обуславливают повышенное их испарение, а значит и загрязнение окружающей природной среды. Ареалы наибольшего биохимического загрязнения, определенные по результатам анализов экологической лаборатории западно-украинской холдинговой компании «Львовуголь» (1996), совпали с определенными нами зонами повышенной температуры шахтных вод. Эти очаги теплового загрязнения не зависят от количества солнечного тепла, и поэтому ночью, когда нагретые за день солнцем берега и воды отстойников остывают, они проявляются на общем фоне особенно четко. Наилучшими результаты поиска таких ареалов получаются ранней весной или поздней осенью, когда льда уже (или еще) нет, а температура водных объектов достаточно низка.

Проведенные нами исследования особенностей теплового загрязнения шахтных водоемов-отстойников помогли внести поправки в рекомендации по их биологической мелиорации. Они основаны на организации системы экологического мониторинга, определении качества водной среды с помощью температурной индикации уровня жизненной активности некоторых водных организмов.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ИХТИОФАУНУ ВОДОХРАНИЛИЩ

Е.И. Извеков

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
izvekov@ibiw.yaroslavl.ru*

Последние десятилетия характеризуются резким увеличением интенсивности и расширением спектра электромагнитного фона в водной среде по сравнению с естественными фоновыми значениями, к которым исторически приспособлены гидробионты. Наиболее значительные по величине электромагнитные поля (ЭМП) возникают при электролове рыбы и эксплуатации высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) (Протасов, 1982; Протасов и др., 1982; Войтович и др., 1998). Поэтому неотложной задачей в настоящее время становится оценка воздействия этих источников электромагнитного загрязнения среды на фауну водохранилищ.

Сотрудниками Института биологии внутренних вод РАН проведены комплексные исследования экологических последствий применения электрифицированного трала ЭЛУ-6М на двух русловых участках Горьковского водохранилища (у городов Кинешма и Кострома). Близнецовые электротралы – высокоэффективные орудия лова, производительность которых повышается за счет электрификации подбор как минимум в два раза. При этом зарегистрировано увеличение уловов электротралом в вечерние и ночные часы по сравнению с дневными в 2–4 раза. Видовой состав уловов при использовании электрифицированного и обычного тралов не имел принципиальных различий. Размерно-массовый состав уловов при эксплуатации комплекса в режиме электротрала в целом не отличался в худшую сторону от аналогичного трала с отключенными электроподборами. Погибшей рыбы позади электрифицированного трала не замечено. Небольшая часть рыб всплывает на поверхность в состоянии электронаркоза в количестве не более 4 экз./ч ($< 2.6\%$ от общего числа пойманных рыб). Как правило, всплывшие особи восстанавливают нормальную координацию движений через 5–7 минут. Рыбы из улова электротрала не имели травм и проявляли высокую двигательную активность. Восстановление плавательной способности у них происходило мгновенно или через несколько минут, если рыбы находились в кутке не более 10 мин. Анализ проб зоопланктона и зообентоса, взятых непосредственно после прохождения близнецового трала с включенными электроподборами, показал отсутствие существенных отрицательных последствий влияния электрического поля установки ЭЛУ-6М на водных беспозвоночных.

В целом, приведенные факты позволяют утверждать, что специально созданные и производственно изготовленные средства электролова, используемые на Горьковском водохранилище, при надлежащей их эксплуатации и соблюдении действующих Правил рыболовства не создают реальной угрозы для водной экосистемы. В то же время многие вопросы экологической безопасности электролова до сих пор остаются недостаточно ясными. Поэтому в перспективе необходимы дальнейшие исследования по таким аспектам электролова, как эффект многократно повторяющегося раздражения; отсроченная смертность; отдаленные последствия длительного применения электролова для популяций рыб, обитающих на облавливаемой акватории (включая возможные изменения их генофонда); влияние на репродуктивный успех рыб, их воспроизводительную систему и ранние стадии эмбрионального развития; воздействие тока на невыловленных особей, а также на те виды рыб, которые не являются непосредственными объектами промысла. Особое беспокойство вызывают практически не изученные возможные последствия сильных электрических полей трала на представителей сомовых и осетровых рыб, обладающих вы-

сокочувствительными электрорецепторами, в частности на стерлядь, которая все чаще встречается в уловах на некоторых волжских водохранилищах.

Еще менее изучены последствия браконьерского лова рыбы с применением самодельных установок, амплитудно-частотные характеристики которых, как правило, существенно отличаются от оптимальных. По данным Р.А Новицкого (2002), только в городской черте Днепропетровска и Днепродзержинска в период с апреля по ноябрь в ночное время еженедельно отмечается до 12–17 «электробраконьеров», наносящих непоправимый урон водным экосистемам. При подводном обследовании акваторий, подвергшихся влиянию электротока, на дне обнаруживается большое количество погибшей травмированной рыбы и беспозвоночных (до 24–35 кг на площади около 100 м²). Это серьезная проблема, требующая обстоятельного исследования (оценка масштабов браконьерства и степени наносимого ущерба, определение параметров самодельного электроловильного оборудования и характера его влияния на рыб, разработка эффективных методов дистанционного обнаружения работающих установок и т.д.).

Наряду с продолжением исследований по оценке экологических последствий электролова следует вплотную приступить к изучению воздействия других антропогенных источников электромагнитного излучения, в первую очередь, воздушных и подводных линий электропередач, а также подводных переходов нефте- и газотрубопроводов, оборудованных системой катодной защиты от коррозии. В связи с постоянным присутствием электромагнитных полей, создаваемых этими источниками на некоторых участках акватории, они становятся одними из новых экологических факторов среды (Протасов и др., 1982). Вопрос о возможном влиянии линий электропередачи на водные экосистемы пока остается открытым ввиду значительного разброса фактических данных по электрочувствительности рыб, а также из-за существенных расхождений в оценках величины электромагнитного поля ЛЭП. Поэтому необходимы дальнейшие полевые и лабораторные исследования в данном направлении, включающие расчеты и непосредственные измерения напряженности электрических полей, создаваемых ЛЭП в водоемах; установление особенностей распределения и миграционного поведения рыб в районах прохождения высоковольтных линий; оценку влияния электромагнитных полей соответствующей амплитуды на процессы развития, роста и регенерации гидробионтов.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ НЕОБЫЧНОГО РЕЖИМА УРОВНЯ В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Э.И. Извекова, М.И. Сахарова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия izvekova@mail.ru*

Можайское водохранилище – морфологически простой водоем, сильно вытянутый по долине реки Москвы. Это одно из многих водохранилищ среднего размера с многолетним регулированием стока, служащих для водоснабжения г. Москвы. Сработка уровня начинается сразу после заполнения весенними паводковыми водами и продолжается в течение всего года. Поэтому водохранилище зарастает макрофитами незначительно и они не служат главными поставщиками органического вещества, а основным продуцентом является фитопланктон.

Ранней весной 1996 г. под лучами яркого весеннего солнца снег не растаял, а почти целиком испарился. Водоем не был заполнен водами половодья, и приблизительно треть площади дна осталась обнаженной. Уровень оказался ниже нормального проектного горизонта (НПГ) на 4.3 м. На обсохшей территории развилась приводная наземная растительность, особенно обильная (до 3.5 кг/м²) в увлажненной полосе, прилегающей к урезу воды. В течение лета сброс воды из водохранилища почти не производился и уровень постепенно поднимался, а наземная растительность, оказавшись под водой, погибала и интенсивно разлагалась. По нашим оценкам, дополнительный вклад затопленной наземной растительности в баланс органического вещества водохранилища составил около 670 т (около половины общего поступления аллохтонного органического вещества за весь вегетационный сезон). Эта величина не столь велика в общем балансе органического вещества в водоеме (первичная продукция фитопланктона на порядок выше). Однако продукция фитопланктона вовлекается в круговорот в основном в толще воды, а разложившаяся наземная растительность обогатила придонные слои. Вместе с резким замедлением водообмена это привело к возникновению острого дефицита кислорода: бескислородная зона поднялась в конце лета до глубины 2.5–3 м.

Весной 1997 г. было отмечено снижение биомассы на участках дна глубже 4.5 м (последствия замора), а также существенное возрастание численности и биомассы бентоса – преимущественно за счет фитофильных видов хирономид и моллюсков в поясе между 2.5 и 4.5 м в результате появления дополнительного субстрата для обрастателей и минеров в виде полуразложившихся стеблей травянистых растений и веток ивы. В последующие годы и эти остатки растительности постепенно разложились, и органическое вещество было снесено на большие глубины водохранилища.

ща, в результате чего в 2000 г. (конец июля) средняя биомасса бентоса в средней части водохранилища составляла 10.85 г/м^2 , а на глубинах от 7 до 12 м колебалась от 15.2 до 18.7 г/м^2 (такие величины биомассы наблюдались лишь в первые три года существования водохранилища, когда происходило разложение залитой наземной растительности).

Наряду с изменениями в составе и количестве бентоса, после 1996 г. в Можайском водохранилище произошло заметное увеличение числа рыб, зараженных лигулой, достигшее в 1999 и 2000 гг. уровня эпизоотии. Больные рыбы в массе плавали по поверхности воды. Скорее всего, это тоже было последствием чрезвычайно низкого уровня воды летом 1996 г., поскольку удаленные от берегов заросшие мелководья превратились в острова и служили местом откорма многочисленных чаек, крачек и серых цапель, которые в таком количестве никогда не отмечались в предыдущие годы. Обилие этих птиц, являющихся окончательным хозяином ремнеца, способствовало распространению лигулеза в водоеме. Яйца паразитов с экскрементами птиц возвращались в воду и попадали в промежуточного хозяина циклопа, а, как известно, отсутствие кислорода у дна в летний период приводит к переключению рыб-бентофагов на питание планктоном. Это подтвердили и результаты проведенного нами анализа кишечника лещей. Питание планктоном также повысило вероятность заражения рыб ремнецом.

Недобор воды весной на 4.3 м и гибель лещей от лигулеза несколько лет спустя оказались звеньями одной цепи.

РОЛЬ АККЛИМАТИЗАНТОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М.Л. Калайда

Казанский государственный энергетический университет,
Казань, Россия, kalayda@mi.ru

В 60-х годах XX столетия активно проводились работы по акклиматизации гидробионтов в водохранилищах России. В Куйбышевское водохранилище вселялись мизиды и монодакна. В 60-х годах *P. ullskyi* отмечалась в приплотинном участке водохранилища. В последующие годы численность *P. ullskyi* возрастала, и к 80-м годам этот вид составлял до 40% численности мизид. В 80-х годах в нижних участках водохранилища численность мизид варьировала в разные годы от 100–200 экз./м² до 5–6 тыс. экз./м². В настоящее время мизиды являются обычными в Камском и Волжском отрогах и встречаются в пище берша (*Stizostedion volgense*) с

частотой 18%. Максимальная численность *P. ullskyi* отмечается в осенний период (40–200 экз./м²). В пище берша мизиды *P. ullskyi* встречались длиной до 7 мм и массой до 17 мг. Однако их роль в питании берша невелика: от 0.5 до 2.3% массы пищевого комка.

В 70-х годах был сделан вывод об отсутствии положительных результатов вселения монодакны *Hypanis (Monodacna) colorata*. В последние годы в Камском отроге Куйбышевского водохранилища нами обнаружены разноразмерные особи моллюска *M. colorata*. Их численность достигает 20–80 экз./м², и сделан вывод об их акклиматизации. В питании ценных представителей ихтиофауны монодакна в последний период не обнаруживалась.

Если роль акклиматизантов, интродуцированных человеком в водохранилище, пока невелика, то роль самоакклиматизантов (гаммариды, кумовые раки, корофиум, дрейссена, пиявки и многощетинковые черви – гипания) в последний период существенно возросла. Проблема «биологического загрязнения» водоемов в современных условиях должна рассматриваться в совокупности с изменениями в структуре сообществ, которые происходят в результате антропогенного воздействия. В связи с этим возникает вопрос о взаимоотношении типичных аборигенных пелофилов – олигохет и личинок хирономид – с полихетами. Проведенные исследования показали, что в условиях заиленных участков русла доминируют *Limnodrillus hoffmeisteri* или *Isochaetides michaelsoni*, субдоминантами являются *H. invalida*, *Chironomus f. l. semireductus*, *Herpobdella octoculata*. Всего в составе типичного пелофильного биоценоза около 35 видов и форм донных беспозвоночных. В настоящее время нами выделен новый тип биоценоза – эпипелофильный, особенностью которого является доминирование полихет, гаммарид, корофиума. Он формируется на заиленном песчаном грунте с большей плотностью.

Отмечена высокая степень акклиматизации полихеты *H. invalida*. Она стала одним из массовых представителей илистых и илисто-песчаных грунтов и приобрела ряд приспособительных изменений: у нее увеличились размеры и масса тела, отмечается меньшая плодовитость. Возрастает роль гипании в питании рыб-бентофагов: если частота встречаемости червей в составе зообентоса не превышает 28%, то в пищевых комках стерляди она значительно выше – до 46%. Средняя масса червей, встречавшихся в пищеварительных трактах стерляди, летом составила 12.78 мг, а осенью – 7.98 мг.

В псаммофильных и пелофильных биоценозах в последнее время отмечается возрастание количественных показателей гаммарид (*Dikerogammarus haemobaphes* Eich., *Pontogammarus crassus* Sars, *P. abbreviatus* Sars, *P. obesus* Sars.), *Corophium curvispinum*, кумовых раков

Pterocuma sowinskyi. Возрастает их роль и в питании ценных представителей ихтиофауны.

Массовой стала в составе зообентоса и пиявка *Caspiobdella fadejewi*. Максимальная численность и биомасса *C. fadejewi* в 2001 г. отмечалась на русловых участках Волги (240 экз./м², 0.72 г/м²). С 1998 г. возрастает численность, биомасса и роль в питании рыб-бентофагов *Dreissena bugensis*. В 2001 г. *D. bugensis* обнаружена и в Нижнекамском водохранилище.

О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

К.К. Карагойшиев, В.А. Шашуловский

*Саратовское отделение ГосНИОРХ, Саратов, Россия,
niorch@mail.ru*

Эффективность использования биологических ресурсов внутренних водоемов страны остается одной из актуальных задач научных исследований на современном этапе. Для рационального использования ресурсов, сохранения воспроизводительной способности стада охраняемых и других промысловых видов рыб наряду с определением ежегодной величины ОДУ необходима разработка оптимального комплекса орудий лова.

Выбор оптимального комплекса орудий лова заключается в определении адекватного числа рыбаков и количества различных типов орудий лова, обеспечивающих максимальный вылов рыбы из водоема и наибольшую прибыль от ее добычи. Такая постановка исследований соответствует задаче оптимизации эксплуатации промысловых участков, использования орудий лова, организации работы сетных и неводных рыболовецких бригад и траловых судов.

Решение задачи заключается в выполнении следующих этапов работы:

- выбор рыболовного комплекса из различных типов орудий лова, которым были бы доступны все зоны обитания промысловых рыб;
- определение производительности всех выбранных типов орудий лова по отношению к различным видам и размерно-возрастным группам рыб на данном водоеме;
- определение величины общего допустимого улова (ОДУ);
- расчет экономических показателей рыболовства, которые служат основой для оценки конкретных решений рассматриваемой проблемы;

Поскольку результаты исследований не дают исчерпывающей характеристики состояния природной среды, этапы выбора решений могут чередоваться с этапами наблюдений за состоянием среды, т.е. имеют место

многоэтапные процессы выбора решений. Для наших условий работ процесс начинается по цепочке: наблюдение – решение – ... – наблюдение – решение. Такая задача называется N -этапной задачей оперативного стохастического программирования, выбор решения который происходит в реальном масштабе времени. В связи с этим приемлемыми могут оказаться только такие модели и методы, которые приводят к простым правилам выбора, например линейные модели. Поэтому для наших расчетов достаточно применения симплекс-метода, который характеризуется высокой надежностью и широко используется в экономико-математических расчетах.

Неизбежный вылов особей леща промыслового размера (в возрасте от 2+ до 5+) по отношению к численности отдельных поколений невелик и составляет 8.3% по массе или 5.2% по числу экземпляров, что в 4–5 раза ниже коэффициента естественной смертности в указанных возрастных категориях.

Совокупный прилов молоди судака в трех первых возрастных группах (1+ ÷ 3+) по отношению к общему его запасу составляет 10.7% по массе и 14.2% по числу особей, что в 2 раза ниже коэффициента естественной смертности в этих возрастных классах.

Иными словами, при существующей интенсивности промысла (с оптимальным комплексом орудий лова), оснащенного в основном пассивными орудиями лова, неизбежный прилов молоди охраняемых видов рыб (леща, судака) не наносит ущерба воспроизводительной способности популяций этих рыб.

За счет внедрения оптимального комплекса орудий лова увеличивается добыча малоосвоенных ранее объектов лова (берша, густеры и прочего мелкого частика) и сокращается вылов старшевозрастных, наиболее продуктивных групп леща, судака и прочих крупночастиковых рыб.

Практическое внедрение данной разработки на Волгоградском водохранилище позволило почти в 2 раза сократить число рыбаков без снижения общего вылова рыбы.

ЭКОЛОГИЯ СИБИРСКОЙ ПЛОТВЫ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ХАНТАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.Г. Карманова, В.И. Романов, И.Б. Шаропина

Томский государственный университет, Томск, Россия, icht@bio.tsu.ru

Сибирская плотва *Rutilus rutilus lacustris* (Pall.) – обычный компонент ихтиофауны сибирских водохранилищ, где она очень часто становится одним из ведущих объектов промысла, практически с первых лет существования искусственного водоема. Однако вспышки численности плотвы, характерной для начального периода эксплуатации большинства сибирских водохранилищ, в Хантайском водохранилище, после его заполнения, отмечено не было. Причиной тому были низкие температуры воды, отсутствие, вплоть до настоящего времени, хорошо развитых зарослей макрофитов и невысокая численность нерестовой части популяции плотвы в первые годы существования этого водоема. Уникальная по разнообразию фауна аборигенных сиговых рыб (отмечено 5 видов, среди которых ряпушка, пелядь и сиг-пыжьян в разное время играли существенную роль в промысле), а также довольно длительное доминирование в уловах щуки позволяли рассматривать этот водоем в начале его существования как щучье-сиговый. В первые годы с момента образования Хантайского водохранилища плотва составляла до 0.3% улова (1978). При этом сибирская плотва была и остается до настоящего времени одним из доминирующих представителей карповых рыб. К настоящему времени она уже стала одним из массовых и широко распространенным видов рыб Хантайского водохранилища. Наиболее заметное увеличение численности сибирской плотвы наблюдается со второй половины 80-х годов.

Согласно результатам анализа сетных уловов и уловов ставным неводом, сибирская плотва Хантайского водохранилища в 1999–2000 гг. в районах приустьевой зоны р. Тукуланды (Цветочные острова) и Третьего порога представлена протяженным возрастным рядом от 6+ до 17+. Доминируют особи в возрасте от 10+ до 13+, составляющие 47.8% улова. Отметим, что до середины 80-х годов плотва старше 8+ – 9+ лет в водохранилище практически не встречалась. Однако уже в 1990 г. в уловах стали обычными особи в возрасте от 8+ до 15+. Это связано с тем, что плотва в водохранилище слабо охвачена промыслом, поскольку активные орудия лова здесь неприменимы, а пресс хищников также недостаточно силен и влияет главным образом на мелких особей. Половая структура популяции плотвы представлена половозрелыми особями и смещена в сторону преобладания самок (76.0%) над самцами (23.9%). Половой зрелости самки в массе достигают в возрасте 6+ – 7+ лет, самцы – 5+ – 6+ лет.

Показатели линейного и весового роста сибирской плотвы в водохранилище различаются в зависимости от места сбора материала. В южной части водохранилища (Кулюмбинский залив) плотва растет лучше, чем в центральной и северной. По характеристикам линейного и весового состава в районе Цветочных островов доминирует размерная группа с длиной тела 210–239 мм (54.4%) и массой 150–309 г (78.8%). В районе Третьего порога в уловах встречаются и более крупные особи. Здесь преобладает размерная группа с длиной тела 240–269 мм (47.5%) и массой 310–469 г (69.3%). По сравнению с данными предыдущих лет (1979 и 1990 гг.), у плотвы Хантайского водохранилища произошло значительное снижение линейных и весовых показателей во всех возрастных группах. Например, средние значения массы тела плотвы у одновозрастных особей (восьми- и девятилеток) снизились в 1.5–2 раза. Это может быть связано с возросшей внутривидовой конкуренцией и «старением» популяции плотвы, а также с качественно небогатой кормовой базой, коротким вегетационным периодом и низкими температурами воды в водохранилище. По типу питания плотва Хантайского водохранилища – эврифаг. Основу ее питания составляют высшая водная растительность, моллюски, личинки и куколки хирономид.

Развитие ихтиофауны Хантайского водохранилища идет по такому пути, когда основу общей численности водоема составляют карповые рыбы – сибирская плотва и сибирский елец. Численность сиговых рыб и, особенно, щуки значительно снизилась.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕТРА И ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОЛЯ ПЛОТНОСТИ ВОДЫ НА ДИНАМИКУ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ И ДИФФУЗИЮ ПРИМЕСЕЙ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Р.П. Карпенко, Б.И. Самолюбов, Е.С. Афанасьев

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, sambis@flow.phys.msu.ru*

Анализируется развитие стратифицированных течений и распространение примесей при воздействии ветра и эффектов вовлечения в придонном слое на динамику вод в Рузском, Озернинском, Истринском, Можайском и Иваньковском водохранилищах. Прослежены преобразования структуры этого потока вдоль оси его распространения. Выявлены закономерности распространения взвеси, растворенных солей и кислорода в водохранилище. Апробирована математическая модель плотностного потока с

термической стратификацией и транспорта взвешенных и растворенных примесей этим течением.

Предложена гипотеза о механизме проникновения стратифицированного течения в среду с растущей по направлению движения плотностью придонных вод за счет взаимодействия внутренних струйного и придонного течений в основном потоке. Это взаимодействие обеспечивается следующим механизмом: подъем струйной части над «жидким грунтом» на уровень z_1 и ее выход из зоны действия тормозящего продольного градиента давления, связанного с ростом плотности жидкости у дна вдоль по течению, \Rightarrow ускорение струйной части под действием тангенциальной составляющей силы тяжести, обусловленной уклоном по траектории струи, и градиента давления вдоль по струе \Rightarrow турбулентное вовлечение на границе струйной и придонной частей потока и, соответственно, ускорение течения у дна в слое толщиной z_1 . При этом струйная часть замедляется, затем снова ускоряется, и процесс циклически повторяется. Отмеченная цикличность может быть связана с модуляцией вертикального энергопереноса в потоке второй модой внутренней волны сейшевой природы.

При анализе данных, полученных с применением специально разработанных методик, обнаружены плотностные течения с доминирующей термической стратификацией. Скорость течения на уровне ее максимума до 6 см/с, толщина – до 6 м, интегральные числа Ричардсона и Рейнольдса – (1–16) и $2 \cdot (10^4 - 10^5)$ соответственно. Показано, что плотностной поток с внутренними линзами жидкости повышенной плотности может как стимулировать, так и гасить процессы изменения состава воды. В математической модели течения учтена передача импульса от дрейфового потока к придонному плотностному. Принимаются во внимание зависимости переноса импульса в придонную область от следующих факторов: а) от скорости ветра, гидродинамической устойчивости и глубины залегания термоклина; б) от площади области действия ветра на дрейфовое течение (над плотностным потоком) и от частоты плавучести в термоклине в соответствии с «клапанным» механизмом Озмидова. Модель проверена по данным измерений распределений скоростей течений. В уравнениях диффузии взвешенных и растворенных примесей учтены следующие факторы: а) турбулентный перенос; б) вовлечение окружающих вод в поток; в) связь скоростей течения и изменений концентраций примесей за счет химических реакций. Теоретические продольные распределения концентраций взвешенных частиц, растворенных солей и кислорода согласуются с измеренными.

В формировании распределений растворенных примесей основную роль играет вовлечение окружающих вод в поток и приток (стока) примеси за счет химических реакций. Для растворенных солей (карбонатов, а также

хлоридов и соединений аммония) продольные распределения аналогичны изменениям общей минерализации и концентрации взвеси вдоль по течению. Это можно объяснить присутствием таких солей в сорбированном виде на поверхностях частиц взвеси. Иной характер изменений вдоль по потоку наблюдается для распределений нитратов и растворенного кислорода, удельное содержание которых резко увеличивается при усилении вовлечения вышележащих вод в придонный поток за счет ветрового ускорения течения. В отсутствие ветра этот эффект исчезает.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 02-05-64494, 02-05-79004).

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГУСТЕРЫ ДНЕПРОВСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ В УСЛОВИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

О.П. Кирилюк

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, uspp77@hotmail.com

Изучение особенностей морфологической изменчивости популяций рыб днепровских водохранилищ привлекает все большее внимание исследователей, особенно в последние годы в связи с большими перестройками в пресно водных экосистемах под влиянием антропогенных нагрузок. В экологическом прогнозировании оценку популяционных аспектов пластичности и устойчивости популяций рыб к меняющимся условиям среды проводят на основании тенденций морфоэкологической изменчивости. В этой связи в задачу данного исследования входило выяснение состояния популяции густеры, обитающей в разных условиях среды на протяжении всего зарегулированного Днепра (Киевского и Кременчугского водохранилищ, а также низовья Днепра), направления и темпа ее морфологических изменений, а также масштабов ответных реакций.

Морфологический мониторинг исследуемых популяций густеры осуществлялся на протяжении длительного периода (1987–1991 гг.). Было проанализировано и промерено 150 экз. густеры. Биометрический анализ рыб проводился на свежем материале по общепринятой методике (Правдин, 1966). Морфоэкологическую изменчивость определяли по коэффициенту Стьюдента (t) при 95% ($p \pm 0.05$) уровне достоверности (Лакин, 1990). Уровень изменчивости определяли по коэффициенту различия CD (Майр, 1971).

Результаты исследований показали, что между популяциями густеры Киевского и Кременчугского водохранилищ, а также низовья Днепра, су-

ществуют достоверные различия как по меристическим признакам, так и по пластическим. При анализе меристических признаков было обнаружено, что у кременчугской густеры количество ветвистых лучей в спинном и анальном плавниках больше, а хвостовых позвонков меньше, чем у киевской густеры; количество чешуй под боковой линией, ветвистых лучей в анальном плавнике, тычинок на 1-й жаберной дуге и туловищных позвонков больше, а ветвистых лучей в грудном плавнике и хвостовых позвонков меньше, чем у густеры из низовья Днепра. Густера Киевского водохранилища отличается от густеры низовья Днепра лишь количеством тычинок на 1-й жаберной дуге.

Сопоставление пластических признаков популяции густеры Кременчугского водохранилища с аналогичными признаками популяций густеры Киевского водохранилища и низовья Днепра показало, что из 42 сравниваемых показателей статистически достоверные различия выявлены по 22 и 23 соответственно, а между популяциями густеры из Киевского водохранилища и низовья Днепра по 15. Из них 6 признаков, по которым наблюдаются межпопуляционные различия, являются общими для трех исследуемых популяций, а именно: диаметр глаза, антедорсальное, антевентральное и пектровентральное расстояние, длина грудных плавников и длина нижней лопасти хвостового плавника

Исследования показали, что у популяции густеры Кременчугского водохранилища, по сравнению с другими исследуемыми популяциями, относительно больше длина туловища, высота лба и головы у затылка, высота спинного плавника, длина основания анального плавника и длина брюшного плавника, а также меньше толщина головы. По отношению к длине головы увеличивается высота лба и головы через середину глаза. Кроме того, у кременчугской густеры длина верхней челюсти меньше, чем у киевской густеры; ширина лба, толщина головы и длина нижней челюсти меньше, а высота головы у затылка больше, чем у густеры, обитающей в низовье Днепра.

Таким образом, у густеры Кременчугского водохранилища, в отличие от густеры Киевского водохранилища и густеры низовья Днепра, произошли наибольшие изменения в пластических признаках, по совокупности которых наметилась тенденция к изменению ее морфологического облика. Поскольку уровень изменчивости морфологических признаков невелик, то можно утверждать, что исследуемые популяции густеры принадлежат к монотипичному роду *Blicca*, а их фенотипические адаптации не выходят за пределы видовой принадлежности.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСА ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ

Н.И. Кирпенко

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, pkloch@mail.kar.net

В летний период в поверхностных слоях воды днепровских водохранилищ содержание растворенных фенольных соединений достигает $185\text{--}206 \cdot 10^{-3}$ мг/л (Козицкая, 1971). Одним из основных источников их накопления в воде является водорослевая масса, образующаяся во время «цветения», поскольку в лабораторных опытах было доказано, что многие виды водорослей выделяют фенолы в среду в количестве 0.48–3.46 мг/л (Козицкая, 1973). В то же время, значительное количество фенолов продуцируют и высшие водные растения. Если на глубоководных участках Киевского водохранилища содержание фенольных соединений в воде составляет 424–463 мкг/л, а в местах интенсивного развития и ветровых сгонов фитопланктона в период «цветения» – более 500 мкг/л, то на мелководьях, заросших макрофитами, концентрация растворенных фенолов может достигать 715–1085 мкг/л (Усенко, Сакевич, 2001).

Существует более тысячи соединений класса фенолов, синтезируемых растениями, которые могут быть обнаружены в природной воде. Фенолы растительного происхождения обладают значительной биологической активностью и являются одними из наиболее распространенных растворенных токсических веществ. По данным Райса (1978), отдельные компоненты фенольных соединений могут подавлять рост некоторых бактерий и прорастание семян сельскохозяйственных растений.

В наших опытах было изучено действие комплексов фенольных соединений, выделенных А.И. Сакевичем с использованием модифицированного метода Солдатенкова–Мазуровой (1962) из биомассы ряда синезеленых водорослей (8 препаратов) и высших водных растений (9 препаратов), на прорастание семян таких общепринятых тест-объектов, как редис, кресс-салат, кукуруза. Оказалось, что на прорастание семян редиса некоторый ингибирующий эффект оказывали 7 из испытанных 17 препаратов (примерно 4–16% угнетения) – 4 из синезеленых водорослей и 3 из макрофитов. Наиболее сильное отрицательное влияние (15.7%) отмечено при воздействии фенолов камыша *Scirpus lacustris*. Остальные вещества стимулировали прорастание семян в разной степени (от 3 до 30%). Значительное угнетающее влияние (от 2 до 35%) на прорастание семян кресс-салата оказывали фенолы высших водных растений. Препараты из синезеленых водорослей вызывали стимуляцию прорастания семян разной степени – 4–10% для кресс-салата, 16–48% для кукурузы. В целом, несмотря на индивидуальность реакции этой группы тест-объектов, полученные данные

свидетельствуют о высокой биологической активности фенольных соединений водных растений.

По определению А.М. Гродзинского и Д.М. Гродзинского (1973), фенольные соединения, выделяемые в среду, имеют очень большое значение в аллелопатии. По-видимому, в наибольшей мере это справедливо для растительного населения водной среды, где наряду с другими экологическими факторами эти вещества могут принимать участие в формировании гидробиоценозов (Сиренко, 1972; Сакевич, 1985).

При изучении влияния выделенных фенольных комплексов на представителей фитопланктона оказалось, что синезеленая водоросль *Microcystis aeruginosa* крайне отрицательно реагировала на внесение всех изучаемых фенолов в среду (кроме вещества, выделенного из *Anabaena variabilis*). Угнетение роста водоросли составляло 56–95% (для *A. variabilis* – 7.6%). В то же время зеленая тест-водоросль *Selenastrum gracile* (из коллекции Ин-та ботаники НАНУ) подобным образом реагировала лишь на высокие концентрации фенольных соединений высших водных растений (47–79% угнетения роста), фенолы же синезеленых водорослей угнетали ее рост всего на 11–30%, за исключением того же вещества из *A. variabilis* (59% угнетения).

Таким образом, различия в индивидуальной чувствительности водорослей к присутствующим в воде экзогенным фенолам растительного происхождения могут являться одной из причин изменения состава альгосообществ в природных водоемах.

СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ТРОФИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В ПЕЛАГИАЛИ ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.И. Кияшко, Ю.В. Слынько

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, Борок, Россия,
kvi@ibiw.yaroslavl.ru, syv@ibiw.yaroslavl.ru

До середины 90-х годов в водохранилищах Верхней Волги основными потребителями зоопланктона в пелагиали были обычные для этого региона виды рыб и их молодь (всего 11 видов). По данным обловов малым пелагическим тралом, в водохранилищах речного типа (Угличское, Горьковское, Шекснинское) в пелагиали в этот период доминировали молодь и взрослые особи плотвы, окуня, а также молодь леща. Следующие по численности – молодь судака, снеток и, на отдельных биотопах, ряпушка (Горьковское водохранилище). Единично отмечались укляя, чехонь, язь, синец, ерш. В Ивановском водохранилище в его «русловой» части ви-

довой состав уловов был близок к таковому водохранилищ речного типа, тогда как в расширениях преобладала молодь леща.

Среди водохранилищ Верхней Волги особо выделялось Рыбинское. Если в Иваньковском, Угличском, Горьковском и Шекснинском водохранилищах за одно 15-минутное траление летом вылавливали в среднем 140–323 экз. (при колебаниях от 0 до 742), то по Рыбинскому водохранилищу средний улов составлял 528 экз. (при колебаниях от 0 до 1250). Во всех плесах доминировал снеток, сопутствующими ему видами были молодь синца, судака, окуня, леща, плотва. Кроме снетка, в пелагиали водоема нагуливаются половозрелые особи синца, которые не облавливаются малым пелагическим тралом.

Самопроизвольное вселение нового вида, типичного планктофага – тюльки, в середине 90-х годов, сопровождалось существенными изменениями структуры и функционирования пелагических сообществ водоемов. В 2001 г. тюлька была поймана во всех водохранилищах Верхней Волги, кроме Угличского. В летне-осенний период самые большие уловы ее отмечены в Рыбинском водохранилище (средняя 580, колебания от 0 до 2900 экз./15 мин). В остальных водохранилищах популяция ее не достигла таких размеров и средние уловы составляли 2 экз./15 мин в Иваньковском, 16 в Горьковском и 50 экз./15 мин в Шекснинском. Вселение тюльки в Рыбинское водохранилище совпало по времени с резким сокращением популяции снетка. При этом так же существенно изменился видовой состав сопутствующих видов – увеличилось количество молоди карповых. Тюлька попала в благоприятные трофические условия, расселилась по всем плесам Рыбинского водохранилища, заняла биотопы, на которых ранее нагуливался снеток. Исследование питания тюльки и видов, сопутствующих ей в скоплениях, показали, что на данном этапе становления популяции она способна конкурировать за пищевые ресурсы с молодью ценных в промысловом отношении видов рыб, в первую очередь, синца, судака и окуня. В меньшей мере тюлька оказывает влияние на кормовую базу молоди леща, плотвы, уклей и ряпушки. Пищевые взаимоотношения тюльки с видами-аборигенами определяются не только видоспецифичностью их пищевых спектров, но и особенностями пищевого поведения, сезонным распределением и численностью. В настоящее время самая многочисленная популяция тюльки, приближающаяся по численности к ранее существовавшей популяции снетка, образовалась в Рыбинском водохранилище. В водохранилищах руслового типа тюлька в силу своей малочисленности пока не оказывает существенного влияния на кормовую базу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 01-04-48542).

МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЫБНЫХ РЕСУРСОВ ОЗЕРА ЛАЧА

А.К. Козьмин, В.В. Шатова

*Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО),
Северное отделение, Архангельск, Россия, kozmin@sevpinro.ru*

Главным промысловым водоемом в Архангельской области является озеро Лача, где ежегодно добывается 30% от общего вылова озерной рыбы в Архангельской области. Площадь озера составляет 345 км², а средняя глубина – 1.6 м, что свидетельствует о его мелководности. Лача принимает 19 притоков, из них 9 наиболее крупных. Река Свидь, соединяющая этот водоем с озером Воже, дает 56% общего поверхностного притока воды. В северной оконечности озера берет начало р. Онега, средний многолетний сток которой равен 120 м³/с. По своим гидрологическим характеристикам Лача является накопителем водных масс и может рассматриваться как озеро-водохранилище.

Лача – высококормный промысловый водоем, естественная промысловая продуктивность которого оценивается величиной 11.3 кг/га. В настоящее время в нем обитает 12 видов рыб. Особенностью ихтиоценоза озера является сочетание холодолюбивых видов бореально-арктического комплекса с более теплолюбивыми. Многолетний мониторинг динамики уловов показывает, что в составе ихтиофауны произошли существенные изменения. Вместо скороспелых морфоэкологических группировок мелкочастиковых рыб в уловах появились лещ, щука и язь. Сиговые встречаются крайне редко.

В октябре 1987 г. из оз. Кубенского в оз. Воже выпущено 1.5 тыс. экз. разновозрастных судаков. Рыба по р. Свидь (протяженностью 64 км) спустилась в оз. Лача. За десять лет судак акклиматизировался. В промысловых уловах появились особи от естественного воспроизводства. В неводных уловах в массовом количестве встречаются судаки размером от 20 до 55 см, возраст которых варьирует от 2+ до 6+ лет.

Основной промысловой рыбой в оз. Лача является лещ. В массовом количестве здесь он появился сравнительно недавно. До 1960 г. в общегодовой добыче рыбы лещ занимал не более 2–3%, а с 1966 г. стал ведущим промысловым объектом. Увеличение его численности можно объяснить реорганизацией рыболовства, связанной с введением запрета на лов рыбы мелкочащежными неводами. В определенной мере сказались потепление климата и прогрессирующая эвтрофикация водоема. В целом же биологи-

ческий механизм, обуславливающий «экологический прогресс» леща в ухудшающихся условиях водной среды оз. Лача, не совсем понятен и требует более детальных научных исследований. Промысловый запас леща в 2001 г. был оценен в количестве 209 тыс. шт. При средней многолетней навеске рыбы 480 г и существующей ныне интенсивности эксплуатации промыслового стада, годовой вылов леща в оз. Лача прогнозируется на уровне 80 т.

Наряду с лещом важную роль в рыболовстве на Лаче играет щука. В прошлые годы улов ее достигал 30 т. Щука держится преимущественно в южной части озера, там же сосредоточены основные места ее естественного воспроизводства. Наибольший возраст щуки, по нашим данным, составил 11 лет, при длине тела 106 см и массе 6300 г. В настоящее время состояние запасов ее можно признать неудовлетворительным. Главной причиной тому являются перелов и зарастание нерестилищ макрофитами. В современных условиях малочисленное промысловое стадо щуки не может обеспечить расширенное воспроизводство ее запасов. Ежегодно устанавливаемый запрет лова на период нереста щуки малоэффективен, поскольку нерестовая часть популяции крайне мала. Быстрое восстановление численности промыслового стада щуки в оз. Лача невозможно без искусственного рыбозаведения. Запасы мелкочастиковых рыб промыслом почти не используются.

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КРУПНЫХ ВОДОЗАБОРОВ НА ИХТИОФАУНУ ВОДОХРАНИЛИЩ И ОБОСНОВАНИЕ РЫБОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Ю.М. Колпачкова, В.И. Крапивина

*ОАО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»,
Волгоградский филиал, Волгоград, Россия, niies@vlink.ru*

1. Экологический аспект:

Анализируются материалы собственных наблюдений за попаданием рыб в водозаборы и данные, собранные региональными рыбохозяйственными институтами. Сопоставлено влияние природных и антропогенных абиотических факторов на удельные показатели изъятия рыб водозаборами, т.е. на экологическую опасность эксплуатации водозаборов различных типов. Рассматривается масштаб наносимого популяциям рыб ущерба через пороговую величину изъятия.

2. Правовой аспект:

Предлагается разработать проект рыбохозяйственного законодательства (в части, регламентирующей водопользование на рыбохозяйственных водоемах), соответствующий современным природоохранным нормам, в том

числе Закону об охране окружающей среды. Для этого рассматриваются варианты методик определения предельно допустимых уровней воздействия (ПДУВ) на популяции рыб в результате изъятия воды водозаборами с учетом их размещения и районирования акватории водохранилищ.

На основании сформулированного авторами подхода предлагаются ряд правовых и экономических мер, стимулирующих водопотребителей к проведению мероприятий, направленных на сохранение ихтиофауны водохранилищ.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ФЕНОЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Л.М. Кондратьева

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
Хабаровск, Россия, kondr@fe.ru*

Фенольные соединения (ФС) относятся к самым распространенным загрязняющим гидросферу веществам. При ориентации на антропогенное происхождение ФС выбирают методики определения летучих фенолов, так как эта группа отличается высокой токсичностью и обладает интенсивными запахами при хлорировании воды. Фенолы анализируются газохроматографически и путем фотометрического определения с 4-аминоантипирином. Широко используемые при мониторинге химические методы определения ФС имеют ряд недостатков: низкие пределы обнаружения, утрата высоко летучих гомологов при подготовке проб. В отдельных случаях пересчет на монофенол приводит к занижению уровня токсичности при образовании паразамещенных фенолов.

Для биоиндикации фенольного загрязнения водных экосистем довольно часто используется численность фенолрезистентных бактерий (ФРБ), которую иногда ошибочно отождествляют с самоочищающим потенциалом водных экосистем. Более того, предлагаются концентрационные критерии загрязненности водных экосистем фенолами на основании численности ФРБ – «микробные индексы». Для перевода используется ПДК монофенола для водоемов рыбохозяйственного назначения (0.001 мг/л).

Нашими исследованиями подтверждена необоснованность такого подхода при оценке фенольного загрязнения водных объектов. Установлено, что численность ФРБ возрастает при загрязнении водных экосистем ароматическими соединениями природного и антропогенного происхождения: во время массового «цветения» синезеленых водорослей; среди зарослей макрофитов; в придонной воде рек, озер при разложении расти-

тельных остатков и затопленной древесины; в устьевой зоне рек, на мелководье; при аварийных разливах нефтепродуктов и сырой нефти; при хроническом поступлении техногенных фенольных соединений со сточными водами. Чаще всего увеличение численности этой группы бактерий обусловлено вторичным загрязнением природных вод ФС, образующимися при деструкции и трансформации органических веществ, в структуру которых входят одно или несколько ароматических колец.

Показано, что численность ФРБ увеличивается при загрязнении морских и пресноводных экосистем любыми предшественниками и гомологами фенольного ряда. При оценке последствий загрязнения водных объектов ФС следует учитывать длительность их существования в экосистеме и место локализации, устойчивость к микробиологическому разложению. Численность ФРБ в донных отложениях в некоторых случаях может превышать численность планктонных форм на несколько порядков. Во время паводков численность планктонных ФРБ увеличивается за счет бентосных и аллохтонных микроорганизмов. Динамика численности ФРБ подвержена значительным пространственно-временным флуктуациям и не зависит от концентрации монофенола. Нами установлено неоднородное распределение ФРБ от берега к берегу на одном створе реки, выше и ниже притоков различного иерархического уровня, на поверхности и в придонной воде, что соответствует отклику микробоценозов на присутствие в экосистеме ФС различного происхождения.

Прогноз последствий фенольного загрязнения водных экосистем предусматривает комплексное использование физико-химических и экотоксикологических методов, в том числе: инструментальное определение качественного и количественного содержания индивидуальных фенольных соединений; анализ численности планктонных и бентосных фенолрезистентных бактерий; определение суммарной ферментативной активности микробоценозов, индивидуальной способности отдельных штаммов разрушать бензольное кольцо природных и техногенных фенолов.

ОЦЕНКА УЩЕРБА РЫБНОМУ ХОЗЯЙСТВУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА

Л.М. Кондратьева¹, Н.М. Яворская²

¹ *Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
Хабаровск, Россия, kondr@fe.ru*

² *Хабаровское отделение ТИНРО-центра, Хабаровск, Россия,
tinro@tinro.khv.ru*

Экологически чистые и эффективные ресурсосберегающие технологии в области золотодобычи ориентированы на сохранение водных экосистем, вовлеченных в создаваемые природно-промышленные системы. Одним из важных критериев стабильности экосистем является сохранение их биологического разнообразия, природного трофического статуса, всех компонентов пищевых сетей и самоочищающего потенциала, который реализуется через функционирование всего биотического комплекса.

На основании анализа многочисленных экологических экспертиз, используемых для оценки возможных экологических последствий во время разработки месторождений россыпного золота в Приамурье можно прийти к заключению, что в настоящее время чрезвычайно актуальной является задача пересмотра ряда формул, используемых при расчете ущербов рыбному хозяйству. Так, чаще всего определение рыбных запасов конкретного водотока в текущий момент не проводится. Не учитывается его современное экологическое состояние, уровень эвтрофирования и антропогенного прессинга. Для расчета ущерба рыбным запасам используется формула, предложенная еще в 70-е годы. Некоторые постоянные параметры, например биомасса бентоса, показатель возможного использования рыбами кормовых организмов, коэффициент перевода продукции кормовых организмов в рыбную продукцию разработаны для р. Амур и его притоков более 20 лет назад. Величина возможного ущерба рыбному хозяйству (в натуральном выражении) определяется по «Временной методике оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов, проведения различных видов работ на хозяйственных водоемах», утвержденной Госкомприроды СССР и Минрыбхозом СССР еще в 1989 г.

За последнее десятилетие накоплен фактический материал по влиянию отдельных реагентов на продуктивность экосистем, поэтому требуется пересмотр критериев оценки качества природных вод при разработке месторождений россыпного золота. При очистке оборотных, сточных вод от тонкодисперсных минеральных и глинистых частиц в качестве нормируемых показателей используются мутность и содержание взвесей. Поэтому

для осветления воды используются разнообразные химические реагенты, в том числе высокомолекулярные органические флокулянты. Экологическая значимость флокулянтов оценивается односторонне по скорости осаждения взвешенных веществ.

Однако существует потенциальный экологический риск аккумуляции флокулянта в донных отложениях, вместе с разнообразными органическими соединениями природного и антропогенного происхождения. Этот факт затрудняет адекватную оценку степени токсичности самого флокулянта из-за возможных эффектов синергизма, антагонизма, нейтрализации и возможности образования промежуточных продуктов трансформации. Последствия для бентосных организмов – кормовой базы многих видов рыб в пространственно - временном аспекте не изучены. Остается открытым вопрос об изменении качества воды в водотоках после ее прохождения через систему отстойников, особенно после паводков, когда в результате промывного режима возможен вынос в водные экосистемы осажденных органо-минеральных комплексов, включая флокулянт и продукты его трансформации. Неучтенный ущерб рыбным ресурсам может быть связан с вовлечением флокулянтов в природные процессы преобразования органических веществ в водных экосистемах, а также с возможностью биохимической трансформации в более токсичные продукты, влияющие на продуктивность водных биоценозов, включая ихтиофауну.

ФИТОПЛАНКТОН ВОЛГИ: РАЗНООБРАЗИЕ, СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ, СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ

Л.Г. Корнева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
korneva@ibiw.yaroslavl.ru*

Крупнейшая река Европы – Волга, вытянутая в меридиональном направлении, представляет в настоящее время цепочку водохранилищ, расположенных в разных географических зонах. Водоохранилища создавались поэтапно на протяжении сорока с лишним лет – с 1937 по 1981 гг. Они различаются по морфометрическим, гидрологическим показателям и уровню трофии вод.

За период исследования с 1953 по 2000 гг. в фитопланктоне волжских водохранилищ насчитывалось 1675 видов водорослей (2125 таксонов рангом ниже рода). Число видов (таксонов рангом ниже рода) снижалось в ряду: Куйбышевское водохранилище – 1015 (1227), Рыбинское – 876 (1053), Чебоксарское – 706 (859), Горьковское – 724 (825), Ивановское – 589 (667), Саратовское – 465 (528), Волгоградское – 444 (509), Угличское

– 367 (414). Наибольшим флористическим богатством отличался планктон Куйбышевского и Рыбинского водохранилищ, что связано с их наиболее крупными размерами и биотопической неоднородностью. Анализ состава фитопланктона русловых участков водохранилищ в маршрутных съемках по всему волжскому каскаду показал, что флористическое и ценотическое сходство планктона увеличивается в направлении от Верхней к Нижней Волге. Число таксонов планктонных водорослей в единице объема воды, ценотическое разнообразие и выровненность сообщества, оцениваемые, соответственно, индексами Шеннона-Уивера и Пиелу, наоборот, снижались. Как показал кластерный анализ состава альгофлоры, континуальность фитопланктона сохранилась, что свойственно незарегулированным рекам. Результаты изучения динамики общего числа таксонов рангом ниже рода в отдельных водохранилищах выявили увеличение этого показателя в 60–70-е годы прошлого столетия, в период завершения основного строительства Волго-Камского каскада. В последующие годы оно или несколько уменьшалось, или стабилизировалось. Многолетняя динамика показателей разнообразия фитопланктона и его размерных характеристик прослежена по данным, полученным на Рыбинском водохранилище в 1954–1981 гг. Установлена тенденция к снижению ценотического разнообразия (увеличению доминирования) и среднеценотического объема клеток, а также к увеличению числа таксонов в единице объема воды.

Средняя за безледный период биомасса фитопланктона в водохранилищах, как правило, существенно увеличивалась в 70-е годы, в период маловодной фазы и окончания основного гидростроительства, постепенно снижаясь и стабилизируясь в последующие десятилетия, за исключением Угличского, Рыбинского и Саратовского водохранилищ, где непрерывно происходило ее незначительное увеличение. В 70–80-е годы максимальная биомасса фитопланктона наблюдалась в Средней Волге, где расположены наиболее густонаселенные города. Это характерно и для Иваньковского водохранилища (Верхняя Волга), где около 34% площади акватории занимает мелководный Шошинский плес, в котором открытые участки водоема сочетаются с многочисленными заросшими мелководьями, островами и затопленными болотами.

Структура планктонного сообщества Волги претерпевала постоянные изменения. Это выражалось, прежде всего, в увеличении представленности в конце 60-х – начале 70-х годов мелкоклеточных представителей диатомовых водорослей из рода *Stephanodiscus* Ehr. и эвригалинных видов: *Skeletonema subsalsum* (A. Cl.). Bethge и *Thalassiosira incerta* Makar. В одном из наиболее высокотрофных и старейшем Иваньковском водохранилище среди синезеленых начали доминировать *Oscillatoria agardhii* Gom. и мелкие криптомонады. Первая в 80–90-х годах стала входить в

комплекс доминантов следующего по каскаду Угличского водохранилища. Последние в настоящее время преобладают в планктоне практически всех водохранилищ Волги. После начала подъема уровня Каспия (1978 г.) в 80–90-х годах наступил следующий этап структурных преобразований сообщества, связанный с появлением и распространением эвригалинной диатомовой водоросли *Actinocyclus normanii* (Greg.) Hust., входящей в состав структурообразующих таксонов в планктоне Средней, Нижней Волги и Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища. В этот период обнаружен ряд новых эвригалинных таксонов из рода *Thalassiosira* Cl., а также представитель морской флоры из рода *Hemiaulus* Ehr. В целом процесс сукцессии фитопланктона Волги направлен на увеличение в сообществе доли лимнофильных аборигенных и солоновато-водных видов, вселяющихся из опресненных южных морей и выдерживающих высокое содержание органического вещества. Увеличение в фитопланктоне Волги доли мелкоклеточных, быстрорастущих и жгутиковых форм, способных к активному переносу вещества и энергии, свидетельствует об ускорении процессов их трансформации.

О ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ ВОДОХРАНИЛИЩ В ГОДЫ РАЗЛИЧНОЙ ВОДНОСТИ

Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова

Институт географии РАН, Москва, Россия,
geograph@online.ru; igras@igras.geonet.ru

Гидрологическая роль водохранилищ (влияние на годовой сток, его внутригодовое распределение, качество вод) в многоводные и маловодные годы представляет особый интерес. Однако этот вопрос во многом остается дискуссионным. Его решение зависит от расположения водохранилища, назначения и характера регулирования стока, точности гидрометеорологических прогнозов и других факторов.

Авторами был выполнен анализ гидрологической роли водохранилищ в многоводные и маловодные годы на Волге, Дону и Днепре.

Для большинства водохранилищ выявляется достаточно отчетливое нарастание относительного уменьшения стока половодья и паводков по мере снижения водности года. Менее определенной ситуация представляется в объемном выражении и, особенно, в отношении влияния водохранилищ на годовой сток. В отношении годового стока это объясняется зачастую противоположным влиянием водности года на величину удельных (с единицы площади) дополнительных потерь на испарение с акватории водохранилищ и на сами размеры этой акватории. Так, выявляется наличие об-

ратной, хотя и не очень четко выраженной, связи годовой водности Волги, Днепра и Дона с величиной удельных дополнительных потерь воды на испарение с водохранилищ в их бассейнах, поскольку экстремально маловодные по стоку годы чаще всего (но не всегда) засушливы, а многоводные хорошо увлажнены. Еще менее выражена обратная связь водности Волги и Днепра с величиной общих дополнительных потерь воды на испарение с акватории водохранилищ, а на Дону она практически не прослеживается из-за существенного увеличения со стоком средней годовой площади Цимлянского водохранилища.

На Волге и Днестре в маловодные годы 95%-ной обеспеченности дополнительные потери воды с акватории водохранилищ в среднем в 1.4–1.5 раза больше, чем в многоводные годы 5%-ной обеспеченности. С учетом данных И.А. Шикломанова и Г.М. Веретенниковой (ГГИ) по аккумуляции воды в берега и дно водохранилищ, а также по размерам компенсации для стока в результате снижения разливов воды в нижних бьефах и устьях зарегулированных рек, общее снижение стока под влиянием водохранилищ на уровне 1970-х гг., а фактически и современное, можно оценить следующим образом: на Волге в многоводные годы 5%-ной обеспеченности – в 2.3 км^3 (0.7%), в маловодные 95%-ной обеспеченности – в 4.8 км^3 (2.6%); на Днестре соответственно в 1.7 км^3 (2.1%) и 2.2 км^3 (6.9%); на Дону – в 1.3 км^3 (2.7%) и 1.8 км^3 (13.3%).

По предварительным оценкам, наиболее ощутимое, и в основном благоприятное, влияние на качество воды водохранилища оказывают в маловодные годы. Быстро меняющаяся природная и хозяйственная обстановка требует дальнейшего исследования затронутой темы.

ТЕПЛОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ВОД ГРЭС

**А.И. Коротовских¹, А.Е. Яковлев¹, В.Д. Шульгин¹,
М.А. Скоробогатов¹, Н.В. Грачев²**

¹ *Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия,
skorobogotov@tstu.tver.ru*

² *«Уником», Санкт-Петербург, Россия*

По проекту Ириклинской ГРЭС в процесс охлаждения циркуляционных вод положен теплообмен на свободной водной поверхности и естественный перенос теплых струй, который полностью зависит от гидродинамики потока в водохранилище.

Теплые воды от ГРЭС отводятся открытым каналом и сбрасываются в водохранилище на расстоянии 3 км от водозабора.

Для анализа процессов, происходящих в водохранилище, были использованы данные, полученные в натурных условиях, а также результаты математического моделирования гидродинамики потока и переноса теплых вод на участке водохранилища между водовыпуском и водозабором Ириклинской ГРЭС. Для расчета плановой задачи гидродинамики использованы уравнения Сен-Венана, а для распространения примеси (температурного загрязнения) использованы предложения А.Л. Мириновского и В.П. Троицкого.

Анализ полученных данных указывает на то, что стоковые течения в водохранилище не могут рассматриваться в качестве основной причины формирования общей структуры течений в нем, обуславливающей попадание теплых вод от водовыпуска к водозабору. Основной причиной переноса теплых масс в направлении от водовыпуска к водозабору является общая циркуляционная структура водного потока в водохранилище, возникающая под действием ветра.

Качество перемешивания, разбавления и поверхностное охлаждение теплых сбросных циркуляционных вод находятся в прямой зависимости от конструкции оголовка водовыпуска и участка сопряжения водовыпуска с водохранилищем.

Для уменьшения попадания теплых вод в водозабор и общего снижения теплового загрязнения водохранилища были предложены следующие мероприятия: снижение температуры или расхода сбрасываемых вод; рассредоточение сброса сточных вод по длине береговой линии; сооружение нового оголовка водовыпуска вдали от берега, на больших глубинах; строительство струенаправляющих сооружений, способствующих более интенсивному разбавлению сточных вод.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В РАЗЛИЧНЫХ ПЛЕСАХ ОЗЕРА СЕЛИГЕР

В.И. Косов, В.Н. Иванов, Г.Н. Иванов, И.В. Косова

*Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия,
fpientet@tstu.tver.ru, kosovy@tvcom.ru*

Комплексная оценка качества воды может быть проведена с помощью различных методов, которые можно отнести к двум основным направлениям. Первое направление – оценка качества воды по наихудшему показателю из имеющегося набора гидрохимических показателей. Второе направление – создание интегральных оценок качества воды (индексов качества воды). Согласно ГОСТ 17.1.1.01-77, индекс качества воды – обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей и видам водопользования. Развитию этого направления уделяется внимание не только в России, но и в США, Канаде, Англии и других странах. Использование индексов позволяет проводить оценку качества воды по обширному набору ингредиентов, увеличивая информативность данных о химическом составе и свойствах природных вод, особенно с учетом антропогенного воздействия. Нами было предложено использовать условный показатель качества воды в качестве комплексного показателя гидрохимического состояния вод отдельных плесов оз. Селигер.

Компьютерная обработка результатов мониторинга проводилась с целью прогноза антропогенного воздействия на экосистему озера и физико-химических процессов, протекающих в нем.

Предложен комплексный гидрохимический показатель для оценки плесов оз. Селигер, так называемый «условный показатель качества» воды (УПК). Этот показатель рассчитывался по формуле:

$$УПК = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i},$$

где C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация этого ингредиента, мг/дм³.

Индекс УПК имеет свою градацию. Так, воды можно отнести к следующим классам, которым соответствуют определенные значения УПК: очень чистые $УПК \leq 1$; чистые $УПК = 1-5$; умеренно загрязненные $УПК = 5-15$; загрязненные $УПК > 15$.

Для оценки качества вод оз. Селигер в 2001 г. при расчете УПК учитывались концентрации таких ингредиентов, как O_2 , NH_4 , NO_3 , P , NO_2 , Fe , K , Na . По результатам расчета можно сделать вывод, что в 2001 г. самым загрязненным являлся Слободской плес, т.е. именно тот, который испытывает по-

вышенную антропогенную нагрузку за счет сброса сточных вод с городских очистных сооружений и Осташковского кожевенного завода.

Расчет индекса загрязняющих веществ (ИЗВ) проводится по формуле:

$$ИЗВ = \frac{\sum \frac{C_{1-4}}{ПДК_{1-4}} + \frac{БПК_5}{УН_{БПК_5}} + \frac{УН}{S_{\phi}}}{6},$$

где 6 – строго лимитируемое число показателей, берущихся для расчета, включая в обязательном порядке содержание кислорода и БПК₅; УН и УН_{БПК} – условная норма для кислорода и БПК₅, соответственно; БПК₅ и S_φ – фактическое значение БПК₅ и содержание растворенного кислорода в пробах воды, мг О₂/л; C – концентрация определяемого показателя; ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества.

Исходя из значений УПК и ИЗВ вода в Селигере, в целом, является «умеренно-загрязненной», на 2001 г. Наиболее загрязнен Слободской плес (вода в нем «загрязненная»).

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

В.И. Косов¹, Г.Н. Иванов¹, В.В. Левинский¹, Н.В. Коломийцев²

¹ *Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия, fpienet@tstu.tver.ru*

² *ГНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, Москва, Россия*

Исследование поверхностных донных отложений (ДО) Верхней Волги от истока до Ивановского водохранилища, включая Верхневолжские озера и лимническую систему Селигер, проводилось в период с 1998 по 2001 гг. В некоторых мелководных эвтрофированных озерах, удаленных от промышленных центров, исследовали мощный слой ДО (до 12 м). Содержание микроэлементов в стратифицированном слое озерных ДО принималось нами за фоновое.

Образцы ДО анализировали на валовое содержание Cu, Zn, Cd, Pb и Mn атомно-абсорбционным методом в азотнокислой вытяжке; подвижные формы Cr определяли в ацетатной буферной вытяжке фотоколориметрическим методом. Потери при прокаливании абсолютно сухого образца ДО принимали за содержание органического вещества (ОВ), %. В некоторых образцах было определено содержание ТМ во фракции ДО менее 20 мкм.

Техногенная нагрузка на Верхнюю Волгу была определена по показателю накопления (ПН) – превышению содержания ТМ в исследуемом образце ДО над фоновым (за фоновые приняты концентрации ТМ в ДО верхневолжских озер), а также по I-гео классам – степени насыщенности

фракции ДО менее 20 мкм над кларком глин. Для оценки загрязненности ДО лимнической системы Селигер использовали суммарный коэффициент загрязнения:

$$C_d = \sum \frac{C_i}{C_{\phi i} + S_{\phi i}},$$

где C_i – содержание i -го элемента в образце ДО, $C_{\phi i}$ и $S_{\phi i}$ – фоновое содержание и стандартное отклонение фонового содержания i -го элемента в ДО. За фон принято среднее содержание в мощном слое ДО эвтрофированных озер.

На обследованном участке Верхней Волги появление высоких концентраций ТМ наблюдается в районах с техногенной нагрузкой (особенно на участке Ржев – Зубцов и ниже Твери). Здесь наблюдаются максимальные ПН достигающие для Cd – 765%, для Cu – 426%, для Pb – 330%, для Cr_{подв.} – 283%, для Zn – 240%, для Mn – 230%. На этих участках по I-гео классам отмечаются уровни загрязнения до «умеренно загрязненного» по Pb, Cd или Zn. ДО р. Тьмака в черте г. Тверь загрязнены Pb до уровня «среднезагрязненных».

Расчетные значения C_d свидетельствуют, что наиболее загрязненными являются Слободской и Осташковский плесы. В Осташковском плесе значительное загрязнение отмечено между островами Городомля и Кличен (особенно по Pb и Cr_{подв.}), а также в районе речного порта «Осташков» (очень высокая степень загрязнения по Pb, умеренная для Cr_{подв.} и Cu). Очень высокая степень загрязнения для Pb и Cr_{подв.} наблюдается также в Емшинском заливе, в зоне влияния сточных вод г. Осташкова. По I-гео классам наличие максимального для Селигера загрязнения по Pb на уровне «среднезагрязненного» наблюдается в Слободском плесе вблизи города, в зоне влияния сточных вод, а также в Осташковском плесе в районе порта. По Cd загрязнение на уровне «от незагрязненного до умеренно-загрязненного» обнаружено в двух пунктах: в Слободском плесе (район кожевенного завода) и в Селижаровском плесе у д. Рогожа.

В верхнем слое ДО (0–0.2 м) исследованных эвтрофированных озер выявлено содержание Pb, превышающее содержание его в более глубоких слоях ДО. Корреляционный анализ показал, что на аккумуляции Zn и Cd в ДО в значительной мере сказывается содержание ОВ в ДО, причем такая корреляционная зависимость выявлена как в озерных, так и в речных ДО. Для Mn наблюдается отрицательная корреляция с содержанием ОВ.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ИЗЪЯТИЯ СТОКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОКАТНУЮ МИГРАЦИЮ РЫБ ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.В. Костин, Д.С. Павлов, А.И. Лупандин

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия, kostin@genome.eimb.relarn.ru*

Исходными положениями для анализа предпосылок и механизмов покатной миграции рыб из водохранилищ являются следующие факты:

1. В процессе своего развития молодь рыб совершает перемещения по экологическим зонам водоема, и характер этих перемещений закономерен и видоспецифичен.

2. Необходимым условием (предпосылкой) покатной миграции рыб из водохранилищ является их наличие в районе изъятия стока. Чтобы скатиться из водохранилища, рыбы должны оказаться в этом районе.

3. Не все рыбы, оказавшиеся в районе изъятия стока, мигрируют из водохранилища. Часть их (благодаря особенностям поведения и распределения в конкретных условиях этого района) остается в водоеме.

В процессе многолетних исследований (Павлов и др., 1999) был выявлен интегральный фактор, связывающий указанные факты. Этим фактором является экологическая зональность изъятия стока (ЭЗИС). Он характеризует, в какой мере район изъятия стока распространяется на экологические зоны водоема или, говоря иначе, определяет степень влияния стокового течения на экологические зоны водоема.

От ЭЗИС зависит, какие рыбы благодаря их особенностям их поведения и распределения окажутся в районе изъятия стока и насколько успешно они смогут противостоять стоковому течению. Этот фактор позволяет на качественном уровне предсказывать такие характеристики покатной миграции, как видовой, возрастной и размерный состав мигрантов, сезонная и суточная динамика их ската, индекс мигрантности.

Результаты моделирования покатной миграции молоди туводных рыб из водохранилищ (модель апробирована на примере Иваньковского водохранилища для плотвы, леща, уклей, судака, окуня и щуки), показали, что для этих рыб основным механизмом попадания в район изъятия стока является пассивная миграция в пелагиали под действием стоковых течений.

Натурными и лабораторными исследованиями было установлено, что в пелагиаль молодь попадает под воздействием ветровых и стоковых течений, которые захватывают и переносят особей, отделившихся от неподвижных ориентиров. Удаление от этих ориентиров осуществляется за счет активного движения личинок и мальков туводных рыб, т.е. проявления

механизмов покатной миграции первого порядка – неспецифических и (возможно) специфических поведенческих реакций.

СТРУКТУРНЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ В ИХТИОЦЕНОЗАХ КАМСКОГО И ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

В.Г. Костицын

Пермское отделение ГосНИОРХ, Пермь, Россия, kostitsyn@perm.ru

С момента создания водохранилищ в бассейне Средней Камы из состава фауны рыб и рыбообразных «выпали» 8 таксонов: минога каспийская, осетр, белуга, сельди (волжская, черноспинка и каспийский пузанок), а также каспийский лосось и белорыбца. В последние десятилетия в местные водоемы проникли тюлька, игла-рыба, бычок-кругляк, головешка-ротан и европейский сом, который отсутствовал здесь с 40-х по 80-е годы, что существенно изменило структуру ихтиоценозов и систему внутри- и межвидовых отношений рыб. На данный момент в разнотипных водоемах бассейна Верхней и Средней Камы обитают 42 вида рыб, относящиеся к 7 фаунистическим комплексам (Никольский, 1953, 1980; Решетников, 2001): понтокаспийский пресноводный – 12 видов (лещ, синец, белоглазка, густера, красноперка, жерех, укля, голавль, подуст, чехонь, верховка, быстрянка); бореальный равнинный – 13 видов (щука, карась золотой и серебряный, плотва, язь, елец, пескарь обыкновенный и белоперый, озерный голянь, линь, щиповка, окунь, ерш); бореальный предгорный – 6 видов (таймень, форель ручьевая, хариус, речной голянь, голец, подкаменщик); верхнетретичный равнинный – 6 видов (стерлядь, сазан, сом, вьюн, судак, берш); понто-каспийский морской – 3 вида-иммигранта из нижней Волги (тюлька, игла-рыба, бычок-кругляк); арктический пресноводный – 1 вид (налим); китайский равнинный – 1 вид (головешка-ротан). Из всех перечисленных наиболее редки и занесены в «Красную Книгу России» 5 видов – стерлядь Верхней и Средней Камы, популяция тайменя, ручьевая форель, русская быстрянка и бычок-подкаменщик. Положительно на продуктивности водоемов отразилось только проникновение тюльки и сома, тогда как в отношении остальных видов-иммигрантов необходим постоянный мониторинг их роли в сообществах.

Структурные перестройки в ихтиоценозах водохранилищ в бассейне Камы, созданных с целью их комплексного хозяйственного использования, в целом подчинялись общим закономерностям, установленным для

зарегулированных речных бассейнов, и наряду с этим имели свои особенности.

В Камском водохранилище на начальном этапе его существования (середина и вторая половина 50-х годов) по сравнению с рекой Камой снизилась доля рыб-фитофагов (от 6.6–15.8% до 1.2–2.7% по весу в уловах), возросла доля хищников (от 4.7–24.6% до 60.9%), сократилась доля планктоноядных рыб (от 1.3–3.5% до 0.1–0.3%) и рыб-бентофагов (от 46.7–51.0% до 19.5–27.4%). Позднее численность и биомасса рыб-бентофагов увеличились (до 80.5%), а доля хищных рыб стабилизировалась на более низком уровне (8.9–21.6%). В сравнении с другими аналогичными водоемами здесь замедленно происходило наращивание численности планктоноядных видов, численность которых заметно возросла только в последние два десятилетия. При этом доля уклей, тюльки, чехони в 90-е годы в сравнении с 60–80-ми в Камском водохранилище заметно возросла как в уловах (до 3.4–7.1% по весу), так и в спектрах питания хищников (до 44.7% по численности у налима, 23.2% у судака, 6.1% у щуки). В то же время в данном водоеме спектры питания хищников характеризуются присутствием большого количества малоценных короткоцикловых видов (окунь, ерш, тюлька), составляющих в сумме 97.8%, что превышает аналогичный показатель для водохранилищ Волги – 70–96% (Зарянова, 1962; Иванова, 1966; Ермолин, 1980), Дона – более 60% (Доманевский, 1963), Днепра – 67–88% (Ващенко, 1958; Луговая, 1971). Таким образом, в Камском водохранилище адаптивная стратегия хищников направлена на использование в качестве жертв видов, обладающих наиболее высокой скоростью воспроизводства и малой требовательностью к качеству среды обитания.

В Воткинском водохранилище значительно быстрее получил развитие планктонный тип формирования рыбной продукции. В наибольшей мере это было обусловлено уникальной вспышкой численности чехони в 80-е годы и проникновением тюльки из Нижней Камы, нашедшей здесь благоприятные кормовые условия в виде не осваиваемых скоплений зоопланктона в целом ряде заливов и плесов водохранилища (Кортунова, Галанова, 1977). Все это способствовало интенсивному росту рыбопродуктивности водоема (до 6.6 кг/га в 1988 г.), в результате которого Воткинское водохранилище по добыче рыбы в конце 80-х годов опережало большее по площади Камское.

В целом следует признать, что эволюция экосистем Камского и Воткинского водохранилищ, как и ряда аналогичных водоемов Волжского каскада, во второй половине XX века вошла в фазу экзогенной сукцессии. При этом на изменения в сообществах влияли различные факторы, в зависимости от преобладающих видов хозяйственной деятельности человека. На

протяжении всего водохранилищного периода наблюдалась смена факторов, приоритетных в обусловленности формирования численности поколений основных видов рыб в камских водохранилищах: 1) биопродукционный эффект подпора – в первые годы после залития ложа водохранилищ; 2) уровенный режим и интенсивное промышленное загрязнение – в 70–80-е годы; 3) рыболовство – с начала 90-х годов по настоящий период.

ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ СУЩЕСТВОВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДАХ, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ

А.Г. Кочарян

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, kochar@aqualaser.ru

Тяжелые металлы в водной среде не подвержены процессам биодegradации и имеют тенденцию к накоплению в донных отложениях и биоте. Процессы миграции и накопления ТМ не могут быть изучены на основании данных об их общем содержании, необходима информация о формах их существования в указанных средах. К примеру, наличие данных по общему содержанию ТМ в донных отложениях не позволяет оценить возможность их ремобилизации в воду при изменении условий эксплуатации водоема. Установлено также, что только определенные формы существования ТМ в водной среде обладают токсичностью для водных организмов. Всё это делает весьма актуальной проблему изучения форм существования ТМ в водах, донных отложениях и биоте. ТМ в поверхностных водах находятся в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, причем их распределение между этими формами существования определяется особенностями геохимии каждого конкретного элемента и внешними факторами среды. В поверхностных водах ТМ мигрируют в основном в составе взвесей, а растворенные формы и коллоиды существенно уступают взвешенным формам. Доля взвешенных форм от суммы взвешенных и растворенных в речных водах возрастает в ряду $Cd < Mo < Cu < Zn < P < Ni < Co < Mn < Fe = Cr < Al < Pb$ от 64 до 99.8%. В водохранилищах доля растворенных форм по сравнению с речными водами существенно возрастает. В водах и поровых растворах растворенная медь и цинк имеют высокую степень комплексирования с растворимыми органическими соединениями естественного происхождения, с преобладанием анионных комплексов. Свинец, кадмий и кобальт находятся в основном в виде нейтральных комплексов. Твердый скелет донных отложений обладает запасом металлов, которые могут участвовать

в процессах массообмена между придонными и поровыми водами. Методами электронной микроскопии установлен факт образования минералов в высшей водной растительности.

ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БОБРОВ И КАЧЕСТВО СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

А.В. Крылов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
krylov@ibiw.yaroslavl.ru

В настоящее время на территории центральной России наблюдается активное расселение европейского бобра (*Castor fiber*). Жизнедеятельность бобров сопровождается мощным средообразующим эффектом, что не может не сказываться на качестве среды обитания основных элементов прибрежно-водной биоты. Наиболее предпочтительный водный объект для жизни бобров – малые реки. Водотоки интенсивно используются в хозяйственной деятельности человека, их режим вследствие малой инерции быстро реагирует на антропогенные воздействия и зависит от них. В результате этого в устьевых областях концентрируются и аккумулируются загрязняющие вещества, способные выноситься в водохранилища в периоды половодий и паводков. Для изучения влияния жизнедеятельности бобров на качество воды как среды обитания гидробионтов был проанализирован зоопланктон притока Рыбинского водохранилища – очень малой реки Латки, испытывающей в среднем течении влияние стоков сыродельного завода. Интерес представляет тот факт, что протяженность зоны выклинивания речных вод р. Латки – всего 1.5–2.0 км, благодаря чему загрязненные воды могут доходить до самого устья и проникать в водохранилище.

В устьевой области реки в начале 90-х годов численность и биомасса зоопланктона были равны в среднем 14.3 тыс. экз./м³ и 0.2 г/м³. Основу численности составляли веслоногие (39.1%) и коловратки (30.8%). На реках с более протяженной зоной выклинивания речных вод и не испытывающих точечного загрязнения, ведущее положение занимали ветвистые рачки (60%). Основную роль в биомассе зоопланктона играли также Cladocera (59.3%), при этом регистрировалось значительная доля коловраток (13.4%). На других реках коловратки играли менее существенную роль (3–5%). Среди доминирующих отмечались виды, характерные для загрязненных вод: *Eucyclops serrulatus*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, коловратки р. *Brachionus*. Наибольшего развития достигали организмы, добывающие пищу с поверхности субстрата, в то время как на

других реках доминировали организмы, добывающие пищу в толще воды. В среднем за одну съемку фиксировалось 10 видов организмов, а в течение вегетационного периода отмечалось 32 вида зоопланктеров: 15 – *Rotatoria*, 4 – *Copepoda* и 13 – *Cladocera*. Массовое развитие коловраток, видов-индикаторов загрязнения и организмов, добывающих пищу с поверхности субстрата, является свидетельством влияния сточных вод сыродельного завода на устьевую область реки и загрязнения данного участка.

До 1999 г. между сыродельным заводом и устьем реки бобрами было возведено порядка 6–8 плотин. В зоопланктоне регистрировалось уменьшение численности и биомассы (в среднем в 1.9 и в 4.2 раза), снижение развития *Rotatoria* в 2.9 раза. При этом в 2 раза возрастала доля *Copepoda*, с 29 до 42% увеличивалась доля организмов, добывающих пищу в толще воды, и с 45.2 до 21.5% уменьшалась доля животных, добывающих пищу с поверхности субстрата. Среди доминирующих видов отмечались *Scapholeberis mucronata*, *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia quadrangul*, *Eucyclops serrulatus*, *Eudiaptomus gracilis*. Наблюдалось снижение числа видов как в среднем за одну дату наблюдений (до 5.6), так и за вегетационный период (до 19), среди них 8 – *Rotatoria*, 4 – *Copepoda* и 7 – *Cladocera*.

Таким образом, в результате строительства каскада бобровых плотин мы наблюдаем изменения структурной организации зоопланктона, свидетельствующие об улучшении качества среды обитания. Пруды выполняют роль отстойников, в которых происходит седиментация загрязняющих веществ. Кроме того, богатый комплекс фильтраторов, развивающийся в прудах, способствует интенсификации биологического самоочищения (Крылов, 2001). Одновременно плотины препятствуют сносу зоопланктеров и, таким образом, влияют на видовой состав организмов в устьевой области, который формируется как за счет фауны реки, так и за счет фауны водохранилища.

РАЗВИТИЕ ЗООПЛАНКТОНА ЭКОТОНОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.В. Крылов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
krylov@ibiw.yaroslavl.ru

Водохранилища представляют собой сложную мозаику типологически разнородных участков. Крупными мозаичными структурами можно признать относительно проточные (речные плесы) и непроточные (озеро-вид-

ные плесы) участки. Особый интерес представляют зоны их контакта (зоны седиментации – Ривьер, 1988). Кроме того, с момента создания водохранилищ коренным образом изменился гидрологический режим и морфометрия участков нижнего течения малых рек-притоков: низовья большинства водотоков превращены в широкие лиманообразные водоемы – возникли зоны выклинивания речных вод, на определенном участке которых происходит контакт вод реки с водами водохранилища.

С целью изучения зоопланктона зоны контакта разнородных вод исследовалась акватория Рыбинского водохранилища. Основные станции отбора проб располагались в местах контакта вод речных плесов с водами Главного плеса на глубоководных участках по судовому ходу, а также в продольном профиле устьевых областей 12 притоков.

Выяснено, что наиболее богатое население животного планктона развивается в зонах смешения вод речных плесов с водами Главного плеса. Так, численность и биомасса зоопланктона в зонах седиментации глубоководных участков водохранилища превышают показатели в речных плесах в среднем в 4.5–11.4 и в 2.3–5.4 раз соответственно, а по сравнению с Главным плесом выше в среднем в 2.1–6.2 и 1.8–3.8 раз. В зонах седиментации наибольшего развития достигают ветвистоусые ракообразные, благодаря чему отмечаются рекордные биомассы – до 6–8 г/м³.

Интенсивное количественное развитие зоопланктона характерно и для зон контакта вод малых рек с водами водохранилища в устьевых областях притоков. Численность и биомасса планктонных организмов по сравнению с незарегулированными речными участками были выше в среднем в 25–108 и в 33–141 раз соответственно, а по сравнению с зоопланктоном речных и озерного плесов – в 2.4–4.0 и в 1.3–4.7 раз.

На исследованных участках происходит контакт двух различающихся по физико-химическим параметрам водных масс. Кроме того, происходит смешение группировок организмов, характерных для граничащих планктонных систем. Наличие тенденции к увеличению разнообразия и биопродуктивности в зонах контакта, носящей название «краевого эффекта», позволяет рассматривать данные участки как экотоны.

Зона подпора малых рек одной из первых освобождается от ледяного покрова и принимает аллохтонные органические и биогенные вещества со всей площади водосбора малой реки (Былинкина, Трифонова, 1987). Наличие большого количества взвешенных веществ, лабильного органического вещества в этих зонах фиксируется по данным БПК₅, что определяет и лучшие условия питания зоопланктеров. Вообще, для экотонов характерно, что основная часть энергии поступает за счет внешних субсидий (Одум, 1975). Наряду с более благоприятными гидрологическими условиями существования (замедленная проточность, защищенность от штор-

мового перемешивания) это служит основной причиной развития зоопланктона в зонах смешения речных и водохранилищных вод устьевых областей малых водотоков.

В водных экосистемах экотоны менее постоянны во времени и пространстве, их динамика зависима от гидрофизических факторов (Одум, 1975, 1986). Так, в зонах подпора участки наибольшего развития зоопланктона в период гидрологической весны сосредоточены в устьях рек. Летом, когда проточность и уровень воды в реках снижаются, а уровень водохранилища еще достаточно высок, эти участки перемещаются к верхним и средним границам зоны контакта двух типов водных масс. Осенью, в связи с дождевым паводком и падением уровня воды в водохранилище, экотоны вновь смещаются в устья рек.

ЭКОТОНЫ ПРИТОКОВ ВОДОХРАНИЛИЩА КАК БУФЕРНЫЕ ЗОНЫ

А.В. Крылов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
krylov@ibiw.yaroslavl.ru

Большая часть площади водосборов малых рек располагается на освоенных хозяйственной деятельностью человека территориях, что приводит к низкому качеству их вод (Цимдинь, 1981, 1985; Мережко, 1985; Крылов, 1992; и др.). Здесь аккумулируются органические вещества и биогенные элементы со всей площади водосбора; кроме того, именно в устьях притоков сосредоточены крупные села и промышленные центры. В результате устьевые области малых водотоков испытывают довольно мощную рассеянную и точечную антропогенную нагрузку.

Особенности развития зоопланктона в зонах контакта речных и водохранилищных вод в устьевых областях малых рек позволяют признать эти зоны экотонами (Крылов, 1998, 2001). Экотоны определяются как многофункциональные образования, но основные их характеристики заключаются в буферной роли, высокой биопродуктивности и интенсивном протекании внутриводоемных процессов, следствием которых является повышенная способность к самоочищению (Харченко, 1991). Для доказательства буферных свойств экотонов малых рек в устьевых областях были рассмотрены группировки зоопланктона на территории Дарвинского государственного заповедника, где хозяйственная деятельность человека сведена к минимуму, а также в черте городов Череповца и Рыбинска, находящихся в условиях комплексного бытового и промышленного загрязнения.

Показано, что при загрязнении токсичными веществами (устье р. Ягорбы) наблюдается нарушение закономерностей распределения зоопланктона в зоне контакта речных и водохранилищных вод. При избыточном поступлении органических и биогенных веществ в устьевых областях развивается комплекс доминирующих видов, характерных для эвтрофных вод: *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, представители родов *Keratella*, *Synchaeta*, *Brachionus*, в то время как доминирующие виды рек, не испытывающих антропогенного влияния (р. Искра), были представлены *Kellicottia longispina*, *Conochilus unicornis*, *Bosmina longispina*, *B. coregoni*, *Euchlanis dilatata*, *Asplanchna herricki*. Однако независимо от степени органической и биогенной нагрузки, в устьевых областях притоков зоопланктон отличается высоким количественным развитием, и при наличии загрязнения наблюдаются рекордные численности и биомассы

(например, в устье р. Кошты летом до 4.5 млн. экз./м³ и 63.9 г/м³, осенью до 15 млн. экз./м³ и до 32 г/м³ соответственно).

По сравнению с изменениями структурной организации зоопланктона незарегулированных участков малых рек при точечном антропогенном загрязнении, в загрязняемых устьевых областях не наблюдается стадии угнетения населения животного планктона, процесс стабилизируется на ранних и средних стадиях, что характерно для экотонов.

Полученные данные по сезонному развитию зоопланктона устьевых областей малых рек – притоков водохранилища в условиях различной степени антропогенной нагрузки позволяют сделать вывод о буферных свойствах экотона в зонах контакта речных и водохранилищных вод. Эти зоны препятствуют проникновению более загрязненных органическими и биогенными веществами вод малых рек в водохранилище. Богатое население животных планктона способствует более интенсивному протеканию процессов биологического самоочищения.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ

Л.А.Кудерский

*Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия,
chemistry@limno.org.ru*

Рыбное хозяйство на водохранилищах представлено традиционным рыболовством, а также связанными с ним рыбохозяйственными мероприятиями и начальными этапами развития такого направления аквакультуры, как нагульное (пастбищное) рыбоводство.

Рыболовство на водохранилищах страны развивалось достаточно динамично в 50–70-е годы прошлого столетия параллельно со строительством все новых крупных и крупнейших водоемов этого типа в Европейской части России и Сибири. В 80-е годы темпы роста промысла рыбы на водохранилищах снизились, но, тем не менее, на их долю приходилась значительная часть вылавливавшейся пресноводной рыбы. Начиная с 90-х годов XX столетия и по настоящее время рыболовство на водохранилищах находится в кризисном состоянии, основная причина которого – коренные изменения в экономике страны. Внешне приметы кризиса рыболовства выражаются в сокращении общих объемов вылова рыбы, изменениях породного состава уловов и состояния запасов отдельных промысловых видов, резком сокращении или прекращении мелиоративных, рыбоводных и акклиматизационных работ. Более глубокие причины этого явления – из-

менения в положении рыболовства в системе общественных отношений. Оно теперь развивается по пути частного предпринимательства, освободившись от централизованной командно-плановой системы управления и потеряв вместе с ней государственную поддержку, имевшую место до реформирования общества в 90-е годы прошедшего века.

Приводится динамика общих уловов рыбы в водохранилищах Европейской части страны и Сибири. Охарактеризованное сокращение вылова связано с несколькими причинами, в числе которых: 1) уменьшение численности отдельных видов ценных рыб из-за интенсивного промысла и нарушений режимов рыболовства; 2) снижение добычи мелкого частика в связи с убыточностью этого вида лова (высокие затраты по добыче и транспортировке при относительно низких доходах от реализации), несмотря на удовлетворительное состояние запасов; 3) неполное отражение выловленной рыбы в официальной промысловой статистике из-за непредставления отчетности многими мелкими рыбозаготовителями или занижения объемов вылова (особенно по ценным видам) по экономическим или иным соображениям. Особую тревогу вызывает неудовлетворительное во многих случаях состояние численности популяций таких рыб, как судак, лещ, щука и др., относящихся к видам предпочитаемым всеми категориями рыбозаготовителей. Существующая практика установления допустимой величины вылова не обеспечивает сохранения запасов этих рыб на оптимальном уровне. Неполное использование запасов мелкого частика (включая прекращение мелиоративного отлова) обуславливает нерациональное потребление кормовых ресурсов рыбным населением в целом и усиливает конкурентные отношения между малоценными тугорослыми рыбами и ценными промысловыми видами.

На состояние запасов и уловов рыб негативно влияет почти полное прекращение работ по технической и биологической мелиорации и акклиматизации водных организмов. В прошлом акклиматизационные работы выполнялись достаточно широко и в ряде случаев дали положительные результаты – как в плане укрепления кормовой базы рыб (ряд водохранилищ Волжского каскада и др.), так и создания сырьевых ресурсов для промысла (водохранилища Новосибирское, Ириклинское и др.). Однако к настоящему времени акклиматизация рыб, имеющая целью натурализацию вселенцев и формирование промысловых популяций, в основном исчерпала себя. В отличие от такой формы акклиматизации рыб, работы по технической и биологической мелиорации по-прежнему сохраняют актуальность, но они повсеместно прекращены в связи с особенностями положения рыбного хозяйства внутренних водоемов в системе взаимоотношений между центральными органами власти и субъектами Федерации.

Второе направление рыбохозяйственного использования биопродукционного потенциала водохранилищ – выращивание товарной рыбы по схеме нагульного рыбоводства (без естественного воспроизводства вселенцев). В дореформенный период такие работы только начинали развиваться. Предпринимались ограниченные по масштабам мероприятия по зарыблению крупных водохранилищ (Цимлянского, Волгоградского, Куйбышевского и др.) посадочным материалом растительноядных рыб. Более широко в этом направлении использовались малые водохранилища Северо-Кавказского региона (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область, Калмыкия и др.). Здесь для выращивания применялась поликультура рыб в составе карпа, растительноядных и других видов. Многолетние работы подобного рода выполнялись на Пролетарском водохранилище.

В настоящее время зарыбление крупных водохранилищ растительноядными рыбами практически прекращено из-за нерешенных экономических вопросов и правовой неопределенности такой формы эксплуатации водоемов. В частности, остаются не урегулированными вопросы взаимоотношений тех субъектов Федерации, между которыми разделены акватории (и автоматически, биологические ресурсы) крупных водохранилищ.

Отдельная ветвь рассматриваемого направления – зарыбление малых водохранилищ избранными видами рыб (без их естественного воспроизводства) для удовлетворения потребностей рыбаков-любителей. Особенно широко подобные работы осуществлялись на малых водохранилищах Подмосковья.

Перспективы рыбного хозяйства на водохранилищах могут быть определены следующим образом. Наиболее вероятно, что прежние показатели общего вылова рыбы не будут достигнуты из-за рыночных особенностей создаваемой в стране экономической системы, изменений экологического состояния водоемов, изменений отношения к водоемам как элементам среды обитания человека, все более активного продвижения в жизнь российского общества европейских стандартов по качеству рыбной и иной продукции и места рыбы в рационе населения и т.д. В качестве возможного варианта использования водохранилищ в густонаселенных (а впоследствии и других) регионах страны целесообразно рассматривать все более широкое превращение их в рекреационные акватории, водоемы любительского рыболовства, включение в туристические маршруты и т.п. Промысловое значение сохранят те из водохранилищ, которые имеют значительные ресурсы рыб, пользующихся повышенным спросом у населения, благодаря чему сможет сохраняться экономически оправдываемое рыболовство.

СОСТОЯНИЕ РЫБНОГО СООБЩЕСТВА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРИОД ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ЕГО ЭКОСИСТЕМЫ

В.А. Кузнецов

*Казанский государственный университет, Казань, Россия,
vjatscheslav.kuznetsov@ksu.ru*

После периода относительной стабилизации экосистемы крупнейшего в Европе Куйбышевского водохранилища с начала 80-х годов в ней появились признаки дестабилизации в связи с резким ухудшением экологической обстановки (Кузнецов, 1991, 1997; и др.), что наблюдается и в других равнинных водохранилищах (Сальников, Решетников, 1991; Терещенко, Вербицкий, 1996; и др.).

Основные признаки изменений в рыбном сообществе Куйбышевского водохранилища в период дестабилизации его экосистемы:

1. Наблюдается снижение видового разнообразия личинок и сеголеток рыб. Так, индекс видового разнообразия Шеннона в 1963–1981 гг. был равен $M \pm m = 1.51 \pm 0.11$ ($C_v = 29.1\%$), а в 1982–2001 гг. – 1.14 ± 0.14 ($C_v = 52.6\%$). Различие величин индекса видового разнообразия за эти периоды достоверно для уровня значимости 0.05. Одновременно с этим возросли величины показателя обилия вида, который к 2000–2001 гг. составил 84.5–84.9%, причем доминирующими являются личинки плотвы. Общая численность личинок рыб имеет четко выраженную тенденцию к снижению.

2. Отмечены нарушения в характере гаметогенеза у ряда видов рыб, а также возросло количество морфологических аберраций у личинок рыб (Евланов и др., 1998; Холостова, 2001; и др.), что связано с накоплением в организме рыб различных загрязняющих веществ.

3. Обнаружено снижение показателей роста, плодовитости и изменение сроков полового созревания у многих видов рыб (стерлядь, лещ, синец, плотва и др.).

4. Выявлена трансформация ведущих связей между абиотическими факторами среды и эффективностью размножения у ряда промысловых рыб (язь, плотва, синец). Например, у синца в 1963–1980 гг. между численностью личинок и уровнем воды в период размножения наблюдалась достоверная для уровня значимости 0.05 корреляционная связь ($r \pm m = +0.48 \pm 0.23$), а за 1981–1999 гг. ее значения снизились и коэффициент корреляции составил $+0.24 \pm 0.24$, но одновременно возросло значение температурного фактора.

5. Наблюдается увеличение величин показателя флюктуации численности у ряда видов рыб, что ведет к снижению устойчивости пополнения. Негативные тенденции в характере воспроизводства более четко прослеживаются в популяциях тех видов рыб, у которых процесс внутривидовой дифференцировки проявился в меньшей степени, чем у эврибионтных видов. Так, у язя коэффициент вариации численности личинок за 1963–1980 гг. составлял 113.3% (средняя численность их равнялась 8.1 ± 2.4 экз. на усилие), а в 1981–2001 гг. $C_v = 167.8\%$ ($M \pm m = 5.5 \pm 2.5$ экз.).

6. Отмечены перестройки в структуре рыбного сообщества, связанные с изменением численности отдельных видов. С середины 80-х годов резко возросла численность синца, доля которого по отношению к общему вылову рыбы стала составлять от 10.8 до 31.2%. В то же время, с 1990 г. отмечено падение его уловов на фоне общего сокращения промыслового вылова рыбы. Однако и в этом случае доля его в 2000–2001 гг. достигала 15.5–18.5% всего улова. Если в 1981–1990 гг. вылов судака в среднем составлял 398.4 т, то в 1991–2001 гг. – 143.8 т. Вместе с тем, возросло значение в составе ихтиофауны серебряного карася (если в 1981 г. вылавливали 12.4 т карасей, то в 2001 г. – 69.8 т) при падении численности обыкновенного карася;

7. Зафиксировано падение промыслового вылова рыбы: в 1990 г. общий улов рыбы в Куйбышевском водохранилище составлял 54.4 тыс. ц, а в 2001 г. – 26.7 тыс. ц.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РАЗМНОЖЕНИЯ И РОСТ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.А. Кузнецов, Ю.Т. Хусаинова

*Казанский государственный университет, Казань, Россия,
vjatscheslav.kuznetsov@ksu.ru*

Увеличение численности серебряного карася в европейской части СНГ проявилось в начале 80-х годов XX столетия в южных регионах. В низовьях Дуная в 1987–1990 гг. он уже составлял от 35.5 до 75.3% промыслового вылова (Гончаренко, 1992). По данным М.И. Абраменко (1997) на Нижнем Дону в 1980–1990 гг. также наблюдалась вспышка его численности.

По данным А.И. Шмидтова (1956), перед образованием Куйбышевского водохранилища, в зоне его будущего затопления среди несортной рыбы, составлявшей 66.8–74.6% всего улова, на долю золотого карася приходи-

лось 2.5%, а серебряный карась относился к второстепенным промысловым рыбам, т.е. был редок. По данным промысловой статистики, доля карасей (их не разделяют по видам) в Куйбышевском водохранилище в 1980–1981 гг. равнялась 0.3–0.4% (12.4–16.5 т) всего вылова, а в 1999–2001 гг. – 2.3–2.6% (65.8–69.8 т). Причем в настоящее время среди карасей преобладает серебряный карась. В наших контрольных уловах в низовьях Свияжского залива серебряный карась в 1998–2001 гг. по массе составлял от 3.1 до 31.7% выловленной рыбы, а золотой карась в уловах вообще не отмечен.

В европейской части России серебряный карась был представлен однополой формой (самками) и для него в период размножения был характерен гиногенез. В то же время в Сибири в состав популяций данного вида входили и самцы, и, как указывает Г.В. Никольский (1956), в бассейне Амура доля самцов колебалась от 7 до 57%, а бессамцовых популяций не обнаружено. До начала 90-х годов в наших уловах самцов серебряного карася не было обнаружено. Однако в 1997–2001 гг. их доля в Свияжском заливе в весенних уловах составляла от 12.4 до 65.7%.

В уловах 2000–2001 гг. в низовьях Свияжского залива в ставных сетях с ячейей 30–65 мм размеры тела серебряного карася колебались от 16 до 32 см (масса тела 100–950 г) при средней длине: в 2000 г. – 21.75 ± 0.19 и в 2001 г. – 26.05 ± 0.35 см. Увеличение средних размеров было связано с большей долей рыб старших возрастов. В 2000 г. встречались особи возрастом от 3 до 6 лет, причем доминировали рыбы генерации 1995 г. (80.6%), а в 2001 г. – от 4 до 10 лет, также с преобладанием особей 1995 г. рождения. Этот год характеризовался абсолютными отметками уровня воды в мае в среднем 53.2 м (НПГ – 53 м) и теплой весной. В мае средняя температура воды была равна 15.4°C , а в июне – 22.7°C . Эти условия оказались благоприятными для размножения серебряного карася. В прибрежье Свияжского залива его личинки стали встречаться в уловах с 1998 г. в количестве от 0.1 до 1.8 экз. на единицу усилия. Среднее число сеголеток серебряного карася в уловах мальковой волокушей в июле 1999 г., составило 1.6 экз. на заброд. Видимо, поколение 1999 г. также будем массовым.

Анализ роста рыб поколения 1995 г. показал, что начиная с 4-х лет, самки серебряного карася достоверно (для уровня значимости 0.05) обгоняют в росте самцов, достигая к 7 годам длины 30.5 ± 0.5 см (размер самцов – 28.8 ± 0.3 см).

Порционное икрометание, интенсивный рост, раннее половое созревание, переход к нормальному половому размножению и устойчивость к загрязняющим веществам способствуют увеличению численности серебряного карася в условиях возрастания антропогенной нагрузки.

ТРЕХМЕРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СОСТАВА ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ

И.С. Кузнецов, Б.И. Самолюбов, Н.В. Гребнева

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, sambis@flow.phys.msu.ru*

По результатам изучения термически стратифицированных взвесенесущих плотностных потоков, обнаруженных экспедициями МГУ на оз. Имандра (июль 1999 г.) и в Истринском водохранилище (июль 2001 г.). Выполнен анализ преобразований структур течений в поперечных сечениях водоема и закономерностей распространения примесей стратифицированными потоками. Основные задачи данной работы: 1) выявить по данным натурных измерений закономерности распределений скорости и транспорта примесей в продольном и поперечном сечениях водоема при наличии в нем стратифицированных течений; 2) исследовать возможности математического моделирования изучаемых течений.

При анализе результатов измерений в губе Белой на оз. Имандра было установлено, что перенос взвеси в этом районе озера осуществлялся преимущественно плотностным придонным течением с преобладающей термической стратификацией. В толще течения выявлены линзы жидкости повышенной плотности и облака мутности, формирование которых связано с нестационарностью притока и с поступлением загрязнений в водоем. Установлено, что особенностями потока со слабой стратификацией являются: а) квадратичная зависимость толщины течения от его скорости и б) квази-инвариантность коэффициента сопротивления на границе потокдно. С учетом этих закономерностей разработана методика расчета течения. Согласно полученным данным, плотностной поток теряет в губе Белой до 30% поступающей в нее взвеси. Остальные взвешенные примеси переносятся в озеро. Несмотря на сравнительно небольшие значения концентрации взвеси, ее поступление в озеро является важным фактором, влияющим на формирование качества воды бассейна, окруженного предприятиями, стоки которых могут содержать токсичные элементы. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности предлагаемых методов расчета плотностного потока и транспорта взвеси.

Для детального исследования трехмерных преобразований структуры стратифицированного течения был выполнен анализ результатов зондирования по глубине, длине и ширине Истринского водохранилища в десяти

створах. По результатам этого анализа удалось выявить основные элементы механизма развития и взаимодействия дрейфового течения, промежуточной стратифицированной минерализованной струи и придонного плотностного потока. Установлено, что плотностной поток на линии максимальных глубин имеет двухъядерную структуру при квазиступенчатом распределении температуры.

Сравнение полученных теоретических и измеренных распределений скорости течения по ширине и глубине водоема в различных створах свидетельствует о возможности применения выявленных закономерностей развития течения для моделирования его трехмерной структуры. Обнаружен эффект разделения дрейфового потока и струи в термоклине на параллельные лево- и правобережные течения. Область раздвоения потоков совпадает с наклоненной границей теплых вод (слева) и относительно более холодных (справа по течению). Бифуркация течения на наклонной границе двух жидкостей разной плотности обусловлена ухудшением обмена на этой границе за счет гасящего воздействия стратификации на энерго- и массоперенос.

Передача энергии из промежуточной струи в придонную область приводит к тому, что результаты бифуркации дрейфового и струйного течений под влиянием геострофического эффекта и/или ветрового нагона наблюдаются не только в дрейфовом и промежуточном течениях, но и в придонном плотностном потоке, который движется по плато и в русловой ложбине. Под левой по течению более мощной ветвью промежуточной струи зафиксировано ускорение придонного течения на плато. Четко выражено перераспределение концентраций растворенных солей и взвешенных частиц при трехмерных преобразованиях структуры поля скорости течения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 02-05-64494, 02-05-79004).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДНЕМНОГОЛЕТНИХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПОЙМЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Ж.В. Кузьмина¹, С.Е. Трешкин²

¹ *Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, tugai@gol.ru,*

² *Институт биоэкологии, Нукус, Узбекистан, ecol@online.ru*

С 70-х годов XX века проблема оценки влияния изменений климата на природную среду и экосистемы приобрела особую актуальность в связи с

наблюдающимися существенными изменениями в ряде регионов земного шара. Исследования обусловлены наблюдающимся в последнее время ухудшением состояния экосистем в пойменных заповедниках и национальных парках Германии и Центральной России. Изучались воздействия построенных ранее малонапорных гидросооружений (плотин и шлюзов с подпором воды менее 5.5 м) на заповедные ландшафты, одновременно с учетом возможного влияния на экосистемы естественных гидроклиматических изменений. Исследования проводились с 1996 по 2001 гг. совместно с Федеральным агентством по охране природы Германии на реках Дунай, Изар, Эльба, Саале (Германия), Сейм (Россия). В зоне широколиственных лесов в заповедниках и национальных парках, расположенных по берегам рек, были проведены комплексные экологические исследования (гидрология, растительность, почвы, безнапорные грунтовые воды). Сравнивалось состояние наземных экосистем при естественном и зарегулированном речном стоке. Установлено значительное негативное влияние малонапорных гидросооружений на растительность и почвы пойм, которое проявляется спустя несколько десятилетий.

На основе анализа трендов среднегодовых уровней и расходов воды по длиннорядным (60–100 лет) гидрологическим постам на обследуемых реках выявлено существенное влияние естественной многолетней изменчивости водности рек на динамику растительности в поймах. Для бассейнов рек Эльбы и Сейма выявлены сходные тенденции в увеличении полноводности рек в меженный период, а так же в понижении уровней весенних разливов, что приводит к снижению амплитуды колебания многолетних расходов и уровней воды. Многолетняя изменчивость водности рек в сочетании со строительством плотин и шлюзов приводит к стабилизации режима увлажнения и к изменению колебаний уровня грунтовых вод в поймах, что ведет к изменению всех компонентов их экосистем.

Многолетние тренды водности рек в разных регионах имеют различную направленность и должны непременно учитываться при гидротехническом строительстве и планировании природоохранных мероприятий, поскольку в одних регионах они могут усугублять ухудшение состояния охраняемых экосистем, а в других – способствовать их сохранению.

Пойменные экосистемы, местообитания которых наименее подвержены изменениям природной среды при гидротехническом воздействии (зарегулирование стока), отличаются значительной ежегодной флуктуационной динамикой и большим видовым разнообразием. Экосистемы, сильно нарушенные в результате гидротехнического воздействия, отличаются очень слабой флуктуационной изменчивостью и меньшим видовым разнообразием сообществ.

Установлено, что индикаторами антропогенных преобразований речно-го стока в зоне широколиственных лесов Западной и Восточной Европы становятся единые почвенные процессы и одни и те же виды растений, имеющие обширный евразийский ареал. Это может привести в будущем к нивелировке растительного и почвенного покровов пойм, сокращению биоразнообразия, исчезновению индивидуальности пойменных ландшафтов различных регионов.

В поймах рек с естественным (незарегулированным) гидрологическим режимом абсолютно недопустимо проводить озеленение видами *Populus* spp. Тополя (*P. nigra*, *P. deltoides*, *P. canadensis* и др.) погибают в возрасте 15–60 лет, не выдерживая длительного паводкового затопления при редких высоких (катастрофических) паводках, происходящих на реках раз в 15–50 лет. В то же время, аборигенные пойменные виды деревьев и кустарников *Salix alba*, *S. triandra*, *S. viminalis*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *Ulmus laevis*, *U. glabra*, *Ulmus minor*, *Crataegus* spp. и др.) исторически полностью адаптированы к резким колебаниям увлажнения в пойме и переносят длительные затопления практически без последствий.

ЭКОТОПИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЕРИФИТОННЫХ СООБЩЕСТВ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (БАШКОРТОСТАН)

Г.Г. Кузяхметов, А.Г. Извольская

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия,
kuzyakhmetovGG@bsu.bashedu.ru

Павловское водохранилище расположено на р. Уфа, относится к горно-речному типу с русловым характером котлована и крутыми берегами, густо заросшими лесом. Здесь очень мало мелководных, хорошо прогреваемых и заросших плесов. Кроме того, причиной слабой зарастаемости водохранилища являются частые и значительные колебания уровня, особенно в приплотинной части, а также каменистое дно. Химизм воды имеет следующие показатели: окисляемость – 2.2–3.7 мг/л O_2 (максимальная в марте – 6.2); общая жесткость – 4.86 мг-экв/л; количество $-HCO_3$ – 142.1 мг/л; $-NO_3$ – 1.2 мг/л; Cl – 3.7 мг/л; $-SO_4$ – 58.9 мг/л; Ca – 53.8 мг/л; Mg – 10.1 мг/л.

Альгологические пробы были собраны на 11 станциях в приплотинной, средней, верхней частях и в заливах водохранилища на камнях (известняках), на макрофитах (из родов *Potamogeton*, *Scirpus*, *Carex*, *Sagittaria*) и затопленных деревьях (топляках).

В составе перифитона водохранилища выявлено 230 видов и внутривидовых таксонов водорослей, в том числе диатомовых – 82, зеленых – 80, синезеленых – 60, желтозеленых – 5, золотистых – 2, динофитовых – 1 вид. Большинство из них встречались редко или единично. В перифитоне, кроме видов, типичных для обрастаний, присутствовали планктонные и донные формы.

Для альгоперифитона характерна экотопическая и пространственная дифференциация. На различных субстратах формируются альгоценозы из специфических видов, выявленных только в данном биотопе. Поэтому сравнение состава водорослей по коэффициенту сходства Серенсена показало наличие в большинстве случаев низких значений сходства между перифитоном на разных субстратах и в различных частях водохранилища. Наиболее богаты видами обрастания камней (известняков), на которых был выявлен 161 вид водорослей. Важное место в структуре альгоценозов занимают диатомовые из порядка *Raphales* (49 видов), представители порядков *Oscillatoriales* и *Chlorococcales*. Только на камнях встречены 56 видов, отсутствовавшие на других субстратах.

На затопленных деревьях нами обнаружено 137 видов и внутривидовых таксонов, преобладали представители перечисленных выше порядков. Специфическими для топляков оказались 45 видов. Среди них *Ulothrix zonata* Kütz., *Mougeotia laetevirens* (A. Br.) Wittr., *Spirogyra hassalii* (Jenner) Petit. и др.

Состав перифитона на макрофитах значительно беднее, было обнаружено 92 вида. На водных растениях преобладали виды из порядков *Chlorococcales* (15 видов) и *Raphales* (27 видов), слабо представлены синезеленые водоросли – всего 12 видов.

Специфические черты перифитона в различных частях водохранилища связаны с физическими факторами: проточностью, колебаниями уровня воды, ветровым воздействием, скоростью течения и т. д. Богатое видовое разнообразие выявлено в заливах: на камнях 101 вид, на топляках – 93, на макрофитах – 51. Это можно объяснить хорошей прогреваемостью воды в заливах и почти нулевой скоростью течения. В низовье, в условиях, характеризовавшихся минимальной скоростью течения на топляках, было встречено 63 вида, на камнях – 86, на макрофитах – 65. В средней части обнаружено значительно меньше водорослей, соответственно 28, 27 и 10 видов, что связано со смывом их с субстратов при волнении воды под действием ветра на небольших плесах этой части водохранилища.

Водохранилище отличается от оз. Кандры-Куль (Ролл, 1947) составом альгоперифитона. Общими для данных водоемов являются только 28 видов, что объясняется горно-речным типом водохранилища и отсутствием условий для развития озерных форм водорослей.

ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АЛЬГОСООБЩЕСТВА

А.В. Курейшевич, А.А. Морозова

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, pkloch@mail.kar.net

Анализ литературных данных свидетельствует, что во многих континентальных водоемах мира наряду с изменением содержания биогенных элементов в воде наблюдается повышение уровня ее минерализации и изменение ионного состава. Такие тенденции отмечены в Исаковском водохранилище на Донбассе, в водохранилищах в нижнем течении и дельте р. Волги, в днепровских водохранилищах, в реках бассейна Азовского моря (Дон и Кубань), в Сырдарье, Амударье и Кашкадарье, в реках бассейна р. Припять, в Дунае, в оз. Эри и Онтарио, в шведских озерах. Общей тенденцией изменения солевого состава в основном является увеличение в воде содержания ионов хлора и сульфатов, а также натрия на фоне уменьшения концентрации карбонатов, гидрокарбонатов и кальция.

Сведения о влиянии повышения минерализации воды и изменения ее ионного состава на уровни развития и функционирование фитопланктона немногочисленны и порой противоречивы. В то же время они представляют интерес для выяснения фундаментальных основ структурной и функциональной перестройки альгосообществ в изменяющихся условиях среды обитания.

Воду для исследований отбирали в Каневском водохранилище днепровского каскада в летний сезон при доминировании синезеленых и диатомовых водорослей. Минерализация ее составляла 0.5 ‰. Увеличение минерализации в опытных аквариумах до 1.9, 3.6 и 7.0 ‰ было достигнуто путем внесения добавок NaCl. Аквариумы с образцами воды экспонировали в лабораторных условиях (примерно в течение месяца).

Данные свидетельствуют, что увеличение минерализации воды существенно повлияло на структурно-функциональные показатели альгосообщества, уровни накопления и соотношение основных фотосинтезирующих пигментов. При этом «отклик» альгосообщества на изменение минерализации был различным при ее значениях 1.9, 3.6 и 7.0 ‰. Минерализация 1.9–3.6 ‰ оказалась «критической» для фитопланктона. В этих условиях наблюдалось уменьшение средних показателей биомассы водорослей (почти в 6 раз), содержания хлорофилла *a* в единице объема воды (в 2.2–2.8 раза), величины валового фотосинтеза (на 25–60%) по сравнению с контролем. При минерализации воды 1.9 ‰ усилилась роль мелкоклеточ-

ных видов диатомовых водорослей. В условиях минерализации 7‰ произошла перестройка структуры альгосообщества: доминирующее положение занял крупноклеточный галофильный вид диатомовых водорослей *Cyclotella meneghiniana*. За счет его вегетации средние показатели биомассы водорослей при максимальной минерализации были сравнимы с контролем. Однако показатели содержания хлорофилла *a* в единице объема воды и его процент в биомассе уменьшились (~ в 3 и 4 раза соответственно), возросло суммарное содержание каротиноидов, а выделение кислорода на свету полностью прекратилось.

Обсуждаются механизмы перестройки в альгосообществе, направленные на сохранение равновесия в экосистеме при увеличении минерализации воды как одного из антропогенных факторов.

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ БЕРЕГОВ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ СИБИРИ

В.С. Кусковский

*Институт геологии нефти и газа СО РАН, Новосибирск, Россия,
kuskov@uiggm.nsc.ru*

Во второй половине прошедшего столетия в Сибири создано и эксплуатируется более десятка крупных водохранилищ, а на некоторых реках образованы каскады: Ангарский – Иркутское (1962, здесь и далее указан год окончания наполнения водохранилищ), Братское (1967), Усть-Илимское (1976) на р. Ангаре; Иртышский – Усть-Каменогорское (1957), Бухтарминское (1960), Шульбинское (1-я очередь, 1996) на р. Иртыш; Енисейский – Красноярское (1970) на р. Енисей, а также на его притоках отдельные водохранилища – Хантайское (1970) и Курейское (1990). Эти водохранилища, весьма различные по объему и протяженности, находящиеся также в весьма различных природных условиях, в том числе геологических, оказали значительное влияние на природную обстановку прилегающих территорий.

Одним из аспектов этих природных изменений является переработка берегов. Под этим термином мы понимаем не только абразионно-аккумулятивные процессы, происходящие на берегах, но и такие экзогенные геологические процессы, обрушающие береговые склоны, как оползни, обвалы, провалы, суффозия и др., а также подпор подземных вод и подтопление прилегающих к водоему территорий. Изучением переработки берегов в разное время занимались проектные организации (составление прогнозов), институты Сибирского отделения Академии Наук, выс-

шие учебные заведения, производственные организации, а также административные органы. Коллективами этих организаций по обсуждаемой проблеме сделано очень много, а самое главное, на ряде водохранилищ заложена наблюдательная сеть (система мониторинга), значение которой трудно переоценить как в практическом, так и в теоретическом плане. К сожалению, с началом разрухи в стране эти наблюдения (на базе стационаров второй и третьей категорий) прекратились. Правда, на отдельных водохранилищах благодаря энтузиазму исследователей эпизодические, весьма разреженные наблюдения продолжаются (Красноярское, Братское, Усть-Илимское, Саяно-Шушенское водохранилища).

В процессе многолетних наблюдений за созданием и эксплуатацией водоемов накоплен большой фактический материал, опубликованы десятки монографий, тематических сборников и отдельных научных статей, не говоря об отчетах. Однако очень многие вопросы обсуждаемой проблемы далеки от решения. Не разработана методика прогнозирования переработки берегов в условиях многолетней мерзлоты или в специфических геологических и гидрогеологических условиях (например, Артумей на Братском водохранилище или Куртак на Красноярском), недостаточно изучены гидрогеологические условия и, особенно, гидрогеологические параметры, не накоплено достаточно материала для решения ряда других вопросов. В то же время, тщательное изучение особенностей переработки берегов на Новосибирском водохранилище позволило разработать научную основу современной стратегии защиты берегов от обрушений. Здесь впервые проведено достаточно широкомасштабное экспериментальное берегозащитное строительство методом «активной» защиты.

Сейчас крайне необходимо не только восстановить комплекс наблюдений на берегах сибирских водохранилищ, но и срочно провести тщательный анализ оправдываемости многочисленных прогнозов переработки берегов, выданных ранее. Такая попытка была сделана в 1988 г. коллективом исследователей во главе с С.Л. Вендровым, однако сейчас надо сделать это с большим количеством материалов и на новом уровне.

Особое внимание необходимо уделить изучению влияния изменений гидрогеологических условий при наполнении и эксплуатации водохранилищ на возникновение и развитие экзогенных геологических процессов, в том числе опасных. Необходимо учитывать эти изменения в прогнозах различного уровня.

СУКЦЕССИЯ ЭКОСИСТЕМЫ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: АНАЛИЗ ДАННЫХ ЗА 40 ЛЕТ

В.И. Лазарева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, Борок, Россия,
laz@ibiw.yaroslavl.ru*

Рыбинское водохранилище – третье в каскаде волжских водохранилищ после Иваньковского и Угличского, его заполнение начато в 1941 г. В водоем со стоком рек ежегодно поступает в среднем 33 км^3 воды, величины минимального и максимального годового притока различаются более чем втрое. Его колебания обусловлены флуктуациями общей увлажненности в Северной Европе, период которых варьирует от 25 до 33 лет. Кроме того, в характеристике стока рек бассейна водохранилища выделены квазициклы с периодами 11–13 и 6–7 лет. За 40 лет существования выделены 3 полных фазы водности: 2 многоводных (1951–1962 и 1977–1990 гг.) и одна маловодная (1963–1976 гг.), а также 2 неполных маловодных в начале формирования экосистемы (1941–1950 гг.) и в настоящее время (с 1991 г.).

Гидрологические циклы оказывают влияние на все биотические параметры экосистемы. В сообществах гидробионтов наиболее четко выражены колебания характеристик с периодом около 11 лет. Они прослежены для численности зоо-, бактерио- и фитопланктона, а также для показателей видового разнообразия зоопланктона. Короткопериодные колебания (6–7 лет) выявлены в динамике видового богатства мезозoopланктона, они проявляются на фоне постепенного увеличения количества видов, обнаруживаемых за определенный период времени (месяц, год), и общего числа видов в списке. Медленные волны с периодом от 20 лет отмечены для биомассы зоопланктона, размерно-массовой структуры сообщества, а также для численности некоторых групп фитопланктона.

Известно, что сукцессия экосистем равнинных водохранилищ начинается с быстрого эвтрофирования, которое спустя некоторое время сменяется стабилизацией сообществ на относительно низком уровне продуктивности. В Горьковском водохранилище продолжительность начальной стадии определена в 3–4 года. Для Рыбинского этот период не установлен, так как регулярные наблюдения были начаты через 12 лет после его заполнения. Большинство исследователей считают, что стадия первичного эвтрофирования здесь продолжалась 6–10 лет, т.е. до 1947–1951 гг. На следующем этапе развития экосистемы выделена стадия изменения структуры сообществ (1952–1960 гг.), а с начала 70-х годов XX века – продолжительная

стадия дестабилизации сообществ, которую обычно связывают с вторичным, антропогенным эвтрофированием экосистемы.

В целом, в экосистеме водохранилища по наблюдениям за 40 лет можно выделить признаки эвтрофирования, признаки деэвтрофирования и нейтральные показатели, многолетняя динамика которых не имеет четкой направленности. Изменения структуры фитопланктона, увеличение содержания хлорофилла *a*, биогенных элементов и расширение площади зарослей макрофитов указывают на эвтрофирование. Об этом же свидетельствуют также рост биомассы зообентоса и 30-кратное увеличение площади дна, занимаемой высокопродуктивными серыми илами. Деэвтрофирование наиболее заметно в сообществе зоопланктона, в котором с 70-х годов XX века снижалась численность короткоциклового форм (инфузории, коловратки) и возрастало количество длинноциклового (ракообразные). С 1990 г. численность рачков в 1.2–1.8 раза больше, чем коловраток. Продукция и деструкция органического вещества в воде и донных отложениях водохранилища не выходят за пределы, характерные для мезотрофных водоемов (42–191 и 118–208 гС/м² за сезон 180 сут). Отношение суммарной продукции к суммарной деструкции в столбе воды центральной части водохранилища даже в середине лета ниже 1, что свидетельствует о преобладании гетеротрофных процессов в экосистеме водоема и доминировании детритных путей переноса энергии в трофической сети. Признаки эвтрофирования наиболее четко проявляются в маловодную фазу гидрологического цикла, а признаки деэвтрофирования – в многоводную.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ШИРИНЫ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ВОДОХРАНИЛИЩ

И.В. Ланцова

*Администрация Конаковского района, г. Конаково, Россия,
irina_lantsova@mail.ru*

В формировании качества воды водохранилищ основная роль принадлежит водосборной площади, поскольку именно от ландшафтно-структурных особенностей, а также от характера и степени хозяйственного и другого использования территории зависят количество и качество поверхностного, почвенного и грунтового стоков.

Из опыта многолетних наблюдений установлено, что водный объект испытывает те же антропогенные воздействия всех стационарных и передвижных источников, находящихся на водосборе, что и его водоохранная зона. Исходя из этого положения, при значительных размерах водосборной площади, максимальное внимание уделяется обследованию **водоохранной зоны** и ее влиянию на состояние водохранилища.

Водоохранная зона представляет особый интерес при определении нагрузки загрязнения в силу того, что:

водоохранная зона обычно значительно меньше по площади, чем водосбор, что облегчает ее детальное обследование;

водоохранная зона является буферной зоной между водосбором и водным объектом;

от характера, мозаичности и состояния природно-территориальных комплексов (ПТК) водоохранной зоны, от характера и интенсивности воздействия на них зависит состояние водного объекта, и в частности качество воды.

Как правило, ширина водоохранных зон водохранилищ устанавливается декларативно, без достаточно серьезного научного обоснования. Однако, как показывают исследования, ширина водоохранной зоны может значительно изменяться даже в пределах водосборной площади одного водохранилища.

Обследование водосбора с целью определения ширины водоохранной зоны проводится по следующим показателям:

основные ПТК водоохранной зоны, их краткая характеристика, сочетания и состояние;

определение характеристик компонентов природы, характеризующих устойчивость ПТК, их способность к самовосстановлению и самоочищению (климатические характеристики – интенсивность и характер выпадения осадков, их количество, распределение по сезонам, температурный и

ветровой режимы и т.д.; геоморфологические особенности территории – углы наклона поверхности, расчлененность и амплитуды высот и др.; свойства почво-грунтов – механический состав, их мощность, влажность, пористость, плотность, поглощающая способность и т.д.; характеристики растительных ассоциаций – состояние и устойчивость, видовой состав, сорбирующие особенности, мозаичность и др.);

хозяйственное использование водоохранной зоны (характер, масштабы); набор и количество приоритетных загрязняющих веществ (ЗВ), поступающих от точечных и площадных (рассредоточенных) источников загрязнения;

проявление антропогенного воздействия на состояние ПТК водоохранной зоны и аквальных комплексов;

установленная ширина водоохранной зоны на данном участке водохранилища (или в целом по водохранилищу);

соблюдение (или нарушения) режима водоохранной зоны и характеристика ее состояния.

По данным, полученным в результате проведенных исследований на ряде водохранилищ, в настоящее время разрабатываются бонитировочные (оценочные) таблицы состояния компонентов природы по отдельным участкам водохранилищ или по водоему в целом (в баллах). Разработанные таблицы позволяют (методом комплексов-аналогов) обосновать ширину водоохранной зоны по отдельным участкам водохранилища и дать практические рекомендации по оптимизации их использования.

НЕКОТОРЫЕ ИММУНОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ОКУНЕВЫХ РЫБ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ

Т.Б. Лапирова, Е.А. Заботкина

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
ltb@ibiw.yaroslavl.ru, zabel@ibiw.yaroslavl.ru*

Были исследованы некоторые наиболее общие показатели крови типичных представителей сем. окуневых рыб водохранилищ Верхней Волги: обыкновенный судак *Stizostedion lucioperca* (L.), берш *Stizostedion volgense* (Gmel.), речной окунь *Perca fluviatilis* (L.). Отлов рыбы осуществляли в августе–сентябре 1998 и 1999 гг. траловым способом с экспедиционных судов «Ареал» и «Академик Топчиев» в Угличском, Ивановском и Рыбинском водохранилищах. После каудэктомии у рыб отбирали кровь, připravивали мазки, которые обрабатывали стандартным методом, и подсчитывали лейкоцитарную формулу. В полученной сыворотке крови опреде-

ляли содержание циркулирующих иммунных комплексов (комплексов антиген–антитело) – ЦИК, а также бактериостатическую активность (БАСК), отражающую состояние гуморального звена врожденного иммунитета. БАСК выражали в процентах угнетения роста тест-бактерий *Aeromonas hydrophila* в среде, содержащей сыворотку крови, по сравнению с контролем, ЦИК – в относительных единицах.

Исследования показали наличие в периферической крови судака, берша и окуня следующих типов лейкоцитов: лимфоциты, нейтрофильные гранулоциты, а также малодифференцированные бластные клетки. Основную массу лейкоцитов составили лимфоциты (от 81 до 94%), доля промиелоцитов колебалась в пределах 2.7–11.7% независимо от вида и места вылова и существенно отличалась только у берша из Рыбинского и Угличского водохранилищ (11.9 и 3.6% соответственно). Обращает на себя внимание почти полное отсутствие зрелых нейтрофилов: доля как палочко-, так и сегментоядерных форм составляла от 0 до 1%. Относительное количество бластных клеток у всех видов равнялось 3–7%, максимальное содержание их (10%) было отмечено у судака Рыбинского водохранилища в 1999 г.

Наиболее высокие антимикробные свойства сыворотки крови (90–100%) были выявлены у судака и берша Рыбинского и Угличского водохранилищ. Наименьшая активность сыворотки установлена у окуня из всех водоемов и у судака Ивановского водохранилища (46–50%). Высокие показатели БАСК в целом и отсутствие иммунодефицитных особей (сыворотка которых не проявляла бактериостатических свойств) свидетельствуют об активном состоянии гуморального звена неспецифического иммунитета у всех исследованных рыб.

Внутривидовых различий в содержании ЦИК у судака и берша в разных водохранилищах (Рыбинском и Угличском) не выявлено, содержание же иммунных комплексов у судака оказалось вдвое выше такового у берша (41–42 и 19–20 усл. ед. соответственно).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о большом сходстве качественных и количественных характеристик лейкоцитов периферической крови трех видов окуневых (судака, берша и окуня), обитающих в обследованных верхневолжских водохранилищах. Яркий лимфоидный характер крови и низкий процент содержания гранулоцитов могут свидетельствовать об отсутствии резких стрессовых воздействий. У исследованных рыб установлен в целом высокий уровень напряженности гуморального звена естественного иммунитета, а также выявлены межвидовые отличия в содержании циркулирующих иммунных комплексов.

В целом результаты исследования позволяют охарактеризовать иммунофизиологическое состояние окуневых в рассматриваемых водохранилищах как относительно благополучное.

СТРУКТУРА ГЕТЕРОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ В ВОДЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.А. Лаптева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
lap@ibiw.yaroslavl.ru

Изучение численности и видового состава основного гетеротрофного бактериопланктона (ГБ) – «олигокарбофильных бактерий» – проводили по методу (Романенко, 1973; Лаптева, 1977). В качестве питательных сред служили: стерильная вода водохранилища с естественным содержанием органического вещества (ОВ) и с добавлением в нее дрожжевого экстракта и казеината по 5 мг/л. Бактерии, выделенные в чистую культуру, идентифицировали по определителям (Bergey's, 1957, 1974). Отбор проб производили стерильно с глубины 0.5 м на стандартных станциях в разные сезоны года. Этим методом было учтено 0.1–10% жизнедеятельных клеток ГБ от общего числа микроорганизмов (ОЧБ).

Доминирующие ГБ, выделенные на средах, принадлежали к родам: *Pseudomonas*, *Caulobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Achromobacter*. Из них значительная часть относилась к роду *Pseudomonas*. Они составляли 33% от суммы выделенных культур или 2–10% клеток от ОЧБ и присутствовали в воде всех исследованных участков водохранилища. Постоянно они доминировали в более продуктивных районах – ст. Молога и Коприно.

Число клеток стебельковых бактерий рода *Caulobacter* колебалось в пределах 0.1–5% от ОЧБ. Их доля от всех выделенных ГБ соответствовала 21%. По численности и видовому разнообразию они доминировали в центральной части водохранилища. С меньшим числом клеток *Caulobacter* часто выделяли из воды ст. Средний Двор. Виды рода *Flavobacterium*, как правило, регистрировали на ст. Брейтово, Наволок и Средний Двор с численностью в пределах 1% от ОЧБ. Частота встречаемости ГБ для *Alcaligenes* и *Arthrobacter* составила 10% при колебаниях числа их клеток 0.1–5% и 1–2% соответственно. Небольшое число культур выделено в случае родов *Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Brevibacterium* и *Achromobacter*. Виды последних двух родов часто обнаруживали в районе подтока болотных вод. Редкие виды ГБ родов

Hyphomicrobium и *Planctomyces* не были выделены в чистую культуру из-за трудности их культивирования. Эти виды идентифицировали на основании специфической морфологии клетки под электронным микроскопом. Первый из них – постоянный обитатель района ст. Средний Двор, второй – центральной части водохранилища.

По видовому разнообразию наиболее богаты бактерии рода *Pseudomonas*. Выделенные культуры *Caulobacter* относились к 5 известным видам, среди которых доминировал *C. bacteroides*. Видовой состав меняется в зависимости от времени года: представители рода *Pseudomonas* выделялись преимущественно в ранневесенний период и в разгар лета, *Caulobacter* – в мае–августе, *Planctomyces* достигал заметного развития при прогреве воды в момент развития и отмирания синезеленых водорослей. *Flavobacterium* выделяли из воды в подледный период и в конце июля, *Arthrobacter* – из осенне-летних проб.

Таким образом, гетеротрофные бактерии, обитающие в воде разных пунктов водохранилища, отличались по составу доминантных видов, причем у многих из них наибольшая интенсивность развития приурочена к определенным сезонам года. По-видимому, это обусловлено, в первую очередь, качественным составом ОВ и температурой воды.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ СИБИРИ (ИРКУТСКОЕ, БРАТСКОЕ, НОВОСИБИРСКОЕ)

Г.А. Леонова

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,
Новосибирск, Россия, leonova@uiggm.nsc.ru

Методом биогеохимической индикации проведена экспертиза экологического состояния некоторых водохранилищ Западной и Восточной Сибири. По результатам многолетних исследований дана оценка состояния анализируемых водных экосистем в отношении загрязненности тяжелыми металлами (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, As, Cr, Ni, Co, Mn, Fe). Для каждого из изученных регионов определены интервалы концентраций металлов в тканях гидробионтов всех трофических уровней, характеризующие природный биогеохимический фон. Выявлены антропогенно-трансформированные водные экосистемы, в которых уровни накопления отдельных элементов в водной биоте значительно превосходят фоновые значения. Идентифицированы локальные источники загрязнения водных

экосистем и обоснована роль живого вещества в идентификации антропогенной составляющей загрязнения.

К антропогенно-трансформированным водоемам отнесено Братское водохранилище (1992–1997 гг.). В верхней его части (от г. Ангарск до г. Свирск и в Балаганском расширении) выявлено ртутное загрязнение компонентов биоты всех трофических уровней, связанное со сбросами ртутьсодержащих отходов химкомбината по производству каустической соды АО «Усольехимпром». Коэффициент биологического накопления ртути в мышечной ткани рыб верхнего участка водохранилища относительно содержания ее в сухом остатке воды составляет в среднем 1.8, что свидетельствует об активной аккумуляции ртути в живом веществе. В нижней части водохранилища испытывает влияние сточных вод Братского лесопромышленного комплекса. Средние значения коэффициентов биологического накопления Pb, Cu и Mn в планктоне нижнего участка водохранилища относительно содержания их в сухом остатке воды составляют 33, 4 и 80 соответственно.

Экологическое состояние Новосибирского водохранилища (1998–2001 гг.) в отношении тяжелых металлов оценивается как достаточно благополучное. Средние уровни содержания тяжелых металлов в компонентах биоты (планктон – водные растения – бентос – рыбы) лежат в интервале значений, принятых для незагрязненных пресноводных экосистем. Лишь в нижней приплотинной части водохранилища, подверженной более высокой антропогенной нагрузке, отмечаются отдельные локально-загрязненные «пятна» (регистрируемые по повышенным относительно фона концентрациям тяжелых металлов в планктоне), неустойчивые по своей локализации во времени и пространстве.

Иркутское водохранилище не подвержено интенсивному техногенному воздействию. Поступление техногенных элементов на площадь водного зеркала осуществляется главным образом за счет атмосферных выпадений в виде аэрозолей и промышленной пыли. Уровни содержания большинства исследованных микроэлементов в зоопланктоне Иркутского водохранилища (1993 г.) близки к фоновым значениям в идентичных видах озера Байкал: Hg (0.005–0.025), Cu (5.6–23), Ni (0.5–1.7), Cr (2.3–7.3), Co (0.3–0.7), Mn (210–390), Fe (260–600 мкг/г сухой массы); в водных растениях: Hg (0.005–0.016), Zn (4.6–35), Cu (2–24), Ni (1.1–9.7), Cr (1–22), Co (0.5–7.4), Mn (350–1600), Fe (230–2200 мкг/г сухой массы).

Проведена компьютерная классификация корреляционных связей между химическим составом биотических и абиотических (вода, донные отложения) компонентов водных экосистем Братского водохранилища методом кластерного анализа. Из живых организмов наиболее точно отражает состав среды обитания планктон. Классификация по химическому со-

ставу (*Q*-анализ) фито- и зоопланктона Братского водохранилища подтверждает предположение о взаимосвязанном накоплении элементов (Zn, Cu, Mn) в планктоне и воде.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 02-05-64638).

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В МЕЖЕНЬ 2001 г.

**А.С. Литвинов, Э.С. Бикбулатов, И.Э. Степанова,
О.Л. Цельмович, М.Ю. Кочеткова**

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

По условиям формирования химического состава вод в Горьковском водохранилище выделяются два участка. Качество воды верхнего проточного плеса от г. Рыбинска до г. Юрьевец в основном определяется водами, поступающими из Рыбинского водохранилища. Роль притоков здесь невелика. Межгодовые различия в содержании ионов довольно значительны. Наибольший размах варьирования суммы ионов присущ весне – от 120 до 243 мг/л, что, в первую очередь, определяется климатическими особенностями года и конкретными сроками отбора проб. По данным 1969–1974 гг., в летний меженный период минерализация колеблется в пределах 145–236 мг/л. В конце лета 1997 и 2001 гг. на речном участке содержание солей не превышало 184–192 мг/л соответственно, что вполне согласуется со среднемноголетними величинами за предыдущие годы.

На формирование химического режима озерной части весной большое влияние в сторону снижения солесодержания оказывают притоки (реки Немда, Унжа, Желвата, Елнать, Моча и др.), сток которых в половодье составляет около 70% общей приточности. К концу летнего периода (август) роль местного стока в водном балансе снижается и минерализация здесь в существенной степени начинает определяться поступающими водами речного плеса. В 2001 г. влияние местных притоков летом почти не прослеживалось и можно отметить лишь намечающуюся тенденцию к увеличению суммы солей при переходе от верхней к нижней части водохранилища. В то же время, результаты более ранних измерений в соответствующие сроки ясно указывают на значительное (47%) снижение минерализации при переходе от речной к озерной части и, более того, продолжающееся ее понижение в самой озерной части по мере продвижения водных масс вниз по течению от г. Юрьевца до г. Чкаловска и далее до

плотины Горьковской ГЭС. Такая рассогласованность результатов, вероятно, связана с тем, что летние исследования в 1969–1974 гг. проводились в несколько более ранние сроки (июнь–июль), когда в водохранилище еще могли сохраняться остатки внешних маломинерализованных вод, которые постепенно продолжали вытесняться водами вышележащих участков, сформировавшимися в летнюю межень и обогащенными солями.

Электропроводность воды – показатель, являющийся наглядным отражением суммы ионов – несколько повышена на станции ниже г. Ярославля, что обусловлено влиянием р. Которосль. В дальнейшем (ст. Красный Профинтерн) простое физическое разбавление приводит к практическому возврату электропроводности на прежний уровень. Ниже гг. Волгореченска и Плеса намечается тенденция к постепенному росту электропроводности и минерализации.

Соотношение ионов в водохранилище – характерное для вод гидрокарбонатно-кальциевого класса. При переходе от речного к озерному участку в 2001 г., как и в 1969–1974 гг., изменения в соотношениях главных ионов были невелики.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКОСИСТЕМЫ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.С. Литвинов, В.Г. Девяткин, В.Ф. Рощупко, Н.М. Шихова

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

Выполнен анализ многолетних изменений ряда гидрометеорологических и гидробиологических характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища. Временные изменения компонента экосистемы представлялись в виде суммы трех компонентов: $W(t) = W_1(t) + W_2(t) + W_3(t)$, где $W_1(t)$ – тренд или тенденция, $W_2(t)$ – циклическая компонента, $W_3(t)$ – случайная шумовая составляющая. Выделение длиннопериодной составляющей (тренда) производилось либо с помощью низкочастотной фильтрации (сглаживание), либо путем выбора функции, наиболее адекватно описывающей основную тенденцию. Изучение колебаний производилось методом спектрального и периодограммного анализа.

Установлено, что за период нормальной эксплуатации водохранилища наблюдалось два многоводных (1951–1962 и 1977–1992 гг.) и два маловодных (с 1963 по 1976 гг. и с 1993 г. по настоящее время) периода, обусловленных внутривековыми циклами в колебаниях общей увлажненности. В экстремальные по водности годы поверхностный приток в водохранилище изменялся в 3.3 раза (16.2–53.4 км³). Показано, что за период

с 1890 по 1995 гг. направленного линейного тренда в стоке Волги в створе Рыбинского гидроузла не наблюдалось. В то же время за отдельные фазы водности вклад линейного тренда в общую величину дисперсии достигал 42%.

Анализ 50-летнего ряда температуры воздуха на побережье Рыбинского водохранилища показал устойчивое ее повышение в течение исследуемого периода. Рост среднегодовых температур с 1947 по 2000 гг. по постам с. Брейтово и п. Переборы составил 1.2°C . Наиболее интенсивное повышение температуры воздуха отмечалось в зимний период времени и составило 1.7°C , тогда как за теплый период оно не превышало 0.2°C при максимальной амплитуде колебаний в 9.3°C и 3.2°C соответственно. Какой-либо достоверной тенденции в направленном изменении температуры воды в водохранилище в среднем за безледный период не отмечено.

В величине осадков на зеркало водохранилища прослеживается направленный в сторону увеличения линейный тренд, наиболее отчетливо выраженный в холодный период года. Испарение с акватории водохранилища имеет обратную тенденцию – наблюдается отрицательный линейный тренд. Незначительная тенденция к снижению отмечается и в случае прозрачности воды в Главном плесе водохранилища.

Среди биологических показателей направленные изменения (положительные линейные тренды) за период нормальной эксплуатации водохранилища наблюдаются в содержании хлорофилла *a*, а также в уровнях общей биомассы и средней индивидуальной биомассы зоопланктона. При этом наиболее значительные изменения отмечаются после 1977 г.

Наряду с направленными изменениями параметров экосистемы Рыбинского водохранилища, применение спектрального анализа позволило оценить и преобладающие периоды их квазициклических колебаний. Выявленные периоды можно условно разбить на две группы: 2–4 и 8–12 лет.

Установлено, что квазициклические колебания с различными периодами абиотических и биотических характеристик экосистемы водохранилища связаны с действием глобальных факторов – солнечной активности и активности ГМП Земли, обуславливающих динамику общей циркуляции атмосферы над северным полушарием. Полученные результаты показывают, что изменения состояния экосистемы водохранилища, связанные с антропогенным воздействием, могут быть определены только на фоне естественных колебаний различной периодичности и направленности, характеризующих эти показатели.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 01-05-64684.

ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СО СТОКОМ МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.С. Литвинов, А.В. Законнова, Е.М. Бикбулатова

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

Бассейн Рыбинского водохранилища имеет хорошо развитую речную сеть. Общее количество рек длиной более 10 км, впадающих непосредственно в водохранилище, равно 64, при этом средние и малые реки дают 1/3 общего объема притока. Вместе с тем, одна из основных особенностей малых рек – тесная связь с окружающим ландшафтом. Процессы, происходящие на малом водосборе, быстро отражаются на состоянии малой реки, ее стоке. Именно здесь формируется сток всех химических элементов, а следовательно, и качество водных ресурсов.

Изучение особенностей гидрологического режима р. Латка было начато в 1967 г. и продолжено в 2000–2001 гг. Длина реки 15 км, водосборная площадь 35 км², залесенность 26%. В конце 70-х годов в бассейне реки произошли изменения природно-хозяйственных условий, что не могло не отразиться на ее гидрологическом режиме. Были проведены мелиоративные работы, вырубка леса. В последние годы река зарегулирована 8 бобровыми прудами, расположенными по всей ее длине. В д. Ченцы находится маслосырзавод, работающий без очистных сооружений, и река испытывает антропогенное загрязнение.

По водному режиму р. Латка, как и другие реки Ярославской области, относится к восточно-европейскому типу, который характеризуется ярко выраженным весенним половодьем, низкой летне-осенней меженью, прерываемой иногда паводками, и зимней меженью. На долю весеннего половодья приходится от 70% (2000 г.) до 80% (2001 г.) годового объема стока. Продолжительность половодья зависит от погодных условий, наблюдавшихся в конкретном году. Со второй декады мая устанавливается летняя межень. В летнюю межень объем стока резко падает в связи с переходом реки на подземное питание и составляет около 10% от годового (в 2000 г. – 19%).

По гидрохимической классификации О.А. Алекина вода р. Латки относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе, к категории со средней минерализацией. Анализ электропроводности воды реки показал, что минимальные ее значения наблюдались весной – 125–135 мкСм/см, в летнюю межень она повышалась до 495 мкСм/см, т.е. имела обратный ход по сравнению с внутригодовым распределением расходов воды.

Концентрации биогенных элементов в воде реки в течение двух лет изменялись в пределах: $C_{\text{орг.}}$ – 6.0–13.0 мг/л, $P_{\text{общ.}}$ – 0.040–0.200, $N_{\text{общ.}}$ – 0.60–2.65 мг/л. Расчеты показали, что со стоком реки за год в водохранилище поступает в среднем около 50 т органического углерода, 0.6 т общего фосфора и 8.5 т общего азота.

Поскольку общая площадь малых рек, непосредственно впадающих в Рыбинское водохранилище, около 11000 км², то исходя из предположения, что вынос с их водосборов близок к показанному выше, общее поступление биогенных элементов со стоком малых рек составляет: органического углерода около 16500 т, общего фосфора – 180 т, общего азота – 2670 т. Эти цифры согласуются с данными других исследователей, оценивающих баланс биогенных элементов в Рыбинском водохранилище.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 01-05-64684.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ И ВОДОХРАНИЛИЩА КАРЕЛИИ

В.Х. Лифшиц, Н.Н. Филатов, А.В. Литвиненко

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН,
Петрозаводск, Россия, natali@nwpi.karelia.ru*

Водная сеть Карелии отличается специфическими особенностями, которые определяются всем природным комплексом и историей его развития. Основное влияние на формирование современной гидрографии региона оказали материковые оледенения, особенно последнее из них – Валдайское, которое завершилось только 10–11 тыс. лет назад. Таким образом, водные объекты Карелии в геологическом масштабе очень молоды. Как следствие этого, реки имеют очень малый врез русел и небольшие глубины, их долины очень слабо развиты. Этому также способствует неглубокое залегание трудно размываемых кристаллических пород, часто выходящих на дневную поверхность. Кроме того, республика расположена на Беломорско-Балтийском водоразделе, делящем ее почти пополам и проходящем недалеко от основных базисов эрозии – Белого моря, Онежского и Ладожского озер. Поэтому карельские водотоки короткие и маловодные. Длину более 200 км имеют только 7 рек, площадь водосбора свыше 10000 км² – только 5. Вследствие сказанного долинные (речные) водохранилища, несмотря на затопление значительных площадей, имеют небольшие объемы, а ГЭС при них – малые мощности.

Основными структурными элементами гидрографической сети Карелии являются водоемы – 61.1 тыс. озер суммарной площадью около 18 тыс. км². Из них 18 имеют площадь зеркала свыше 100 км². Кроме того, в пределах республики находится примерно половина акватории Ладожского и 80% Онежского озер – крупнейших пресноводных водоемов Европы. Именно озера являются основой для водохранилищ, и большинство крупных водоемов зарегулированы. На них создано 8 водохранилищ преимущественно энергетического назначения с площадью зеркала от 109 до 1930 км² и полным объемом от 906 до 32300 млн. м³. Особо выделяется Верхне-Свирское водохранилище (Онежское озеро) площадью 9840 км² и полным объемом 295000 млн. м³. Такое широкое развитие озерных (котловинных) водохранилищ является региональной особенностью Карелии, тогда как на остальной территории России большинство водохранилищ принадлежит к речному типу.

МЕТОДОЛОГИЯ ОХРАНЫ РЫБ ПРИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А.И. Лупандин, Д.С. Павлов, В.В. Костин

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия, kostin@genome.eimb.relarn.ru*

Понимание основных закономерностей и механизмов покатной миграции рыб из водохранилищ позволяет уточнить подходы к охране рыб на плотинах ГЭС. На наш взгляд, необходима разумная очередность приоритетов такой охраны. Ее следует осуществлять только в отношении тех видов рыб, для которых она экологически необходима или экономически целесообразна. Оценка необходимости проведения рыбоохранных мероприятий должна проводиться по четырем, применяемым строго в порядке перечисления, критериям: экологическому, генетико-популяционному, экономическому и социальному.

Экологический критерий. Охране не подлежат те виды рыб, у которых количество мигрантов через створ гидроузла таково, что их гибель не влияет на состояние популяции данного вида рыб. Оценка по данному критерию обязательна для всех видов, входящих в состав ихтиофауны водохранилища. Следует подчеркнуть, что данный критерий является предварительным. Он только определяет, какие виды не нуждаются в охране при миграции через ГЭС.

Генетико-популяционный критерий. Охране подлежат: 1) виды рыб, относящиеся к редким, исчезающим и другим, указанным в Красной книге РФ категориям; 2) виды рыб, являющиеся основными объектами питания

животных, относящихся к редким, исчезающим и другим указанным в Красной книге РФ категориям; 3) виды рыб, которых создание водохранилища переводит в положение, указанное в пунктах 1 и 2. Этот критерий следует применять ко всем видам рыб водохранилища, охрана которых необходима по экологическому критерию. Выполнение охранных мероприятий для рыб, подлежащих защите по данному критерию, строго обязательно.

Экономический критерий. Охране подлежат те виды, для которых рыбоохранные мероприятия дают положительный экономический эффект. Его следует применять к тем видам рыб, которые подлежат охране по экологическому критерию, но не подлежат охране по генетико-популяционному критерию.

Социальный критерий. Охране подлежат те виды рыб, уменьшение численности которых приведет к отрицательному социальному эффекту. Его следует применять к тем видам, которые подлежат охране по экологическому критерию, но не подлежат охране по генетико-популяционному и экономическому критериям.

Эти критерии необходимо использовать для каждого вида в отдельности. При их применении следует соблюдать методологический принцип – *вид надо защищать, если обратное не доказано.*

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ДРЕЙССЕНЫ (BIVALVIA, DREISSENIDAE) УЧИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.А. Львова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, lvovaa@mail.ru

Учинское водохранилище лопастного типа с площадью около 20 км² и средней глубиной 7.5 м, созданное в 1936–1938 гг., должно было служить отстойным водоемом. Однако в связи с возрастающей потребностью Москвы в воде продолжительность отстоя непрерывно уменьшается. Заполняется водохранилище в основном волжской водой, которая поступает в него из Иваньковского по судоходному каналу им. Москвы.

Впервые *Dreissena polymorpha* (Pall.) была обнаружена в водохранилище в 1945 г., когда были начаты систематические исследования донных биоценозов (Соколова, 1959). Бентосные съемки проводили раз в 5–6 лет на 66 станциях. Пробы брали дночерпателем Петерсена. В 1951 г. дрейсена стала основным компонентом бентоса по биомассе (117 г/м²). Моллюски заселили все пригодные для прикрепления личинок субстраты на

дне водохранилища. Основным фактором, ограничившим распространение их на большие глубины, было заиление. В годы расселения дрейссены плотные незаиленные грунты встречались только на глубинах до 7 м, с которых в силу морфометрических особенностей водоема оседающая взвесь сносится на большие глубины (Старикова, 1956, 1959). Донный биоценоз дрейссены занимает 37% площади дна водохранилища на глубинах до 7 м. Наибольшая плотность моллюсков отмечается у нижней границы зарослей погруженных макрофитов. Это объясняется тем, что большая часть личинок дрейссены оседает на растительность, а осенью, когда макрофиты отмирают и опускаются на дно, сеголетки переползают с них на раковины моллюсков старших возрастов и образуют многоярусные друзы. Численность дрейссены на этих глубинах резко возрастает (превышает 5000 экз./м²), сеголетки составляют более 80%.

К 1957 г. средняя биомасса дрейссены в зоне обитания моллюсков увеличилась почти в 10 раз и составляла 1192.9 г/м² при численности 969 экз./м². В 1962 г. биомасса дрейссены уменьшилась вдвое, но величина ее осталась высокой и в последующие годы (1962, 1967) почти не изменялась. Такое уменьшение биомассы вселенца после «вспышки», как предсказывал Л.А. Зенкевич (1940), происходит из-за ограничения пространства. И действительно, в результате жизнедеятельности дрейссены, под слоем агглютинированной ею взвеси оказались субстраты, ранее служившие для прикрепления личинок. Начиная с 60-х годов на дне водохранилища единственным пригодным для прикрепления личинок и сеголеток дрейссены субстратом оказались раковины живой дрейссены и ее ракуша.

Однако биомасса и численность дрейссены в 1972 г. увеличились вдвое, а в 1977 г. достигли максимальных величин и составили 1179.3 г и 714 экз./м². В 1982 г. биомасса дрейссены уменьшилась, в 1987 г. — увеличилась, затем снова снизилась, а в 2002 г. приблизилась к максимальной величине. Подобные изменения плотности дрейссены неоднократно наблюдались во многих водоемах (Stanczykowska, 1964, 1975).

Во время съемки бентоса, проведенной в июле 2002 г., в водохранилище впервые обнаружена *D. bugensis* (Andr.). Особи этого вида встречены в друзах *D. polymorpha* на 50% станций. В смешанных поселениях дрейссены численность *D. bugensis* составляла до 16%. Максимальная длина раковины 26 мм, возраст 2+ года. Ракуша не обнаружена. Это позволяет считать, что личинки *D. bugensis* осели в водохранилище в 2000 г. Впервые в Волге, около Самары *D. bugensis* была обнаружена в 1992 г. (Антонов, 1996), а уже в 2000 г. в несудоходное Учинское личинки моллюска проникли с водой из Пестовского водохранилища.

ИНДЕКСЫ РАЗНООБРАЗИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ

А.В. Ляшенко, А.А. Протасов

*Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина,
arteml@i.com.ua, protasov@bigmir.net*

На основе определения структурных показателей проведена оценка состояния макрозообентоса литорали верховьев Каневского водохранилища, участка Днепра от г. Киева до пгт. Триполье и водоемов Трипольской ГРЭС.

Состояние макрозообентоса оценивали с помощью индексов разнообразия Шеннона (по численности и биомассе), Симпсона (в двух вариантах) и Менхиника. Одновременно определяли сапробность (по индикаторным видам макрозообентоса) и оценивали качество воды по эколого-санитарным показателям согласно принятой на территории Украины методике.

В период исследований было зарегистрировано 46 таксонов донных беспозвоночных, видовое богатство на отдельных биотопах изменялось от 2 до 31 вида. Численность и биомасса макрозообентоса изменялись в достаточно широком диапазоне – от 1.3 тыс. экз./м² до 37.1 тыс. экз./м² и от 0.6 г/м² до 1697.8 г/м² соответственно.

Сравнительный анализ полученных материалов показал наличие высоких положительных связей между всеми биотическими характеристиками и их слабую корреляцию с показателями качества воды (сапробность и средний ранговый показатель). Из двух последних только сапробность имеет выраженную отрицательную связь со структурными характеристиками, в то время как загрязнение воды по эколого-санитарным показателям не имеет ни отрицательных, ни положительных значимых связей. Это объясняется, прежде всего, узким диапазоном измерений: в пределах только двух категорий качества из семи. Особого внимания заслуживает отмеченная отрицательная корреляция между показателями сапробности и индексами разнообразия. Такой результат согласуется с имеющимися в литературе данными о снижении разнообразия по мере увеличения загрязнения или эвтрофирования водоемов. Однако, с нашей точки зрения, более логичной представляется куполообразная кривая с уменьшением разнообразия в предельных зонах как олигосапробных, так и полисапробных водоемов.

Таким образом, проведенные исследования позволили оценить состояние макрозообентоса на основании анализа его структурных показателей и судить о качестве среды обитания донных беспозвоночных на различных

участках обследованного района. Установлены определенные отличия результатов оценки качества среды при использовании трех разных подходов, показана высокая корреляция результатов расчета индексов разнообразия и индикаторная роль литоральной зоны. Вследствие граничного положения последней здесь возможна интенсификация различных воздействий, в том числе и антропогенного характера, вызывающих изменения структурных характеристик сообществ и популяций гидробионтов. Контроль нескольких несложных экологических показателей может быть полезным при мониторинге загрязнения различных водных объектов. Высокая корреляция результатов биотических индексов предоставляет возможность их широкого выбора для анализа эмпирических данных. В тоже время, проведенный анализ выявил определенные отличия оценки качества среды по сапробности, биотическим, и эколого-санитарным показателям. Поэтому в работах по выяснению комплексной характеристики водных экосистем, индексы разнообразия могут дать дополнительную информацию и должны использоваться совместно с другими показателями.

СУКЦЕССИИ ГИДРОФИЛЬНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г.Ф. Ляшенко

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
lyashenk@ibiw.yaroslavl.ru

Состав и сукцессии высшей водной растительности водохранилищ в значительной степени определяются их уровнем режимом. В первые годы существования Рыбинского водохранилища наибольшее распространение получили свободноплавающие и погруженные растения, так как для развития этих видов были созданы благоприятные условия (среди больших массивов затопленных лесов и между многочисленными островами, косами и всплывшими торфяниками). По мере разрушения дерновины затопленной наземной растительности стали формироваться сообщества воздушно-водных растений с очень пестрым видовым составом. Появились новые сообщества из *Sparganium emersum* Rehm., *S. erectum* L., *Agrostis stolonifera* L., *Polygonum amphibium* L., *Elodea canadensis* Michx. Очень большие площади заняли заросли *Alisma plantago-aquatica* L., *Typha latifolia* L., *Carex rostrata* Stokes и *C. vesicaria* L. Произошло сокращение зарослей *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Utricularia vulgaris* L. и *Potamogeton pusillus* L. В то же время на более глубоких местах продолжали развиваться *Potamogeton gramineus* L., *P. lucens* L., *P. natans* L. В период резких межгодовых колебаний уровня происходили существен-

ные изменения видового состава фитоценозов. На смену прежним зарослям, особенно из группы свободноплавающих, пришли сообщества амфибийных видов: *Polygonum amphibium*, *Rorippa amphibia* (L.) Bess., *Alisma plantago-aquatica* L., *Potamogeton gramineus*, *Sium latifolium* L., *Agrostis stolonifera* и других растений, наиболее приспособленных к условиям меняющегося обводнения. В дальнейшем в группе воздушно-водных растений произошла смена доминантов. Появились более устойчивые к колебаниям уровня ценозы воздушно-водных растений с мощной корневищной системой и преобладанием вегетативного способа размножения. Увеличились площади зарослей *Carex acuta* L. и *C. aquatilis* Wahlb., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, *Scirpus lacustris* L. Сократились заросли *Agrostis stolonifera*, *Typha latifolia*, *Sparganium emersum*, *S. erectum* и *Alisma plantago-aquatica*. В последние годы происходит процесс отчуждения части литоральной зоны Рыбинского водохранилища от его акватории. В первую очередь, это заостровные мелководья и верховья глухих заливов, где происходит аккумулятивное илистое наносов и остатков водной растительности. Аллювиальные отложения снижают как уровень воды на мелководьях, так и длительность их затопления, что приводит к трансформации структуры литоральной зоны водоема. Происходящие на аллювиальных мелководьях процессы представляют собой пример достаточно быстрых геоморфогенных смен растительности. Со временем на таких участках полидоминантный комплекс воздушно-водной растительности, распределение которой имеет мозаичный характер, сменяется монодоминантным сообществом с преобладанием осоки, происходит образование кочек. Постепенно, в зависимости от уровенного режима водохранилища, осока сменяется злаками, в основном двукисточником тростниковидным. Наряду с этим процессом по всем участкам распространяется ивовая поросль (происходит закустаривание). Общая площадь подверженной отчуждению литорали водохранилища составляет 60 км².

Таким образом, развитие прибрежно-водной растительности на водохранилище проходило от гидрофитного комплекса к гелофитному. В настоящее время воздушно-водная растительность составляет около 95% от общей площади растительности водохранилища.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 01-04-49777).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА РЫБ НА ИСКУССТВЕННЫХ НЕРЕСТИЛИЩАХ В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Э.Ю. Мазченко, А.М. Визер

*Сибирский научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт рыбного хозяйства, Новосибирский филиал,
Новосибирск, Россия, sibribniiproekt@mail.ru*

Новосибирское водохранилище – водоем рекообразного типа с незначительными площадями мелководий, пригодных для размножения фитофильных рыб. Для повышения эффективности воспроизводства используются искусственные нерестилища двух видов – нерестилища типа «полотно» (с искусственным субстратом в виде пучков синтетического волокна) и «перемет» (с естественным субстратом из ветвей деревьев хвойных пород). Наблюдения за размножением рыб на искусственных нерестилищах проводятся с 1994 г. Для определения видового состава отложенной икры с нерестилищ отбираются пробы икры на стадии «глазка» в количестве нескольких тыс. шт., инкубируются в лабораторных условиях, а затем определяется видовой состав выклюнувшейся молоди.

Многолетние наблюдения показали, что в течение весеннего периода нерестилища могут использоваться неоднократно (до трех раз), если они были выставлены в ранние сроки, или нерест был растянут. В начале периода размножения их используют главным образом окунь и плотва, во время массового нереста леща в пробах преобладает икра этого вида рыб (свыше 70–80% от общего количества, 10–20% составляет икра плотвы, около 4% – судака).

Нерестилища типа «перемет» также активно используются рыбами для размножения. При этом они чаще, чем нерестилища типа «полотно», используются судаком, доля икры которого в пробах может составлять более 70%.

Учет ежегодного количества выставляемых нерестилищ производился в пересчете на количество условных «гнезд» (на 1 м² – 4 гнезда). За период с 1994 по 2001 гг. выставлялось от 43000 до 117014 гнезд, в среднем 78301. Максимальное количество «гнезд» нерестилищ типа «полотно» было выставлено в 1998–1999 гг. – 85050 и 80250 соответственно. Искусственные нерестилища типа «перемет» выставлялись в меньшем количестве (до 31964 «гнезда» в 1998 г.).

Эффективность использования искусственных нерестилищ определялась для самого массового вида – леща. При этом выход молоди принимался равным 90% (при инкубации икры в лабораторных условиях выход составлял не менее 95%), средняя навеска леща – 0.5 кг, промысловый

возврат – 0.02%. Расчетный выход рыбопродукции с одного «гнезда» нерестилищ типа «полотно» колебался от 0.3 (1994 г.) до 2.8 кг (2000–2001 гг.), составляя в среднем 1.6 кг. Нерестилища типа «перемет» стабильно оказывались более продуктивными – выход с одного условного «гнезда» составлял от 4.1 (1994 г.) до 27.2 кг (2000 г.) при среднем значении 9.9 кг. Это связано с тем, что нерестилища-переметы выставлялись короткими порядками и в местах, наиболее благоприятных для откладки икры и последующей ее инкубации. Нерестилища типа «полотно» выставлялись порядками большой протяженности (до 1–2 км). В результате этого только малая часть полотна, находящаяся на участках оптимальных для нереста, эффективно использовалась производителями рыб.

Для повышения эффективности использования рыбами искусственных нерестилищ типа «полотно» необходимо выставлять их порядками небольшой протяженности (25–50 м) в местах, наиболее подходящих для нереста рыб, – на мелководных слабопроточных участках (с глубинами от 1 до 4 м), защищенных от ветро-волновых явлений.

***LEPTODORA KINDTII* (CLADOCERA, CRUSTACEA) В ВЕРХНЕЙ ВОЛГЕ**

А.В. Макрушин

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
makru@ibiw.yaroslavl.ru*

2–6 августа 2000 г. с судна планктонной сетью обследован участок Волги с целью подсчета доли особей *Leptodora kindtii* с патологически измененной выводковой сумкой. На Угличском водохранилище собрано 8 проб, на Рыбинском – 4, Горьковском – 17. Для выяснения строения стенки выводковой сумки применялась гистологическая методика. Стенка выводковой сумки лептодоры, как и у аномопод, состоит из двух слоев гиподермы, соединенных протоплазматическими столбиками. Между слоями гиподермы, омывая столбики, циркулирует кровь. Особи с измененной выводковой сумкой обнаружены при осмотре как живых, так и фиксированных в 4%-ном формалине рачков. Патология заключалась в отрыве одного слоя гиподермы от другого и образовании вследствие этого на стенке выводковой сумки заполненного гемолимфой вздутия. Чем больше была площадь расслоившегося участка стенки, тем большим оказывался и размер вздутия, и тем меньше места в выводковой сумке оставалось зародышам. При полном расслоении стенки выводковая сумка утрачивала форму опрокинутой чаши, становилась шарообразной и лишалась способности принимать в себя откладываемые особью яйца. Лептодоры с такими вы-

водковыми сумками оставляли яйца на произвол судьбы, и те, вероятно, погибали. Особи с нарушенным строением выводковой сумки встречались в 25 из 29 собранных проб. Их доля колебалась от 2.8% до 23.0%. Погибшие разлагающиеся лептодоры были обнаружены в месте впадения в Волгу р. Которосли. Судить о состоянии их выводковых сумок было невозможно. Расслоение стенки выводковой сумки наблюдалось также у *Daphnia* sp. и *Limnosida frontosa* (Cladocera). Обнаруженная патология, вероятно, представляет собой реакцию на загрязнение воды.

РОЛЬ ЗООПЛАНКТОНА В ПРОЦЕССЕ САМООЧИЩЕНИЯ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю.А. Малинина

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Саратов, Россия, malininaJA@info.sgu.ru

При исследовании зоопланктона Волгоградского водохранилища в 2001 г. в районе г. Саратова зарегистрирован 51 вид, из них 13 – Rotatoria, среди которых заметную роль играли *Brachionus quadridentatus* (средняя численность 782.1 экз./м³, частота встречаемости 38.5%), *Euchlanis triquetra* (495.8 экз./м³, 30.8%), *Asplanchna priodonta* (331.7 экз./м³, 69.2%), *Keratella quadrata* (593.0 экз./м³, 38.5%). Веслоногие ракообразные представлены 16 видами. Наибольшая численность и частота встречаемости отмечены для *Cyclops strenuus* (413.87 экз./м³, 69.2%), *Mesocyclops oithonoides* (476.2 экз./м³, 76.9%), *Paracyclops fimbriatus* (54.4 экз./м³, 38.5%), *Acanthocyclops vernalis* (462.98 экз./м³, 38.5%), *Eurytemora affinis* (232.9 экз./м³, 38.5%), *Heterocope caspia* (886.8 экз./м³, 38.5%). Ветвистоусые рачки насчитывали 22 вида, ведущими среди них были *Bosmina longirostris* (364.1 экз./м³, 100%), *Alona rectangular* (47.8 экз./м³, 46.2%), *Chydorus sphaericus* (143.4 экз./м³, 38.5%). По обилию развития основное значение имели веслоногие ракообразные, составлявшие 47% от общего числа встреченных организмов. Доля ветвистоусых не превышала 24%, коловраток – 29%.

На участке выше города зарегистрировано 37 видов голопланктона, на участке ниже города – 43 вида. Средняя численность зоопланктона выше г. Саратова составляла 5.33 тыс. экз./м³, биомасса – 0.497 г/м³. Ниже города эти показатели составляли 6.29 тыс. экз./м³ и 0.518 г/м³ соответственно. Среди представителей меропланктона наибольшая численность и частота встречаемости отмечены для хирономид и нематод.

Анализ распределения количественной и качественной представленности зоопланктона по поперечному профилю показал, что более высокая

численность (14.78 тыс. экз./м³) и биомасса (1.22 г/м³) характерны для левобережной части, ниже железнодорожной дамбы. Это объясняется обилием мелководий и придаточных водоемов с более благоприятными трофическими и температурными условиями и наличием железнодорожной дамбы. Следует отметить, что обеднение видового состава у берегов наиболее резко выражено в случае коловраток, как наиболее чувствительных к загрязнению органическими веществами. Минимальные средние показатели численности и биомассы зарегистрированы на русловом участке ниже города (2.06 тыс. экз./м³ и 0.078 г/м³). В течение всего вегетационного периода в планктоне по численности и биомассе превалировали копеподы. Лишь к концу лета выше города в правобережной зоне возросла роль кладоцер и коловраток.

Наглядным показателем изменения фауны планктонных животных ниже города могут служить коэффициенты ее видового сходства с населением реки выше города. Для всей фауны зоопланктона данный показатель составил 0.78 . Наиболее низкие значения показателя Серенсена зарегистрированы в июне (0.34) и сентябре (0.33). Невысокие уровни коэффициента видового сходства населения свидетельствуют о качественных сдвигах в составе зоопланктона, происходящих под влиянием воздействия города на реку.

Среднее значение показателя Шеннона для всего района исследований составило 1.165 , выше города – 1.15 , ниже – 1.18 . На участках ниже города преобладали эврибионтные виды зоопланктона. Максимальная выравненность зоопланктонных сообществ отмечена в мае (индекс Пielу – 0.47 , Симпсона – 0.26) и в июне (Пielу – 0.46 , Симпсона – 0.22) для участка выше г. Саратова. Минимальные показатели равномерности количественной представленности сообществ зарегистрированы в мае (Пielу – 0.82) для верхнего участка и в августе (0.87) для нижнего участка.

Информационные индексы, позволяющие оценить степень сложности биологических систем в аспекте разнообразия их структуры, свидетельствуют об эвтрофировании экосистемы, в том числе антропогенном. Для определения качества воды использовали систему сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека. Анализ сезонной динамики данного индекса показал наличие загрязнения водной толщи весной и начале лета, особенно в правобережных районах. В летние месяцы в связи с увеличением фильтрационной активности зоопланктона и увеличением самоочищающего потенциала водоема данный показатель стабилизировался.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МЕЛКОВОДНЫХ ГИДРОЦЕНОЗОВ В ЭКОТОННОЙ ЗОНЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**Ю.А. Малинина, И.Н. Далечина, В.В. Донецкая, Е.Э. Сониная,
Е.И. Филинова, В.А. Шашуловский**

*Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Саратов, Россия, malininaJA@info.sgu.ru*

Материалом для настоящей работы послужили выполненные в 2001 г. исследования мелководных участков Волгоградского водохранилища в районе г. Саратова, расположенных в экотонной зоне при переходе водохранилища от речного к озерному режиму.

Своеобразие биологического режима мелководий определяется специфическим генезисом, гидрологическими и гидрохимическими условиями.

Зона мелководий имеет немаловажное значение в создании первичной продукции фито- и бактериопланктона. Несмотря на имеющиеся данные об угнетении фитопланктона на сильно заросших мелководьях вследствие затенения, продукция фитопланктона в среднем по мелководьям все же довольно высока (Герасимова, Далечина, Донецкая, 1983).

Сообщества планктонных и донных беспозвоночных, как составные части биоценоза мелководий, отличаются рядом характерных черт. Неоднородность условий обитания в данной зоне определяет большее видовое разнообразие фауны беспозвоночных по сравнению с пелагиалью и про-фундалью водохранилищ (Филинова, 1986; Малинина, 2001).

Повышенная прогреваемость, обилие микрофлоры и детрита в зарослях ВВР, а также защищенность от ветровых воздействий способствуют увеличению биомассы зоопланктона и зообентоса (Вьюшкова, 1983; Нечваленко, Филинова, 1983; и др.).

При анализе качественной и количественной представленности ВВР было выявлено, что наиболее благоприятные условия складываются на левобережном мелководье: заросли укрыты от ветроволнового воздействия, средние температуры за вегетационный период на данных участках на 1–3°C выше, чем на правобережных. На левом берегу зарегистрировано 12 видов макрофитов, на правом – 8 видов. Более того, для открытых и глубоководных участков правобережья с каменистым или глинистым дном (ст. Красный Текстильщик и с. Синенькие) характерны одновидовые заросли рдеста пронзеннолистного при полном отсутствии воздушно-водной растительности.

Среди зооперифитонных организмов данного участка водохранилища отмечены представители 25 групп различного таксономического ранга на разных стадиях жизненного цикла.

Мелководья служат местом для нереста, инкубации икры и нагула личинок многих фитофильных видов рыб на глубинах до 150 см. На больших глубинах нагуливается молодь и взрослые особи бентофагов – карася, сазана, густеры, плотвы (Мордухай-Болтовской, Экзерцев, 1971; Сухойван, 1971; Егерова, Щукина, 1974; Кожевников, Лесникова, 1974; Закора, 1981).

Проведенные исследования показали, что на участках ниже промышленных центров наблюдается накопление стойкого органического вещества и биогенных элементов. Загрязнение носит диффузный характер. Процессы деструкции преобладают над продукционными, т.е. гидроэкосистема на данных участках не справляется с поступающими в водоем загрязняющими веществами. Уменьшение скорости течения (от 1.0 до 0.4 м/с), поступление очищенных вод из Анисовско-Квасниковской поймы (т.е. разбавление вод) на участке Широкий Буерак – с. Синенькие, позволяет экосистеме восстановить экологический баланс к с. Синенькие.

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ КАСКАДА ДНЕПРОВСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.И. Мальцев

Национальный аграрный университет, Киев, Украина, maltsev@fm.com.ua

Крупномасштабное гидростроительство на Днестре, результатом которого стало создание каскада из 6 крупных водохранилищ, весьма существенно изменило условия формирования биоты на всем 1000-километровом участке среднего и нижнего Днестра. В первые годы после зарегулирования, когда ценотическая структура водохранилищ еще не сформировалась, было довольно трудно выделить общие закономерности становления биотического облика этих новых водоемов, однако сегодня желание обсудить такие закономерности вполне понятно.

В результате зарегулирования на месте водотока и ландшафтных комплексов его придаточной системы возникли водоемы с относительно малоподвижными водными массами. Оказалась затопленной большая часть поймы и относительно небольшая часть второй террасы. Вследствие сезонного и многолетнего регулирования прекратились весенние половодья, т.е. на большей части акваторий перестал наблюдаться эффект их промывания полыми водами и удаления из экосистем значительной части мертвого органического вещества, в основном растительного опада. Такое изменение гидрологических условий привело к глубоким изменениям биоэкологических особенностей акваторий. Остановимся на следующих аспектах этих перестроек:

Таксономический аспект. Формирование биоты новообразованных водоемов в первые годы существования водохранилищ шло на основе видов – обитателей русловых экосистем и видов – обитателей пойменных водоемов. Первые, будучи в основном реофильными, очень сильно сузили ареал своего обитания, задержавшись большей частью в верховьях водохранилищ, в районах, близких к зоне выклинивания подпора. Представители второй группы, основу которой составляют прибрежно-фитофильные и фитофильные виды, стали массовыми на мелководьях, заросших высшей водной растительностью или свободных от нее. Пелагические биотопы открытых пространств водохранилищ в первые годы их существования (в условиях гиперцветения) населялись в основном достаточно крупными ветвистоусыми и веслоногими ракообразными (так называемый «планктон большой лужи»). Последующие десятилетия ознаменовались прогрессирующей экспансией в водохранилища видов понто-каспийского фаунистического комплекса. Это явление обусловлено снятием барьера в виде течения на пути расселения понто-каспийцев. Представители этой морской по происхождению группы стали массовыми в планктоне и бентосе,

и даже в фитали некоторые виды понто-каспийских гаммарид формируют большие биомассы. Таким образом, видовое обилие каскада водохранилищ существенно увеличилось (за счет понто-каспийских видов) по сравнению с «речной» ситуацией (следует, однако, помнить об исчезновении днепровских стад проходных рыб, прежде всего осетровых и лососевых).

Ландшафтно-ценотический аспект. Формирование растительного покрова днепровских водохранилищ в первые годы их существования было обусловлено необходимостью завоевания растительностью всех пригодных для ее произрастания участков. После того, как это произошло, на мелководьях начала складываться специфическая структура зарослей, все более напоминающая таковую крупных причерноморских лиманов – Днепровского и Днестровского. Особенностью этого типа зарастания стало формирование в верхней части водохранилищ специфического дельтового ландшафта. Таким образом, в настоящее время, в условиях сформировавшегося режима мы имеем дело с образованием и развитием вторичной поймы, причем тип этой поймы – дельта.

На основании анализа экологической ситуации на днепровских водохранилищах можно сделать следующие выводы:

1. Крупные равнинные водохранилища Днепра в результате многолетней сукцессии стали водоемами-аналогами крупных причерноморских лиманов, таких как Днепровский и Днестровский. Доказательствами правомочности этого утверждения являются наличие процесса дельтообразования и формирование значительной части ценозов на основе доминирования либо при существенном участии представителей понто-каспийского фаунистического комплекса.

2. Характер зарастания водохранилищ свидетельствует о наличии здесь процессов вторичного поймообразования, причем главным элементом вторичной поймы является речная дельта.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ (СОЗ) В ОЗ. БАЙКАЛ

А.А. Мамонтов, Е.Н. Тарасова, Е.А. Мамонтова

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия,
mamontov@pp.irkutsk.ru*

Под СОЗ обычно подразумевают группу устойчивых к разложению в природных средах хлорорганических соединений (полихлорированные дибензо-пара-диоксины и дибензофураны (ПХДД/Ф), полихлорированные бифенилы (ПХБ), изомеры гексахлорциклогексана, ДДТ и его метаболиты).

ты, а также другие галогеноорганические соединения антропогенного происхождения). Опасность этих соединений для позвоночных уже более 40 лет характеризуется множеством самых разнообразных заболеваний, основными из которых являются нарушение репродуктивной системы, рак и снижение иммунитета.

Основная особенность распределения СОЗ в окружающей среде – их способность сорбироваться на частицах пыли, сажи, аэрозолях; накапливаться в богатых органическим веществом донных отложениях и богатых липидами объектах биологического (растения или животные) или абиотического происхождения; аккумулироваться при движении вещества и энергии по трофическим цепям. В зависимости от физико-химических свойств индивидуальных соединений (летучести, распределения в системе октанол/вода, сорбционных свойств, связывания с Ah-рецептором в биологических объектах, деструкции) осуществляется их распределение в окружающей среде.

Климатические особенности Байкальского региона (высоко насыщенные промышленными предприятиями районы Иркутской области, акватория оз. Байкал и его водосборный бассейн) характеризуются резко континентальным климатом наземных областей и морским – над акваторией Байкала с прилегающей к ней территорией в период открытой воды. В ледовый период, продолжающийся с января по май, Байкал полностью изолирован от атмосферных воздействий и только с началом таяния снегов начинает принимать речные воды, обогащенные талой снеговой водой и содержащимися в ней примесями природного и антропогенного характера.

На основе этих характеристик (имеющих экспериментальные подтверждения отечественных и зарубежных исследователей) можно говорить о существовании внутри годовой периодичности поступления СОЗ в экосистему оз. Байкал. Начиная с ледостава, можно выделить следующие периоды:

Стационарный период (ледовый период). Период, включающий два подпериода (*a* и *b*): *a* – от ледостава до таяния снегов, когда происходит накопление аэропромвыбросов в снеговом покрове (в это время Байкал испытывает воздействие исключительно через сточные воды предприятий); *b* – с начала таяния снегов до вскрытия ото льда (к сточным водам предприятий добавляются талые воды; время резкого возрастания нагрузки на экосистему озера, особенно прибрежных районов).

Динамичный период (период открытой воды). Период, включающий несколько подпериодов. Основным из них является сезон положительных температур, когда в Байкал поступают антропогенные вещества по всем возможным путям: от прямого выпадения из атмосферы или со сточными

водами до вторичной возгонки («прыжки кузнечика» или эффект «холодного пальца») или вымывания «легких» СО₂ в период паводка и резкого перепада температур между сушей и водной поверхностью. Завершается динамичный период сезоном отрицательных температур, когда большая часть атмосферных осадков подвергается захоронению в виде снега.

Работа выполнена в рамках проекта INTAS 2000-00140.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ОТВЕТОВ НЕКОТОРЫХ ЛИМНОФИЛЬНЫХ РЫБ НА ПИЩЕВЫЕ ЗАПАХИ

Е.А. Марусов

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, kasumyan@l.ichtyol.bio.msu.ru*

Изучение особенностей и общих характерных черт поведенческих реакций рыб на пищевые обонятельные стимулы необходимо для более четкого понимания роли и значения химических сигналов в регуляции трофических связей в водных сообществах. Нами исследовались основные закономерности проявления пищевого поведенческого ответа на естественные пищевые химические раздражители (экстракты и внешние метаболиты различных кормовых организмов и экстракты искусственных кормовых смесей), а также на растворы некоторых свободных аминокислот у рыб с разной стратегией пищевого поиска, местообитание которых приурочено к стоячим или медленно текущим водам.

В отсутствие пищевого химического сигнала подопытные особи, как правило, периодически проявляют слабые поисковые реакции (наклон тела и медленный проплыв у дна с характерными слабыми тестирующими поклевками) в различных частях экспериментального аквариума. Введение пищевого запаха стимулирует у рыб увеличение двигательной активности с изменением траекторий перемещения, опускание в придонные слои воды, смещение в зону распространения химического сигнала, выраженное поисковое плавание галсами или «восьмерками», принятие наклонного положения тела, касание субстрата нижней поверхностью головы, осуществление тестирующих поклевок дна, стенок аквариума или схватывание мелких частиц в толще воды и, в конечном счете, поклевки источника пищевого химического стимула (подающей трубки) в случае его точной локализации. Интенсивность, продолжительность и количество повторов различных элементов поведенческого ответа зависят как от пищевой привлекательности данного запаха и его концентрации, так и от

особенностей пищедобывательного поведения каждого из исследованных видов. Например, карпы и серебряные караси, как правило, показывают высокую активность в проявлении всех элементов пищевого ответа, включая поклевки подающей трубки; реакция начинается с минимальным латентным периодом и продолжается в течение всего времени введения химического стимула или повторно возобновляется после коротких перерывов и отходов в другие зоны аквариума. Лини и золотые караси также способны реагировать с проявлением всех элементов пищевого поведения, но интенсивность их ответов ниже; часто реакции начинаются с задержкой, непродолжительны по времени, привлечение и локализация источника стимула выражены слабее. У плотвы поведенческие ответы на пищевые запахи проявляются еще слабее, поиск и привлечение очень кратковременны, единичные слабые тестирующие поклевки наблюдаются лишь изредка, локализация источника запаха отсутствует. Данио рерио характеризуются высокой активностью пищевого поиска в придонных слоях воды с частыми хватательными движениями ртом (серийные поклевки), но не способны к точной локализации источника запаха в толще воды.

Таким образом, химические стимулы наряду с сигналами других модальностей играют определенную, порой существенную роль в обеспечении пищедобывательного поведения перечисленных видов. Показано, что спектры эффективных свободных аминокислот имеют видовую специфичность и не связаны напрямую с родственными отношениями исследованных видов, их экологическими особенностями, характером питания и набором предпочитаемых кормовых объектов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 01-04-48460).

РЕАКЦИИ ЕРШЕЙ И МОЛОДИ ОКУНЯ НА ПИЩЕВЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ

Е.А. Марусов

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, kasumyan@l.ichthyol.bio.msu.ru*

Пищедобывательное поведение рыб обеспечивается сигналами различной модальности, причем степень их участия зависит от потенциальных возможностей соответствующей сенсорной системы и особенностей пищевой стратегии данного вида. Окунь, как правило, питается подвижной добычей в толще воды и у дна. В питании ершей присутствуют организмы эпифауны и инфауны грунта. Подопытных окуней ($L_{cp} = 75$ мм) и ершей

($L_{ср.} = 65$ мм) длительное время содержали в аквариумах. В качестве корма использовался мотыль. У окуней схватывание корма происходит «сле-ту» под зрительным контролем, иногда наблюдаются поисковые проплы-вы у дна. Ерши питаются менее активно, часто с задержкой, медленно подплывая к корму, упавшему на дно. Как и у окуней, схватывание проис-ходит в основном под контролем зрения.

Как в группе, так и по одиночке рыбы обоих видов не проявляли четких пищевых поисковых реакций в ответ на введение в аквариумы пищевых химических стимулов в широких диапазонах концентраций. Количество и интенсивность единичных поисковых проплывов и редких тестирующих поклевов в тестовый период не превышало таковые показатели в кон-трольных опытах с чистой водой. Для выявления возможных поведенче-ских ответов на химические стимулы и снижения влияния беспокоящих побочных факторов рыб обоих видов лишали предметного зрения путем удаления хрусталиков через небольшой надрез роговицы. У оперирован-ных рыб питание восстанавливалось через несколько суток, однако у оку-ней отсутствовал бросок на падающий в толще воды корм. Как ерши, так и окуни мотыль схватывали только со дна с дистанции 0.5–1.0 см после медленных поисковых проплывов, которые имели место и в отсутствие корма. Спонтанно проявляющееся поисковое поведение заметно активи-зировалось при поступлении в аквариумы водных экстрактов кормовых организмов, при этом рыбы обоих видов приближались к источнику запа-ха. Число тестирующих поклевов было невелико. У ершей реакция на пи-щевые запахи оказалась более продолжительной, привлечение к источни-ку химического стимула было выражено более четко, однако поисковая двигательная активность была выше у окуней. Минимальные действующ-ие концентрации экстракта мотыля и трубочника для окуней составляли 0.1 мг/л, тогда как чувствительность ершей была на два порядка ниже. Использование в качестве пищевых стимулов водных растворов некото-рых свободных аминокислот показало их низкую эффективность для обо-их видов.

Таким образом, эти виды характеризуются незначительной ролью хи-мической сигнализации в обеспечении пищевого поведения по сравнению с другими сенсорными системами, и в частности зрением

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 01-04-48460).

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ГЕНЕЗИСУ ОБРАЗУЮЩИХ КОТЛОВИН

Ю.М. Матарзин

*Пермский государственный университет, Пермь, Россия,
hydrology.department@psu.ru*

Создаваемые водохранилища (мировой фонд насчитывает более 60 тыс.) разнообразны по генезису, по форме и размерам, роли в процессе стока, по целевому назначению и использованию, по характеру регулирования и многим другим показателям. Понятно стремление многих авторов разделить множество водохранилищ на группы, типы, категории и т.д. Наиболее удачно схемы деления даны Авакяном, Буториным, Вендровым, Фортунатовым, Широковым, Эдельштейном и др. Последним, в отличие от других, выделяются три типа (долинный, котловинный и смещенный) и шесть подтипов по морфологическому признаку. В том же году (1977) автором была предложена классификация водохранилищ по генезису образующих котловин, включающая четыре группы (речные, озерные, озерно-речные и расположенные в искусственных котловинах и руслах) с выделением в каждой группе типов и подтипов. Создание водохранилищ в последние годы (десятилетия) потребовало включения в классификацию новых генетических групп водохранилищ – морских и подземных. Таким образом, сегодня в генетическую классификацию включаются группы: I – речные, II – озерные, III – озерно-речные, IV – морские, V – в искусственных котловинах и руслах, VI – подземные. Все они делятся на типы и подтипы.

1. **Речные водохранилища:** Тип 1. Русловые (собственно русловые в ложбинах стока и русловые речные в пределах полого русла); Тип 2. Долинные (долинные речные, долинные речные озеровидные).
2. **Озерные водохранилища:** Тип 1. Котловинные (котловинные озерные простые и котловинные озерные сложные); Тип 2. Долинные (долинные озерные водохранилища в долинах рек и ледников путем образования подпрудных и завальных озер).
3. **Озерно-речные водохранилища:** Тип 1. Котловинно-русловые, котловинно-долинные, котловинно-долинные озерно-речные).
4. **Морского и речного происхождения:** Тип 1. Водохранилища устьевых областей (дельтовые, эстуарные); Тип 2. Водохранилища вдающихся в сушу частей моря (лиманские, фиордовые, лагунные и др.).
5. **В искусственных котловинах и руслах:** 1 Тип. Водохранилища в искусственных котловинах (в приспособленных котловинах-карьерах, горных выработках, депрессиях в рельефе с подачей воды – наливные

водохранилища, в специально созданных чашах – бассейнах ГАЭС и др.); Тип. 2. Водохранилища в искусственных руслах (на каналах, водных трактах и др.).

6. Подземные водохранилища замкнутых гидрогеологических бассейнов: Тип 1. Напорные (артезианские); Тип 2. Безнапорные.

Подтипы выделяются по областям питания и разгрузки искусственным путем.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ОЛИГОХЕТ КАНЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

С.Ф. Матчинская, Ю.В. Плигин

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, vadol@svitonline.com

Отличительной особенностью Каневского водохранилища является длительный период его заполнения (1972–1977 гг.). Формирование его зообентоса происходило в основном за счет биофондов русла, затопленных водоемов поймы, придаточной системы Днепра, которые и явились компонентами ложа Каневского водохранилища, обусловив преобладание в составе донных грунтов песков, илов и залитых почв сельхозугодий. Поэтому для Каневского водохранилища характерен широкий фаунистический и экологический спектр донной фауны, в том числе и олигохет, являющихся зачастую основным компонентом бентоса. Здесь обнаружено 46 видов олигохет, принадлежащих к 7 сем.: Aeolosomatidae – 3, Naididae – 23, Tubificidae – 15, Enchytraeidae – 1, Lumbriculidae – 2, Glossoscolecidae – 1, Lumbricidae – 1. Экосистема водохранилища распадается на три характерные части: озерную (нижнюю), речную (верхнюю) и переходную (среднюю). В первые два года заполнения водохранилища в водоеме еще во многом сохранились речные условия – благодаря тому, что наполнение его чаши проводилось очень медленно и в несколько этапов. В верхней части водохранилища преобладали чистые и слабо заиленные пески, где доминировали псаммореофилы *Chaetogaster krasnopolskiae* и *Propappus volki*; численность последнего иногда превышала 40000 экз./м². На биотопах средней и нижней частей преобладали заиленные пески и илы, где, в зависимости от типа грунта, при замедленном течении доминировали пелореофилы и пелофилы, представленные видами сем. Aeolosomatidae, Naididae и Tubificidae. В 1975 г. в результате того, что уровень воды значительно поднялся и уменьшилась проточность, отмечено отмирание реофильных форм, которые первыми реагируют на заиление. В условиях по-

степенного затопления поймы фитофилы вымываются из пойменных водоемов и разносятся током воды по водохранилищу. Одновременно значительно распространяются тубифициды (особенно *Limnodrilus nevaensis*) в верхней и средней частях. В зоне бывших пойменных водоемов доминируют тубифициды-пелофилы, а на залитой суше появляются единичные экземпляры наидид. Этот год можно характеризовать как этап разрушения сложившихся в реке биоценозов (псаммореофильных и фитофильных). В 1976 г. происходит дальнейшее уменьшение проточности и рост заиления. Даже на песках бывшего русла верхней части водохранилища появляется наилок. Значительно повышается численность *L. nevaensis* в прирусловой зоне. В пойменных водоемах продолжается рост обилия тубифицид при значительной численности фитофильных видов, которые в водохранилище практически исчезли в связи с отмиранием субстрата. На залитой суше появляются временные ценозы *Rhynchelmis limosella* и *Limnodrilus hoffmeisteri*. Дальнейшим уменьшением проточности и заилением русла (особенно в нижней части водохранилища) при одновременном увеличении численности тубифицид характеризуется 1977 г. В зоне бывших пойменных водоемов встречаются те же виды, что и на литорали. На залитой суше кроме наидид в единичных экземплярах встречаются уже и тубифициды. В 1978 г. скорость течения еще больше снизилась, в результате чего происходило усиление заиления дна, что способствовало повсеместному расселению тубифицид. В 1979 г. на фоне распространения высших водных растений начинают стираться различия между биотопами бывших пойменных водоемов и залитой суши. Олигохеты формируют сообщества соответственно топическим условиям. Наступает стадия «предварительной сформированности» сообществ. В начале 1980-х гг. фауна олигохет водохранилища стабилизируется и отмечаются лишь изменения количественного развития, обусловленные сезонной динамикой популяций. На фоне прогрессирующего освоения мелководий погруженными макрофитами в 1984–1987 гг. возрастает видовое разнообразие наидид. В условиях современного гидрологического режима в 1997–2000 гг. даже в верхней части водохранилища существенных колебаний качественного состава и количественного развития олигохет не наблюдается.

ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СОПРЯЖЕННЫХ БЬЕФОВ ВОДОХРАНИЛИЩ И ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ВОЛГО-КАМСКОГО КАСКАДА)

А.П. Махиня

МПЦ «АКВАЭКОС», Самара, Россия, dflem@yandex.ru

Известно, что водохранилища являются природно-техническими экосистемами, уровень и характер функционирования которых обусловлен уровнем воздействия гидродинамического фактора регулирования, а степень устойчивости – интенсивностью техногенной нагрузки загрязнением, в основном от организованного сброса сточных вод.

Любое водохранилище определяет образование зоны нижнего бьефа ниже плотины гидроузла. При каскадном расположении водохранилищ с распространением подпора от нижнего гидроузла до верхнего, как это сложилось в Волго-Камском бассейне, такие зоны квалифицируются как зоны сопряженных бьефов.

Характерным для Волго-Камского каскада является приуроченность к зонам сопряженных бьефов максимальной концентрации крупных промышленных центров, определяющих техногенную нагрузку водоотведением.

В силу суточно-недельного пикового режима эксплуатации гидроузлов зонам нижних бьефов свойственен неустановившийся гидрологический режим, который претерпевает в течение каждых суток изменения максимальной амплитуды – от «нулевых» расходов при «провалах» энергопотребности до максимальных энергетических.

Не отмененные СанПиН 3907-85 «Правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ» предписывают обязательность осуществления постоянных минимальных санитарных попусков (ПМСП) в нижний бьеф любых водохранилищ (п.п. 4.2–4.4). Однако «Правила эксплуатации... водохранилищ» предусматривают не ПМСП, а только «среднесуточные» попуски, что при установленных нами явлениях суточно-недельной техногенной микро- и макрозалповости продвижения вниз по течению сбрасываемых промышленными центрами сточных вод, определяет условия минимальной устойчивости гидроэкосистем и процессов естественного самоочищения воды в зонах нижних бьефов. Эти явления определяют негативные экологические и санитарно-гигиенические проблемы при осуществлении рыбохозяйственного, питьевого и рекреационного водопользования всех промышленных центров.

В рассмотренной ситуации представляется необходимым включить в проект решения настоящей «Конференции» три проблемных позиции, требующие этапного решения:

1. На первом этапе для всех гидроузлов Волго-Камского каскада необходимо учитывать объемы (расходы) воды, необходимой для обеспечения временно согласованного, т.н. «гарантированного» минимального экологического попуска (назовем его ГМЭП) в нижний бьеф каждого гидроузла в каскаде. Величина ГМЭП должна составлять не менее половины ПМСП, предписанного СанПиН 3907-85 среднесуточного расхода водотока в бытовом гидрологическом режиме летней и зимней межени года 95%-ной обеспеченности.

2. Принимая во внимание научно-проектные разработки последних лет по затронутым в докладе аспектам, считаю необходимым обновление и дополнение СанПиН 3907-85 «Правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ» и предлагаю сформировать авторский коллектив для модернизации названного документа.

3. Поэтапно пересмотреть «Правила эксплуатации...» всех водохранилищ Волго-Камского каскада, для приведения их в соответствие с требованиями по обеспечению постоянного минимального санитарного попуска (ПМСП) в нижний бьеф каждого гидроузла.

СОВРЕМЕННЫЕ ОТМЕТКИ НАПОЛНЕНИЯ ЧЕБОКСАРСКОГО И НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ – УЗЛЫ НЕРЕШЕННЫХ ПРОБЛЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВОЛГО-КАМСКОМ КАСКАДЕ

А.П. Махиня

МПЦ «АКВАЭКОС», Самара, Россия, dflem@yandex.ru

Все водохранилища Волго-Камского каскада проектировались с оптимальными только для гидроэнергетики и судоходства отметками наполнения. Исходя из этого Чебоксарское водохранилище на р. Волге и Нижнекамское на р. Каме предусматривались с НПУ 68 м при суточно-недельном регулировании с элементами сезонного. Запасы воды при этих НПУ должны были обеспечить возможность осуществление постоянного минимального санитарного попуска (ПМСП) в нижний бьеф (НБ) размером не меньше 900–1200 м³/с, естественно, с определенными потерями для выработки пиковой электроэнергии.

В силу многочисленных причин наполнение водохранилищ было реализовано до временных отметок: для Чебоксарского – 63 м, Нижнекамского – 62 м, без осуществления ПМСП при регулярном отсутствии стокового

течения в НБ в течение 6–8 ночных часов. В обоих водохранилищах на участках длиной порядка 80–90 км крупнотоннажное судоходство возможно только при осуществлении судоходных попусков. Не соблюдаются требования по уровенному режиму для питьевых водозаборов, запроектированных на НПУ 68 м.

Оба водохранилища чрезвычайно мелководны, площадь нормируемых 2-метровых мелководий превышает норматив (15–20%) в 1.5–2.0 раза, площади сублиторали также чрезмерны (в диапазоне 48–68%), профундаль с глубинами > 4 м представляет собой только эпилимнион. Металимнион и гиполимнион практически отсутствуют. Оба водохранилища имеют практически изолированные от русловой зоны обширные мелководные и непроточные озеровидные плесы с множеством «водоемов-ловушек». Возникли процессы гиперпродукции ВВР и заболачивания на глубинах до 1–2 м. Водообмен приурочен только к русловой части водохранилищ.

Отсутствие достаточных объемов водных масс в озеровидных плесах исключает потенциально высокую эффективность процессов естественного самоочищения, при том, что именно здесь, в транзитной зоне, расположено большинство выпусков сточных вод.

При современных отметках в водохранилищах по мере старения гидроэкосистемы, с усилением процесса заболачивания мелководий, расширением зон кислородного дефицита и метанообразования будет постоянно сохраняться состояние экологического дисбаланса.

Наши разработки (А.П. Махиня, А.Г. Поддубный и др.) позволили получить весомые аргументы как против наполнения обоих водохранилищ до НПУ 68 м, так и против сохранения отметок 63 и 62 м. Есть только существенные аргументы за подъем уровня обоих водохранилищ до отметок 65–66 м.

При повышении отметок наполнения до 66 м оптимизируется литораль (до 20–24%) с резким сокращением площади постоянно заболачиваемых в любых условиях участков с глубинами 0–1 м (всего 9%). Увеличивается в 3 раза полный объем, с образованием полезной емкости у каждого водохранилища и возможностью осуществления ПМСП. Между разноглубинными участками литорали восстановятся постоянные гидродинамические коммуникации. Появятся основные нагульные биотопы рыб (порядка 10–15).

Прошло более 20 лет с момента создания водохранилищ. Отметки их наполнения не изменились, два узла проблем остались нерешенными и по сей день, но взгляды и оценки неожиданно изменились. В 2000 г. был разработан инвестиционный проект с экологическим обоснованием необходимости повышения уровня Нижнекамского водохранилища до НПУ 68 м (ОАО «Волгоэнергопроект-Самара», ГИП – П.И. Тиранов, ГИП – эколог –

Л.А. Мельник). Данный доклад можно считать актуализацией проблемы для ее последующего решения и предостережением против проявления коммерческого, на наш взгляд, подхода к экологическим разработкам.

ВЛИЯНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ ОКСИКИСЛОТ ГИДРОФИТОВ НА АКТИВНОСТЬ НИТРАТРЕДУКТАЗЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ

В.А. Медведь

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, pkloch@mail.kar.net

Водоем – это сложная экологическая система, которая характеризуется не только гидрологическими и гидрохимическими факторами, но, в значительной мере, и взаимоотношениями между гидробионтами. Последние в процессе своей жизнедеятельности выделяют в окружающую среду большое количество метаболитов, посредством которых в водоеме между компонентами экосистемы осуществляются стимулирующие, индифферентные или угнетающие взаимоотношения (Мережко и др., 1971; Хайлов 1971; Кузьменко, 1981). В эвтрофных водоемах, где ослабевает лимитирующее влияние биогенных элементов, усиливается роль метаболитов во взаимодействии между гидробионтами. Хотя роль экзогенных метаболитов высших водных растений во взаимоотношениях между ними и представителями разных отделов водорослей, населяющих водоемы, изучена мало, по данным ряда авторов (Сиренко, 1981; Сакевич, 1985; и др.), они играют важную роль в формировании альгоценозов, в возникновении сукцессий и смене доминирующих видов, так как они влияют на химический состав водной среды, определяют иммунитет компонентов фитоценозов, видовой и количественный их состав, трофические связи (Корелякова, 1975; Козицкая, 1984). Прижизненные выделения гидрофитов состоят из веществ различной биохимической природы. В их число входят и фенольные соединения (Запрометов, 1976; Блажей, Шутый 1977). Активность влияния последних зависит от их химического строения, биологических особенностей продуцентов и реципиентов, физиологического состояния, наличия метаболитов других организмов, а также от факторов среды – освещенности, pH, обеспеченности биогенными соединениями. В процессе выделения фенольные соединения могут попадать в окружающую среду как прижизненно, так и постлетально и оказывать определенное влияние на гидробионты.

В задачу наших исследований входило исследование влияния фенольных оксикислот – кофейной и коричной, – выделенных из высших водных растений (ВВР) *Lemna minor* и *Spirodella polyrrhiza* (Струбицкий, 1986), на активность фермента нитратредуктазы водных растений.

В модельных экспериментах на культурах водорослей нами было показано, что исследуемые оксикислоты в концентрациях 0.1–1.0 мг/л стимулируют активность нитратредуктазы у видов рода *Scenedesmus* на 10–30% по сравнению с контрольным вариантом через 60 мин после внесения их в среду.

В опытах на природных популяциях водорослей нами установлено, что кофейная кислота (0.1–1.0 мг/л) вызывает снижение активности фермента (через 60 мин после ее внесения в среду) на 10–50% по сравнению с контролем во всех вариантах: I – по биомассе доминировали Bacillariophyta (74%); II – Chlorophyta (98%); III – Bacillariophyta (56%) и Chlorophyta (38%); IV – Cyanophyta (92%). Определение активности нитратредуктазы в этих же опытах через 3 сут показало, что в I–III вариантах отмечается ее увеличение, в то время как в IV варианте она снизилась до нуля. Это свидетельствует об адаптации зеленых и диатомовых водорослей к внесенной в среду кофейной кислоте и согласуется с данными Струбицкого (1986) об ингибировании роста синезеленых водорослей. Внесение в среду коричневой кислоты (0.1–1.0 мг/л) вызывало незначительное (10–20%) снижение активности нитратредуктазы водорослей только в I–III вариантах опыта.

Исходя из этого можно предположить, что как при длительном действии кофейной кислоты, обнаруженной в метаболитах *Lemna minor* и *Spirodella polyrrhiza*, на природные популяции водорослей, так и при развитии этих ВВР в водоеме может происходить смена альгологического состава фитопланктона.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЕРИФИТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.Ю. Метелева, В.Г. Девяткин

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
nimet@ibiw.yaroslavl.ru

В 1984 и 1986 гг. исследовали перифитон на искусственных субстратах в закрытой литорали Рыбинского водохранилища. В 1984 г. в качестве экспериментального субстрата (ЭС) использовались полихлорвиниловые трубки (ПХТ), было поставлено три серии определений содержания хлорофилла и фотосинтеза перифитона. В 1986 г. применялись предметные стекла (ПС), выполнена одна серия определений.

Содержание хлорофилла (Хл) *a* в перифитоне на ПХТ изменялось от 2.24 до 44.65 мг/м² субстрата, составляя в среднем: в 1-м опыте (23.05–28.06) 8.74 ± 1.76 , во 2-м (5.07–29.08) – 11.57 ± 1.33 , в 3-м (30.08–24.09) – 17.81 ± 6.88 мг/м² субстрата; на ПС (2.06–1.08) – от 2.69 до 19.31, в среднем 7.93 ± 0.59 мг/м² субстрата.

Суточное выделение кислорода перифитоном в процессе фотосинтеза колебалось в 1984 г. от 30 до 756 мг/м² субстрата в сутки (мг₂/м² суб./сут), составляя в среднем: в 1-м опыте – 395 ± 55 , во 2-м – 399 ± 50 , в 3-м – 515 ± 81 ; в 1986 г. – от 79 до 1400 мг/м² суб./сут, в среднем – 682 ± 46 . Потребление кислорода на дыхание изменялось от 56 до 812 мг/м² суб./сут, составив в среднем: в 1-м опыте 326 ± 83 , во 2-м – 388 ± 60 , в 3-м – 172 ± 30 ; в 1986 г. оно варьировало в пределах от 168 до 1336 мг₂/м² суб./сут, составляя в среднем 617 ± 41 мг₂/м² суб./сут.

Интенсивность максимального фотосинтеза перифитона, характерная для каждой серии определений, на полихлорвиниловых трубках составляла > 700, а на предметных стеклах – 1400 мг О₂/м² суб./сут. Среднее соотношение Фотосинтез/Деструкция перифитона превышало 1. Чистая продукция перифитона на ПХТ в среднем для трех серий определений составила 29%, на ПС – 9% от валового фотосинтеза.

В 1986 г. изучали видовой состав, численность и биомассу перифитона на ПС. Всего определено более 150 видовых таксонов рангом ниже рода. Из них Bacillariophyta – 63, Cyanophyta – 29, Chlorophyta – 53, Euglenophyta – 6. Наибольшим видовым разнообразием среди организмов перифитона ПС отличались диатомовые (> 40%). Чаще других встречались: типично перифитонные виды (*Achnantes lanceolata* (Bréb.), *Cocconeis placentula* Ehr., *Cymbella silesiaca* Bleisch in Rabenhorst, *C. lanceolata* (Ehr.) Kirchn., *C. prostrata* (Berk.) Cl., *C. tumida* (Bréb.) V.H., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kütz.), донные (*Navicula cryptocephala* Kütz., *N. tripunctata*

(O.F. Müller) Bory, *N. radiosa* Kütz, *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb., *E. zebra* var. *porcellus* (Kütz.) Grun., виды с широким экологическим спектром обитания (эврибионты) (*Fragilaria capucina* Desm., *F. construens* (Ehr.) Hust., *F. spp.*). Вместе с ними перифитон формировали нитчатые зеленые водоросли, типичные обрастатели – *Stigeoclonium farctum* Bertholod, *Oedogonium* Link. sp., *Spirogyra* Link. sp., *Mougeotia* Ag. sp., а также *Cosmarium* Corda spp. и *Characium* A. Braun spp. Из синезеленых – виды родов *Phormidium* Kütz., *Gloeocapsa* (Kütz.) Hollerb. и *Oscillatoria* Vauch.

Средняя численность перифитона составляла $\sim 10^9$ кл./м², изменяясь от 214^6 до $149 \cdot 10^9$ кл./м² субстрата, и определялась преимущественно зелеными (> 50%) и синезелеными (27%), реже диатомовыми (21%) водорослями, а биомасса – зелеными (68%) и диатомовыми (25%). Биомасса перифитона в основном создавалась относительно небольшим количеством крупноклеточных водорослей и колебалась от нескольких миллиграмм до 24 г/м² субстрата, составляя в среднем 4.10 ± 0.65 г/м² субстрата.

Относительное содержание хлорофилла в сырой биомассе перифитона на ПС в среднем составляло 0.47%, *P/B* коэффициент – 0.125 ± 0.02 . Прослеживалась обратная зависимость отношения Ф/Б и Хл/Б от величины биомассы.

РЕАКЦИИ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ РЫБ ОЗЕРА НЕРО НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ ПЕСТИЦИДАМИ

В.Р. Микряков, А.В. Попов, Д.В. Половков,
С.Н. Половкова, С.Н. Надиров

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
mvr@ibiw.yaroslavl.ru, snp@ibiw.yaroslavl.ru,

В озере Неро обитает 12 различных по экологии и промысловому значению видов рыб (Кулемин, 1930, 1934; Фортунатов, Московский, 1970; Половкова и др., 1991, 1999). Состояние ихтиофауны за последние 70 лет претерпело существенные изменения. Они связаны с дестабилизацией структуры рыбного населения, снижением численности, темпов роста и биологической продуктивности рыб (Половкова и др., 1999).

Происходящие в состоянии ихтиоценоза процессы дестабилизации, вызвавшие нарушение механизмов регуляции численности рыбного сообщества, свидетельствуют о сужении границ оптимальных экологических условий, необходимых для реализации биологических и адаптивных функций. Одним из важных факторов, повлекших ухудшение условий среды обитания для рыб, принято считать аллохтонное загрязнение оз. Неро пес-

тицидами и биогенными элементами, которые поступают в водоем с сельхозугодий, а также со сточными водами г. Ростова (Половкова и др., 1999) и вызывают снижение функций иммунитета.

Общеизвестно, что рыбы на антропогенное загрязнение воды реагируют нарушением иммунологических функций обеспечивающих выживаемость, оптимальный рост и развитие организма (Микряков и др., 2000, 2001; Anderson, 1990; и др.).

В целях понимания характера изменений механизмов иммунной защиты в антропогенно-трансформированной среде при загрязнении воды городскими сточными водами и пестицидами нами исследовано состояние иммунной системы рыб в период интенсивной обработки хлорорганическими пестицидами полей овощеводческих хозяйств Ростовского региона (1990–1991 гг.) и после прекращения их использования для борьбы с вредителями овощных культур (1999 г.).

Оценку состояния иммунной системы осуществляли по данным анализа киллерной функции сыворотки крови, содержания неспецифических иммунных комплексов, С-реактивного белка (СРБ), токсикантреагирующих антител (ТРА), интенсивности спонтанного гемолиза эритроцитов, лейкоцитарной формуле, индексу иммунокомпетентных органов (селезенки, почек и печени). В качестве основных объектов исследований использовали леща *Abramis brama* (L.) и окуня *Perca fluviatilis* (L.) Выбор леща обусловлен тем, что он является наиболее массовым видом в данном водоеме и имеет существенное промысловое значение, а окунь отличается от леща образом жизни и типом питания. Сбор материала осуществляли летом (июль) и осенью (сентябрь).

Проведенные исследования позволили установить особенности структурно-функционального состояния иммунной системы рыб, определить размах изменчивости показателей иммунного статуса, выявить их связь с обработкой полей сельскохозяйственных предприятий вокруг оз. Неро пестицидами (семерон, тетран, фундазол, рамрод, феназон, прометрин и ТМТД) и сезоном года. Из материалов исследований следует, что иммунологические показатели рыб, выловленных в период интенсивной обработки полей гербицидами, отличались от таковых после прекращения внесения их на сельскохозяйственные угодья. У рыб, выловленных в 1990–1991 гг., установлены более низкие величины киллерной функции сыворотки крови, индексов обилия лейкоцитов, лимфоцитов, индекса иммунокомпетентных органов, высокие уровни содержания неспецифических иммунных комплексов, С-реактивного белка и спонтанного гемолиза эритроцитов по сравнению с особями, анализировавшимися в 1999 г. Кроме того, у рыб, исследованных в 1990–1991 гг., выявлены токсикантреагирующие антитела к пестицидам. Максимальное число положительно реа-

гирующих особей установлено при использовании фундазола и рамрода (74%), затем семерона (65%), тетрана (56%), ТМТД (44.5%), прометрина (21.7%) и феназона (8.8). У рыб, выловленных в 1999 г., ТРА не выявлены.

Установленные различия в исследуемых показателях у рыб в период интенсивной обработки полей пестицидами и после прекращения их использования, свидетельствуют о том, что рыбы реагируют на антропогенное загрязнение дестабилизацией структурно-функционального состояния иммунной системы, увеличением в популяциях рыб доли иммунодефицитных особей, сенсбилизацией к токсикантам и снижением функций, поддерживающих рост и развитие организма. Низкие величины киллерной функции сыворотки крови, индекса обилия лейкоцитов, индексов иммунокомпетентных органов, увеличение в популяциях доли рыб со спонтанным гемолизом, повышенное содержание С-реактивного белка и неспецифических иммунных комплексов, выявленные у исследуемых особей, являются характерными для реакции иммунной системы рыб, обитающих в загрязненной токсикантами среде (Микряков и др., 2000, 2001).

Сделан вывод о возможности использования показателей изменчивости структурно-функционального состояния иммунной системы рыб в качестве интегрального показателя при экспертной оценке загрязнения воды токсикантами и скрининга пораженных токсикантами особей.

О РОЛИ ФИТОПЛАНКТОНА В ФОРМИРОВАНИИ ПОДВОДНОГО СВЕТОВОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ

Н.М. Минеева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
mineeva@ibiw.yaroslavl.ru*

На фоне обширных гидрооптических данных, полученных для пресных водоемов, лишь отдельные работы содержат сведения, касающиеся особенностей подводного светового режима водохранилищ Волги. Участие фитопланктона в ослаблении подводной облученности по оценкам 50–60-х годов было незначительным, однако можно ожидать, что в дальнейшем, с ростом трофии водоемов роль водорослей в формировании подводного светового поля изменилась. Гидрооптические наблюдения (150 измерений приходящей и проникающей радиации на Шекснинском и Рыбинском в 1976–1977 гг. и около 500 измерений приходящей радиации на всех водохранилищах каскада в 1989–1995 гг.) проводились нами одновременно с исследованиями первичной продукции планктона. В водохранилищах

Волги выявлено значительное разнообразие условий подводного светового режима и широкий диапазон изменчивости соответствующих показателей. В географическом (зональном) аспекте в каскаде отмечается улучшение гидрооптических условий с севера на юг. Увеличение прозрачности воды, снижение цветности и содержания взвешенного вещества связаны с морфометрическими особенностями водоемов, изменением объема боковых поступлений и условий на водосборе. Соответствующим образом изменяются и собственно гидрооптические характеристики (показатель вертикального ослабления $\alpha_{ФАР}$ и относительное ослабление света верхним 50-сантиметровым слоем воды $I_0/I_{0.5м}$). Монотонность изменений нарушается на участке Средней Волги, принимающем воды Оки и Камы и испытывающем наибольшую антропогенную нагрузку. Максимальное ослабление облученности в верхнем слое воды происходит при высокой цветности и (или) высоком обилии фитопланктона. Основное влияние на ослабление ФАР оказывает взвешенное вещество, с которым связана значительная доля объясненной вариации прозрачности (27–43%), $\alpha_{ФАР}$ (39–67%) и $I_0/I_{0.5м}$ (36–69%) в водохранилищах Верхней, Средней и Нижней Волги (при максимальных значениях R^2 в Верхней Волге). Заметный вклад в формирование подводного светового режима, условия которого меняются в водохранилищах разной трофической принадлежности, вносят и водоросли планктона, не менее высокую долю изменчивости параметров объясняет содержание хлорофилла: 33–37% для прозрачности, 43–52% для взвешенного вещества, 21–28% для $\alpha_{ФАР}$ и $I_0/I_{0.5м}$. В водохранилищах Средней Волги $\alpha_{ФАР}$ от хлорофилла не зависит. Использование регрессионного анализа позволило объединить все данные, полученные для разнотипных по морфометрии, проточности и трофической принадлежности водоемов различных географических зон, в 3 класса, различающиеся выражением количественной зависимости между $\alpha_{ФАР}$ и прозрачностью:

1. $\alpha_{ФАР} = 2.16 - 0.36 Pr$ ($R^2 = 0.21$, $n = 30$) – мезотрофные воды Шекснинского водохранилища с высокой цветностью, фитопланктон не играет заметной роли в ослаблении ФАР;
2. $\alpha_{ФАР} = 1.47 Pr^{-0.43}$ ($R^2 = 0.99$, $n = 317$) – умеренно эвтрофные воды всех водохранилищ, роль фитопланктона в ослаблении ФАР возрастает;
3. $\alpha_{ФАР} = 1.04 Pr^{-0.28}$ ($R^2 = 0.99$, $n = 95$) – эвтрофные воды Верхней Волги с минимальными прозрачностью, цветностью и $\alpha_{ФАР}$ при наибольшем вкладе фитопланктона в ослабление ФАР. Средние для классов значения большинства рассматриваемых показателей не перекрываются.

Выделенные классы с различным и достоверно различающимся вкладом фитопланктона в ослабление световой энергии не противоречат разработанным ранее оптическим классификациям пресных вод (Мокиевский, 1980; Чехин, 1987). Это создает предпосылки для их дополнения «биооп-

тическим» (Smith, Baker, 1978) показателем – содержанием хлорофилла, который относится к оптически активным компонентам водной толщи, непосредственно поглощающим лучистую энергию, и широко используется в гидробиологических исследованиях разной направленности.

ФИТОПЛАНКТОН РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

И.В. Митропольская, В.Г. Девяткин

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, Борок, Россия,
deviat@ibiw.yaroslavl.ru

Регулярные исследования фитопланктона Рыбинского водохранилища начались в 1954 г. и продолжались до 1995 г. Пробы отбирались с периодичностью в 2 нед с мая по ноябрь на 6 стандартных станциях в Волжском и Главном плесах, представляющих собой открытую часть водохранилища. В дальнейшем наблюдения проводились не столь регулярно. В 1999 г. в видовом составе полидоминантных комплексов произошли изменения: к обычным доминантам открытой части водохранилища – диатомовым *Aulacosira islandica* (O. Müll.) Sim., *A. ambigua* (Grun.) Sim., *A. granulata* (Ehr.) Sim., *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *S. agassizensis* Hakansson et Kling, *Asterionella formosa* Hass., синезеленым *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenk., *Anabaena scheremetievi* Elenk., криптофитовым *Cryptomonas marssonii* Skuja, *C. ovata* Ehr., зеленым *Sphaerocystis planctonica* (Korsch.) Bourr. – присоединился представитель золотистых *Mallomonas tonsurata* Teiling.

Вегетационный период 1999 г. отличался очень низким уровнем развития фитопланктона в конце весны. Биомасса фитопланктона составляла сотые доли мг/л. Необычным было и соотношение основных групп водорослей: в Волжском плесе в среднем за сезон превалировали синезеленые, в Главном, напротив, диатомовые (по 60% от общей биомассы). Средневегетационная биомасса для открытой части водохранилища была невысока, составив 1.2 мг/л.

В 2000 г. биомасса фитопланктона изменялась от 0.1 во время поздневегетационного спада в развитии водорослей до 15.3 в период летнего пика «цветения», составив в среднем 4.4 мг/л.

В среднем за сезон в открытой части на долю синезеленых пришлось 77% биомассы фитопланктона, диатомовых – 12, криптофитовых – 5, зеленых – 4. Во время «цветения» основу биомассы создавал *Aphanizomenon*

flos-aquae (до 96%). Присутствие *Microcystis aeruginosa*, в отличие от предыдущих лет, было незначительно.

В 2001 г. «цветение» пришлось на вторую половину августа. Фитопланктон, как и в предыдущем году, можно было считать монодоминантным. В центральной части водохранилища доля *Aphanizomenon flos-aquae* составляла 40–90% биомассы фитопланктона, максимальное значение которой составляло 16 мг/л. В Волжском плесе в это время наряду с синезелеными развивались диатомовые.

По сапробности Волжский и Главный плесы не различались, индексы сапробности, так же, как и в 60–70-х гг. были равны 1.8–1.9, что характеризует водоем как β -мезосапробный.

В среднем биомасса фитопланктона в летне-осенний период составила 1.9 мг/л.

По уровню развития фитопланктона, сезонной динамике, составу полидоминантных комплексов, соотношению основных групп фитопланктона Рыбинское водохранилище по-прежнему можно рассматривать как водоем мезотрофного типа.

КОНЦЕПЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД: ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД (В ПРИЛОЖЕНИИ К ВОДОХРАНИЛИЩАМ СЕВЕРА И ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА)

Т.И. Моисеенко

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, tatyana@aqua.laser.ru

Проблема качественного истощения водных ресурсов вследствие их загрязнения особенно остро обозначилась в последние десятилетия. Не новостью является, что система ПДК несовершенна и не охраняет в полной мере водные экосистемы от деградации. Ограничение воздействий на водоем должно учитывать не только превышение концентраций отдельных веществ по отношению к их нормативам (по данным, полученным в эксперименте), но и их поведение, трансформацию, взаимодействие с природными и другими антропогенными факторами в водоемах, явления синергизма или антагонизма, т.е. комбинированные эффекты для обитателей конкретных водоемов.

Существует два общепризнанных метода биологической оценки качества вод:

1) Биотестирование – установление концентраций загрязняющих веществ (стоков, загрязненных вод), которые вызывают наиболее значимые и легко определяемые нарушения у водных организмов в эксперименталь-

ных условиях (*ex-situ*). Сложно ответить на вопрос, насколько правомочен перенос полученных в лабораториях данных на природные условия. Отдельные организмы, используемые в эксперименте, имеют мало общего с природными популяциями и сообществами.

2) Биоиндикация – оценка качества вод по показателям состояния сообществ или индикаторных видов в водном объекте (*in situ*). Однако количественные методы оценки качества вод в гидробиологическом анализе не получили должного распространения. Индексы и показатели, в основе которых лежит учет видового состава населения, зачастую субъективны, зависят от однородности биотопа и сезона года, к тому же популяции различных видов различаются по степени своей полифункциональности. Поэтому в конечном итоге даются сравнительные системы оценки, выраженные в классах, баллах, индексах, которые занимают промежуточное положение между количественными и качественными показателями и зависят от квалификации экспертов.

Экотоксикологический подход в последние годы находит все большее признание в мировой науке; метод сфокусирован на оценке «здоровья экосистемы» (*in situ*). Экотоксикологический подход синтезирует методы экологии и токсикологии, в его основе лежит познание закономерностей антропогенной изменчивости биологических систем, устойчивости и механизмов адаптации, определении «нормы и патологии», порога необратимых изменений в организмах или качественно новых состояний сообществ. Методологически реализуется путем выявления связей между интегральными показателями качества вод, отражающими дозу воздействия комплекса загрязняющих веществ в водных системах, и информативными биологическими критериями, отражающими как кратковременные, так и пролонгированные эффекты на различных уровнях иерархической организации экосистемы – организмов, популяций и сообществ.

Следует отметить, что универсальных критериев для оценки всех видов воздействия не существует, так как многие виды загрязнения имеют разные целевые функции – «функции-мишени». Если критерии оценки состояния организма особей (по физиологическим, клиническим и патоморфологическим симптомам) имеют значение для оценки эффектов на современном этапе, то на уровне популяций (изменение скорости роста, сроков созревания, продолжительности жизни, плодовитости и др.) и сообществ (изменение продуктивности, биоразнообразия, трофической структуры и др.) они могут рассматриваться для оценки последствий продолжительных воздействий.

С позиций экотоксикологического подхода выполнены исследования по оценке качества воды водохранилищ Крайнего Севера и Волжского бассейна, которые показали, что даже при концентрациях различных загряз-

няющих веществ ниже ПДК в организме рыб развиваются патологии и дисфункции, свидетельствующие о необходимости ужесточения лимитирующих значений при многофакторном загрязнении вод.

ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

С.В. Мурзаева, О.Г. Горохова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия,
ecolog2002@mail.ru

Усиливающееся загрязнение природной среды, жесткое УФ излучение, как следствие нарушения озонового экрана биосферы, приводят к повышению концентрации активных форм кислорода (АФК) – OH^\cdot , OH^- , O_2^\cdot , HO_2^\cdot и H_2O_2 . Перекись водорода абиогенного и биогенного происхождения – наиболее устойчивая форма активного кислорода в воде. Возможность регулирования ее концентрации гидробионтами и фитопланктерами является важным фактором в процессах самоочищения (Скурлатов, 1988; Батовская и др., 1988). Выявление пределов устойчивости микроводорослей к увеличивающейся концентрации абиотической H_2O_2 при антропогенном загрязнении природных вод становится актуальной задачей.

В настоящей работе проведена экспериментальная оценка устойчивости синезеленых и зеленых микроводорослей к H_2O_2 в диапазоне концентраций 0.0007–10%. Жизнеспособность микроводорослей оценивали по окрашиванию под световым микроскопом и по фотосинтетическому выделению кислорода с применением ингибитора фотосинтеза ДХММ.

Исследовали чистые культуры зеленых пресноводных водорослей – *Scenedesmus obliquus*, *Chlorella vulgaris* и синезеленые – *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, доминирующие в фитопланктоне в период массового цветения водохранилища.

Анализ проб под микроскопом показал разную чувствительность микроводорослей к H_2O_2 . Через 20–24 ч воздействия 0.1%-ной H_2O_2 на синезеленые и 1–3%-ной H_2O_2 на зеленые, обнаруживали до 30% живых клеток. Динамика нарушений в значительной степени зависела от концентрации H_2O_2 и связана с потерей слизи, распадом колоний на части у синезеленых, набуханием или деформацией клеточных оболочек, сжатием протоплазмы, изменением цвета, распадом содержимого клеток (в том числе ядер) на отдельные фрагменты у всех видов.

Инкубация водорослей 3–5 мин в среде с H_2O_2 показала угнетение фотосинтеза начиная от малых концентраций от 0.001 до 0.02%. Концентрации 0.1–0.2% полностью ингибировали фотосинтез синезеленых и незна-

чительно – фотосинтез зеленых. Спектральный анализ водных растворов и ацетоновых экстрактов показал обесцвечивание пигментов хлорофиллов и каротиноидов, нарастающее с увеличением концентрации перекиси водорода, за исключением *S. obliquus*, которая проявляла устойчивость к обесцвечиванию в красной области спектра. У синезеленых водорослей происходило усиление поглощения в коротковолновой области спектра (310–390 нм).

Измерение уровня кислорода при краткосрочной (3–5 мин) инкубации водорослей в присутствии различных концентраций H_2O_2 показало, что те или иные виды в разной степени способны изменять концентрацию кислорода в воде. Резкое выделение кислорода синезелеными водорослями наблюдали в присутствии 0.0001–0.02% H_2O_2 и зелеными микроводорослями в присутствии 1–10% H_2O_2 . Эти данные указывают на активное разложение перекиси водорода, что возможно при активации фермента каталазы. При длительных инкубациях (20 ч и 2–5 сут) в присутствии H_2O_2 у синезеленых наблюдали уменьшение содержания кислорода в воде на 10–15%.

На основании полученных данных сделан вывод об окислительном действии перекиси водорода на микроводоросли в диапазоне испытанных концентраций. Зеленые микроводоросли проявляют высокую антиоксидантную активность по сравнению с синезелеными. В антиоксидантной защите у синезеленых водорослей принимает участие коротковолновая компонента, усиливающая поглощение в области 310–390 нм.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА АССИМИЛЯЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В РУСЛОВОЙ ЧАСТИ ВОДНОГО ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

И.Н. Мухина, В.Н. Долгодворов

*Костромской государственный университет им. Н.А. Некрасова,
Кострома, Россия, small@kmtn.ru, tsar@kosnet.ru*

Качество поверхностных вод, даже в условиях водохранилищ улучшается на участках водотоков между городами и иными урбанизированными территориями.

В предыдущих работах нами разработана методика определения величины суммарного ущерба от точечных и диффузных стоков городов Рыбинска, Тутаева, Ярославля, Костромы и Кинешмы, находящихся в прибрежных зонах речной и озерно-речной частей Горьковского водохранилища.

Целью данной работы является экономическая оценка величины ассимиляции загрязняющих веществ на водотоках водного объекта.

Для изучения величины ассимиляции были выбраны следующие участки: Рыбинск – Тутаев, Тутаев – Ярославль, Ярославль – Кинешма.

В работе проанализированы данные по основным видам загрязняющих веществ. Для комплексного анализа ассимиляции вредных веществ нами изучено пять ингредиентов:

- взвешенные вещества;
- нефть и нефтепродукты ;
- нитриты;
- биологическая потребность в кислороде (БПК_{полн.});
- азот аммонийный.

Наиболее интенсивный процесс ассимиляции происходит по таким ингредиентам, как взвешенные вещества, нефтепродукты и БПК_{полн.}

Практическая значимость работы обусловлена тем, что предложена методика, позволяющая определить величину ассимиляции определенных ингредиентов на участках водотоков и экономическую эффективность естественного очищения вод.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХ ВОДОЕМОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ г. НОВОУРАЛЬСКА

В.Ф. Мухутдинов, Т.Е. Павлюк

*Российский научно-исследовательский институт комплексного
использования и охраны водных ресурсов (ФГУП РосНИИВХ),
Екатеринбург, Россия, t.pavluk@water.uran.ru*

Водообеспечение промышленных узлов Урала производится в основном из водохранилищ, созданных на малых реках или в верховьях средних рек. Недостаточность водных ресурсов заставляет создавать сложные водохозяйственные системы, связанные с переброской части стока из других речных или озерных систем. Примером такой водохозяйственной системы является система водоснабжения г. Новоуральска, включающая в себя: 1) Верх-Нейвинское водохранилище, образованное слиянием Верх-Нейвинского пруда и озера Таватуй; 2) Аятское озеро-водохранилище, из которого вода по мере необходимости по трубопроводу перебрасывается в Верх-Нейвинское, и 3) Нейво-Рудянский пруд.

Перебрасываемые воды часто отличаются по ингредиентному составу от воды водоприемников, при их смешении возможно изменение физических и химических свойств, что, в свою очередь, ведет к изменениям в экоценозах и соответствующим изменениям в продукционно-деструкционных процессах.

Перечисленные водоемы расположены в Свердловской области и относятся к системе Обского бассейна. Исследования проводились с 1994 по 1996 гг. За это время была выполнена батиметрическая съемка, проведены круглогодичные наблюдения гидрохимического состава воды и концентрации хлорофилла *a*. В вегетационные периоды измеряли скляночным методом первичную продукцию и деструкцию фитопланктона, а методом изолятов – скорость выхода биогенов из донных отложений.

В данной работе сравниваются Аятское водохранилище и оз. Таватуй, отличающиеся по морфометрии, физическим и химическим свойствам воды, а также по гидробиологическим показателям.

Аятское водохранилище расположено среди заболоченного лесного массива и имеет большую площадь сплавин. Средняя глубина 3 м. Летом цветность воды составляла 119–143°, прозрачность –1.06–1.13 м, содержание биогенных веществ: PO_4 – 0.002–0.003 мг/л, $\text{P}_{\text{общ.}}$ – 0.040–0.052 мг/л, NO_3 – 0.185–0.232 мг/л, NO_2 – 0.001–0.003 мг/л, NH_4 – 0.51–0.56 мг/л, $\text{N}_{\text{общ.}}$ – от 1.079 до 1.381 мг/л. Среднее содержание хлорофилла *a* летом

варьировало от 6.4 до 15.1 мкг/л. Средняя величина первичной продукции под 1 м² за вегетационный период в 1995 г. составляла 163.4 мг С/л·сут, деструкции – 382 мг С/л·сут, соотношение $\Sigma A/\Sigma R$ – 0.6. В 1996 г. синтезировалось под 1 м² в среднем за сезон 451 мг С/л·сут, разрушалось – 416 мг С/л·сут, а $\Sigma A/\Sigma R$ было равно 1.2.

Озеро Таватуй занимает тектоническое понижение, сложенное гранито-гнейсами. Оно окружено лесами. Средняя глубина 5.8 м. Летом цветность воды достигала 18°, а прозрачность – 2.5–2.7 м. Содержание биогенных элементов: PO_4 – от 0.002 на поверхности до 0.005 мг/л возле дна, $\text{P}_{\text{общ.}}$ – 0.022–0.039 мг/л, NO_3 – 0.053–0.055 мг/л, NO_2 – 0.002–0.004 мг/л, NH_4 – 0.221–0.256 мг/л, $\text{N}_{\text{общ.}}$ – 0.719–0.819 мг/л. Среднее содержание хлорофилла *a* за вегетационный период 1995 г. – 5.1 мкг/л, а в 1996 г. – 5.9 мкг/л. Средняя первичная продукция под 1 м² за сезон в 1995 г. составила 503 мг С/л·сут, деструкция – 530 мг С/л·сут, а $\Sigma A/\Sigma R$ было равно 0.9. В 1996 г. синтезировалось под 1 м² в среднем за сезон 474 мг С/л·сут, разрушалось – 289 мг С/л·сут, а $\Sigma A/\Sigma R$ достигало 1.6.

Из представленных материалов следует, что хотя концентрации биогенных веществ и содержание хлорофилла *a* в Вятском водохранилище были достоверно выше, чем в оз. Таватуй, первичная продукция в оз. Таватуй оказалась выше, чем в Аятском водохранилище вследствие больших глубин и высокой прозрачности воды.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ УЧАСТКОВ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ

Н.Н. Назаров

Пермский государственный университет, Пермь, Россия, nazarov@psu.ru

Одним из важнейших в методологическом отношении достижений для целого ряда естественных наук геолого-географического направления является использование в качестве объекта изучения некоторого дискретного, ограниченного в пространстве участка территории. В зависимости от цели и масштаба исследований, например в ландшафтоведении, таковыми являются урочище, фация и некоторые другие геосистемы, в динамической геоморфологии – элементарный бассейн, в геологии полезных ископаемых – месторождение и т.д. Закономерным следствием изучения конкретных объектов в данных научных направлениях стали разработки сложных, но логически выдержанных классификаций, где «тип» является не как нечто данное или «готовое», а как результат научного обобщения

множества конкретных, или индивидуальных ситуаций, реально существующих в пространстве.

Сегодня «сухим остатком» от реализации всего спектра взглядов на объект классификации или дифференциации берегов водохранилищ (Д.П. Финаров, А.И. Ермолаев, А.Д. Колбутов, Е.Г. Качугин, И.А. Печеркин и др.) является «генетический тип берега» (оползневой, абразионно-обвальный и др.). Судя по современным публикациям, посвященным проблемам берегов водохранилищ, типы, выделенные по ведущим экзогенным процессам, фактически составляют «конец» и «начало» классификации. Причина подобной простоты систематизации берегов, по-видимому, состоит в том, что образование «типов» происходило не путем интеграции отдельных территориальных образований в самостоятельную группу (принцип любой классификации), а путем выделения из целого, в данном случае из всего многообразия береговых обстановок (прием «от общего – к частному» обычно используется при проведении районирования).

Многолетние детальные исследования берегов камских водохранилищ, включающие в себя визуальное картирование, дешифрирование аэрофотоснимков, пешее маршрутирование, позволили нам при проведении мониторинговых исследований отказаться от типизации «берегов» и перейти на новый уровень обобщений береговой обстановки. В качестве базовой классификационной единицы был выбран элементарный участок берега (ЭУБ) – однородный по морфологии, морфометрии, экспозиции и геологическому строению участок берегового склона или уступа, генетическое единство экзодинамического развития которого обеспечивается волноэнергетическими свойствами (характеристиками) смежного сектора акватории водоема, включающими его ширину и глубину.

Для «зрелого» водохранилища, каким является Камское водохранилище, классификация ЭУБ выглядит следующим образом (сверху вниз):

отдел объединяет участки по характеру морфолитогенеза берега (преимущественно волнового, флювиального);

класс – результат объединения участков по составу горных пород;

тип объединяет участки по ведущему процессу рельефообразования на контакте водоема с берегом (абразионный, аккумулятивный, «нейтральный»);

подтип выделяется по ведущему процессу, моделирующему береговой уступ (осыпной, обвальный, оползневой и др.);

семейство – результат интеграции участков по высоте берега (менее 2, 2–6, 7–12, 13–18, более 18 м);

род объединяет участки по особенностям распределения глубин в прибрежной зоне (отмелые, приглубые);

подрод детализирует условия распределения ряда параметров (крутизна отмели, расстояние от подошвы склона до местоположения изобаты 2 м) в группах;

вид – объединение участков в группу по средней ширине водоема в пределах «рабочего» сектора волнения ($\pm 45^\circ$ от нормали).

НЕЗАКОННОЕ РЕСУРСОПОЛЬЗОВАНИЕ НА ДНЕПРОВСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Р.А. Новицкий

Днепропетровский национальный университет,
Днепропетровск, Украина, zoolog@ukr.net

Резкое снижение жизненного уровня подавляющей части населения Украины обусловило поиск различных путей выживания в новых экономических условиях. Незаконная эксплуатация природных ресурсов (браконьерство) на фоне упадка государственных форм ресурсопользования значительно усилилась. Незаконные формы изъятия водных живых ресурсов к концу 1990-х гг. приобретают организованный характер, появляются новые методы добычи, повышается мобильность браконьеров. Все это приводит к тому, что в настоящее время масштабы незаконной добычи ценных видов рыб превышают объемы промыслового лова в 2–4 раза, а общий вылов рыбы и беспозвоночных браконьерами практически не поддается учету.

Наряду с ярко выраженной преступной формой изъятия водных ресурсов браконьерами с использованием запрещенных орудий и методов лова (острожение, багрение, электролов), ловлей ценных видов рыб на запрещенных участках – нерестилищах, зимовальных ямах и т.д. – отмечается высокий процент нарушений Правил любительского и спортивного рыболовства (1999) рыбаками-любителями. Например, по нашим данным, любительская ловля леща *Abramis brama*, судака *Stizostedion lucioperca*, сома *Silurus glanis* и щуки *Esox lucius* наиболее часто сопровождается такими нарушениями Правил, как превышение суточной нормы вылова (56.6%), вылов ювенильных особей, не достигших половой зрелости и минимальной промысловой меры (32.7%), использование запрещенных способов и орудий лова (10.1%).

Незаконное ресурсопользование вкупе с негативным техногенным воздействием на Днепровском (Запорожском) водохранилище привели к кризисному состоянию некоторых промыслово-ценных видов рыб (судак, сом, жерех). Особо опасными проявлениями браконьерства в настоящее время являются применение электролова на водоемах (особенно на нерес-

товых участках), интенсивный вылов ценных видов во время преднерестового «жора» и на путях миграций.

Только в городской черте Днепропетровска и Днепродзержинска (Днепровское и Днепродзержинское водохранилища) в ночное время еженедельно в период с апреля по ноябрь отмечается до 12–17 «электробраконьеров», наносящих водным экосистемам и гидробионтам непоправимый ущерб. При подводном обследовании акваторий, подвергшихся влиянию электрического тока, фиксируется большое количество погибшей травмированной рыбы и беспозвоночных. Исследования в 2000 г. на Днепре в районе ж/м Приднепровский, пгт. Таромское показали, что на площади около 100 м² в среднем на дне остается до 24–35 кг рыбы 11 видов, из которых 6 относится к промыслово-ценным.

Кроме использования рыбных запасов отмечается интенсивное изъятие других живых водных ресурсов – речного рака, мотыля, трубочника, бокоплава, а также водной растительности. По предварительным подсчетам, только на р. Самара и Самарском заливе Днепровского водохранилища в 1997–1999 гг. незаконно вылавливалось до 55–70 тыс. экз. речного рака (длиной 9 см и более), в том числе и в зимний период с использованием автономных дыхательных приборов (аквалангов).

Начиная с весны 2001 г. на водохранилище ведутся работы по заготовке тростника *Phragmites australis* (Самарский плес, Таромские, Мандрыковские плавни) с использованием комбайнов-камышкосилок. Только за сентябрь–ноябрь 2001 г. ориентировочно было заготовлено около 17 т тростника. Как правило, такие мероприятия проводятся без каких-либо научных экологических обоснований, проектов, а следовательно, незаконно. Кроме того, они приводят к уничтожению многих видов гидробионтов, разрушают их местообитания и способствуют интенсивным сукцессионным процессам гидросистемы.

Таким образом, в настоящее время отмечается мощный негативный антропогенный (человеческий) прессинг на водохранилища днепровского каскада. Незаконное ресурсопользование (браконьерство) способно подорвать промысловые запасы многих видов гидробионтов в водохранилищных экосистемах за несколько лет, как это сейчас наблюдается с запасами сома, жереха, судака. Поэтому государственное обеспечение комплекса контролируемых мероприятий на водоемах Украины является крайне важным. К сожалению, приходится констатировать тот факт, что для эффективной борьбы с незаконным природопользованием прежде всего должна быть ликвидирована основная предпосылка браконьерства – крайне низкое экономическое благополучие большинства населения Украины.

ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОТОЙ ГОРОДСКИХ ВОДОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

А.П. Остапеня, Т.А. Макаревич, Е.В. Лукьянова

Белорусский госуниверситет, Минск, Республика Беларусь, ostap@bsu.by

Известно, что водопроводные системы практически всех городов мира, получающие воду как из поверхностных, так и из подземных источников, в той или иной степени загрязнены непатогенной биотой. Не представляя непосредственной паразитологической или эпидемиологической опасности, высокие уровни биозагрязнения питьевой воды могут привести к серьезным социальным последствиям.

Проблема загрязнения питьевой воды непатогенной биотой изучалась в периоды с 1994 по 1995 и с 1999 по 2002 гг. на примере системы питьевого водоснабжения г. Минска. Водопроводная система г. Минска питается частично из артезианских водоносных горизонтов, а частично из поверхностного водозабора – Вилейско-Минской водной системы. В периоды повышенного водопотребления артезианские воды смешиваются с поверхностными.

В водопроводной сети г. Минска как на участках открытого, так и закрытого водозабора присутствуют водоросли и беспозвоночные. Обнаружено 23 вида водорослей из пяти отделов (Cyanophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta) и 14 видов беспозвоночных, относящихся к классам Nematoda, Monogononta, Oligochaeta, Arachnida, Branchiopoda, Maxillopoda, Insecta.

Биоту водопроводной сети можно разделить на две группы: аллохтонную и автохтонную. Аллохтонная биота – это в основном представители лимнического планктонного комплекса, попадающие в водопровод из поверхностного водозабора. Это «транзитная» биота, не приспособленная к существованию в специфических условиях водопровода, присутствует в течение всего года как на участках открытого, так и закрытого водозабора. На участках закрытого водозабора численность аллохтонной биоты существенно ниже. Годовая динамика численности планктонных организмов в питьевой воде соответствует динамике их численности в Резервном водохранилище Вилейско-Минской водной системы, из которого вода поступает в городской водопровод. Максимальная в годовом цикле величина численности зоопланктона в питьевой воде достигала 360 экз./м³. Загрязненность питьевой воды фитопланктоном существенно выше. В период «цветения» синезелеными Резервного водохранилища, численность водорослей в питьевой воде составляла около 100 млрд. кл./м³, а биомасса – свыше 4 г/м³.

Автохтонная биота представлена донными беспозвоночными (олигохеты, нематоды и др.), способными проходить полный цикл развития при низких температурах, дефиците растворенного кислорода, отсутствии света и сложном гидрологическом режиме водопроводной системы. Эти организмы заселяют осадки, формирующиеся в резервуарах-накопителях насосных станций, получающих артезианскую воду. Установлено, что они существуют за счет короткой трофической цепи, началом которой служит закисное железо, содержание которого высоко в артезианских водах г. Минска. Закисное железо обеспечивает энергетические потребности хемосинтезирующих железобактерий. Последние, развиваясь в массе в осадках резервуаров-накопителей, способны поддерживать достаточно обильную аборигенную биоту.

ЯВЛЕНИЕ ПОКАТНОЙ МИГРАЦИИ РЫБ ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ

Д.С. Павлов, А.И. Лупандин, В.В. Костин

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия, DSPavlov@narod.ru, povedenie@narod.ru,
kostin@genome.eimb.relarn.ru*

Покатная миграция – неотъемлемая часть миграционного цикла рыб. Она наиболее ярко выражена в ранние периоды онтогенеза и представляет собой первую, и весьма важную часть этого цикла, от которой зависят масштаб миграций в последующие периоды жизни, а также многие стороны экологии рыб. Эта миграция характерна как для проходных и полупроходных, так и для туводных рыб. Такая форма миграции наблюдается не только в водотоках, но и в водоемах с замедленным водообменом (озерах и водохранилищах), где, так или иначе, всегда имеются определенные течения. Зарегулирование стока большинства рыбохозяйственных рек мира и создание водохранилищ резко изменили режим течений во внутренних водоемах, нарушив тем самым веками сложившиеся экологические связи, а следовательно, и условия для миграций рыб, в том числе и покатных.

Явление покатной миграции рыб из водохранилищ хорошо известно и широко распространено. Количество рыб, мигрирующих из водохранилища, может составлять миллиарды особей в год. Наибольшая часть популяции выносятся у видов, обитающих в пелагиали водохранилища (снеток, судак, ряпушка), затем – у видов, обитающих в сублиторали и батии (лещ, укля, окунь, ерш), и наименьшая часть – у видов, обитающих в прибрежно-зарослевых участках (щука, густера, плотва, язь, линь, красно-

перка). Такая последовательность определяется, с одной стороны, постепенным ослаблением воздействия стоковых течений, а с другой – соответствующим улучшением условий ориентации. Оценка соотношения численности обитателей водохранилища и покатников показала, что у рыб первой группы (судак, снеток) масштабы миграции за год составляют 15–24% от общего количества рыб данного вида, у рыб второй группы – 0.8–3.6%, а у третьей – 0–0.2%.

В докладе будут рассмотрены закономерности и механизмы покатных миграций рыб из водохранилищ, а также возможная стратегия их охраны.

ДИНАМИКА РАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОДОХРАНИЛИЩ С РАЗНЫМ ГИДРОРЕЖИМОМ

В.Г. Папченков

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

Динамика разнообразия растительного покрова водоемов неразрывно связана с процессами их зарастания. На водохранилищах эти процессы во многом зависят от степени постоянства водного уровня в водоеме, что отчетливо показывают наблюдения за развитием растительного покрова в волжских водохранилищах, существенно различающихся по этому параметру. Полученные материалы отчетливо показывают, что зарастание водохранилищ со стабильным гидрорежимом, формирование их растительного покрова и изменение его разнообразия происходят значительно быстрее, чем на водохранилищах с переменным уровнем наполнения.

Так, на Иваньковском водохранилище этап формирования устойчивых сообществ высокотравных гелофитов завершился уже на седьмой год существования водоема и всего два десятилетия потребовалось для того, чтобы сукцессия зрелого и очень разнообразного к этому времени растительного покрова подошла к заключительным болотным стадиям, для которых характерно не возрастание, а снижение разнообразия. Дальнейшее зарастание происходило уже при обязательном участии процессов заболачивания, течение которых имеет явно пульсирующий и скачкообразный характер. При этом начальная фаза постепенного заболачивания мелководий с образованием отдельных сплавин заняла около 10 лет. Вторая фаза болотообразовательного процесса, начало которой знаменовалось массовым сплавинообразованием, длилась примерно 20 лет. Эта фаза состояла из двух подфаз: первой, очень быстрой, когда почти разом возникло много молодых сплавин, и второй, медленной, когда эти сплавины постепенно разрастались и заселялись ивами. Следующая, третья фаза была наиболее

короткой. Она продолжалась не более 3–5 лет и была связана с периодом, когда ивняки разрослись до такой степени, что их корни прочно связали сплавины с дном водоема, и сплавины стали берегом.

На южном Куйбышевском водохранилище образование устойчивых гелофитных сообществ продолжалось не 7, а почти 20 лет; насыщение синтаксономического (но не флористического) разнообразия стало ощущаться после 30 лет существования водоема, но оно было связано не с сукцессионными процессами, а с установившимся динамическим равновесием растительного покрова, при котором слабо сформированные фитоценозы то разрушаются, то восстанавливаются в условиях крайне неустойчивого водного режима. Вместе с тем разнообразие растительности продолжало постепенно нарастать за счет усложнения сообществ растений на защищенных от волнения мелководьях. Флористическое разнообразие растительного покрова не подвержено столь резким колебаниям, поскольку даже при неблагоприятных условиях, когда многие сообщества не развиваются, большинство видов растений сохраняются, и поэтому идет постоянное нарастание таксономического разнообразия флоры с перепадами темпов этого процесса. Таким образом, динамика разнообразия растительного покрова Куйбышевского водохранилища имеет волнообразный характер с отчетливой общей тенденцией к повышению.

На северном Рыбинском водохранилище для достижения фазы доминирования устойчивых сообществ высокотравных гелофитов потребовалось целых 35 лет, но с появлением этих сообществ стали развиваться процессы заболачивания, хотя, в отличие от Иваньковского водохранилища, здесь образуются не сплавины, а осоковые, осоково-хвощевые и манниковые топи, которые через 15–20 лет переходят в заболоченный, сырлужовой или закустаренный берег. Одновременно идет экспансия водных и прибрежно-водных растений на новые мелководные участки. Увеличение как синтаксономического, так и флористического разнообразия при этом весьма незначительное, следовательно растительный покров Рыбинского водохранилища, как и Куйбышевского, на котором заболачивания нет до сих пор, еще очень долго будет находиться в «молодом», слабо развитом состоянии.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ЗООПЛАНКТОНА ПЕЛАГИАЛИ КАНЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.В. Пашкова

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, vadol@svitonline.com

Для исследования процессов формирования качественного состава зоопланктона пелагиали Каневского водохранилища была произведена сравнительная оценка его состояния до и после создания водохранилища с использованием литературных и собственных материалов. Зоопланктон в среднем течении реки Днепр в 30-е годы был достаточно разнообразен в качественном отношении. В фаунистическом спектре по числу видов коловратки составляли 55%, ветвистоусые ракообразные – 30% и веслоногие – 15%. Наиболее часто встречающимися и массовыми видами были коловратки *Polyarthra vulgaris*, *Asplanchna priodonta*, *Brachionus quadridentatus*, *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *B. urceus*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Filinia longiseta*, *Anuraeopsis fissa*, *Pompholix complanata* и ветвистоусые *Diaphanosoma brachyurum*, *Moina micrura*, *Bosmina longirostris*, *Bosminopsis deitersi*.

В 80–90-е годы зоопланктон в пелагиали Каневского водохранилища отличался большим качественным разнообразием, увеличившимся по сравнению с рекой. В его составе, очень сходном в межгодовом аспекте, было обнаружено 127 видов и таксонов других рангов, в том числе 51 вид коловраток Rotatoria, 49 видов ветвистоусых ракообразных Cladocera и 24 вида веслоногих Copepoda, а также ракушковые ракообразные Ostracoda и личинки двустворчатых моллюсков, главным образом, дрейссен. В фаунистическом спектре по сравнению с рекой резко уменьшилась доля ротаторий, составив 40%, в то время как процент ракообразных увеличился: кладоцер стало 40%, а копепод – 20%. По всему водохранилищу в пелагиали на протяжении всего периода исследований с большим постоянством доминировали по биомассе *A. priodonta*, *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *Euchlanis dilatata*, *Daphnia cucullata*, *D. longispina*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Chydorus sphaericus*, *Corniger maeoticus*, *Evadne trigona*, *Bosmina coregoni*, *Heterocope caspia*, *Eurythemora velox*, *E. affinis*, *Acanthocyclops vernalis*. Фаунистический спектр видов-доминантов характеризовался соотношением 27%–47%–27%, т.е. доля кладоцер и копепод еще больше возросла.

Преобразования, которые видовой состав зоопланктона реки претерпел с постройкой водохранилища в 70-е годы, состояли в следующем: некоторые массовые виды (*A. fissa*, *P. complanata*, *B. deitersi*) исчезли или стали чрезвычайно редкими; несколько доминирующих и массовых видов

(*B. angularis*, *B. urceus*, *B. ongirostris*) стали менее многочисленными, хотя многие из них смогли сохранить свой статус (*P. vulgaris*, *A. priodonta*, *B. quadridentatus*, *B. calyciflorus*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *F. longiseta*, *D. brachyurum*, *M. micrura*). Часть единичных в реке видов в водохранилище стала доминантами и субдоминантами (*E. dilatata*, *D. longispina*, *D. cucullata*, *Ch. sphaericus*, *B. coregoni*, *Polyphemus pediculus*, *E. velox*, *Diaphthomus gracilis*, *A. vernalis*, *Mesocyclops oithonoides*, *M. rassus*), а несколько видов, никогда не обитавших в реке (представители каспийского комплекса *C. maeoticus*, *E. trigona*, *H. caspia*), появились в водохранилище в результате инвазии из устьевых участков и, более того, стали доминантами.

Таким образом, превращение потамофильного зоопланктона в лимнофильный в качественном аспекте состояло в увеличении общего видового богатства за счет ракообразных и переходе доминирования от коловраток к ракообразным, в основном ветвистоусым. Описанная перестройка видового состава зоопланктона, происходящая в пелагиали водохранилища в первые годы после его сооружения на реке, представляет собой начальный этап экологической сукцессии или этап формирования, который в связи с быстрым формированием толщи воды как биотопа и короткими жизненными циклами зоопланктеров краткосрочен и быстротечен. На протяжении последующего этапа сукцессии, длительного и медленного, или этапа функционирования видовой состав в основном остается стабильным и не меняется много лет, хотя и может испытывать более или менее серьезные флуктуации за счет изменения уровня количественного развития видов, главным образом доминантов.

НАКОПЛЕНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭКОСИСТЕМЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

М.А. Перевозников, Е.С. Светашова, А.А. Тарбенюк

*Государственный научно-исследовательский институт озерного и
речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ), Санкт-Петербург, Россия,
niorkh@mail.lanck.net*

В лаборатории экологической токсикологии ГосНИОРХ на протяжении ряда лет проводятся исследования экологического состояния водохранилищ. Основным критерием оценки этого состояния служит наличие токсических веществ в концентрациях, превышающих предельно допустимые нормативы содержания их в различных звеньях экосистемы. При оценке ихтиотоксикологического состояния водохранилищ химико-аналитическому исследованию подвергаются пробы воды, водной растительности, донных отложений и гидробионтов, а именно завершающего звена трофической цепи водоемов – рыб. При этом отбор проб производится одновременно в одном и том же месте. Особое внимание уделяется определению загрязненности водохранилищ ионами тяжелых металлов (ТМ), среди которых наиболее распространенными и токсичными являются кадмий, свинец, медь и цинк. Содержание этих металлов в различных звеньях экосистемы определяется методом инверсионной вольт-амперометрии по утвержденным методикам.

Сведения о накоплении и распределении ТМ в различных звеньях экологической цепи водоема весьма немногочисленны, особенно это касается наиболее характерных для современных условий случаев одновременного присутствия нескольких ТМ, когда возможно их взаимовлияние.

Исследовали экологическое состояние водохранилищ бассейна р. Волги: Угличского, Ивановского, Горьковского, Чебоксарского, Воткинского, Камского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского и Цимлянского. Кроме того, изучались малые реки, впадающие в эти водохранилища. Всего проанализировано более трехсот проб воды, донных отложений и рыб из различных пунктов отбора.

В большинстве проб воды содержание ТМ превышало предельно допустимое в воде рыбохозяйственных водоемов (ПДК). Так, практически во всех пробах воды содержание меди превышало ПДК в 5–8 раз, а в ряде случаев были отмечены и более высокие превышения рыбохозяйственного норматива по меди. Наиболее высокое содержание меди в воде Горьковского водохранилища обнаружено у г. Кострома – 21 ПДК, г. Чкаловска – 17 ПДК; в Чебоксарском водохранилище у г. Козьмодемьянск – 111 ПДК; в Камском водохранилище у г. Сенгелей – 54 ПДК; в устье р. Белой и в Икском устье – 17 ПДК; в Куйбышевском водохрани-

лище у г. Новочебоксарск – 115 ПДК, в Каменском плесе, с. Вандовка – 100 ПДК; в Саратовском водохранилище ниже г. Саратова – 32 ПДК; в Цимлянском водохранилище, в центре Чирского плеса – 33 ПДК.

Содержание свинца в большинстве проб воды превышало ПДК в 3–5 раз. Наиболее высокое содержание свинца обнаружено в Куйбышевском водохранилище (правобережная пойма в Удмуртии, 12 ПДК).

В ряде проб воды содержание кадмия превышало ПДК в 2–3 раза. Наиболее высокое содержание кадмия обнаружено в Куйбышевском водохранилище: Каменский плес, с. Вандовка – 28 ПДК, Васильевский КНП – 14 ПДК.

Содержание цинка в ряде проб оказалась значительно выше ПДК: в Чебоксарском водохранилище у с. Подновье – 28 ПДК; в Воткинском водохранилище – 50 ПДК; в Камском водохранилище, в районе Б. Туй – 33 ПДК, в устье р. Белой – 37 ПДК.

Накопление ТМ в водной растительности и донных отложениях происходит в соответствии с их содержанием в воде; в большинстве случаев содержание тяжелых металлов в донных отложениях в несколько раз превышало ПДК для почв; наблюдалось накопление ТМ в рыбах, ведущих придонный образ жизни.

На основании результатов исследований выделены наиболее загрязненные ТМ участки водохранилищ, показано, что основное количество ТМ вносится в волжские водохранилища впадающими реками и поступает со стоками крупных населенных пунктов.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРУКТУРЫ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

С.Н. Перова, Г.Х. Щербина

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
perova@ibiw.yaroslavl.ru, gregory@ibiw.yaroslavl.ru*

Горьковское водохранилище, заполненное в 1955–1957 гг., – водоем озерно-речного типа. Мониторинг макрозообентоса на стандартных станциях проводился сотрудниками ИБВВ РАН с момента создания водохранилища в течение более 40 лет. За этот период заметно изменился видовой состав донного населения, его распределение по биотопам, а также количественные характеристики – численность и биомасса.

С использованием литературных данных и результатов бентосных съемок был составлен полный список видов макрозообентоса, обнаруженных в водохранилище с момента заполнения и до 2000 г. Всего в водохрани-

лище отмечено 236 видов, относящихся к 12 систематическим группам. Наиболее широко представлены хирономиды – 87, моллюски – 61 и олигохеты – 42 вида. На долю этих трех групп приходится 81% от общего числа видов. Пиявок отмечено 10 видов, ракообразных – 3, прочих – 33.

В первые годы после зарегулирования (1956–1959) видовое разнообразие донного населения было достаточно велико – 135 видов. Средняя биомасса макрозообентоса на затопленной суше достигала 10 г/м^2 (Мордухай-Болтовской, 1961). С начала 60-х годов, когда завершился процесс формирования донной фауны водохранилища, произошло снижение величин средней биомассы макрозообентоса до $3\text{--}4 \text{ г/м}^2$. По данным В.И. Митропольского, в 1971–1973 гг. в водохранилище насчитывалось только 38 видов донных макробеспозвоночных. В течение длительного последующего периода макрозообентос Горьковского водохранилища оставался бедным по биомассе и однообразным по видовому составу (29–30 видов). С середины 80-х годов и до 2000 г. происходило значительное повышение продуктивности донных сообществ Горьковского водохранилища. В первой половине 80-х годов средневзвешенная биомасса по озерной части возросла до 8.5 г/м^2 (Бисеров, 1988), в 1989 – до 23 г/м^2 , в 1993–1995 гг. она составляла $\sim 17 \text{ г/м}^2$. Основу биомассы макрозообентоса, как и в предыдущие годы, составлял мотыль *Chironomus plumosus*. В начале 90-х годов наблюдалось значительное увеличение видового разнообразия макрозообентоса: 1989 – 31 вид, 1993 – 58, 1995 – 71. Особенно заметно возросло число видов моллюсков и личинок насекомых в речной части. К 2000 г. средневзвешенная биомасса в озерной части возросла до 28.1 г/м^2 , однако количество найденных видов макробеспозвоночных составило только 31. Количественные характеристики макрозообентоса в озерной части были значительно выше, чем в речной. Основу численности и биомассы озерной части составляли хирономиды, среди которых доминировал мотыль, речной части – олигохеты. Представители других групп донного населения были немногочисленны, а их доля в общей биомассе незначительна.

Как показал анализ многолетних наблюдений в озерной части, средние биомассы макрозообентоса в русле почти всегда были выше, чем на затопленной суше и лишь в отдельные годы (1957, 1966, 1974, 1989, 1995) эти величины достоверно не различались. В несколько раз большая продуктивность русловых участков объясняется наличием в них значительного слоя иловых отложений (до 25 см) (Леонов, 1979). Как и ранее, озерная часть, основу биомассы макрозообентоса которой составляет мотыль, наиболее пригодна для нагула леща, густеры, и других бентосоядных рыб.

Возрастание средних величин численности и биомассы моллюска *Dreissena polymorpha* (в 2000 г. в несколько раз выше по сравнению с 1981

г.) вызвало повышение трофности водохранилища, что благоприятствовало развитию донной фауны. Увеличение в водохранилище площадей, занятых биоценозом дрейссены, способствовало массовому развитию видов-вселенцев – *Gmelinoides fasciatus* и *Hypania invalida*, –являющихся ценными кормовыми объектами для бентосоядных рыб. Современное состояние структуры донных сообществ Горьковского водохранилища характеризуется ростом средних величин численности и биомассы основных групп макрозообентоса и увеличением его видового богатства.

СОВРЕМЕННОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФАУНЫ КАСПИЙСКОГО КОМПЛЕКСА В ДНЕПРЕ И ЕГО ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Ю.В. Плигин, Н.И. Гончаренко, О.В. Пашкова,
В.Л. Долинский, С.Ф. Матчинская

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, vadol@svitonline.com

Существенными компонентами биоты в реках бассейнов Каспийского, Черного и Азовского морей являются беспозвоночные и рыбы каспийской фауны. Многие ее виды распространены на сотни километров от устья до вершинных участков таких рек, как Волга, Дон, Урал, Днестр, Южный Буг. Исключение составлял Днепр, где распространение большинства солоновато-водных каспийских видов беспозвоночных ограничивалось Днепровско-Бугским лиманом и участком реки ниже днепровских порогов (6 видов зоопланктона и 27 видов зообентоса).

Выше порогов и на среднем Днепре не встречалось ни одного вида зоопланктона каспийской фауны, но зообентос насчитывал 5 видов. С начала зарегулирования Днепра и после затопления его порогов водами Запорожского водохранилища (1934 г.) появилась возможность для свободной миграции водных организмов по всему Днепру. При последующем интенсивном гидротехническом строительстве было создано еще 5 плотин ГЭС, что превратило часть Днепра на протяжении почти 1000 км в систему из 6 крупных малопроточных водоемов, ихтиофауна которых обеднела за счет исчезновения проходных и полупроходных видов рыб. В процессе этого строительства гидробиологами СССР и Украины было обосновано мнение, что для получения максимальной рыбопродуктивности вновь созданных водоемов после существенного изменения их ихтиофауны и состава беспозвоночных, необходимо провести мероприятия по обогащению кормовой базы рыб за счет интродукции в водохранилища каспийских беспозвоночных из низовьев Днепра, Южного Буга и Дуная. Эти работы активно проводились в 50–60-е годы XX столетия по всему среднему Днепру.

Большинство мероприятий по вселению ракообразных (гаммарид и мизид) окончились успешной акклиматизацией этих видов. Из интродуцированных каспийских моллюсков лишь *Hypanis colorata* Eichw. сравнительно успешно освоил 4 нижних водохранилища.

С начала 1970-х годов отмечается постоянное расширение на север границ ареалов большинства акклиматизированных видов беспозвоночных. Одновременно появились сведения об инвазии на север беспозвоночных, не являвшихся объектами интродукции. В частности, вверх по течению Днепра начали продвигаться *Dreissena bugensis* (Andr.), полихеты (3 вида), гаммариды (7 видов), мизиды (1 вид), кумовые (4 вида), планктонные ракообразные (6 видов), многие из которых стали доминантами.

В 1980-е годы в трех верхних водохранилищах отмечались последовательные вспышки численности тюльки *Clupeonella delicatula delicatula* (Nord.) – каспийского солоноватоводного вида. Появились бычки: бычок-головач *Neogobius kessleri* (Günt.), бычок-гонец *Neogobius gymnotrachelus* (Kessl.), пугловка звездчатая *Benthophylus stellatus stellatus* (Sauvag.).

Перспективным для днепровских водохранилищ является регулярное вселение молоди черного амура *Mylopharyngodon piceus* (Rich.) и стерляди *Acipenser ruthenus* L., для которых существует высокопродуктивная кормовая база, формирующаяся за счет каспийских ракообразных и моллюсков.

Главные факторы успешной акклиматизации и спонтанной инвазии животных каспийского комплекса в водохранилищах Днепра – наблюдавшиеся с 1960-х до 1990-х годов повышение нижнего порога минерализации воды в 1.5–2 раза, смена состава доминирующих ионов и снижение цветности воды, определяемое гуминовыми и фульвокислотами, в 1.2–4 раза (в разных водохранилищах), а также высокий адаптационный потенциал каспийцев.

Данное сообщение базируется на результатах исследований, выполненных при поддержке Государственного фонда фундаментальных исследований Миннауки Украины (проект 6.4/309 «Борисфен»).

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОЗДАНИЮ ВОДОХРАНИЛИЩА БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

В.А. Плющ

ОАО «Институт Гидропроект», Москва, Россия, hydro@hydroproject.ru

Четвертая ступень каскада гидроэлектростанций на р. Ангаре – Богучанская ГЭС – расположена в 500 км северо-западнее г. Красноярска. Основные показатели гидроузла: протяженность подпорных сооружений – 2590 м, в т.ч. бетонных – 760 м и грунтовых – 1830 м; максимальная высота плотины – 87 м; проектная мощность станции – 3000 МВт; среднемноголетняя выработка электроэнергии – 17.6 млрд. кВт·ч.

При НПУ 208.0 м водохранилище простирается до Усть-Илимской ГЭС на длину 375 км, площадь зеркала – 2325 км², затопление земель – 1495 км², объем водохранилища – 58 км³.

Строительство основных сооружений и подготовка зоны водохранилища осуществлялись с 1980 г. В 1987 г. было произведено перекрытие р. Ангары с наполнением водохранилища до отметки 142.0 м (подпор составил порядка 4 м) и пропуском расходов через основные сооружения. В дальнейшем почти на десятилетие с 1991 по 1999 гг. строительство было практически приостановлено. В 2000 г. работы возобновились с учетом подготовки к 2005 г. пуска первой очереди с подпорной отметкой водохранилища 185.0 м. Показатели водохранилища при этой отметке: протяженность – 270 км, площадь зеркала – 1130 км², затопление земель – 519 км², объем – 18.5 км³. Пуск на этой отметке при уменьшении мощности агрегатов в 1.8 раза позволяет значительно сократить затопление земель (почти в 3 раза). Кроме того, сокращаются объемы работ и капитальные вложения на пуск, ускоряется ввод станции. К настоящему времени готовность пускового комплекса первой очереди гидроузла оценивается в 75%.

В связи со значительным снижением пусковой отметки в настоящее время институт «Гидропроект» совместно с субподрядными организациями составляет проект для подпорной отметки 185.0 м по основным сооружениям, мероприятиям в зоне водохранилища, оценке воздействий на окружающую среду и по ее охране.

Основные мероприятия по подготовке водохранилища: переселение жителей из 30 населенных пунктов (переселено 8 тыс. из 11.5 тыс. человек) со строительством благоустроенного жилья и промышленных предприятий; лесосводка, выполненная в объеме 10 млн. м³ (общий запас древесно-кустарниковой растительности 13.5 млн. м³); обеспечение транспортных связей (постройка автодорог до Красноярска, Братска и Усть-

Илимска, а также организация судоходства по водохранилищу); восстановление сельскохозяйственного производства; организация рыбозаводства и рыболовства. Строительство новых поселений и других объектов осуществляется вне зон влияния затопления, берегопереработки и подтопления.

Объемы финансирования мероприятий по подготовке зоны водохранилища и строительству основных сооружений в 2001 и 2002 гг. крайне незначительны. Для завершения работ и пуска станции, даже на пониженной отметке, требуется значительное увеличение выделения капиталовложений уже в 2003 и последующих годах.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОСИСТЕМУ ВОДОХРАНИЛИЩА

С.А. Поддубный, Э.В. Сухова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
spod@ibiw.yaroslavl.ru, sukh@ibiw.yaroslavl.ru*

Предлагаемый программный комплекс (ПК) разработан для оценки влияния гидродинамических и антропогенных факторов на экосистему водохранилищ и представляет собой набор самостоятельных и взаимосвязанных блоков (математических моделей). Предназначение ПК заключается в следующем:

- изучение особенностей структуры течений в мелководной и глубоководной зонах водохранилищ при различных гидрометеорологических условиях;
- расчет траекторий перемещения единичных объемов воды – индикаторов структуры горизонтальной циркуляции водных масс;
- расчет перемещения и распределения под действием течений скопленных планктона и рыб, выявление зон аккумуляции биомассы;
- расчет распространения вод повышенной мутности, возникающих в результате проведения на водоемах разного рода строительных работ;
- расчет распространения консервативной и неконсервативной примеси, поступающей в водоем со сточными водами производственной, бытовой и сельскохозяйственной сферы и с водами притоков.
- расчет режимных характеристик ветровых волн в глубоководной и мелководной зонах водохранилищ;
- оценка раздельного и совместного воздействия волн и течений на мелководные участки водохранилищ;

- оценка пространственного распределения волновых нагрузок на биоценозы мелководий;
- расчет плотности зарастания высшей водной растительностью мелководий в зависимости от волновых нагрузок на основе регрессионных моделей;
- расчет плотности распределения фитопланктона, зоопланктона и рыб под действием течений в глубоководной зоне водохранилищ на основе регрессионных моделей.

В соответствии с кругом решаемых задач программный комплекс включает: модель общей циркуляции водных масс, являющейся основой для локальных моделей перемещения гидробионтов, распространения консервативной и неконсервативной примеси (блоки «FFF», «LAGRANGE», «TURBIDITY»), а также модели прибрежных динамических процессов и их воздействия на биоценозы мелководий (блоки «WAVE», «BOTAN», «PLANT»).

Применение программного комплекса к конкретному водоему требует обширной базы данных, включающей начальные условия, сведения о морфометрии и рельефе дна водоема, пространственно-временных изменениях гидрометеорологических параметров и концентраций параметров качества воды, распределении ряда гидробиологических характеристик.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОД В БАСЕЙНЕ РЕКИ ВОЛГИ

А.Г. Покоева

Институт водных проблем, РАН, Москва, Россия, apokoeva@mail.ru

Учитывая высокую значимость проблемы комплексной оценки качества вод и создания универсальной системы нормирования загрязнений, для ее решения предлагается множество подходов. Ограничение антропогенной нагрузки на водоем должно учитывать не только превышение нормативов по отдельным показателям (по экспериментальным данным), но и трансформацию токсикантов в водоемах, взаимодействие с природными и другими антропогенными факторами, явления антагонизма или синергизма, т.е. комбинированное токсикологическое воздействие на обитателей водоемов – как быстро проявляющееся, так и скрытое (отдаленное).

Целью работы было сформировать представление о системе диагностики заболеваемости рыб и на ее основе дать экотоксикологическую оценку качества вод в бассейне Волги. Несмотря на важность полного обследо-

ния состояния здоровья рыб в загрязняемых водоемах всеми современными методами, очевидно, что массовый и одновременно всесторонний материал не может быть получен в экспедиционных условиях на водоемах. Возникает необходимость поиска методов, приемлемых для экспресс-диагностики и практики мониторинга заболеваемости рыб в естественных водоемах.

Выделен первый, **макроуровень** обследования индивидуумов, когда заболевания выявляются на основе массового визуального обследования организмов, и предварительный диагноз устанавливается по клиническим и патологоанатомическим его симптомам.

Второй, **микроуровень** диагностики включает гематологические, гистологические, биохимические, инструментальные и др. методы. Наиболее информативным тест-объектом для оценки влияния загрязнения на рыб в водоемах являются придонные рыбы-бентофаги. Они ведут относительно оседлый образ жизни, больших миграций не совершают, что позволяет получить массовый материал с привязкой к конкретной зоне загрязнения. (Т.И. Моисеенко).

На основе данного метода было проведено рекогносцировочное обследование 50 особей леща Иваньковского водохранилища (макродиагностика), выловленных тралом в районе г. Конаково. Обследование проведено на живой рыбе или только что уснулой (в первый час отлова) по вышеприведенной схеме. Около 15% исследованных рыб имели признаки патологических изменений в организме (ерошение чешуи, набухшие жаберы вишневого цвета, оплавление жаберных лепестков, увеличенная печень, ожирение). Был проведен начальный микроскопический анализ патологий крови, который выявил такие патологические изменения в клетках крови, как нарушения гемоглобина (судили по окраске), базофилия, веретенообразные эритроциты, гипохромазия и инвагинация цитоплазмы.

Таким образом, в бассейне Верхней Волги встречаются случаи патологических изменений в организме рыб, которые свидетельствуют о токсичной нагрузке на водоем. Тот факт, что признаки интоксикации характерны для особей старших возрастных групп леща, свидетельствует о кумулятивном хроническом действии на организм малых доз вредных веществ. Окончательный диагноз и этиология болезни могут быть установлены после анализа собранных материалов на содержание металлов и гистологического обследования органов и тканей.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗ. НЕРО

С.Н. Половкова, С.Н. Надиров

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
snp@ibiw.yaroslavl.ru*

Озеро Неро – одно из самых больших озер Ярославской области. В начале прошлого века оно представляло собой типичный процветающий водоем «лещевого» типа с уловами свыше 3000 ц. Водоем слабопроточный. В озеро впадает около 20 рек и вытекает одна – р. Векса, которая через р. Которосль соединяет озеро с Волгой (участок Горьковского водохранилища).

В начале 80-х годов с целью поднятия уровня озера были засыпаны русла р. Вексы и других притоков, проложена дорога.

В конце 80-х годов был построен гидроузел, соединяющий спрямленным километровым каналом оз. Неро с р. Которослью. Гидроузел построен без учета потребностей производителей и молоди рыб. Захламленность на отдельных участках нижнего бьефа и зачастую высокие скорости течения воды способствуют травмированию рыб. Нередко весной р. Векса меняет направление и втекает в оз. Неро. В такие периоды течение в канале замедляется, наблюдаются циркуляционные течения, рыбы теряют ориентацию и не заходят в канал рыбопропускного сооружения.

С этого периода начались очевидные изменения в экосистеме водоема. Сократились нерестовые площади для рыб-филофилов, затруднились как заход производителей-лещей и других видов рыб из Волги на нерест, так и скат молоди и взрослых рыб через шлюз летом и осенью.

Появилось значительное количество производителей-лещей с резорбированной икрой, в том числе и в Горьковском водохранилище. В популяциях леща, плотвы, густеры и других видов стали преобладать мелкие, тугорослые (жилые) особи. Промысловые уловы снизились до 30–50 ц. Заметна тенденция к уменьшению в озере основного промыслового вида – леща. Если в 1995 г. он составлял более 95% улова, то в 1999 г. – всего 65%. Возрастной ряд леща за последние 60 лет сократился на 5 лет. Рыбы старше 12-летнего возраста в уловах в настоящее время отсутствуют.

В начале XX века лещ становился половозрелым в 6–7-летнем, а в конце столетия – в 10-летнем возрасте. Снижился темп роста. Очевидно, что сложилась такая ситуация, при которой ихтиоценоз оз. Неро может эффективно функционировать при условии притока особей из Горьковского водохранилища. Нарушение такой связи ведет к снижению численности популяций, изменению их качественных характеристик, уменьшению промысловых запасов.

Приводятся рекомендации по восстановлению и оздоровлению экосистемы оз. Неро. Составной частью комплексных мероприятий по воспроизводству рыбных запасов озера являются мероприятия по акклиматизации рыб и зарыблению водоема жизнестойкой молодью и производителями с высоким темпом роста, набором важных генетических признаков, необходимых местным жилым особям для поддержания генофонда и эффективного размножения.

РЕАКЦИЯ РЫБ ОЗ. НЕРО НА АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

**С.Н. Половкова, Д.В. Половков, А.В. Попов,
В.Р. Микряков, С.Н. Надиров**

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
snp@ibiw.yaroslavl.ru, mvr@ibiw.yaroslavl.ru*

Озеро Неро – крупнейший водоем Ярославской области. Это мелководное озеро: глубины менее 1 метра составляют около 80% водной поверхности (Фортунов, Московский, 1970; Асарин, Болгов, 2002). Озеро подвергается мощному антропогенному воздействию. Ежегодно в водоем поступает около 150 тыс. м³ неочищенных сточных вод г. Ростова и поселков, расположенных на притоках (Житенева, Буторин, 1977). Неблагоприятными факторами для функционирования озера, в том числе для рыбного населения, являются неконтролируемое поступление с сельхозугодий минеральных и органических веществ, пестицидов (Половкова и др., 1991; Ривьер 1991), а также строительство дамбы и введение в строй гидроузла в 1980-х годах (Половкова и др., 1991).

Последствия антропогенного пресса негативно отражаются на структурно-функциональном состоянии экосистемы, в том числе на состоянии ихтиофауны. По состоянию биоты, фито- и зоопланктона, бентоса, темпов первичной продукции и сукцессионных процессов оз. Неро относится к высокоэвтрофным водоемам (Баканов, 1991; Жигарева, 1991; Ляшенко, 1991; Сигарева, Ляшенко, 1991; Ривьер, Столбунова, 1991; Бабаназарова, Зубмищенко, 2002). Рыбное население представлено 16 видами, относящимися к 3 фаунистическим комплексам, отличающимся по экологии и промысловому значению (Кулемин, 1930, 1934; Половкова и др., 1991, 1999, 2002).

Для выяснения характера реагирования рыбного населения на усиливающееся антропогенное воздействие проведено исследование изменений видового разнообразия, фаунистических комплексов, темпов роста, полового созревания, возрастной структуры, питания, общей рыбопродуктив-

ности и реакций иммунной системы рыб на сезонные изменения условий обитания и загрязнение токсикантами (Половкова и др., 1991, 1999, 2002; Микряков и др., 2002).

Материалы исследований показали, что рыбное население озера за последний 70-летний период претерпело существенные изменения. Они связаны с дестабилизацией структуры рыбного сообщества, изменением соотношения между различными фаунистическими комплексами, индексов биологического разнообразия, снижением численности, темпов роста, увеличением времени полового созревания, изменением возрастной структуры и общей рыбопродуктивности. Оценка состояния иммунной системы рыб показала, что в популяциях рыб увеличивается доля иммунодефицитных и токсикантреагирующих особей, а на уровне организмов – усиливаются иммунопатологические процессы, сопровождающиеся сенсибилизацией рыб к хлорорганическим пестицидам, используемым для обработки сельхозугодий. Введение в строй гидротехнических сооружений привело к снижению темпов миграций и сокращению нерестовых площадей

Определены количественные характеристики изменений, происходящих в состоянии ихтиофауны, и их связи с условиями среды обитания.

Сделан вывод о том, что рыбное население оз. Неро отреагировало на антропогенные воздействия снижением биологических и адаптивных функций. Происходящие в составе ихтиофауны и состоянии рыб патологические процессы обусловлены неудовлетворительными для их оптимального роста и развития экологическими условиями и присутствием в воде токсических факторов.

ОПЫТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПОКОЛЕНИЙ ЛЕЩА В ОЗЕРЕ КУБЕНСКОМ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.М. Поляков¹, Ю.С. Водоватов²

¹ Вологодский научно-координационный центр ЦЭМИ РАН,
Вологда, Россия, comtop@vscc.ac.ru

² Департамент природных ресурсов и охраны окружающей
среды Вологодской области, Вологда, Россия, priroda@vologda.ru

Озеро Кубенское, площадью 407 км² – крупный рыбопромысловый водоем Вологодской области. По характеру уровня режима его можно отнести к водохранилищам внутрисезонного регулирования. Основным промысловым видом озера является лещ. Наблюдения, проведенные специалистами Вологодской лаборатории ГосНИОРХ в 1975–1992 гг., показали, что для этого вида в условиях Кубенского озера характерно появление отдельных поколений высокой и особо высокой урожайности, отличающиеся по численности в десятки раз. Задача сводилась к выяснению степени влияния таких важных абиотических факторов, как температурный, уровень и ледовый режимы, а также колебания их характеристик в различные сезоны года на численность отдельных поколений леща. Наиболее репрезентативной группой для анализа по ряду причин оказались пятилетние особи (4+). Были проанализированы численность леща данной возрастной группы и показатели, отражающие термический, уровень и ледовый режимы озера (16 параметров), за 18-летний период наблюдений.

Результаты вычисления парных коэффициентов линейной корреляции показали, что наиболее высокая зависимость обнаружена между величиной пополнения популяции леща оз. Кубенского и параметрами, характеризующими амплитуду сработки озера в течение предшествующей и последующей относительно нереста зимы. Таким образом, благоприятные условия зимовки производителей леща накануне нереста в сочетании с условиями зимовки годовиков являются предпосылкой появления высокоурожайных поколений леща. Полученные уравнения могут быть уточнены за счет включения третьей переменной – суммы среднесуточных температур воды за период от даты перехода через 10°C по сентябрь в год нереста. Результаты анализа позволяют сделать вывод о том, что для создания оптимальных условий естественного воспроизводства весенне-нерестящихся видов рыб уровень режим Кубенского озера требует регулирования в период зимней межени. При этом желательно, чтобы амплитуда сработки вод за зиму не превышала 1 м, а отметка начального уровня, т.е. уровня на момент образования ледового покрова, должна быть не ниже 108.7 мБС. В многолетнем разрезе вероятность потребности в та-

ком регулировании составляет около 5%, т.е. оно необходимо в среднем каждый второй год. При планируемой реконструкции гидроузла «Знаменитый», осуществляющего сезонное регулирование стока из оз. Кубенского, следует предусмотреть принятие соответствующих инженерных решений.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЗООПЛАНКТОНА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА)

Д.П. Померанцева

*Сибирский научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт рыбного хозяйства, Новосибирский филиал,
Новосибирск, Россия, sibribniiproekt@mail.ru*

В составе зоопланктона Новосибирского водохранилища разными исследователями отмечалось от 32 до 89 видов (Солоневская, 1961; Битюков, 1961; Баранова, 1967; Померанцева, 1976). В последние годы в структуре сообщества зоопланктона зарегистрировано не более 50 видов, из которых массовыми являются 15–20, а остальные относятся к малочисленным. Процветающими видами, из года в год формирующими обильные популяции являются: коловратки (*Asplanchna priodonta*, *Brachyonus calyciflorus*, *Keratella quadrata*), ветвистоусые ракообразные (*Bosmina coregoni*, *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus sphaericus*) и веслоногие ракообразные (*Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Acanthocyclops viridis*, *Diaphthomus graciloides*). Доминирующие формы остаются преобладающими на всех участках водохранилища. Видовое разнообразие снижается в средней и нижней зонах, что объясняется большей однородностью экологических условий в этих районах.

Распределение зоопланктона в водохранилище неоднородно. Русловые участки в основном населяют коловратки и веслоногие ракообразные; в мелководной зоне и центральных плесах, где снижаются скорости течения, возрастает численность ветвистоусых ракообразных. Многолетние исследования показали, что состав и обилие зоопланктона находятся в зависимости от гидрометеорологических условий. В многоводные годы наблюдаются низкие величины численности и биомассы зоопланктона. При обычном уровне в сочетании с большой суммой тепла эти показатели увеличиваются довольно значительно.

Количественные показатели зоопланктона верхней зоны водохранилища в многоводные годы летнего периода изменялись от 8.2 до

19.8 тыс. экз./м³ и от 0.146 до 0.363 г/м³. В благоприятные годы эти величины соответственно были равны 21.6–35.9 тыс. экз./м³ и 0.900–1.320 г/м³. В средней и нижней зонах водохранилища они были значительно выше. Численность зоопланктона при оптимальных условиях колебалась от 133.8 до 392.5 тыс. экз./м³, а биомасса – от 3.457 до 17.880 г/м³ (нижняя зона).

Интенсивного развития и разнообразия видового состава зоопланктон достигает в заливах и на мелководных участках, где развита высшая водная растительность. Численность зоопланктона в заливах изменяется от 28.1 до 748 тыс. экз./м³, а биомасса – в пределах 0.484–34.071 г/м³. На мелководных участках, среди зарослей высшей водной растительности, максимальные величины численности зоопланктона достигали 503 тыс. экз./м³, биомассы – 36.8 г/м³, за счет массового развития крупных форм (*Sida crystallina*, *Daphnia longispina*, *Simocephalus vetulus*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Diaphomus graciloides*).

Анализ многолетних исследований развития зоопланктона в Новосибирском водохранилище показывает, что стабильный уровень воды в летний период в сочетании с большой суммой тепла способствует массовому развитию зоопланктона. Интенсивная сработка и высокая проточность создают неблагоприятные условия для развития зоопланктеров, что выражается в низких величинах их численности и биомассы.

ЗООПЛАНКТОН И ЗООБЕНТОС ВОДОХРАНИЛИЩА-ОХЛАДИТЕЛЯ ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС

А.А. Протасов, А.А. Силаева

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, protasov@bigmir.net

Охладитель Хмельницкой АЭС представляет собой водохранилище площадью 20 км² и объемом 120 млн. м³ на малой реке Гнилой Рог, которая впадает в р. Горынь, правый приток р. Припять. Расположен водоем в Полесской зоне Украины. Заполнение водохранилища начато в 1986 г. В настоящее время в эксплуатации находится один энергоблок АЭС, который летом выводится на плановый ремонт, что снимает термическую нагрузку на водоем в этот период. Исследования проводили в летний период 1999 г.

Особенностью данного водоема-охладителя является его удаленность от других крупных объектов, довольно слабая термическая нагрузка и ее периодичность.

Состав организмов зоопланктона был довольно беден – отмечено 30 видов, из которых коловраток – 9, ветвистоусых ракообразных – 13,

веслоногих – 9 видов. Для водоема в целом средняя численность зоопланктона составляла 137 ± 31 тыс. экз./м³, биомасса – 1.6 ± 0.6 г/м³, деструкция – 94.2 ± 38.6 Дж/м³·ч. Наибольшая численность планктонных организмов отмечена в западной и центральной частях водохранилища ($134–163$ тыс. экз./м³), в подводящем канале их численность достигала того же уровня, а в отводящем – была почти в два раза выше – 234 тыс. экз./м³. Здесь же зарегистрирована и наибольшая биомасса зоопланктона – 3.8 г/м³ при существенном доминировании копепод. Следует отметить, что в отводящем канале было зарегистрировано и значительное развитие фитопланктона, а также некоторых ветвистоусых ракообразных в перифитоне. Поскольку сброс подогретых вод отсутствовал, это можно связать с повышением трофности вследствие сбросов с очистных сооружений, которые производятся в отводящий канал АЭС. На основании состава и обилия зоопланктона были выделены 4 планктоценоза, причем все они характеризовались доминированием веслоногих ракообразных.

В зообентосе водохранилища отмечено 57 видов и форм беспозвоночных. Наиболее широко представлены личинки хирономид – 21 вид и форма. Количество видов распределялось по акватории неравномерно со следующей тенденцией: максимальное число видов отмечалось на галечных грунтах в районе впадения в водохранилище р. Гнилой Рог, минимальное – на сильно заиленных грунтах с остатками растительности в западной части водоема. Показатели обилия колебались значительно: численность – от 476 до 19900 экз./м³, биомасса – от 0.63 до 16.94 г/м². На восточном участке, близком к отводящему и подводящему каналам, до 76% общей биомассы составляли двустворчатые моллюски рода *Unio*. Высокие значения биомассы моллюсков отмечены также в подводящем канале на границе песчано-щебеночного дна и бетонных откосов канала – 1.2 кг/м². В доминирующий комплекс входили 21 вид и форма беспозвоночных, однако только некоторые были существенными доминантами. К таксонам с более чем 50%-ной встречаемостью относились нематоды, ракушковые раки, ювенильные тубифициды, *Limnodrilus* sp., *Chironomus plumosus*, *Procladius ferrugineus* и шаровки. Анализ сходства таксономического состава и показателей обилия зообентоса на отдельных участках водохранилища показал, что здесь формируется единое сообщество с доминированием *Ch. plumosus* по биомассе и Tubificidae + Ostracoda – по численности.

Сравнение с другими водоемами Украины показывает, что водоем-охладитель Хмельницкой АЭС по основным характеристикам зоопланктона и зообентоса отличается некоторой бедностью состава беспозвоночных, несмотря на более чем десятилетний период своего существования.

Остается открытым вопрос о введении в строй второго энергоблока, что может существенно изменить экологическую ситуацию в водоеме.

ПЛОТНОСТНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ ВОД В СЛАБОПРОТОЧНОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

В.В. Пуклаков

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, hydro@hydro.geogr.msu.ru*

1. Выполненные Лабораторией водохранилищ кафедры гидрологии суши МГУ исследования Можайского, Рузского, Озернинского, Истринского, Вазузского, Яузского водохранилищ – источников водоснабжения г. Москвы, а также Зейского водохранилища показали, что внутренний водообмен в относительно глубоководных и слабопроточных долинных водохранилищах сильно зависит от пространственно-временной неоднородностью плотности воды. Значения температуры, минерализации воды и содержания в ней взвешенных веществ существенно изменяются и по акватории этих водохранилищ, и от сезона к сезону. В Можайском водохранилище, типичном для средней полосы России долинном водоеме многолетнего регулирования стока, диапазон внутригодовых колебаний температуры воды составляет 0–30° С, минерализации – 80–500 мг/л, взвешенных веществ – 2–200 мг/л, что определяет вариацию плотности воды в течение года в диапазоне 996.5–1001.3 кг/м³. В то же время, для процессов внутреннего водообмена значительно важнее горизонтальная неоднородность плотности воды, вызывающая формирование устойчивых плотностных течений, скорость которых, однако, обычно ниже предела чувствительности гидрометрических вертушек.

2. Оказалось, что кроме мутьевых плотностных потоков придонных в горных водохранилищах, течения этого класса могут быть термическими, минерализационными и термогалинными в зависимости от фактора (или их совокупности), определяющего возникновение денивеляции изопикнических поверхностей в водной толще водохранилища, имеющего наклонные поверхности ложа. В разные сезоны года плотностные течения могут быть продольными (направленными как в сторону плотины, так и от нее к центральному району водоема) и поперечными – надпойменными к затопленному руслу и присклоновыми. Плотностные течения вызывают возникновение противоположно направленных малых уклонов водной поверхности и компенсационных течений. Оба вида течений образуют плотностные циркуляции воды в различных частях долинного водохранилища.

3. Расчеты показали, что скорость поперечного присклонового течения в закраинах наполняющегося весной Можайского водохранилища составляет около 2 см/с на пологом склоне и достигает 7 см/с у приглубого участка берега. Благодаря образуемой ими прибрежной циркуляции при температуре воды в закраинах 1.5-2.5°C через них поступает в среднем 33% тепла, обеспечивающего нагрев воды в водоеме до момента его очищения ото льда. В продольной циркуляции, как показали расчеты по квазидвухмерной модели ТМО (тепло-массобмена), среднесуточная скорость придонного плотностного течения достигает после вскрытия водохранилища 4–6 см/с, а осенью 8 см/с, в 1.5–2 раза превышая скорость сопутствующего стокового течения. Плотностное течение постоянно существует также в зимний и, периодически, в летний сезоны. В многоводный год суммарная продолжительность этого течения в верховьях водохранилища > 170 сут, в приплотинном районе > 290 сут. В маловодный год частота его действия в верховьях сокращается до < 150 сут, но в приплотинном районе, наоборот, возрастает до > 320 сут. Продолжительность существования компенсационных течений в плотностной циркуляции заметно меньше – не более 40 сут в центральном и приплотинном районах водоема. В этих двух районах значения средней скорости расхода воды в плотностном течении превышают те же параметры стокового течения в периоды весенне-летней стабилизации динамического режима, летней стратификации, осенней конвекции и, в особенности, зимней сработки полезного объема водохранилища.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 02-05-64319 и 02-05-64494).

СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ФИТОПЛАНКТОНА ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ

И.Л. Пырина

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
adm@ibiw.yaroslavl.ru*

Солнечная радиация является одним из наиболее значимых факторов в жизнедеятельности растительного планктона. Обусловлено это не только участием солнечного света в процессе фотосинтеза, но и тем, что в водной среде ограничен его доступ к фотосинтезирующим организмам. Значительная часть проникающего излучения поглощается и рассеивается водой. Кроме того, меняется его спектральный состав – сильнее поглощаются крайние красные и синие лучи, в первую очередь используемые в фотосинтезе. Поэтому слабо окрашенные и прозрачные воды, принимающие на себя небольшую долю солнечного излучения, характеризуются повышенным уровнем первичной продукции фитопланктона, приходящейся на единицу водной поверхности. То же относится к водоемам, расположенным в низких широтах, которые обеспечены более интенсивным поступлением солнечной энергии, чем высокоширотные. С этой точки зрения фитопланктон, обладая преимуществом в отношении необходимых для фотосинтеза карбонатов, воды и элементов минерального питания, а также достаточно стабильной температуры, находится в менее выгодном положении по сравнению с наземными растениями, получающими менее ослабленное воздушной средой солнечное излучение.

В результате многолетних исследований (1969–1996 гг.) в Рыбинском водохранилище установлено влияние приходящей солнечной радиации на межгодовые изменения продуктивности фитопланктона. Оказалось, что в годы с преобладанием погоды антициклонального типа, отличающиеся интенсивным поступлением солнечной энергии, возрастают максимальные и средние за безледный период концентрации хлорофилла *a* – основного показателя обилия и фотосинтеза фитопланктона. После статистической обработки данных за все годы со сглаживанием низкочастотной фильтрацией с периодом 7 лет выявились синхронные периодические колебания в поступлении энергии солнечной радиации и в содержании хлорофилла, близкие к 10–11 летним циклам солнечной активности (оцененной по числам Вольфа). В течение 1969–1996 гг. было три цикла таких колебаний с максимумами в 1972–1973, 1983–1984 и 1994–1995 гг., которые прослеживались в динамике содержания хлорофилла на фоне его общего возрастания к концу периода в связи с эвтрофированием водохранилища.

Подъем продуктивности фитопланктона в годы с антициклональным характером погоды объясняется благоприятным сочетанием световых и

других условий, стимулирующих фотосинтез и рост водорослей, также создающихся за счет усиленного поступления солнечной радиации. Это – интенсивный прогрев водной массы, ее большая сопротивляемость перемешиванию, способствующая длительному пребыванию клеток водорослей в освещенной зоне и высокому содержанию там активного (без дериватов) хлорофилла; высокая скорость деструкции органического вещества с высвобождением биогенных элементов; характерное для таких периодов ослабленное ветровое перемешивание водной толщи.

Таким образом, многолетняя изменчивость продуктивности фитопланктона может быть подвержена естественным колебаниям, связанным с поступающей на Землю солнечной радиацией и, опосредованно, с циклическими изменениями активности процессов, происходящих на Солнце. Это необходимо учитывать при изучении явлений, вызванных действием антропогенных и иных локальных факторов, особенно при оценке степени эвтрофирования водоемов, проявляющегося в их обогащении автохтонным органическим веществом, которое синтезируется за счет солнечной энергии.

ЗООПЛАНКТОН ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ И КОРМОВОЙ БАЗЫ РЫБ

И.К. Ривьер

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
rivier@ibiw.yaroslavl.ru*

Зоопланктон изучался в середине лета 1999 г. (16–19 июля) и 2000 г. (2–5 августа) на 32 станциях, расположенных по руслу Волги от приплотинного участка Угличского водохранилища, далее по речному участку и Волжскому плесу Рыбинского водохранилища и до пос. Красный Профинтерн на речном участке Горьковского. Сбор и обработка велись по принятым в ИБВВ РАН методикам. Кроме того, для оценки состояния зоопланктона Рыбинского водохранилища были привлечены материалы мониторинга на 6 стандартных станциях с 1956 по 1998 г., а также учитывался опыт оценки состояния зоопланктона под воздействием наиболее крупных источников загрязнения – городов Череповца и Твери.

В 1999 и 2000 гг. станции располагались на открытых участках, в районе водозаборов, ниже выхода стоков очистных сооружений, выше городов, в 5 и 10 км ниже их, перед плотинами и ниже последних. Оценка состояния зоопланктона велась по 12 показателям: общему количеству ви-

дов, числу видов по группам, количеству видов-олигосапробов, α - β -мезосапробов, количеству видов ветвистоусых, их численности и биомассе, а также общей численности и биомассе зоопланктона, индексу биоразнообразия Шеннона, индексу сапробности. Учитывались также все доступные гидролого-гидрохимические и гидробиологические характеристики участков.

Речные участки Рыбинского и Горьковского водохранилищ различаются по состоянию зоопланктона в связи с большей проточностью второго и наличием здесь крупных промышленных центров (Рыбинск, Тутаев, Ярославль). На речном участке Рыбинского водохранилища наихудшие показатели отмечены в 10 км ниже г. Углича (общее число видов – 13, общая биомасса – 0.28 г/м³, биомасса Cladocera – 0.06 г/м³, индекс сапробности – 1.7, индекс Шеннона – 2.06). На речном участке Горьковского водохранилища те же показатели соответственно были равны: ниже г. Рыбинска – 9 – 0.42 – 0.11 – 1.4 – 2.3; ниже Тутаева – 10 – 0.33 – 1.47 – 1.40; ниже Ярославля – 9 – 0.45 – 0.33 – 1.47 – 1.40; ниже пос. Кр. Профинтерн – 7 – 0.35 – 0.24 – 1.67 – 1.54. В Волжском плесе Рыбинского водохранилища эти показатели составили 21 – 1.1 – 0.6 – 1.5 – 2.85.

По результатам мониторинга зоопланктона и данным по среднегодовому объему рассчитаны запасы зоопланктона Рыбинского водохранилища с 1956 по 1998 гг. Биомасса зоопланктона и его запасы были максимальны в 1981 г. – 1.93 г/м³ и 33.8 тыс. т; в 1984 г. – 2.12 и 42.9; в 1988 г. – 1.79 и 32.4 соответственно. Значительную долю по биомассе в последнее десятилетие составляют Cladocera (около 70%), что увеличивает кормовую ценность зоопланктона.

АКТУАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ И ИХ КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ (ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТ И ПРИНЦИП «ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МАТРЕШКИ»)

Г.С. Розенберг

*Институт экологии Волжского бассейна РАН,
Тольятти, Россия, ecolog@attack.ru*

Территория Волжского бассейна – это 1360 тыс. км² (8% всей России, 62% европейской части России или почти 13% территории всей Европы) и включает 40 административных единиц (областей и бывших автономий, а ныне суверенных государств; две из них – в Казахстане, остальные – в России).

Среди первоочередных задач улучшения состояния окружающей среды в регионе Средней и Нижней Волги* следует назвать диффузное загрязнение территорий и водоемов в результате неконтролируемой сельскохозяйственной нагрузки.

Вторая проблема – изменение видового разнообразия гидробионтов (сокращение числа и численности «местных» и появление «новых» для этих экосистем видов) и необходимость увеличения доли водных охраняемых территорий.

Третья проблеме (можно назвать ее социо-эколого-экономической – рост уровня заболеваемости населения (как детского, так и взрослого) в результате повышенного антропогенного воздействия на территории).

Наконец, возникает четвертая проблема – специфическая задача прогнозирования изменения экосистем Волжского бассейна. При этом любая естественнонаучная теория выполняет несколько функций, среди которых наиболее важными являются функции объяснения (установления причинно-следственных связей) и предсказания наблюдаемых феноменов в исследуемом классе систем. Разделение функций объяснения и прогнозирования для сложных систем в рамках, как минимум, двух моделей сводит на нет всю дискуссию о примате простоты или сложности в экологии. Для объяснения необходимы простые модели, для экологического прогнозирования сложность модели принципиально необходима. Таким образом, роль *конструктивного системного подхода* в создании экологической теории сводится к заданию «полного списка» экосистем (множество I) и

* Кстати, здесь вновь возникает «старая проблема»: современное районирование и обоснование границ Верхней, Средней и Нижней Волги по комплексу географических, гидрологических, экологических и антропогенно-технических параметров с целью унификации результатов проводимых исследований; эта проблема может стать предметом обсуждения на настоящей конференции и на планируемой в сентябре 2003 г. конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3» в Тольятти.

их сложных характеристик (множество II) и к построению формализованных отношений как между этими двумя множествами, так и между элементами первого из них в целях объяснения или прогнозирования.

Ранее было показано (Брусиловский, 1987; Розенберг, 1988), что общесистемный *принцип множественности моделей* проявляется в наличии большого числа математических моделей одних и тех же экосистем и экологических феноменов. *Принцип несовместимости* проявляется в том, что ни один из методов не выполняет одновременно объяснительной и предсказательной функции. *Принцип осуществимости* неявно присутствует во всех методах моделирования, а в имитационном и самоорганизующемся – в возможности преодоления «проклятия многомерности» (блочный принцип построения имитационных моделей и сокращение перебора при самоорганизации). Наконец, *принцип контринтуитивного поведения сложных систем* учитывается в самоорганизующемся моделировании при отказе от субъективного выбора «внешнего дополнения».

В ИЭББ РАН созданы экспертные системы «REGION-VOLGABAS» (для всего бассейна в целом), «REGION-SAMARA» (для Самарской области – 53 тыс. км², население – более 3.3 млн. чел.), «REGION-TOGLIATTI» (для города Тольятти – 30 км², население 800 тыс. чел.) и «REGION-YAB-OVRAG» (для предприятия открытого типа карьера «Яблоневый овраг» на территории Национального парка «Самарская Лука» – 2.6 км²) – принцип «экологической матрешки», – что позволило провести комплексный эколого-экономический анализ этих территорий. Осуществлено экологическое районирование территорий, даны прогнозы состояния различных компонент экосистемы региона: водных ресурсов, растительности: динамика численности населения, показателей заболеваемости и смертности, нагрузки на воздушную и водную среду; сельскохозяйственная, транспортная, рекреационная нагрузки и пр. Проведен анализ затрат на охрану природы, включающий капитальные и текущие вложения в охрану атмосферы, воды и земель.

Возможности конструктивного системного подхода проиллюстрированы с помощью экспертных систем «REGION», аналитических и имитационных моделей евтрофирования водохранилищ Средней и Нижней Волги, регрессионных моделей зависимости здоровья населения от экологических факторов, оптимизационных моделей особо охраняемых природных территорий. На этой основе разработаны соответствующие рекомендации – как в рамках Федеральных программ «Возрождение Волги» и «Социально-экологическая реабилитация Самарской области», так и экологической программы города Тольятти.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗООПЛАНКТОНА КУЙБЫШЕВСКОГО И САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ И МАЛЫХ РЕК ИХ БАССЕЙНОВ

Е.П. Романова

*Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия,
ecolog2002@mail.ru*

По результатам многолетних исследований, начатых с момента заполнения Куйбышевского (1957 г.) и Саратовского (1967 г.) водохранилищ и продолжающихся до настоящего времени, установлен видовой состав зоопланктона этих водохранилищ и некоторых малых рек их бассейнов. В составе зоопланктона Куйбышевского водохранилища зарегистрировано 250 видов, Саратовского – 150, малых рек – 220. Основу разнообразия создают коловратки (125, 75 и 130 видов соответственно), количество видов ветвистоусых (71, 50 и 61) более стабильно, так же как и веслоногих (32, 23, 32).

Видовое сходство пелагического зоопланктона двух водохранилищ велико, коэффициент сходства по Серенсону составляет 0.75. По мере формирования фауны водохранилищ видовое разнообразие зоопланктона Куйбышевского уменьшалось за счет изменения качества биотопов, Саратовского – увеличивалось за счет зарастания побережья макрофитами и формирования специфического сообщества зарослей – зоофитоса.

Все устья малых рек находятся в зоне подпора ГЭС (Куйбышевской, Саратовской), на этих участках наблюдается эффект экотона, поскольку развитие зоопланктона протекает под значительным воздействием водохранилищных вод. Далее, по мере удаления от устья, в малых реках начинает преобладать фауна, аналогичная фауне зарослей водохранилища, а в истоках рек отмечаются виды, приуроченные к обитанию в грунтах.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА В УСЛОВИЯХ ЗАРЕГУЛИРОВАННОГО СТОКА

Е.П. Романова, Н.Г. Тарасова

*Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия,
ecolog2002@mail.ru*

В результате полного гидротехнического зарегулирования р. Волга в настоящий момент представляет собой каскад техногенно трансформированных экосистем отдельных водохранилищ.

Куйбышевское водохранилище – водоем равнинного типа, находится на Средней Волге, приурочен к зоне тайги и смешанных лесов, является самым крупным из водохранилищ Волжского каскада. Куйбышевская ГЭС, имеет поверхностно-срединный тип водозабора, 20 ее агрегатов мощностью 115 тыс. кВт за секунду пропускают 670 м^3 воды, напор столба воды для поддержания работоспособности турбин составляет 20 м (Жариков, 1999).

Работа турбин, обеспечивающих энергопотребление промышленности, подчиняется суточному и недельному режимам регулирования. Это порождает прямые (по течению) и обратные (против течения) волны попусков с недельными и суточными колебаниями, распространяющиеся вдоль всей акватории водохранилища. Работа шлюзов создает дополнительные течения и противотечения, накладывая свой отпечаток на весь гидрологический режим приплотинного плеса.

Сталкиваясь на акватории, усиливая и гася друг друга, волны при сочетании однородных фаз создают в толще воды сложную систему турбулентных течений, охватывающих значительные площади. Нестабильность гидрологических условий оказывает значительное влияние на вертикальное и горизонтальное распределение планктона.

По результатам трех суточных съемок, проведенных в течение рабочей недели при разных режимах работы ГЭС, установлено, что особых закономерностей в вертикальном распределении планктона в зависимости от времени суток не наблюдается, максимумы численности фито- и мирного зоопланктона регистрировались на самых разных глубинах и зависели в основном от гидрологических условий и перемешивания воды. Только для организмов хищного зоопланктона отмечена тенденция к активному перемещению за слоями со скоплениями фильтраторов.

Горизонтальное распределение планктона в течение периода наблюдений (весна–осень) приурочено к разнородным массам Куйбышевского водохранилища – волжской, камской, волго-камской и водной массы самого водохранилища. Для фитопланктона характерно преобладание в волжской водной массе в течение всего вегетационного сезона диатомового ком-

плекса водорослей, для собственно водохранилищной водной массы доминантами выступают синезеленые, и лишь в начале лета – диатомовые. Качественный состав зоопланктона достаточно однороден для всего водохранилища и характеризуется сезонной сменой доминантов, однако количественные показатели развития значительно различаются на отдельных участках водохранилища – речном, водохранилищном и в зонах смешения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ ДОПУСТИМЫХ УЛОВОВ ЛЕЩА И СУДАКА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.А. Ростовцев, Э.Ю. Мазченко, О.В. Трифонова

*Сибирский научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт рыбного хозяйства, Новосибирский филиал,
Новосибирск, Россия, sibribniiproekt@mail.ru*

Рыбопромысловая эксплуатация Новосибирского водохранилища осуществляется в пределах ежегодно выделяемых лимитов добычи. Объемы лимитов основаны на расчетных величинах общих допустимых уловов (ОДУ).

Определение ОДУ леща и судака с годичной заблаговременностью производится на основе материалов прямого количественного учета рыб методом площадей И.И. Лапицкого (1970), данных по возрастному составу промысловых стад и материалов биологического анализа разновозрастных особей по следующей схеме: расчет численности промысловых стад в год наблюдений \Rightarrow распределение численности рыб по возрастным категориям \Rightarrow расчет численности и весового выражения промзапаса в год, следующий за наблюдаемым \Rightarrow расчет величины промзапаса в прогнозируемом году в численном и весовом выражении \Rightarrow определение величины ОДУ в прогнозируемом году.

Расчет остатка промысловых стад к следующему после наблюдения году производится с учетом коэффициентов общей смертности рыб, определенных для каждой возрастной группы по методу, основанному на определении коэффициентов смертности по данным об уловах на усилие. Пополнение промысловых стад трехлетними особями рассчитывается по средней доле их в численном выражении промзапаса за многолетний период. Пополнение промыслового стада леща четырехлетками составляет 59.7% от учтенной численности этого поколения в трехлетнем возрасте, а численность четырехлетков судака рассчитывается по выведенному уравнению зависимости (Трифопова, 1997).

В прогнозируемом году определение численного выражения остатка промзапаса леща и судака производится по средневзвешенному коэффициенту общей смертности, рассчитанному по возрастному составу уловов, ожидающихся в следующем после наблюдений году. Численность пополнения промысловых стад определяется по среднемноголетнему значению трех- и четырехлетков в составе уловов и среднемноголетней численности промысловых стад.

Перевод численного выражения промзапаса в весовое в год, следующий за наблюдаемым, производится по средним навескам каждой возрастной группы в наблюдаемом году, а через год – по осредненным навескам промысловых стад за последние 5 лет наблюдений.

Величина ОДУ определяется как часть от общего промыслового запаса на уровне коэффициентов естественной смертности (Лапицкий, 1970; Тюрин, 1967, 1972), которые составляют 25% для леща и 32% для судака.

При определении величины лимита вылова рыб учитывается наблюдаемая интенсивность промысла, в том числе браконьерского и любительского, статистика уловов, общий уровень состояния запасов рыб в водоеме. При этом лимит вылова леща, как правило, устанавливается в объеме видового ОДУ, лимит добычи судака, как вида, пользующегося повышенным рыночным спросом и активно вылавливаемого рыбаками-любителями и браконьерами, устанавливается чаще всего ниже уровня ОДУ на 30–50%.

ПРОБЛЕМЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ВОДОСБОРА В ЗОНАХ СОПРЯЖЕННЫХ БЬЕФОВ ГИДРОУЗЛОВ И ВЕРОЯТНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНА САМАРСКОЙ ЛУКИ)

Л.А. Рыбакина

ГУП «ТеррНИИГражданпроект», Самара, Россия, dflem@yandex.ru

За годы эксплуатации гидроузлов на Волге и Каме существенно повысилась хозяйственная освоенность территорий береговых зон водохранилищ всего каскада, в том числе региона Самарской Луки, включающего зону сопряженных бьефов Куйбышевского и Саратовского гидроузлов.

Обозначенная территория испытывает мощный антропогенно-техногенный пресс на все компоненты окружающей среды, как в части использования природно-ресурсного потенциала (вода, земли, лес, нефть, газ, нерудные ископаемые), так и по нагрузке загрязнениями.

В зоне сопряженных бьефов Куйбышевского и Саратовского водохранилищ представлено до 14 видов водопользования, что свидетельствует об

интенсивном взаимодействии акватории и прилегающей территории суши. Сложившуюся ситуацию можно квалифицировать как перемежающееся взаимное наложение зон сброса сточных вод и зон питьевого водопользования. При этом хозяйственно-питьевое водоснабжение в регионе на 80–90% осуществляется из поверхностных водоисточников, в силу чего крайне остро стоит проблема обеспечения населения чистой питьевой водой.

Для акваторий сопряженных бьефов гидроузлов проблемы антропогенного воздействия усугубляются своеобразием гидрологического режима, определяемого резкими колебаниями уровней, расходов и скоростей течения в связи с изменением объемов попусков через гидроузлы, зависящих от интенсивности энергопотребления. Неустановившийся гидрологический режим, способствует формированию «пятен загрязнения» водных масс, которые, подвергаясь некоторым деформациям под воздействием волны попуска, проталкиваются вниз по течению, создавая по пути своего следования экстремальную ситуацию по качеству воды для расположенных ниже питьевых водозаборов городов и стрессовую ситуацию для гидроекосистем этих участков водоемов.

Изменить ситуацию можно с помощью экологических управленческих решений, позволяющих снизить уровень антропогенной нагрузки на площади водосбора и акватории водного объекта. Экологичность управления осуществима только при условии организации комплексного научного подхода к хозяйственному освоению территорий, что невозможно без наличия современного информационного и научно-технического обеспечения. Информационным ресурсом в этой области служат тематические (экологические) карты, особенно их динамические электронные версии, выполненные с применением ГИС-технологии.

Материалы такого рода органично вплетаются в систему градостроительного кадастра, который кроме градостроительных регламентов должен содержать информацию о состоянии территории, ее ценности и использовании, что особенно актуально для промышленно-селитебных агломераций с высокой степенью антропогенной и техногенной нагрузки на все компоненты природной среды. Обязательность ведения градостроительного кадастра на муниципальном, федеральном и региональном уровнях установлена Постановлением правительства Российской Федерации от 29.07.98 г. за № 856.

Выполняя НИР в области градостроительства, ГУП «ТеррНИИГраждан-проект» участвует в формировании базы данных для ведения градостроительного кадастра Самарской области. Кадастровые данные необходимы для принятия эффективных и экологических управленческих решений.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАРТЫ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ НАУЧНО-ОБОСНОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫМ ОСВОЕНИЕМ ТЕРРИТОРИЙ

Л.А. Рыбакина

ГУП «ТеррНИИГражданпроект», Самара, Россия, dflem@yandex.ru

Любая населенная территория всегда является составной частью водосборного бассейна различного ранга. Хозяйственное освоение этой территории обязательно сопряжено с интенсивным использованием ее природных ресурсов: земельных, биологических, минерально-сырьевых, гидроэнергетических, водных, а значит, неизбежно приводит к ухудшению экологического состояния всех компонентов окружающей среды: атмосферы, поверхностных и подземных вод, почвы, растительности, животного мира. Предотвратить негативные последствия антропогенного воздействия можно только реально оценив экологическую опасность действующих и вновь создаваемых производств, а также пределы возможного использования природных ресурсов.

Практика показывает, что для каждой осваиваемой территории планирование хозяйственной деятельности должно быть индивидуальным, но основу все-таки составляют общие подходы:

- оценка современного состояния компонентов природной среды в районе проектирования;

- рассмотрение альтернативных вариантов предлагаемого проектного решения;

- оценка возможных последствий использования того или иного вида природных ресурсов и их комплекса в связи с реализацией объекта проектирования по каждому из альтернативных вариантов;

- выбор оптимального варианта с минимумом негативных последствий;

- принятие решения и его практическая реализация.

Для наиболее полного учета и адекватной оценки множества факторов антропогенно-техногенного воздействия на компоненты окружающей среды удобно использовать картографический метод анализа района и зоны проектирования, который позволяет получить наглядное представление о природных особенностях рассматриваемой территории, иерархии факторов воздействия, пространственных соотношениях зон воздействия, уровнях взаимозависимости и взаимодействия между ними. Опыт показывает, что оптимальным базисом для различной тематической направленности карт площади водосбора крупного водохранилища может служить топооснова диапазона масштабов $M 1: 500\,000 \div 1:1\,200\,000$. Для более

подробной характеристики особо критических участков возможно использование М 1:100 000 ÷ 1:50 000.

При наличии материалов целевых изысканий становится возможной разработка тематических карт более крупного масштаба по наиболее сложным характерным участкам района проектирования для каждого из предлагаемых альтернативных вариантов проектного решения. Для крупных водохранилищ и их боковых притоков оптимальным представляется диапазон масштабов М 1: 25 000 ÷ 1: 10 000. Для зон влияния крупных выпусков сточных вод – М 1:10 000 ÷ 1:1000.

При определении характеристик антропогенного воздействия по исследуемой территории логично сопоставлять территориальную структуру воздействия с условиями природно-территориального районирования. Теоретически необходимость такого подхода общепризнана, но практическая реализация сдерживается низким уровнем ландшафтной изученности и отсутствием кадастровой информации по исследуемым территориям.

Тематические (экологические) карты – информационная база для определения возможностей, которые представляет та или иная территория в плане соответствия потребностям человека, т.е. база для экологического нормирования антропогенных нагрузок.

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИОПЕРИФИТОНА МАКРОФИТОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.В. Рыбакова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
ryba@ibiw.yaroslavl.ru*

Морфологическое разнообразие бактериального перифитона высших водных растений изучали с помощью электронно-микроскопического метода. Для этого образцы водных растений отбирали на трех станциях в смешанных зарослях прибрежья Волжского плеса Рыбинского водохранилища с июля по октябрь 2000 г. С рдеста, ситняга, ежеголовника, камыша озерного, тростника и горца делали соскобы, переносили в стерильную безбактериальную воду, готовили суспензию, которой заливали электронно-микроскопические сетки (ЭМС) в чашках Петри и инкубировали в течение суток при комнатной температуре. Для исследования обрастаний ЭМС использовали электронный микроскоп марки JEM-100 С при увеличении в 6.6–16 тыс. раз.

Установлено, что сообщество бактерий перифитона макрофитов представлено разнообразными по морфологии клетками, большинство из них – банальной формы, редкие – чаще встречались в период отмирания растений. Большая часть микроорганизмов имела цилиндрическую или эллипсоидную форму клеток, некоторые из них образовывали нити, прикрепляясь друг к другу слизистыми тяжами, или имели общий чехол. Многие из бактериальных клеток перифитона были снабжены жгутами – как одним, так и множеством. Встречались отдельные крупные палочковидные клетки размером до 2.5×0.25 мкм, кокки и эллипсоиды с разнообразными выростами, включениями разной электронной плотности, некоторые из них были покрыты капсулами. На всех видах растений были отмечены небольшие эллипсоидные клетки с длинными ультратонкими фимбриями. В больших количествах присутствовали нитчатые микроорганизмы различной формы и размеров. В обрастаниях ежеголовника были обнаружены микроорганизмы рода *Microcyclops*. Из группы простекобактерий встречались бактерии родов *Ancalomicrobium*, *Prosthecomicrobium*, *Prosthecobacter*, *Asticcacaulis*, *Planctomycetales*. На всех видах обследованных растений регистрировалось значительное количество бактерий рода *Caulobacter*, особенно велико их количество было в осенние месяцы.

Таким образом, сообщество микроорганизмов в обрастаниях макрофитов представлено различными формами, некоторые из них выявляются на разных стадиях жизнедеятельности растений. Приуроченность бактериальных клеток специфической морфологии к определенным видам макрофитов не выявлена. Предполагается, что высокая плотность и морфологическое разнообразие микроорганизмов в обрастаниях высших водных растений обусловлены обилием питательных веществ.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs У РЫБ РАЗНЫХ ТРОФИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ В КИЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

И.Н. Рябов¹, Н.В. Белова², Н.И. Полякова¹

¹ *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия, platon@genome.eimb.relarn.ru*

² *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия*

Радиоэкологические исследования, проведенные сотрудниками Комплексной радиоэкологической экспедиции при ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова на Киевском водохранилище в период с 1986 по 2002 гг., выявили неодинаковый характер накопления ^{137}Cs у рыб разных трофических уровней.

По характеру питания рыбы водохранилища относятся к трем группам. К первой группе принадлежат растительноядные и детритоядные (красноперка), ко второй группе относятся рыбы (густера, лещ, линь, плотва и др.), в рационе которых преобладают беспозвоночные животные, третья группа включает в себя хищные виды рыб (щука, крупный окунь), спектр питания которых состоит в основном из рыбы.

В первые месяцы после аварии на ЧАЭС виды рыб I и II групп характеризовались повышенным содержанием ^{137}Cs по сравнению с хищниками. Концентрация ^{137}Cs в теле мирных видов рыб Киевского водохранилища была в среднем в 9 раз выше, чем у хищников. К 1987 г. концентрация ^{137}Cs у щук постепенно возросла и достигла у отдельных особей 1650 Бк/кг сырой массы (с.м.). Это явление напрямую связано с тем, что у хищных рыб, находящихся на более высоком трофическом уровне, радионуклиды поступают по самой длинной пищевой цепи, предварительно концентрируясь в жертве более низкого трофического уровня.

За 15-летний период исследований было выявлено, что содержание ^{137}Cs в теле рыб разных трофических групп снизилось почти в 10 раз.

Последние работы, проведенные в 2002 г. (январь–июнь) на Киевском водохранилище, показали сходную картину содержания ^{137}Cs у рыб разных трофических уровней, которая сложилась после 1987 г. Максимальные уровни содержания ^{137}Cs в 2002 г. отмечены у крупных окуней, питающихся преимущественно рыбными объектами, и у щук. В среднем содержание ^{137}Cs у окуней составило за первое полугодие 2002 г. 204 Бк/кг с.м. при максимальных значениях до 506 Бк/кг с.м., что превышает ПДУ, принятые на Украине, более чем в 3 раза. Минимальные значения не превышали 100 Бк/кг с.м. В мышцах щуки концентрация ^{137}Cs была несколь-

ко ниже – в среднем на уровне 164 Бк/кг с.м. при колебании значений от 125 до 230 Бк/кг с.м.

Среди рыб II трофической группы наиболее низкие средние показатели в 2002 г. отмечены у плотвы (63 Бк/кг с.м.) и леща (65 Бк/кг с.м.), а максимальные были зафиксированы у линя (93 Бк/кг с.м.). У красноперки (I трофическая группа) содержание ^{137}Cs в среднем составило 48 Бк/кг с.м.

В будущем содержание ^{137}Cs останется наиболее высоким у представителей III группы – крупного окуня и щуки.

Очищение рыб в водохранилищах Днепровского каскада, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС, в дальнейшем будет определяться периодом полураспада ^{137}Cs , равным 30 годам.

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БАССЕЙНАХ СИБИРСКИХ РЕК ПРИ СОЗДАНИИ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.М. Савкин

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
Новосибирский филиал, Новосибирск, Россия, iwer@ad-sbras.nsc.ru*

Западно-Сибирская равнина представляет собой территорию, где изменения в задачах и реальной практике решения водных проблем значительны как по темпам изменений, так и по характеру. Прежде всего это относится к практике строительства и эксплуатации водохранилищ гидроузлов.

В период наибольшего развития гидротехнического строительства на крупных реках Сибири был создан целый ряд искусственных водоемов. На Иртыше – Бухтарминское, Усть-Каменогорское, позднее Шульбинское, на Оби – Новосибирское, на Енисее и его притоках – Красноярское, Саяно-Шушенское и Майнское, Курейское и Хантайское, а также каскад водохранилищ на Ангаре. Проектировалось строительство Катунского и Чемальского водохранилищ на р. Катунь, Каменского на р. Обь, Крапивинского на р. Томь и Туруханского на р. Нижняя Тунгуска.

Изменения в окружающей среде, связанные с гидротехническим строительством на реках Сибири, относятся к наиболее масштабным и сложным. Водоохранилища Сибири отличаются от водохранилищ Европейской территории России по морфометрическим и гидрологическим характеристикам, а также по климатическим условиям. Большие объемы и глубины на сибирских водохранилищах, значительная амплитуда колебаний уровней воды в них, более низкие температуры воды в сочетании с коротким

безледным периодом определяют специфику гидрофизики и гидробиологии водоемов, а гидрологические и инженерно-геологические условия обуславливают развитие различных геодинамических процессов в прибрежной зоне. Изменяя естественный водный режим рек и перераспределяя сток во времени, водохранилища влекут перестройку как различных компонентов окружающей среды, так и условий жизни населения в бассейнах рек.

Достоверность прогнозов изменения природных условий под влиянием созданных водохранилищ может быть в значительной степени повышена при учете масштабов прогнозируемых величин, уже наблюдавшихся на водохранилищах – как в данном бассейне, так и в других. Использование при прогнозировании методов сравнительного анализа, как показал опыт создания и длительной эксплуатации водохранилищ Сибири, является весьма перспективным.

Строительство водохранилищ в сравнительно узких, глубоких, менее освоенных и заселенных, в сравнении с Европейской территорией, долинах рек, дает возможность создания высоких плотин, образования емких водохранилищ, позволяющих осуществлять сезонное и многолетнее регулирование стока рек, надежно удовлетворять возрастающие потребности широкого круга водопользователей.

По удельным показателям затопления земель сибирские водохранилища относятся к сравнительно благоприятным. Однако долины рек, особенно в слабо освоенных районах, являются наиболее обжитыми участками. Поэтому потери земель при их затоплении весьма ощутимы (Новосибирское, Красноярское, частично Саяно-Шушенское водохранилища).

В то же время, при создании сибирских водохранилищ существуют специфические проблемы: значительные сложности при подготовке их ложа, широкий спектр и высокая интенсивность экзогенных процессов в береговой зоне, резкие изменения микроклимата в нижних бьефах. Использование существующих водохранилищ и, особенно, перспектива их дальнейшего строительства связаны с комплексом экологических, экономических, социальных, а в отдельных случаях и геополитических факторов.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ ЕГО МНОГОЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.М. Савкин, С.Я. Двуреченская

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
Новосибирский филиал, Новосибирск, Россия, dvur@ad-sbras.nsc.ru*

В последние годы во многих водохранилищах, особенно на территории Сибири, процессы самоочищения не в состоянии поддерживать высокое качество воды вследствие усиливающегося антропогенного загрязнения. Специфика водохранилищ (невысокая проточность, наличие застойных зон) способствует накоплению в них загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами сельскохозяйственного производства, химической и других видов промышленности. Нередко в донных отложениях водохранилищ образуются зоны с высокой концентрацией токсичных веществ, которые могут вызвать процесс вторичного загрязнения. На процессы самоочищения существенное влияние оказывает и тепловое загрязнение от электростанций.

Проведена оценка современной и перспективной водно-ресурсной и водно-экологической ситуации по гидрологическим и гидрохимическим характеристикам в бассейне Верхней Оби на участках, находящихся в условиях повышенного техногенного воздействия (Новосибирское водохранилище и его нижний бьеф). Изучены многолетние изменения гидролого-гидрохимического режима водохранилища и его нижнего бьефа как основных факторов, влияющих на формирование качества воды в крупной природно-техногенной системе. Установлено, что гидрологические характеристики Новосибирского водохранилища в большей степени зависят от водности сезонов, и даже отдельных месяцев, чем от водности года в целом. Анализ гидрологических показателей водного режима Новосибирского водохранилища в характерные по водности годы относительно средних величин за весь период его существования показывает увеличение повторяемости маловодных периодов, снижение водности весеннего половодья, увеличение водности осеннего периода за счет дождевых паводков и в то же время – общее понижение водности р.Оби в ее верхнем течении. Динамика водно-ресурсной ситуации на водохранилище и нижнем бьефе связана с процессами формирования качества его вод во внутригодовом разрезе. Установлена динамика основных гидролого-гидрохимических показателей вод Новосибирского водохранилища в основные гидрологические сезоны и за многолетний период. В условиях усиливающейся техногенной нагрузки на водные ресурсы водохранилища и его нижнего бьефа выявлен дефицит водных запасов регулируемой

призмы, составляющий около 25% полезного объема водохранилища. Прослежена динамика приоритетных загрязняющих веществ в водах водохранилища (нефтепродуктов, фенолов, нитритов, аммонийных соединений, легкоокисляемых органических веществ, определяемых по величинам БПК₅) во временном и пространственном аспектах, роль водохранилища в их трансформации. Динамика изученных показателей гидрохимического режима водохранилища характеризуется относительно устойчивыми их вариациями как в пространственном (по акватории), так и во временном аспектах. Новосибирское водохранилище, несмотря на малую регулируемую способность, существенно улучшило водноресурсную ситуацию в зоне его влияния, особенно в нижнем бьефе. Статистический анализ динамики концентраций приоритетных загрязняющих веществ, поступающих в водохранилище с речным стоком и от абразии берегов, позволяет установить позитивную роль водохранилища в изменении показателей качества воды. Улучшение экологической ситуации, в первую очередь, связано с организацией водоохранных зон на его водосборе и защитой берегов от ветроволновой абразии. Это должно быть учтено при планировании перспективной водохозяйственной стратегии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 02-05-64384а.

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ГЭС НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И БАЛАНСОВЫХ РАСЧЕТОВ

И.Ф. Савченко

*Отделение региональной геологии и гидрогеологии АмурНЦ ДВО РАН,
Благовещенск, Россия, mirinik@inbo.ks.ru*

В условиях Дальнего Востока целесообразно создавать водохранилища ГЭС с большой регулирующей емкостью в связи с дождевым типом питания рек и перераспределением части летнего стока на зимний.

Камнем преткновения при подготовке ложа водохранилища является процесс лесосводки и лесоочистки. При этом лесоочистке придается статус решающего по своим экологическим последствиям фактора, тщательно регламентированный СанПиН 3907-85, согласно которым лесоочистка обязательна для водохранилищ с коэффициентом водообмена менее 6.

Составление же баланса органических веществ – источников потенциального органического загрязнения – показывает их значимость и необхо-

димось проектирования мероприятий по снижению уровня загрязнений при формировании экосистемы водохранилища. Так, Бурейское водохранилище будет иметь площадь зеркала при НПУ – 740 км², при УМО – 400 км², площадь ежегодной сработки – 230–340 км² и амплитуду сработки – 14–20 м.

В балансе абсолютно сухой массы (АСВ) источников органического загрязнения надземная масса деревьев и кустарников составляет 3044 тыс. т (8.5%), лесная подстилка – 10035 тыс. т (28.9%), гумус почв – 5323.6 тыс. т (14.9%), торф и сапропель – 16287 тыс. т (45.5%). Для выполнения требований СанПиН при лесочистке необходимо (и возможно по техническим условиям) удалить 119.4 тыс. т АСВ мелколесья и кустарников. В виде пневых запасов от лесосводки и лесочистки в ложе водохранилища останется 694 тыс. т АСВ и все вышеперечисленные источники органического загрязнения. Лесочисткой осваивается 112.4 тыс. т АСВ, лесосводкой – 2248.4 тыс. т АСВ. Остающиеся источники органического загрязнения имеют общую массу 33477 тыс. т. Таким образом, степень влияния лесочистки в сравнении со всей массой загрязнителей удручающе низка. Только растворенная органика почвенных растворов и болотных вод в 28 раз больше массы, удаляемой при лесочистке. Поэтому затраты на подготовку ложа водохранилища к затоплению не будут иметь экологического значения.

Системный подход необходим и при общей оценке влияния ГЭС на природную среду. В зоне микроклиматического влияния на побережье производительность лесов увеличивается на 0.2 класса бонитета, что с учетом площади влияния с лихвой компенсирует потери лесного фонда при затоплении. Следует иметь в виду и то, что энергия Бурейских ГЭС за 100 лет их работы будет эквивалентна месторождению углей 3Б мощностью 1.7 м площадью, равной таковой зеркалу водохранилища. Напрашивается вывод о необходимости переработки СанПиН с учетом баланса органических веществ в зоне затопления, региональных особенностей гидрологического режима рек, строения ложа водохранилища, проектных решений.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА

В.П. Салтанкин, В.В. Каякин, И.Л. Дмитриева, А.В. Мулина

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

ОАО «Институт Гидропроект», Москва, Россия

НИИЭС, Москва, Россия, venits@aqua.laser.ru

Проблема «свертывания» информации при комплексной оценке экологического состояния таких сложных техно-природных объектов, как крупные водохранилища и, тем более, их каскады, представляется важнейшей. Она обычно решается с помощью методов экспертных оценок, разнообразие которых достаточно велико. Отметим, что экспертные оценки широко используются в научной и инженерной деятельности при обосновании, проектировании и создании сложных систем и объектов, например аэрокосмических (оптимизация приборных комплексов исследования окружающей среды) или крупных гидротехнических сооружений (выбор оптимальных скальных оснований для плотин и гидроузлов). Применяются экспертные оценки и при анализе воздействия гидротехнического строительства на окружающую среду.

Для комплексной оценки гидроэкологического состояния Волжско-Камских водохранилищ применена модернизированная авторами известная методика Баттеле, когда учитывались индикационные компоненты среды и критерии экологической безопасности. Учтены следующие основные (индикационные) компоненты: гидрологический режим (удельный вес компонента равен 3), качество воды (4); гидробиологические процессы (2), ихтиофауна (3), подтопление (1), переработка берегов и оползневые процессы (1), береговые ландшафты (2).

Оптимальное состояние геоэкологического компонента соответствует 100 баллам. Наилучшее состояние водной экосистемы характерно для Саратовского и Угличского водохранилищ (рейтинг 60–62 балла), наихудшее для Нижнекамского и Чебоксарского (30–32 балла).

Наилучшим состоянием характеризуются наземные экосистемы Рыбинского и Угличского водохранилищ (71–74 балла), наихудшим – Волгоградского и Чебоксарского водохранилищ (58–59 баллов).

Затем была выполнена оценка экологической опасности по следующим градациям: весьма опасное – < 35 баллов – требуются радикальные мероприятия (Чебоксарское и Нижнекамское); опасное – 35–60 баллов – требуются комплексные мероприятия (Иваньковское, Рыбинское, Горьковское, Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское, Камское); локально-опасное – 60–80 баллов – необходимы локальные мероприятия Воткин-

ское, Угличское); безопасное – > 80 баллов – мероприятия не требуются (ни одно из водохранилищ Волжско-Камского каскада в эту категорию не попало).

ВЛИЯНИЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ТЕЧЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПРИМЕСЕЙ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Б.И. Самолюбов

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, sambis@flow.phys.msu.ru*

Придонные стратифицированные течения, оказывающие существенное влияние на процессы переноса взвешенных и растворенных примесей в водохранилищах, вызывают растущий научный и практический интерес. Вместе с тем, остаются не вполне ясными многие элементы механизмов развития стратифицированных течений и их воздействия на распределения параметров состава воды. Это в значительной мере связано со спорадичностью придонных потоков и, особенно, интрузионных, обусловленных поступлением жидкости повышенной плотности в водоем. Кроме того, задачи прогноза влияния стратифицированных течений на формирование качества воды существенно усложняются из-за необходимости учета взаимодействия придонных, промежуточных и дрейфовых течений. Остаются уникальными результаты исследований, необходимые для выявления закономерностей развития течения в его ядре и фронтальных зонах. В данной работе, по материалам комплексных натурных измерений и результатам математического моделирования, анализируются механизмы эволюции стратифицированных потоков и переноса примесей этими течениями.

Развитие стратифицированных потоков изучалось экспедициями МГУ на разрезах и в сериях зондирований на долгосрочных станциях в 1999–2001 гг. В 10 экспедициях на Рузском, Вазузском, Можайском, Озернинском, Истринском, Иmandровском и Ивановском водохранилищах. При изучении плотностных течений, стратифицированных взвесью, проводился анализ данных, полученных ранее в 10-летнем цикле работ на горном Нурекском водохранилище. Выполнены междисциплинарные натурные и теоретические исследования течений, конвекции, гидрохимических, гидробиологических процессов и распространения примесей. Исследования выполнялись с применением специально разработанных измерительных систем и методов комплексных регистраций пространственно-временных распределений характеристик течений и состава воды. На каждом из по-

лигонов получены зарегистрированные одновременно детальные профили скорости течения, концентраций взвеси, растворенного кислорода, электропроводности, температуры воды, распределения рН, удельного содержания солей и фосфора на разрезах по длине, ширине водоемов и в реках-притоках, а также в сериях зондирований на станциях.

Обнаружены придонные и промежуточные, гравитационные, градиентные и циркуляционные стратифицированные течения с внутренними линзами жидкости повышенной плотности. Выявлены закономерности распространения, взаимодействия течений и эволюции их структур, включая трехмерные преобразования. Рассмотрены эффекты стимулирующего и гасящего воздействия плотностных течений на гидрохимические процессы перехода речных водных масс в основную водную массу бассейнов.

Разработаны методы расчета переноса тепла, взвеси и растворенных солей по модели с зональным профилем турбулентной вязкости и по модели взаимодействия сдвиговых слоев плотностного потока. Построены и проверены по данным измерений в 11 течениях математические модели плотностных потоков и транспорта взвешенных и растворенных примесей этими течениями, с учетом изменения свойств примеси в процессе переноса и влияния одной субстанции на диффузию другой.

В ходе проведенного сравнительного анализа особенностей транспорта различных взвешенных и растворенных примесей стратифицированными течениями в бассейнах со слабым и сильным водообменом разработана и проверена модель для расчета продольных распределений концентраций веществ, переносимых потоком, в которой учитываются эффекты турбулентного обмена на границах течения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 02-05-64494, 02-05-79004).

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

М.В. Селезнева

*Сибирский научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт рыбного хозяйства, Новосибирский филиал,
Новосибирск, Россия, sibribniiproekt@mail.ru*

Многолетние данные наблюдений за каким-либо биотическим компонентом могут быть особенно полезны при оценке и прогнозе состояния экосистемы водоема. Сукцессионные изменения макрозообентоса в водохранилищах связаны в первую очередь с их аккумуляционным эффектом: заилением и повышением содержания органики в грунтах. В связи со значительной проточностью водоема процесс заиления Новосибирского водохранилища идет медленно, и главным образом на локальных участках литорали и, частично, сублиторали водоема.

Новосибирское водохранилище как среда обитания аборигенного зообентоса характеризуется значительной осушной площадью, повышенным гидродинамическим режимом и преобладанием аллохтонного органического вещества в общем балансе. Грунтовые отложения представлены серыми пойменными и русловыми илами, заиленными песками, небольшими площадями бурых грубодетритных илов в местах впадения малых рек и чистыми песками на участках размываемых островов, из-за размыва которых в водоеме сокращаются площади защищенных мелководий.

Материал собирался в течение вегетационных сезонов 1990–2001 гг. на стандартных разрезах, охватывающих все экологически разнородные участки водоема. Сбор и обработка материала проводились по обычным гидробиологическим методикам. Всего собрано и обработано 850 проб макрозообентоса. Состояние сообщества оценивалось по таким структурным показателям, как общее число видов, индекс видового разнообразия (Шеннона), а также по биомассе и численности организмов, трофической структуре сообщества, пространственному распределению макрозообентоса.

Зообентос характеризуется широко распространенным в пресноводных водоемах соотношением между основными таксономическими группами организмов: олигохеты (13 видов), хирономиды (21 вид), моллюски (15 видов). В состав макрозообентоса с 80-х годов входят акклиматизированные ракообразные – гаммариды и мизиды. Упрощенная видовая структура и значительная степень доминирования (индекс Шеннона не превышает 1.3 бит) компенсируются внутривидовой изменчивостью основного вида – мотыля: в водоеме отмечается несколько форм этого вида, распределение которых связано с различными экологическими условиями

зон обитания. В целом для зообентоса характерно преобладание детритофагов с различными способами питания.

Количественные показатели развития, в частности, биомасса зообентоса, по годам значительно варьирует ($C_v = 46.6 \pm 11.9$), составляя в среднем 4.2 ± 0.6 г/м². Сравнение наших данных с опубликованными материалами наблюдений за состоянием зообентоса в 60-х годах, после вспышки трюфии в 1958–1959 гг. (Благовидова, 1976), показало, что различия в уровне развития зообентоса недостоверны. Однако, несмотря на высокую точность, эвтрофирование водоема, хотя и медленно, но идет, о чем свидетельствует несколько возросшая роль олигохет, а также значительное развитие вивипарид на некоторых локальных участках (Ордынский и Шарапский заливы).

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ БАЗЫ И ЧИСЛЕННОСТИ ЛЕЩА НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ТЕМП ЕГО РОСТА

М.В. Селезнева, О.В. Трифонова

*Сибирский научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт рыбного хозяйства, Новосибирский филиал,
Новосибирск, Россия, sibribniiproekt@mail.ru*

Известно, что рост рыб чрезвычайно изменчив и подвержен влиянию изменений их численности и факторов окружающей среды, наиболее важным из которых является обеспеченность пищей. Материалом для данного сообщения послужили ихтиологические и гидробиологические данные, полученные в результате многолетних прогнозных рыбохозяйственных наблюдений на Новосибирском водохранилище. Для сбора и обработки материалов применялись стандартные методики.

Аборигенный зообентос представлен главным образом личинками хирономид, олигохетами и мелкими двустворчатыми моллюсками. В 80-х годах с целью повышения кормности водоема были акклиматизированы байкальские гаммариды и дальневосточные мизиды, прочно вошедшие в рацион всех видов рыб. В настоящее время среднегодовой биомасса зообентоса составляет 4.2 ± 0.6 г/м², что позволяет характеризовать водоем как среднепродуктивный. Лещ как бентофаг практически не имеет конкурентов в водоеме, за исключением небольшого по численности локального стада стерляди, обитающего в верхней части водоема. По неопубликованным данным А.М. Визера, в рацион леща входят личинки хирономид (18.2%), мелкие двустворчатые моллюски (6.2%), зоопланктон

(15.4%), акклиматизированные ракообразные составляют 14.3%, большое значение имеет детрит (до 30–40% от общего содержимого желудков).

Лещ, акклиматизированный в водохранилище с целью более полного использования кормовых ресурсов (Иоганзен, Петкевич, 1957), с 1968 г. выходит на первое место по значению в уловах. По сравнению с 80-ми годами средний улов леща возрос на 6.4% и составил в 90-е годы в среднем 853 т (89.3% от общего вылова рыбы в водохранилище). Возрастной состав уловов колеблется по годам незначительно, основу составляют особи в возрасте от 3+ до 6+ (свыше 70%). Средний возраст вылавливаемого леща снизился в последнее десятилетие с 5.3 ± 0.6 до 4.6 ± 0.1 лет, но это различие оказалось недостоверным, и следовательно говорить об омоложении стада преждевременно. Численность леща в водоеме испытывает колебания (показатель флюктуации в среднем составляет $36.7 \pm 6.7\%$), что можно объяснить как условиями воспроизводства, так и пополнением стада за счет ската рыбы из верхнего бьефа в годы с повышенным гидродинамическим режимом.

На начальном этапе формирования водохранилища отмечены исключительно высокие показатели роста леща (Сецко, 1969), что было связано со вспышкой трофии водоема после заполнения. Однако уже в конце 60-х годов показатели длины и веса снизились. Темп роста леща с тех пор не претерпел существенных изменений. Статистический анализ и сравнение данных по линейным и весовым показателям леща в 70-х, 80-х и 90-х годах показали, что достоверных отличий между ними нет. По годам размерно-весовые характеристики изменяются незначительно: коэффициент вариации линейных показателей по различным возрастным группам в среднем составляет 4.9%, в несколько большей степени варьируют весовые показатели – 17.4%.

На основании данных, полученных в результате ежегодных наблюдений в 1990–2001 гг., выявлено, что численность леща обратно пропорциональна среднесезонной биомассе зообентоса. Коэффициент корреляции равен -0.71 ± 0.23 , связь статистически достоверна для уровня значимости 0.05. Коэффициенты корреляции между биомассой бентоса и длиной и массой тела леща оказались невысокими и недостоверными (в среднем +0.13 и +0.19). Так же слабо и недостоверно связаны между собой численность возрастных групп леща и их линейные и весовые характеристики.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПИГМЕНТНЫХ ИНДЕКСОВ ФИТОПЛАНКТОНА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Л.Е. Сигарева, О.А. Ляшенко

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
lyashenk@ibiw.yaroslavl.ru*

Растительные пигменты как интегральные показатели состояния водных экосистем широко используются для решения различных проблем гидроэкологии. Основным пигмент фотосинтетического аппарата водорослей – хлорофилл *a* – стал общепризнанным показателем интенсивности вегетации планктонных водорослей.

Один из важнейших аспектов применения пигментных характеристик фитопланктона – проблема оценки качества воды. В водоемах фитопланктон является основным первичным продуцентом, обогащает воду органическим и взвешенным веществом, поэтому накопление водорослей приводит к ухудшению качества питьевой воды. «Цветение» воды связано с массовым развитием определенных видов водорослей. Некоторые водоросли, в частности синезеленые, могут выделять в воду токсические для гидробионтов вещества, поэтому для оценки качества воды необходимы сведения не только о количественном развитии фитопланктона, но и о таксономической принадлежности доминирующих водорослей.

Мониторинг качества воды по составу фитопланктона – крайне трудоемкая процедура, требующая высочайшей квалификации исследователя, в то время как пигментный анализ – метод оперативный и доступный для широкого применения. На культурах водорослей и на фитопланктоне разного состава показано, что пигменты водорослей различной таксономической принадлежности отличаются формой спектра поглощения на отдельных длинах волн. Предлагается наблюдение за качеством воды по пигментным индексам E_{450} / E_{480} и E_{480} / E_{665} , которые отражают изменения в спектре поглощения, т.е. оптических плотностей экстракта за счет смены состава пигментов и их соотношения. В сочетании со стандартным спектрофотометрическим методом определения пигментов эти индексы позволяют проследить динамику как количественных, так и структурных изменений фитопланктона.

Спектры поглощения водорослей разных отделов наиболее четко отличаются друг от друга. Более специфичен спектр поглощения пигментного экстракта синезеленых водорослей. Его особенностью является то, что соотношение оптических плотностей ацетонового экстракта синезеленых на длинах волн 450 и 480 нм близко к 1, так как у них отсутству-

ют дополнительные хлорофиллы (*b* и *c*), увеличивающие поглощение на длине волны 450 нм, а специфический комплекс каротиноидов имеет менее выраженный подъем поглощения именно в области 450 нм. Эта особенность положена в основу разработанного ранее способа оценки качества воды по пигментной модели фитопланктона.

Анализ связи между пигментными характеристиками и составом фитопланктона, в частности, степенью развития синезеленых водорослей, проведен на примере разнотипных водоемов - водохранилищ Верхней Волги и оз. Неро.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПИГМЕНТЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Л.Е. Сигарева, Н.А. Тимофеева

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
timof@ibiw.yaroslavl.ru*

Донные отложения формируются в зависимости от типа водоема, они образуют биотопы для бентосных гидробионтов, участвуют в круговороте биогенных элементов, аккумулируют органические и неорганические вещества антропогенного происхождения, которые могут привести к вторичному загрязнению водоема. Для характеристики органического вещества в донных отложениях используются сведения о содержании растительных пигментов. Индикаторное значение показателей состава и содержания растительных пигментов для изучения пресноводных экосистем раскрыто далеко не полностью. Растительные пигменты в донных отложениях – биомаркеры органического вещества, прошедшего сложный путь преобразований в результате продукционно-деструкционных процессов. Характерная в «норме» сбалансированность новообразования и деструкции органического вещества нарушается при антропогенном влиянии на водоемы. Эвтрофирование сопровождается увеличением потока органического вещества и содержания растительных пигментов в донных отложениях, деэвтрофирование – его уменьшением. Уровень трофии – один из основных показателей экологического состояния водоема. Количественная параметризация трофии сложна, несмотря на существование множества шкал.

В докладе обобщены материалы по содержанию растительных пигментов в донных отложениях водохранилищ Верхней и Средней Волги, полученные в эпизодических наблюдениях в период с 1993 по 2001 гг. При оценке свойств отложений использовали традиционные методы. Содер-

жание растительных пигментов определяли спектрофотометрическим методом в общем экстракте. Анализировали разные показатели: валовое содержание хлорофилла в сумме с феопигментами – в расчете на сухой и сырой грунт и удельное – в расчете на органическое вещество. Анализ полученных данных показал, что содержание растительных пигментов в донных отложениях зависит от биологических и географических свойств водохранилищ. Особенности распределения валового содержания хлорофилла с феопигментами по площади дна согласуются с типом отложений. Исследуемые водохранилища располагаются в порядке возрастания средней взвешенной концентрации осадочных пигментов, рассчитанной с учетом площадей, занимаемых разными грунтами, следующим образом: Рыбинское, Угличское, Ивановское, Горьковское, Чебоксарское. Экологическая зональность бентали характеризуется увеличением концентрации растительных пигментов от верхних речных к нижним озеровидным участкам. Русловые отложения аккумулируют меньше растительных пигментов, чем пойменные, что согласуется с различиями гидродинамической активности, регулирующей скорость осадконакопления. Потенциальными источниками органического загрязнения водохранилища являются отложения, обогащенные растительными пигментами – серые и макрофитные илы.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО ОРГАНИЗМАМ ЗООБЕНТОСА

А.А. Силаева, А.А. Протасов

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, protasov@bigmir.net

Представлены результаты оценки качества воды по составу организмов зообентоса двух разнотипных водоемов, воды которых используется в системе охлаждения двух атомных станций. Водоем-охладитель Хмельницкой АЭС водохранилищного типа, достаточно мелководный (в среднем глубины составляют 6 м), грунты характеризуются значительным илонакоплением. Река Стырь, на которой расположена Ровенская АЭС, на исследованном участке имеет русло шириной 30–40 м и глубиной 2.0–6.0 м. Грунты медиали представлены песками, прибрежные участки – песками различной степени заиления, с включениями глины и растительных остатков. Температурный режим водоемов близок к естественному, повышение температуры наблюдалось лишь непосредственно у мест сброса подогретых вод.

Оценку качества воды проводили с использованием индексов Пантле-Букка (S_{PB}) в модификации Сладечека, Гуднайта-Уитлея (GW), Вудивисса

(*TBI*). Оценку качества воды осуществляли в соответствии с существующими нормативами (Романенко, 1998). Интегральный показатель (*IP*) вычисляли по Е.В. Балушкиной (1997). Видовое разнообразие рассчитывали по индексу Шеннона.

Значение индекса $S_{ПБ}$ значительно колебалось на различных участках: в водохранилище – от 2.23–2.78 (β'' – α' -мезосапробная зона, категории слабо и умеренно загрязненных вод, класс загрязненных вод) до 3.56–3.78 (полисапробная зона, класс очень грязных вод); в реке – от 1.21–2.52 (α -олигосапробная – β' -мезосапробная зона, категории достаточно чистых и слабо загрязненных вод) до 3.81 (полисапробные, очень грязные воды).

Согласно индексу *GW*, качество воды большей части водохранилища соответствовало классу чистых вод. В летний период зависимость между индексами $S_{ПБ}$ и *GW* практически отсутствовала ($r = 0.15$). Осенью, напротив, между ними отмечена высокая положительная корреляция ($r = 0.89$). По этому индексу, качество воды в реке соответствовало в основном категориям грязных и очень грязных вод из-за высокой численности *Propappus volki* Michaelson (индивидуальная сапробность 1.2). Значения индекса $S_{ПВ}$ и *TBI* в водохранилище только в 29% случаев соответствовали одинаковым категориям качества вод, коэффициент корреляции между ними был невысоким (-0.52). Категории качества воды по индексу *GW* в обоих водоемах совершенно не совпадали с установленными по $S_{ПБ}$ и *TBI*.

Судя по величине *IP*, вода большей части водохранилища оценивалась как чистая и умеренно загрязненная. Между индексами $S_{ПБ}$ и *IP* в оба сезона отмечена положительная коррелятивная связь: летом $r = 0.73$, осенью -0.89 . Анализ качества воды по эколого-санитарным критериям показал, что по среднему индексу вода водохранилища относилась к классам чистых и загрязненных вод. По индексу *IP* вода в реке была умеренно загрязненная, а по эколого-санитарным показателям – достаточно чистая.

Сравнение данных оценки качества воды по эколого-санитарным показателям с результатами оценки по организмам зообентоса с использованием нескольких индексов показало, что для условий водохранилища показатели качества воды по индексу *IP* наиболее близки к эколого-санитарным оценкам.

Индекс видового разнообразия (H') в водохранилище снижался с увеличением загрязнения, между индексами $S_{ПБ}$ и H' , а также *IP* и H' наблюдалась отрицательная зависимость: коэффициент корреляции в первом случае составлял -0.67 , во втором -0.51 . В реке отмечено возрастание H' с увеличением $S_{ПБ}$. Анализ зависимости H' от $S_{ПБ}$ для всех исследованных водоемов показал, что при низких значениях $S_{ПБ}$ низким является и H' . С увеличением загрязнения видовое разнообразие возрастает и в пределах

$S_{ПБ}$ от 2 до 3 находится на максимальном уровне, а при дальнейшем увеличении $S_{ПБ}$ видовое разнообразие уменьшается.

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ ИРРИГАЦИОННОГО ВОДОЕМА КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА РЕКИ САРЫСУ

В.А. Скакун¹, С.С. Галушак²

¹ *Казахский НИИ рыбного хозяйства, Алматы, Республика Казахстан,
zapoved-markakol@nursat.kz*

² *Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан*

Бассейн р. Сарысу издавна привлекал внимание исследователей ихтиофауны по причинам его изолированности и своеобразия ихтиофауны, включающей в себя представителей циркумполярной и средиземноморской подобластей (Берг, 1912). Предполагается, что в ледниковый период р. Сарысу, как и р. Чу, впадала в р. Сырдарью (Ерещенко, 1956). Один из наиболее любопытных представителей ихтиофауны бассейна р. Сарысу – серебряный карась, – который является аборигеном как Обь-Иртышского, так и Сырдарьинского бассейнов (Берг, 1905, 1949). Элементы биологической характеристики популяции этого вида в бассейне р. Сарысу представил В.И. Ерещенко (1956). Тем не менее, биология и морфологические особенности серебряного карася в этом регионе изучены недостаточно.

Целью настоящей работы являлось изучение морфологии и отдельных сторон биологии серебряного карася небольшого, но постоянного искусственного водоема в верховьях р. Жаманозек (бассейн самой длинной реки Центрального Казахстана – Сарысу).

Исследуемый водоем представляет собой русловой пруд площадью около 50 га, образованный грунтовой плотиной, с глубиной до 3.5 м. Питание происходит за счет родниковых, талых и дождевых вод. Берег верхней части пруда заболочен, а акватория частично заросла погруженной и жесткой водной растительностью. Вода прозрачная, желтого оттенка, в толстом слое имеет темно-коричневый цвет. Местные жители используют пруд для орошения, водопоя скота, а также в качестве места отдыха и любительского рыболовства.

В составе ихтиофауны исследованного водоема у с. Ортау помимо серебряного карася нами отмечены пескарь *Gobio* sp, язь *Leuciscus idus*, сазан *Cyprinus carpio* и обыкновенный окунь *Perca fluviatilis*. Как и в боль-

шинстве озер Северного Казахстана (Сидорова, 1956; Горюнова, 1960; Скакун, 1995), в бассейне р. Сарысу популяция серебряного карася бессамцовая (Ерещенко, 1956). В уловах караси представлены особями длиной 8–14 см и массой 14–77 г в возрасте от 2+ до 5+ лет. Цвет перитонеальной выстилки темно серый и черный. По темпу линейного роста серебряный карась из обследованного водоема намного уступает рыбам из этого же бассейна и других водоемов и сходен с тугорослой морфой *humilis*, описанной ранее (Ерещенко, 1956).

Что касается пластических признаков, то караси водоема верховья р. Жаманозек в сравнении с таковыми из близлежащего Иргиз-Тургайского бассейна (Сидорова, 1956) имели большую голову и невысокое тело, что, возможно, связано с очень низким темпом роста последнего. Цвет воды в исследованном пруду, видимо, стал причиной естественного отбора особей из этого водоема по признаку черного цвета тела и больших глаз. Кроме того, исследованные караси имели очень короткие спинной и анальный плавники (32.4 и 9.8%), однако недостатки гидродинамических характеристик компенсировались значительной высотой этих плавников (20.5 и 17.8%). При этом площади непарных плавников были одинаковыми для рыб из сравниваемых популяций. Любопытно, что недостаток величины наибольшей высоты тела у местного карася (38.5%) по сравнению с карасями оз. М. Жалангаш, у которых этот показатель (Сидорова, 1956) равен 46.8% (разница достигает 7.3%), возможно, компенсируется высотой непарных плавников (спинного и анального). Сумма наибольшей высоты тела и высот непарных плавников у рыб исследуемой популяции составляет 76.8%, против 79.5% у Иргиз-Тургайских карасей (т.е. разница не превышает 2.7%).

Таким образом, условия среды небольшого ирригационного водоема, вероятно, стали причиной естественного отбора серебряного карася по признаку черного цвета тела, больших глаз и особенностей формы непарных плавников. Рыбы имеют очень низкий темп роста и, возможно, связанные с ним относительно большие размеры головы.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ МАССОВЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Ю.В. Слынько

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
syv@ibiw.yaroslavl.ru*

В настоящее время основу промысла в большинстве водохранилищ волжского каскада составляют лещ, синец, судак, берш, щука, налим, окунь, ерш, чехонь, плотва, густера. На протяжении последних 15 лет осуществлялись спорадические обследования генетической изменчивости популяций этих видов рыб в волжских водохранилищах. В результате накоплены данные, позволившие определить уровни генетического разнообразия указанных видов, охарактеризовать их популяционно-генетическую организацию и эколого-генетическую устойчивость. Как правило, популяции всех массовых промысловых видов характеризуются высокими уровнями генетической изменчивости, за исключением окуня. Анализ популяционно-генетической организации и параметров генетической устойчивости позволил установить, что механизмы и пути достижения высоких уровней генетического разнообразия различны у рассматриваемых видов. Для ряда видов характерна сложная внутрипопуляционная структура, и их генетическое разнообразие формируется преимущественно за счет индивидуальных и субпопуляционных различий (плотва, ерш, щука, отчасти густера). Отбор в популяциях этих видов носит дизруптивный характер. Для леща, синца, судака, берша, чехони характерно отсутствие субпопуляционной подразделенности, и генетическое разнообразие определяется в основном генетическими различиями крупных популяционных групп, территориально привязанных к границам водохранилищ. Отбор в отношении данных видов принимает форму направленного, определяя, как правило, клинальный по широте характер распределения генных частот. Для налима, несмотря на отчетливо выраженную субпопуляционную подразделенность, отмечается интенсивный генный обмен между субпопуляциями, что приводит к гомогенизации генетической структуры. В случае окуня генетическая изменчивость, определяющая высокие адаптивные качества вида и его популяций, реализуется, вероятней всего, на уровне регуляторных генов.

В последние годы в качестве массового объекта промысла в ряде водохранилищ вошла каспийская килька, широко и быстро расселившаяся по всему каскаду. Проведен сравнительный анализ популяционной организации и популяционно-генетических характеристик этого вида в сравнении с массовыми аборигенными видами. Установлено, что для кильки харак-

терен особый в данных условиях тип популяционной организации, характеризующийся высокими уровнями генетического разнообразия и внутри-видовой популяционной однородности, что может объясняться интенсивными генными обменами между стадами кильки на всем протяжении волжских водохранилищ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 01-04-48542).

РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ В СВЯЗИ С ИНВАЗИЯМИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ

Ю.В. Слынько¹, Ю.Ю. Дгебуадзе²

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок, Россия, syv@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия, sevin@glas.apc.org*

Мощное антропогенное преобразование Волги, начавшееся с середины XX века (зарегулирование, усиление промышленного, транспортного, бытового и сельскохозяйственного воздействия), определили существенные и экологически значимые перестройки структурных и функциональных характеристик рыбного населения. Несомненно, что наибольшее влияние оказало создание каскада водохранилищ почти на всем протяжении реки (от г. Твери до г. Волгограда). В настоящее время незарегулированные или слабо зарегулированные участки сохранились только в верховьях Волги (от истока до г. Тверь) и ее низовьях (Волго-Ахтубинская пойма и дельта). Изменения структурных характеристик наиболее отчетливо выразились в динамике видового состава ихтиофауны (рис.1). До зарегулирования рыбное население Волги на месте нынешних водохранилищ насчитывало 62 вида круглоротых и рыб, среди которых была высока доля реофильных и проходных видов.

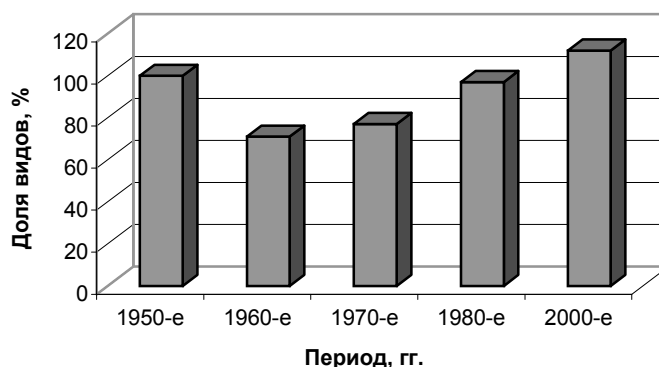


Рис. 1. Динамика видового разнообразия рыбного населения волжских водохранилищ

Уже после создания первых крупных водохранилищ в конце 1940-х – начале 1950-х гг. было отмечено значительное сокращение (почти на 30%) количества видов в русловой части Волги. Из состава ихтиофауны в водохранилищах полностью выбыли почти все реофильные виды рыб (хариус, форель, таймень, ручьевая минога, голавль, подуст, быстрянка, верховка, обыкновенный голянь, голец, подкаменщик), некоторые лимно-реофильные и лимнофильные виды значительно сократили численность своих популяций (стерлядь, нельма, укляя, белоглазка, елец, язь, обыкновенный и белоперый пескари, каспийский усач, рыбец, золотой и серебряный караси, сазан, линь, вьюн, сом). Одной из наиболее значимых потерь для подвергнувшегося зарегулированию участка Волги стала утрата проходных и хозяйственно ценных видов (каспийская минога, русский осетр, белуга, шип, севрюга, белорыбица). Однако уже в этот период был отмечен положительный момент перестроек, связанный с возрастанием промысловой рыбопродуктивности водохранилищ. Этот рост был обусловлен повышением численности стад леща, синца, плотвы, густеры, судака, окуня, щуки, налима, ставших основой промысла на волжских водохранилищах. Также с 1950-х гг. в ряде водохранилищ, имевших обширные озерные плесы, стал формироваться устойчивый пелагический комплекс рыб, основу которого составили вселившиеся из северных водоемов снеток и ряпушка, а из местных видов – синец, чехонь, судак и окунь.

Помимо северных вселенцев, по системе Волго-Донского канала и из Каспия в бассейн проникают понто-каспийские вселенцы – черноморская пухлощекая рыба-игла, каспийская килька, ряд каспийских бычков. Вследствие этого уже в 1970-х гг. отмечается возрастание видового разнообразия в бассейне Волги. Завершение и продолжение в 60–70-х годах строительства новых водохранилищ в бассейне Средней и Нижней Волги обусловили дальнейшее сокращение границ ареалов проходных и рео-

фильных видов в русловой части Волги. С другой стороны, в этот же период активно проводились широкомасштабные работы по направленной интродукции 18 новых для бассейна видов рыб. Хотя в большинство случаев эти интродукции не имели успеха в плане натурализации новых видов в водохранилищах Волги, некоторые из них, тем не менее, смогли закрепиться, создав самовоспроизводящиеся популяции, например белый и пестрый толстолобики, черный амур, пелядь. Рост видового разнообразия продолжился и в 1980–1990-х гг. и был связан как с расширением ареалов вселенцев в волжских водохранилищах (13 видов), так и с возвратом в водохранилища и восстановлением численности ряда аборигенных реофильных и лимнофильных видов рыб (уклея, елец, язь, караси, сазан, сом, линь, подкаменщик). В результате этих процессов к началу нового тысячелетия видовое разнообразие рыбного населения волжских водохранилищ не только достигло уровня, наблюдавшегося до зарегулирования, но и превысило его.

Несомненно, что сложившаяся на сегодняшний день видовая структура волжских водохранилищ существенно отличается от прежней: возросла доля мелкоразмерных короткоциклового видов рыб, почти полностью исчезли проходные виды и речные оксифильные виды, сформировались устойчивые и разнообразные в видовом отношении комплексы открытой песчано-каменистой литорали и открытой пелагиали. В докладе значительное место уделяется анализу комплекса причин, из которых наибольшее значение имеют сукцессии, глобальные климатические изменения и колебания антропогенного пресса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 01-04-48542).

ЛЕТАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА КАК КРИТЕРИЙ ГРАНИЦ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЫБ, ОБИТАЮЩИХ В ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

А.К. Смирнов¹, В.К. Голованов¹, И.Л. Голованова¹, А.М. Болдаков²

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
Борок, Россия, golovan@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Костромской филиал военного университета радиационной, химической
и биологической защиты, Кострома, Россия*

Температура как один из важнейших абиотических факторов среды определяет основные параметры жизнедеятельности рыб – размножение, питание, рост, поведение, сроки и продолжительность миграций. Диапазон, в котором протекают все эти процессы, ограничен в пресных водах температурами от 0 до 40–41°C. Существуют два основных методических приема, с помощью которых определяют нижние и верхние летальные температуры (Лапкин и др., 1990; Голованов и др., 1997). Первый – метод температурного скачка, когда рыб выдерживают в нескольких аквариумах при различных температурах в течение некоторого промежутка времени (от нескольких суток до 2 недель), затем определяют расчетным путем 50%-ную гибель особей и строят полигоны термотолерантности рыб. Вторым распространенным методом является определение критического термического максимума (или минимума) посредством нагрева (или охлаждения) особей с различной скоростью до момента нарушения локомоторной функции рыб (переворот на бок или кверху брюшком) либо до прекращения движений жаберных крышек.

Из 69 видов рыб, обитающих в водохранилищах Верхней Волги, только для 15 известны значения верхних летальных температур (эксперименты по определению нижних летальных температур технически более трудоемки). Эти данные получены для молоди и взрослых особей карповых, окуневых, корюшковых, щуковых и некоторых других видов рыб (Привольнев, 1965; Лапкин и др., 1981; Свирский, Лапкин, 1987; Голованов и др., 1997; Голованова и др., 2002; Смирнов, Голованов, 2002). Практически отсутствует объективная информация по осетровым и видам-вселенцам.

Наблюдающаяся в течение последних десятилетий тенденция к потеплению климата (в регионе Верхней Волги отмечены высокие температуры воды в летние месяцы и сравнительно теплые зимы) существенно изменяет ситуацию не только в районах сбросов подогретых вод АЭС и ГРЭС, но и непосредственно в прибрежье водохранилищ, где летние значения тем-

ператур воды на короткие промежутки времени превышают уровень 30–32°C.

С целью определения верхних температурных границ жизнедеятельности ряда видов, обитающих в верхневолжских водохранилищах, в течение 1998–2002 гг. исследовали критический термический максимум молоди и неполовозрелых особей леща, плотвы, окуня, серебряного карася, карпа и ряда других видов рыб в различные сезоны года в широком диапазоне скоростей нагрева от 0.04 до 60°C/ч. Этот метод представляет собой экспресс-методику определения температурных границ жизнедеятельности рыб и может быть успешно использован не только в экспериментальных, но и в полевых условиях. Эксперименты в различные сезоны года и учет возрастных особенностей подопытных рыб существенно повышают эффективность полученных данных.

Полученные результаты и анализ литературных материалов позволили дифференцировать виды рыб, обитающих в верхневолжских водохранилищах, по диапазонам летальных и сублетальных температур на три группы (границы в 30–40°C, 25–35°C, 20–30°C). Наиболее устойчивыми к воздействию высоких температур при различных скоростях нагрева оказались такие виды, как серебряный карась и карп, годовики и сеголетки которых погибали летом при температуре воды соответственно 38–39 и 39–40°C. Наименее устойчивы к воздействию высоких температур радужная форель, налим, пелядь и корюшка.

Анализ активности пищеварительных ферментов у рыб, подвергавшихся нагреву, показал, что при противопоставлении факторов среды нормальному ходу сезонных физиологических процессов происходит нарушение обмена веществ у рыб. Было установлено значительное влияние скорости повышения температуры окружающей среды не только на уровень верхних летальных температур, но и на активность протеиназ и карбогидраз пищеварительного тракта рыб в различные сезоны года. Резкое повышение температуры окружающей среды в осенне-зимний период может в значительной степени снижать эффективность переваривания пищи, а также изменять уровень термоустойчивости рыб.

Представленные материалы имеют не только теоретическую, но и практическую ценность, поскольку позволяют оценивать температурные границы жизнедеятельности рыб, обитающих в водохранилищах, и использовать эти данные в прогностических целях.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕНОСА В ВЕРХ-НЕЙВИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

С.Б. Соколов¹, И.В. Першин², А.Ю. Байдалин³

¹ *Российский научно-исследовательский институт комплексного
использования и охраны водных ресурсов, Екатеринбург, Россия*

² *Институт математики и механики УрО РАН,
Екатеринбург, Россия, piv@imm.uran.ru*

³ *Уральский государственный университет, Екатеринбург, Россия*

Моделирование гидродинамического переноса веществ в естественных водоемах в настоящее время является актуальной научной проблемой. Ее решение имеет определяющее значение для прогноза распространения загрязняющих веществ, формирования качества воды, а также для других задач научного и технического характера. В работе рассматриваются результаты моделирования течений и переноса растворенных веществ в водоеме на примере Верх-Нейвинского водохранилища (Средний Урал). Решаемая задача представляет практический интерес, так как здесь рассматривается сценарий формирования качества воды в водохранилище в результате потенциальной переброски воды из соседних водоемов.

В расчетах используется плановая модель, которая предусматривает решение двухмерной системы уравнений «мелкой воды» и турбулентной диффузии растворенной примеси. Решение проводилось по неявной схеме с данными, аппроксимированными на нерегулярной ортогональной сетке.

При определенной интерпретации исходных уравнений численное представление решаемой задачи оказывается близким к задачам с малым параметром, особенностью которых является зависимость погрешности приближенного решения от значения параметра при стремлении его значения к нулю и от числа узлов используемой расчетной сетки. Это обстоятельство не позволяет утверждать однозначно, что увеличение числа узлов сетки ведет к повышению точности решения. Первоочередная проблема состоит в выделении малого параметра в системе решаемых уравнений.

К особенностям задачи гидродинамического переноса в естественных водоемах следует отнести сложную геометрическую конфигурацию расчетной области, наличие источников и стоков, в том числе источников поступления примеси, размеры которых малы по сравнению с размерами расчетной области. Такого рода особенности приводят к необходимости использования специальных разностных схем, основанных на методе специальным образом сгущающихся сеток, параметры которых требуется устанавливать в зависимости от величины малого параметра

Результаты моделирования переноса примеси в модельном водоеме сопоставляются с данными съемки в период кратковременного попуска в водохранилище по системе переброски воды. Сравнению подлежали плановые схемы расчетного распространения примеси с фактическим пространственным распределением электропроводности, значения которой рассматривались в качестве индикатора водных масс различного происхождения. Отмечается качественное совпадение результатов, в том числе в характерных деталях. К ним, в частности, относится эффект разделения потока примеси, который был зафиксирован также при измерениях электропроводности воды. Эффект интерпретируется как влияние особенностей участка водохранилища и размещения зон стоков на формирование характерного поля течений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 01-05-96442).

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ЗООПЕРИФИТОНА РДЕСТА ПРОНЗЕННОЛИСТНОГО НА ВОЛГОГРАДСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Е.Э. Сони́на

*Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Саратов, Россия, malininaJA@info.sgu.ru*

Исследования гидрофауны зарослей макрофитов Волгоградского водохранилища у г. Саратова проводились в 1970–1980 гг. (Константинов, 1970; Кондратьев, Потапов, 1981). Однако воздействие стоков больших городов (Саратова и Энгельса) на обрастателей высшей водной растительности остается неизученным. Целью нашего исследования стало сравнение сообществ зооперифитона макрофитов, произрастающих выше и ниже промышленных центров.

Всего на исследованном участке водохранилища обнаружено 12 зарослеобразующих видов высших водных растений. В течение всего вегетационного периода и на всех станциях отбора проб отмечен рдест пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* L., образующий одновидовые заросли как на обширных мелководьях левого берега, укрытых от ветрового воздействия, так и на открытых и глубоководных участках правобережья с каменистым дном (пос. Кр. Текстильщик и Синенькие). Среди 25 групп беспозвоночных организмов встречались как типичные обрастатели (гидры, губки, мшанки), так и представители планктонной и бентосной фауны (раковинные амёбы, круглые и кольчатые черви, коловратки,

кладоцеры и копеподы, личинки насекомых, моллюски). Наибольшими значениями численности и 100%-ной частотой встречаемости характеризуются гидры, олигохеты, хирономиды.

В июле численность организмов зооперифитона на левобережных мелководьях составляла 10.5 тыс. экз./м². При этом на станции выше г. Энгельса в сообществе доминируют хирономиды и коловратки, а ниже города – кладоцеры и хирономиды.

На правобережном участке водохранилища численность обрастателей на станциях выше и ниже г. Саратова изменяется незначительно: 7 тыс. экз./м² и 6 тыс. экз./м² соответственно. Еще ниже по течению (с. Широкий Буерак) количество гидробионтов возрастает до 10 тыс. экз./м². Доминирующей группой, наряду с хирономидами, на нижней станции становятся олигохеты, что характерно для богатых органикой вод. На этом участке водохранилища в непосредственной близости от воды располагаются обширные дачные массивы.

В конце июля – начале августа усиливаются различия гидрологических, гидрохимических и температурных условий между правобережной и левобережной мелководными зонами водохранилища. В связи с этим разнообразие групп обрастателей рдеста у г. Энгельса в 2 раза выше, чем у г. Саратова (16–17 и 8–9 групп соответственно).

Участок водохранилища выше г. Энгельса активно используется горожанами для отдыха. Это, видимо, и отразилось на качественном и количественном составе зооперифитона: численность организмов здесь в 6 раз выше, чем на станции ниже города; кроме того, основу сообщества составляет хирономидно-олигохетный комплекс, характерный для эвтрофных условий. На нижнем участке левого берега доминирующей группой среди обитателей зарослей стали кладоцеры. В целом сообщество характеризуется высокими значениями индексов разнообразия и эквитабельности и, следовательно, более устойчиво.

На правобережном участке Волгоградского водохранилища численность обрастателей рдеста изменяется с 54 тыс. экз./м² на станции выше г. Саратова до 13.5 тыс. экз./м² на участке у с. Широкий Буерак. Во всех сообществах доминируют хирономиды и ветвистоусые рачки.

Таким образом, развитие организмов-обрастателей макрофитов тесно связано со многими факторами: гидрологическими и гидрохимическими условиями, степенью антропогенного воздействия. Зооперифитонные сообщества реагируют на колебания этих факторов изменением структуры, качественного и количественного состава.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ГОРЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ 2001 г.

И.Э. Степанова, Э.С. Бикбулатов, Е.М. Бикбулатова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
ernst@ibiw.yaroslavl.ru*

Преимущественное аккумулятивное стока с оподзоленных и заболоченных почв лесной зоны определяет относительную бедность вод Горьковского водохранилища биогенными элементами. Общее содержание азота, определенное персульфатным методом, не выходит за пределы 1 мг N/л, фосфора – 0.07 мг P/л. Существенные различия наблюдаются в пространственном распределении отдельных форм биогенов. Верхняя часть речного участка на протяжении 100 км (вплоть до г. Ярославля) сохраняет уровень содержания нитратов, присущих водам Рыбинского водохранилища. У пос. Красный Профинтерн происходит скачкообразный рост содержания нитратов в 2–3 раза. При сохранении других компонентов химического состава на примерно одинаковом уровне эти изменения могут быть обусловлены поступлением значительного количества сточных вод, преимущественно бытового характера, содержащих повышенные концентрации ионов аммония, нитратов и фосфатов. В дальнейшем города Кострома, Плес и Кинешма способствуют пополнению речного участка Горьковского водохранилища неорганическими соединениями азота в нитратной форме.

В самом начале озерного участка – Юрьевском расширении – происходит резкий (более чем в 10 раз) рост концентрации нитратов, что указывает на возможное существование мощного точечного источника загрязнения или сильно развитые процессы бактериальной нитрификации. В пользу последней версии свидетельствуют повышенные концентрации промежуточного продукта этого процесса – нитритов. Однако необходимо иметь в виду, что максимум интенсивности нитрификационных процессов в водоемах обычно имеет место в более позднее время года, в период резкого понижения температуры и массового отмирания водорослей. Снижение концентрации нитратов в 2–3 раза в нижерасположенных пунктах, по всей вероятности, является результатом разбавления водами местного стока. Необходимо отметить, что измерения в июле–августе 1975 г. показали, что средние содержания всех форм азота и фосфора в озерном плесе были почти такими же, как и в речном. Это означает, что возможный источник загрязнения нитратами в районе г. Юрьевец появился в промежутке между 1975 и 2001 гг.

Из других неорганических форм азота существенный интерес представляет довольно токсичное соединение – гидроксиламин (ГА), – являющееся промежуточным продуктом биохимической трансформации аммонийного азота при естественных бактериальных процессах нитрификации и денитрификации. Источниками его поступления в водные массы, кроме того, могут служить промышленные стоки красильных и других производств. Анализы показывают малую концентрацию ГА, что может быть обусловлено его легкой доступностью бактериальному сообществу и быстрым вовлечением в биотический круговорот. Несколько повышенные концентрации ГА наблюдаются в районе г. Кострома, где значительно больше активно вегетирующих клеток фитопланктона, взвешенного вещества и выше общая численность бактерий.

Этот же район характеризуется повышенным содержанием лабильных органических веществ, доля которых превышает 10%, тогда как на других участках оно всегда ниже приведенной величины. Распределение других показателей органического вещества (ХПК, $C_{орг}$) в Горьковском водохранилище довольно однородное. Только цветность при переходе от речной к озерной части повышается на 10–20%.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ В 2001 г.

И.Э. Степанова, Э.С. Бикбулатов, Е.М. Бикбулатова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
ernst@ibiw.yaroslavl.ru*

Заполнение Рыбинского водохранилища моложско-шекснинской и волжской водами, формирующимися на качественно разных водосборах, в совокупности с особенностями его морфометрии, определяет пространственную неоднородность и временную изменчивость распределения всех химических компонентов.

В наиболее загрязненном Волжском плесе общая концентрация биогенных элементов в течение всего периода наблюдений (15 июня – 31 октября) была в 1.5–2 раза выше, чем в остальных водных массах. Большую часть года, как правило, преобладали органические формы азота и фосфора. В этом же плесе в повышенных количествах присутствовали фосфаты, аммонийный и нитритный азот. Содержание последнего на ст. Коприно 15 июня доходило до 46 мкг N/л, более чем вдвое превышая ПДК.

В остальных плесах во все сезоны отдельные формы биогенных элементов встречались в количествах: NH_4 – 0.03–0.07 мг N/л, NO_2 – 0–0.009 мг N/л, NO_3 – 0–0.3 мг N/л, $\text{N}_{\text{общ}}$ – 0.7–1.1 мг N/л, PO_4 – 0.007–0.016 мг P/л, $\text{P}_{\text{общ}}$ – 0.03–0.07 мг P/л. Минимальные концентрации неорганических форм азота и фосфора приурочены ко времени наибольшего развития первичных продуцентов. Максимальные встречаются в начале лета, что, очевидно, является следствием их высоких зимних концентраций.

Содержание гидроксиламина – промежуточного продукта процессов нитрификации и денитрификации – не превышало 3.5 мкг N/л и в среднем составляло 2 мкг N/л, что меньше ПДК этого весьма токсического соединения во многие десятки раз.

Цветность вод на всех станциях в среднем составляла 55 градусов хромокобальтовой шкалы, варьируя в пределах 45–65 единиц. При этом концентрация органического углерода менялась от 9.6 до 14.3 мг/л, а бихроматная окисляемость – от 27.7 до 48.3 мг O_2 /л. Максимальные величины обычно характерны для проб, отобранных в штормовую погоду, когда происходило взмучивание и со дна в заметных количествах в водные массы поступали илистые частицы. Наиболее вероятные значения приходятся на интервалы 11–12 мг C/л и 29–33 мг O_2 /л. Лабильная фракция, устанавливаемая по БПК₅, в среднем была равна 1.1 мг O_2 /л и составляла менее 5% общего количества органического вещества. Наименьшие количества легко окисляемых микроорганизмами веществ характерны для глубокой осени, наибольшие – для поры интенсивного цветения водоема.

Все приведенные значения параметров органического вещества и биогенных элементов не выходят за пределы естественных колебаний, имевших место в предыдущие годы, что свидетельствует о стабилизации гидрохимического режима Рыбинского водохранилища.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА МОРФО- ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОДИ РЫБ

И.А. Столбунов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
sia@ibiw.yaroslavl.ru

Зависимость формы тела и внешнего строения рыб от условий среды обитания является установленным фактом (Амосов, 1962; Лягина, 1976; и др.). В свою очередь, особенности морфологии рыб сказываются на их гидродинамических качествах (Алеев, 1963). В связи с этим проведено сравнение гидродинамических свойств равноразмерной и находящейся на сходных этапах развития $F-G$ (Васнецов, 1953) молоди плотвы *Rutilus rutilus* (L.), отловленной в открытой незащищенной литорали Рыбинского водохранилища и заросшем побережье одного из его притоков – р. Сутка, – в зоне подпора. В качестве критериев сравнения использовались показатели формы корпуса рыб (Y) и наибольшей высоты тела в процентах от его длины до конца позвоночного столба (H). Различия наблюдались по обоим показателям. У плотвы из водохранилища показатель формы корпуса был достоверно выше, чем у речной молоди – как на этапе развития F ($p < 0.001$), так и на этапе G ($p < 0.01$). Показатель формы корпуса речной и водохранилищной молоди плотвы на этапе G возрос. У молоди в зарегулированной зоне реки показатель был равен 0.47, а в открытых биотопах водохранилища – 0.49. Значения показателя формы корпуса у плотвы на этапе развития G (в сентябре) превышали аналогичные показатели на этапе F (в июле). По мере роста молоди происходило перемещение наибольшей высоты тела назад, по направлению к хвостовому отделу рыб. У молоди из открытой литорали водохранилища это перемещение было более значительным, чем у речной молоди в зоне подпора. При высоте тела, не превышающей 30% его длины, наблюдается четкая зависимость между степенью подвижности рыбы и величиной показателя Y (Алеев, 1963). При высоте тела более 30% его длины высокие значения Y , превышающие 0.40, характерны уже не только для быстрых пловцов, но и для медленно плавающих высокотелых форм (Алеев, 1963). Показатель отношения наибольшей высоты тела к его длине (H) как у речной, так и у водохранилищной молоди был ниже 30%. Поэтому различия в значениях показателя формы корпуса у молоди плотвы из различных местообитаний не являлись прямым следствием отличий в степени высокотелости рыб.

Для молоди из открытой литорали водохранилища на этапе развития G характерно наиболее значительное перемещение максимальной высоты тела по направлению к хвостовому отделу, что положительным образом

сказывается на ее гидродинамических свойствах, повышая маневренность рыб, и, как следствие, увеличивает эффективность их пищедобывательного и оборонительного поведения.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОЛОДИ КАРПОВЫХ РЫБ В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.А. Столбунов

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
sia@ibiw.yaroslavl.ru*

Проанализирована морфологическая изменчивость молоди наиболее массовых видов карповых рыб (плотвы, леща, густеры, уклейки) в открытой и защищенной литорали Рыбинского водохранилища, а также в прибрежных биотопах одного из его притоков – р. Сутка, включая незарегулированный участок реки и зону подпора вод водохранилища. Морфологический анализ проводился по 20 пластическим признакам равноразмерной молоди рыб, находящейся на сходных этапах развития F и G (Васнецов, 1953). Для выявления величины изменчивости морфологических признаков молоди рыб в различных местообитаниях использовали коэффициент вариации (C_v), который рассчитывали: 1) для отдельных признаков, 2) в среднем по сумме всех признаков выборки и 3) групп пластических характеристик. Анализировали следующие пластические характеристики: *туловищные* (стандартная длина, длина туловища, наибольшая и наименьшая высота тела, анте- и постдорсальное расстояние); *плавниковые* (длина основания и наибольшая высота D и A , длина P и V , расстояние между P и V , а также между V и A); *головного отдела* (длина головы, диаметр глаза, посторбитальное расстояние); *ротового аппарата* (длина дуги верхней и нижней челюстных костей). Для оценки морфологических различий между разными группировками молоди был применен дискриминантный анализ. Оценка вкладов отдельных пластических признаков проводилась с учетом стандартизированных дискриминантных коэффициентов. Расстояние Махалобиса (D^2) использовалось для оценки морфологической близости между выборками. При проведении статистического анализа морфологических показателей строения рыб, выборки молоди ранжировали по размеру и использовали относительные величины признаков, рассчитанные по отношению к общей длине и длине головы рыбы.

В ходе проведенного анализа было обнаружено, что характер вариативности морфологических показателей у исследуемых видов молоди рыб был во многом сходен. Наибольший уровень вариации пластических

характеристик у молоди леща и плотвы наблюдался в группе туловищных признаков, у густеры и уклейки – в группе признаков головного отдела рыб. Вариабельность групп плавниковых характеристик и ротового аппарата молоди рыб была значительно ниже. Изменчивость морфологических показателей у молоди в литоральной зоне водохранилища проявлялась в меньшей мере. В большей степени вариация пластических показателей была выражена у молоди, выловленной в речном прибрежье притока водохранилища. По мере роста молоди происходило изменение уровня вариабельности морфологических признаков. Так, морфологическая изменчивость молоди плотвы из речных местообитаний на этапе *G* снижалась, о чем свидетельствует уменьшение значений коэффициента вариации до уровня, характерного для молоди из литорали водохранилища. В течение этого же промежутка времени показатель изменчивости молоди рыб из водохранилища не изменялся.

В результате дискриминантного анализа были выделены морфологические показатели, наиболее значимые в разделении молоди плотвы из различных биотопов по морфотипу: длина туловища, длина головы, диаметр глаза, наибольшая высота тела, длина парных и непарных плавников, постдорсальное расстояние. Плотва из открытых биотопов водохранилища отличалась от речной высокотелостью, большей относительной длиной туловища (при меньшей относительной длине головы). Молодь, отловленная на разных участках реки, различалась по длине парных и непарных плавников. В биотопах с незарегулированным течением и редкими зарослями относительная длина плавников у плотвы была больше, чем у молоди, выловленной в биотопах, расположенных в зоне подпора вод водохранилища. Наименьшей относительной длиной плавников отличалась плотва в биотопах зоны подпора с густыми зарослями высшей водной растительности.

ИЗМЕНЕНИЯ В СООБЩЕСТВЕ ЗООПЛАНКТОНА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В СВЯЗИ С АНТРОПОГЕННЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ И ЭВТРОФИРОВАНИЕМ

В.Н. Столбунова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
adm@ibiw.yaroslavl.ru

В диагностике сообщества зоопланктона Иваньковского водохранилища использовались индикаторные показатели зоопланктеров, успешно применяемые при оценке изменений, происходящих в экосистемах водоемов (Андроникова, 1996). На основе материалов, собранных с 1973 по 1995 гг., выявлены структурные и количественные изменения в зоопланктонном сообществе в результате эвтрофирования и антропогенного загрязнения. Многочисленные в 50-е годы речные олигосапробы *Bosminopsis deitersi* и *Brachionus bennini* в настоящее время встречаются спорадически и только в верхних участках Волжского плеса водохранилища. С конца 70-х годов снизилась роль коловратки-олигосапроба *Kellicottia longispina*, а численность α -мезосапроба *Brachionus calyciflorus* увеличилась до 4 раз. Крупные олигосапробные ракообразные *Bythotrephes longimanus* и *Heteroscope appendiculata* стали редкими и встречаются теперь лишь в приплотинном участке водохранилища. Преобладающий в планктоне более южных водоемов веслоногий β -мезосапроб *Acanthocyclops americanus* с конца 80-х годов достиг большого обилия (до 400 тыс. экз./м³). В последние 10 лет из олигосапробов перестала встречаться *Bosmina longispina*, а *B. crassicornis* обнаруживается редко, и ее чрезвычайно мало. В последние годы отмечается массовое размножение мелкого β -мезосапроба *Chydorus sphaericus* (до 2.5 млн. экз./м³). В 80–90-е годы β - и β - α -мезосапробы составляют среди зоопланктеров большинство. Биомасса зоопланктона за 1973–1995 гг. возросла по сравнению с 50-ми годами в 5 раз.

Иваньковское водохранилище находится под влиянием сточных вод гг. Твери, Конаково и Конаковской ГРЭС. Поступающие в речной плес водоема сточные воды промышленного комплекса г. Твери ухудшают экологическую ситуацию в этой зоне. Здесь наблюдаются меньшее число видов и более низкие индексы видового разнообразия. На загрязненном участке у д. Горохово отмечаются минимальные величины численности зоопланктона, а у правого берега, вдоль которого проходят стоки, наблюдается интенсивное развитие α - β -мезосапробионтов из рода *Brachionus*, поступающих из очистных сооружений. Нарушения носят локальный характер: по мере удаления от мест сброса и вниз по течению зоопланктон обогащается

ракообразными из родов *Daphnia*, *Bosmina* и *Mesocyclops*, сообщество приходит в норму.

Второй источник загрязнения Иваньковского водохранилища – стоки г. Конаково и Конаковской ГРЭС, теплые воды которой поступают в Мошковичский залив. Совместное воздействие сточных и подогретых вод негативно сказывается на зоопланктерах, особенно на крупных Crustacea. Значительная часть их гибнет после прохождения охладительных агрегатов ГРЭС: в августе 1995 г. отмечалась гибель ракообразных в среднем на 30%.

Очередным бедствием для ветвистоусых рачков-фильтраторов стала мутность воды в связи с интенсивной добычей со дна водохранилища песка и гравия. В районе, подверженном периодическому воздействию дноуглубительных работ, в устье р. Созь, у д. Городищи, увеличение мутности и повышенное содержание взвешенных минеральных веществ вызывают обеднение зоопланктона и нарушают его естественное вертикальное распределение.

Таким образом, структурные и количественные изменения зоопланктонного комплекса отражают нарастающее эвтрофирование водоема, а отмеченные загрязнения носят локальный характер.

ВСЕЛЕНЕЦ *HETEROSCOPE APPENDICULATA* SARS И ЕГО РОЛЬ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

В.Н. Столбунова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
adm@ibiw.yaroslavl.ru*

В последние годы интерес к вселенцам резко возрос во всем мире. В то же время, образование водохранилищ с озеровидными плесами создало благоприятные условия для расселения ряда видов водных беспозвоночных.

Heteroscope appendiculata, веслоногий рачок северного происхождения, вселился в Рыбинское водохранилище из оз. Белого. Первые его находки отмечены в водохранилище в 1952 г. (Мордухай-Болтовская, 1955). По данным многолетних регулярных наблюдений, проводившихся с 1959 по 1997 гг., наблюдается тенденция к возрастанию численности рачка: в 50-е годы его средняя плотность составляла 55 экз./м³, в 80–90-е годы она возросла соответственно в 3–3.5 раза (170–193 экз./м³). В период максимального развития (конец июня – начало июля) гетерокопа достигает наибольших количественных показателей в обширном Главном плесе, сохра-

няющем некоторые черты олиготрофного водоема, а также в Моложском плесе, менее подверженном эвтрофированию и загрязнению (до 650–850 экз./м³).

По данным исследований 2001 г., выполненных с 21 июня по 2 июля на 30 станциях в оз. Белом, в Шекснинском и Рыбинском водохранилищах, средние значения численности *Heteroscope* в озере превышали таковые в водохранилищах соответственно в 1.5 и 3 раза. В оз. Белом плотность рачка достигала 1135 экз./м³. На его значительное развитие в водоеме указывает и Т.С. Пихтова (1989): гетерокопа составляет до 11.7% биомассы всего зоопланктона и 29% – копепод.

В Рыбинском водохранилище *Heteroscope* не входит в доминирующий комплекс *Copepoda*, однако благодаря своим крупным размерам (2.0–2.2 мм) она представляет собой ценный кормовой объект для рыб-планктофагов. В настоящее время рачок стал избираемым кормом только – доминирующего по численности вида рыб пелагических сообществ (Кияшко, Слынько, 2001).

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫБОЛОВСТВА ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ВЫСОКОГО УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

А.С. Стрельников, Ю.В. Герасимов

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН, Борок, Россия,
strela@ibiw.yaroslavl.ru, gu@ibiw.yaroslavl.ru*

В последнее время основная промысловая нагрузка со стороны отечественного промысла ложится на наиболее доступную часть мирового океана – внутренние водоемы и прибрежные зоны морей, т.е. отечественное рыболовство эксплуатирует главным образом собственные промысловые запасы, не задумываясь о завтрашнем дне. Сейчас уже не только биологам, но и многим промысловикам ясно, что рыбные ресурсы являются возобновляемыми только условно. Поскольку уничтожение одного, тем более массового вида приводит к глубоким необратимым процессам, не позволяющим восстановиться не только виду, но и всей экосистеме.

Состояние запасов рыб напрямую зависит от рациональной организации промысла. Рациональная эксплуатация промысловых популяций рыб основывается на оценке возможного вылова и эффективности воспроизводства. Рациональное рыболовство должно быть экономически эффективным и вестись на долговременной основе, а основополагающим условием стабильной и долговременной работы отрасли является устойчивое состояние сырьевой базы.

Анализ ситуации, складывающейся в рыбном хозяйстве водохранилищ Верхней Волги, показал, что после 1991 г., с введением новых экономических отношений, одновременно с увеличением антропогенной нагрузки на эти водоемы произошла утрата рычагов управления рыбным промыслом, что и привело к подрыву сырьевой базы практически на всех промысловых водоемах. Основными факторами, лимитирующими развитие рыболовства и рациональное отношение к биоресурсам внутренних водоемов, являются теневая экономика, присутствующая практически на каждом водоеме, хищнический вылов ценных видов рыб, повышенная селективность лова, браконьерство на нерестилищах, повсеместное несоблюдение Правил рыболовства.

Для выправления ситуации, сложившейся на многих водоемах России, необходимо уже сейчас повсеместно вводить щадящие режимы рыболовства и принимать отвечающие современным условиям правила эксплуатации рыбных запасов.

В первую очередь планирование интенсивности вылова должно основываться на достоверных научно-обоснованных величинах ОДУ, полученных по результатам прямых наблюдений за состоянием запасов, для чего необходимо усилить роль научных исследований в этой области. Приоритет должны получить меры, направленные на восстановление и сохранение запасов, а не на увеличение интенсивности рыболовства.

Основным критерием регулирования интенсивности эксплуатации рыбных запасов для каждого водоема должно быть экономически и биологически обоснованное число рыбаков и орудий лова, которое гарантировало бы непревышение ОДУ в течение всего периода промысла. Этот же критерий должен распространяться и на любительское рыболовство.

В Правилах рыболовства необходимо предусмотреть более сложное и отвечающее особенностям экологии водоема пространственное и временное регулирование интенсивности рыболовства. Так, в настоящий период, когда на водоемах достаточно велики уровни несанкционированной антропогенной нагрузки, такие меры, как организация воспроизводственных участков с круглогодичным запретом на всякое рыболовство и введение дополнительных запретов на лов ценных и редких видов рыб, не попадающих в сроки весеннего запрета, могут оказать положительное влияние на воспроизводство рыбных запасов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЩЕВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ТЮЛЬКИ В НАГУЛЬНЫХ СКОПЛЕНИЯХ РЫБ-ПЛАНКТОФАГОВ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А.П. Стрельникова, Д.А. Новиков, А.С. Стрельников

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
strela@ibiw.yaroslavl.ru

Исследование питания и трофических связей тюльки в Рыбинском водохранилище проводили в связи с ее натурализацией в этом водоеме и стремительным увеличением численности. К 2000 г. тюлька составляла 80.7% от общего числа рыб в уловах экспериментального малькового траля. Ранее нагульные скопления рыб-планктофагов на 90 и более процентов состояли из корюшки. Вместе с корюшкой, а теперь и в одних скоплениях с тюлькой нагуливаются молодь и взрослые особи синца, плотвы, чехони, судака, окуня и ряпушки.

Анализ состава пищи тюльки за 2 года исследований показал, что основу ее рациона составляют ветвистоусые и веслоногие ракообразные. В целом по водохранилищу значение этих двух групп кормовых организмов сопоставимо. Однако в отдельных плесах в некоторые сезоны года доля ветвистоусых рачков существенно возрастает. Так, в Моложском и Центральном плесах во второй половине лета ветвистоусые составляли соответственно 81.2 и 95.2% по числу экземпляров или 88.8 и 92.8% по массе. Доминирующими формами были *Bosmina coregoni*, *Chydorus sphaericus*, *Bythotrephes longimanus* и *Leptodora kindtii*. Доля хищных кладоцер в этих плесах составляла 68.0 и 23.1% по числу экземпляров и 77.4 и 32.0% по массе. Помимо указанных организмов, в спектре питания тюльки в летне-осенний период обнаружены ракушковые рачки и велигеры дрейссены. Поздней осенью в Волжском плесе тюлька питалась гаммарусами, которые составляли более 10% ее рациона.

Сравнение характера питания тюльки и других представителей пелагических скоплений планктофагов выявило почти полное сходство спектра ее питания с таковым у сеголетков синца, окуня и годовиков корюшки. Однако говорить о напряженности пищевых отношений в данном случае не приходится ввиду малочисленности последних в скоплениях. В питании чехони в возрасте 1+ и половозрелой ряпушки на долю рачкового планктона в 2000 г. приходилось не более 50%. В состав рациона этих двух видов рыб входили насекомые из сем. Staphylinidae. У чехони они составляли 25.9% массы пищевого комка, у ряпушки – 31.6%. Однако в 2001 г. на тех же станциях и в тот же период указанные организмы от-

существовали, а доминирующими в питании формами были *Bosmina coregoni* и *Daphnia longispina*. В желудках сеголетков судака летом 2001 г. доминировали ветвистоусые рачки *Bythotrephes longimanus*, однако к концу августа единичные особи перешли на питание сеголетками окуня и тюльки.

Полученные нами результаты и анализ литературных данных по использованию кормового зоопланктона нагульными скоплениями рыб-планктофагов свидетельствуют о том, что в настоящее время в Рыбинском водохранилище тюлька полностью заняла экологическую нишу, которая ранее осваивалась корюшкой, не изменив пока характера сложившихся ранее трофических связей в системе триотрофа.

СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ВИДОВ РЫБ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А.П. Стрельникова, А.С. Стрельников

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
strela@ibiw.yaroslavl.ru*

Многолетние исследования, проведенные на нерестилищах Волжского плеса Рыбинского водохранилища на примере нерестовых стад леща, синца, плотвы и густеры, позволяют говорить о хорошем состоянии воспроизводительной части популяций. Наиболее важным представляется то обстоятельство, что у всех исследованных нами видов рыб к концу 90-х годов произошло улучшение структурных показателей нерестовых стад по сравнению с 80-ми годами, о чем свидетельствует увеличение численности старшевозрастных групп рыб на нерестилищах, а также относительная стабильность таких показателей, как соотношение полов и упитанность особей, приходящих на нерест.

Анализ уловов малькового трала в стандартных осенних мальковых съемках за 6 последние лет показал, что относительная численность сеголетков леща в среднем составила 11.2% от общего числа пойманной молодежи (от 0.2 до 34.3 в разные годы), синца – 13.8% (1.9–38.4), плотвы – 12.4% (2.5–30.5), чехони – 2.0% (0.1–4.9), судака – 9.8% (1.3–24.8). Особый интерес представляет динамика относительной численности молодежи рыб в период с 1995 по 2000 гг., поскольку эти данные в дальнейшем найдут свое отражение при прогнозировании потенциально малочисленных, средних и мощных по численности поколений. Так, увеличение относительной численности молодежи синца в 1998 г. происходило на фоне до-

вольно низких значений численности сеголетков леща (6.4% от общего числа выловленной молодежи). Следующий год характеризовался подъемом численности молодежи леща до 34.3% с последующим снижением значения этих двух видов рыб в уловах сеголетков к 2000 г.

У молодежи судака и плотвы также наблюдаются периоды относительного подъема и спада численности в отдельные годы. При увеличении относительной численности молодежи судака в уловах 1988 г. отмечалось снижение относительной численности молодежи плотвы. Аналогичная картина наблюдается и при анализе пополнения щуки и синца. В годы, благоприятные для воспроизводства щуки, численность молодежи синца значительно ниже по сравнению с периодами, когда численность сеголетков щуки невысока. Таким образом, учитывая характер питания молодежи судака и щуки, можно сказать, что численность годового класса фитофильных видов – плотвы и синца – помимо складывающихся в период нереста гидрологических условий, зависит и от уровня воспроизводства их потенциальных потребителей.

В настоящее время, по данным уловов мальковой волокушей, численность судака в среднем по годам (1995–2000) составляет 3.7 экз./га, щуки – 2.7, налима – 0.8, леща – 205.1, окуня – 280.7, плотвы – 1160.2, синца – 300.8, уклейки – 151.0, язя – 105.8, густеры – 97.0 экз./га.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБ В ОЗЕРНОЙ ЧАСТИ ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (БЕЛОМ ОЗЕРЕ)

С.В. Тихонов

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,
Ярославль, Россия, tikhonov@bio.uniyar.ac.ru*

Озеро Белое относится к группе больших мелководных озер Северо-Запада России, а с 1964 г., войдя в состав Шекснинского водохранилища, стало водоемом с регулируемым уровнем. Увеличение площади и изменение гидрологического режима озера сказалось и на пространственной структуре ихтиоценоза.

Исходя из простой формы озерной котловины, однородности слагающих ее грунтов и слабой изрезанности береговой линии, в озере можно выделить всего 4 района, различающихся по условиям обитания рыбы: открытая (1) и прибрежная (2) части озера, Ковжинское мелководье (3), приустьевые участки впадающих в озеро рек и обводной канал (4).

Рыбы Белого озера по местообитанию условно делятся на несколько экологических групп:

1) эвритопные виды, обитающие во всех районах озера: щука, плотва,

- уклея, окунь, ерш;
- 2) виды, обитающие преимущественно в открытой части озера: ряпушка, снеток, лещ, синец, белоглазка, чехонь, налим, судак, берш;
 - 3) виды, обитающие в основном в прибрежной зоне: язь, пескарь, густера, щиповка, подкаменщик;
 - 4) виды, обитающие в приустьевых участках рек и обводном канале: елец, голавль;
 - 5) виды, обитающие на зарастающем мелководье (Ковжинский разлив): красноперка, линь, карась;
 - 6) виды, заходящие в озеро на нагул (жерех из Шекснинской части водохранилища).

Зарегулирование озера изменило условия нереста многих видов рыб, и в первую очередь – фитофилов. При ограниченной площади, которая уменьшилась с 10 до 1%, и крайней неравномерности зарастания прибрежной зоны озера высшей водной растительностью, нерестилища фитофильных видов рыб располагаются лишь в западной (районы Мегры и Чалексы) и юго-восточной частях озера, Ковжинском расширении и приустьевых участках рек.

Литофильные виды рыб и, частично, окунь нерестятся на немногочисленных каменистых грядах, расположенных в северной (район Киснемы), юго-восточной и юго-западной частях озера. Снеток нерестится в нижнем течении рек Ковжа, Кема и др.

После нереста весенне-нерестующих видов рыб сеголетки щуки, плотвы, леща, уклеи и окуня остаются в прибрежной зоне, а сеголетки снетка, синца, чехони, судака, берша и ерша распределяются по всей акватории озера. Молодь ряпушки встречается исключительно в открытой части озера.

Основные концентрации массовых видов рыб в нагульный период приурочены к северо-восточной, северо-западной и юго-западной частям озера. По данным траловых съемок, прослеживается определенная зависимость между распределением хищных рыб и их кормовых объектов. Закономерности в распределении зоопланктофагов и бентофагов в связи с распределением их кормовых объектов не выявлены.

С осенним охлаждением воды рыба уходит от берегов в более глубокую часть озера. В зимний период рыба распределена в озере достаточно равномерно, образуя скопления в районе Ковжи и у истока Шексны.

Влияние на распределение рыб трассы Волго-Балтийского водного пути, пространственно-распределенного рыбного промысла и локальных загрязнений изучено слабо и требует дополнительных исследований.

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ И СОЗДАЮЩИХ ИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

С.М. Успенский

Ассоциация «Гидропроект», Москва, Россия, hydro@hydroproject.ru

Водохранилища и создающие их гидротехнические сооружения (далее – водохозяйственные объекты) имеют двойственный характер. С одной стороны, они используются многими отраслями хозяйства, а с другой – не только могут оказывать негативное воздействие на природу, но и относятся к объектам повышенной опасности. Затраты по ликвидации последствий разрушения (аварий) гидротехнических сооружений (далее – ГТС), как правило, на порядок, а то и на несколько порядков выше по сравнению с необходимыми затратами, позволяющими в значительной степени снизить риск возникновения этих событий.

Мировая статистика показывает, что по прошествии 30–40 лет эксплуатации водохозяйственных объектов, риск возникновения аварий существенно повышается. К факторам, предопределяющим в настоящее время повышенный риск возникновения аварий, относятся: старение водохозяйственного объекта (срок эксплуатации многих из них приближается к критическому), ограниченное финансирование работ по эксплуатации ГТС, острый дефицит квалифицированных кадров, наличие водохозяйственных объектов, не имеющих собственников.

Увеличение затрат по ликвидации последствий аварий объясняется не санкционированной застройкой затопляемой территории. Затопление территории в нижнем бьефе может иметь место не только при аварии ГТС, но и при пропуске половодий (паводков) редкой повторяемости.

В сообщении рассматриваются вопросы как экологической безопасности, так и безопасности ГТС, источники аварийных ситуаций на водохранилищах, состав профилактических мероприятий по снижению риска их возникновения, техническое состояние ГТС, существующая практика декларирования безопасности ГТС, предложения по совершенствованию этой работы.

О ВЛИЯНИИ ИНТРОДУКЦИИ ПОЛИХЕТЫ *HYRANIA INVALIDA* GRUBE НА ФОРМИРОВАНИЕ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ВОЛГОГРАДСКОГО И САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Е.И. Филинова

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Саратов, Россия, malininaJA@info.sgu.ru

Полихеты двух видов (*Hyrania invalida* и *Hyraniola cowalevskyi*) были завезены в Волгоградское водохранилище из дельты Дона в 1960 г. с целью обогащения кормовой базы бентосоядных рыб (Иоффе, 1968). Черви *H. cowalevskyi* не прижились в водохранилище вследствие оксифильности. *H. invalida* впервые была встречена в пробах зообентоса в 1968 г. на нижнем участке Волгоградского водохранилища. В 1973 г. эти полихеты заселили средний и нижний участки и стали одной из ведущих групп кормовых организмов (Нечваленко, 1977). В Волгоградском водохранилище полихеты обнаруживаются в пищевом комке бентофагов с 1974 г. (Закора, 1980). Начиная с 1981 г. полихеты становятся постоянным компонентом донной фауны верхнего участка (Филинова, 1987).

В Саратовское водохранилище искусственная интродукция полихет не проводилась. Возможно, *H. invalida* проникла в Саратовское водохранилище из вышележащих участков (Дзюбан, Слободчиков 1980). Существует также вероятность занесения полихеты в водохранилище в ходе работ по вселению других кормовых беспозвоночных.

Для оценки роли интродуцентов в донной фауне водохранилищ проанализированы материалы по зообентосу собранные нами и сотрудниками Саратовского отделения ГосНИОРХа в период с 1980 по 2001 гг. в Волгоградском водохранилище и с 1983 по 2001 гг. в Саратовском водохранилище.

Вселение полихет в рассматриваемые водохранилища произошло на этапе когда, как считалось, формирование донной фауны в основном завершилось. Доминирующее положение заняли моллюски – *Dreissena polymorpha*. В мягком бентосе доминирующими группами были высшие ракообразные и олигохты. Ожидалось, что вселенцы повысят кормовую ценность бентоса, составив пищевую конкуренцию дрейссене.

В Саратовском водохранилище в период исследований биомасса полихет изменялась в пределах 0.29–2.9 г/м², доля полихет в мягком бентосе по биомассе составляла в разные годы от 15 до 35%. В Волгоградском водохранилище эти показатели изменялись от 0.56 до 8.27 г/м² и от 13% до 59% соответственно. С учетом моллюсков значение полихет в биомассе

бентоса невелико и не превышало 1%. Количество дрейссены в водохранилищах продолжало увеличиваться, а численность и биомасса олигохет постепенно снижались. Доминирующими группами в мягком зообентосе становятся высшие ракообразные и полихеты. По-видимому, фильтраторы-седиментаторы (дрейссена и полихеты), перехватывая оседающий детрит, составили пищевую конкуренцию детритофагам-глотателям – олигохетам.

Многощетинковые черви *H. invalida* предпочитают заиленные и илистые биотопы русла и открытых побережий со слабой проточностью. Такие условия создаются на средних и нижних участках водохранилищ, где встречаемость полихет варьирует от 50 до 80%, численность составляет до 67% мягкого зообентоса, биомасса – до 32%. В верхних участках водохранилищ, отличающихся большей проточностью и меньшей площадью иловых отложений, они встречаются реже и составляют в разные годы от 2 до 7% численности и от 3 до 10% биомассы мягкого зообентоса. В защищенном мелководье и на осушенных биотопах открытых участков на глубине до 1.5 м не обнаружены.

К настоящему времени можно говорить о натурализации полихеты *H. invalida* в Саратовском и Волгоградском водохранилищах.

ПРОЦЕССЫ СТАНОВЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАВОДКОВЫХ ВОД И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БЕНТОФАУНУ

Е.И. Филинова, Ю.А. Малинина, С.С. Мосияш, А.А. Медведева

*Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Саратов, Россия, malininaJA@info.sgu.ru*

В формировании донных отложений в зоне влияния паводковых вод искусственных водоемов, находящихся на разных стадиях развития, важную роль играет абразионная деятельность водной массы, вызывающая разрушение берегов и размыв ложа, отложение взвешенных наносов притоков (Широков, 1964, 1966; Буторин и др., 1975). Перераспределение грунтов и характер донных отложений в значительной степени определяют плотность заселения их бентосными организмами (Выхристюк, Ляхов, 1983). Согласно многолетним наблюдениям, величина биомассы бентоса снижается с уменьшением содержания в грунте легкоусвояемого органического вещества.

Материалом для настоящей работы послужили данные изучения макрозообентоса Волгоградского водохранилища в 1984, 1987, 1988, 1990–1992 и 1999–2001 гг. Таким образом, исследованиями достаточно равно-

мерно охвачен почти двадцатилетний период существования водохранилища.

Обработку материала проводили с использованием общепринятых методов анализа выборочных данных, дисперсионного анализа, критериев проверки статистических гипотез в среде пакета прикладных статистических программ, работа с которыми описана в литературе. Сравнению подвергались средние сезонные показатели биомассы бентосных сообществ, формирующихся на различных типах донных грунтов. Значения структурных индексов вычисляли с применением натуральных логарифмов по формулам, приводимым в литературе.

В целях удобства рассмотрения при анализе выделены и условно закодированы следующие типы донных грунтов: галька и крупный песок; глина, глина с песком и мелкий песок; песок заиленный; глина и глина с песком заиленные; илы.

Проведен дисперсионный анализ комплекса рассматриваемых показателей, который позволил разложить общую дисперсию каждого из показателей на межгрупповую дисперсию, обусловленную разным характером грунтов, и внутригрупповую дисперсию. В ходе дисперсионного анализа статистическая достоверность долей дисперсии оценивалась с помощью F -критерия Фишера по уровню вероятности ошибочной оценки p , который не должен превышать 0.05 (при принятом уровне значимости 5%). Достоверность различий средних значений оценивается при использовании критерия Стьюдента по уровню значимости нулевой гипотезы p (вероятность отсутствия различий), пороговое значение которого также принимается равным 0.05.

Согласно полученным результатам, из всех рассмотренных типов грунтов мелкодисперсные глинисто-песчаные незаиленные грунты в наибольшей степени выделяются по продукционным и структурным показателям донных биоценозов. Здесь наблюдаются минимальные биомассы бентоса при наиболее «выровненной» по численности структуре видовых сообществ. Максимальной биомассой моллюсков и бентоса в целом довольно существенно выделяются илистые отложения, что обусловлено высоким содержанием в этих грунтах утилизируемой органики. Рассматриваемые бентосные сообщества, не испытывающие экстремальных воздействий внешних факторов, характеризуются стабильными структурными показателями. Поскольку детритофаги на всех биотопах водохранилища составляли большую часть биомассы как мягкого зообентоса, так и зообентоса в целом, можно констатировать, что потребление органического вещества донными макробеспозвоночными в водохранилище идет в основном по детритному пути. Это объясняет выявленную зависимость количествен-

ных показателей зообентоса от степени заиления и содержания органического вещества в грунте.

ФИТОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ МЕЛКОВОДИЙ МЕШИНСКОГО ЗАЛИВА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л.Ю. Халиуллина

Институт экологии природных систем АН Республики Татарстан,
Казань, Россия, hydrobiology@iens.kcn.ru

Мелководные зоны занимают значительные площади водохранилищ (в Куйбышевском водохранилище 40%) и играют важнейшую роль в их жизни. Через мелководья осуществляются процессы переноса вещества и энергии между водой и сушей, в этой зоне также воспроизводится основная часть биопродукции водохранилищ. Между тем, фитопланктон, который продуцирует основной фонд органического вещества в больших озерных экосистемах, особенно на мелководьях водохранилищ средней полосы, в отличие от глубоководных участков изучен крайне слабо. Одним из мелководных таких участков с большим числом островов является Мешинский залив Куйбышевского водохранилища, образованный затоплением поймы р. Меши в ее приустьевом участке. В этом районе в 1988–1992 и 1999–2000 гг. нами велись исследования сезонных сукцессий фитопланктона. Всего было обнаружено 178 видов водорослей, относящихся к 8 отделам. По видовому составу преобладают зеленые водоросли (44.4%). На втором месте по числу видов – синезеленые и диатомовые водоросли (по 24%). Встречаемость эвгленовых и динофитовых водорослей зависит от определенных погодных и гидрологических условий. Число таксонов в отдельных пробах колеблется от 10 до 50 (в среднем более 25). Общее число регистрируемых таксонов водорослей приближается к максимуму в летне-осенний период.

Ранней весной в водорослевом комплексе доминируют *Melosira islandica* и *Oscillatoria planctonica*, в весенне-летний период – *M. islandica*, *M. italica*, *Cyclotella comta*, *Diatoma elongatam*, *Nitzschia acicularis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, в летне-осенний период – *M. islandica*, *M. italica*, *A. flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *An. scheremetievi*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulveria*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Scenedesmus quadricauda*, *Tetrastrum triacantum*, *Kirchneriella lunaris*, *Trachelomonas volvocina*, *T. planctonica* и в зимний период – снова *M. islandica* и *O. planctonica*. Уровень развития фитопланктона в районе исследования определяется абиотическими и биотическими факторами водной среды (в

частности, взаимоотношением организмов фито- и зоопланктона). На сезонную динамику существенное влияние оказывает также гидрологический режим водоема, зависящий от характера и интенсивности атмосферных осадков и регулирования уровня воды. Плавный ход развития фитопланктона часто нарушают сильные ветровые перемешивания, приводя к незначительным изменениям в составе доминирующего комплекса водорослей. В сезонной динамике фитопланктона наблюдаются два пика численности и биомассы – весенне-летний и летне-осенний.

Максимальная численность достигает 308.6 млн. кл./л, максимум биомассы – 55.3 мг/л. Наибольшие количественные показатели в развитии фитопланктона отмечены в годы с низким уровнем воды в водохранилище. В летне-осенний период «цветение» воды вызывается массовым развитием синезеленых водорослей родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*.

Нами были рассмотрены размерные характеристики водорослей, которые определяются формой и размерами клеток. В сезонной динамике фитопланктона наблюдается тенденция к уменьшению средних размеров клеток синезеленых и зеленых водорослей при повышении их численности и биомассы. Преобладают коккоидные, монадные, колониально-коккоидные формы (размеры от 0.44 до 1.26 мкм). Это быстро растущие виды с большим отношением «поверхность/объем», имеющие незначительные размеры клеток и высокую продуктивность.

Воды мелководья Мешинского залива в течение большей части вегетационного сезона относятся к β -мезосапробному типу и соответствуют умеренно-загрязненной зоне.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИЧИНОК ЯЗЯ (*LEUCISCUS IDUS* L.) СВИЯЖСКОГО ЗАЛИВА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.В. Холостова

Казанский государственный университет, Казань, Россия,
eholosto@ soros.ksu.ru

Нерестилища язя в Свияжском заливе Куйбышевского водохранилища располагаются в основном в Волго-Свияжском районе, на участках, где сохранился речной режим. Целью нашей работы было изучение морфологии личинок язя из различных биотопов, а также в разные годы. Исследовались личинки на этапах C_1 – D_2 . В 1999 г. нами было обработано 53 личинки язя, а в 2000 г. – 198. Личинки были собраны на двух участках. Первый из них, Юнусовский затон (1), представляет собой залив, защищенный от ветрового волнения, с хорошо развитой подводной растительностью. Второй участок, Зоостанция (2), является правым берегом р. Свияги с каменистым дном и слабо развитой растительностью.

На всех изученных нами этапах развития язя наиболее высокой степенью варьирования ($C_v > 10\%$) отличались признаки растущих первой и второй камер плавательного пузыря, развивающихся непарных плавников, а также длина рыла и заглазничное расстояние. Общей тенденцией является то, что большее количество вариаций приходится на ранние этапы, а к этапам D_1 и D_2 их число сокращается. В целом наибольшей вариабельностью отличаются признаки тех частей тела, которые наиболее активно растут на том или ином этапе развития.

На этапе C_1 средняя длина тела (l , мм) личинок со станции 2 достоверно превышала таковую личинок со станции 1 при ($p < 0.01$). Однако на этапе C_2 достоверных отличий не обнаруживалось, а к этапу D_1 линейные размеры язя со станции 1 были уже достоверно больше, чем у язя со станции 2. Таким образом, изначально более крупные личинки со второго участка затем замедляют рост, что может быть связано с худшим развитием кормовой базы, в то время как на первом участке, в условиях затона, зоопланктон развивается лучше. Кроме того, у личинок на станции 2 больше величина мезенхимной закладки непарных плавников, что прослеживается до этапа D_1 , когда начинают развиваться лучи плавников, а с этапа C_2 личинки из этого участка отличаются от личинок на участке 1 большей высотой тела (H). Такие отличия обусловлены различными скоростями течений на этих участках, что подтверждено рядом исследований (Зиновьев, 1971; Бойцов, 1974; Филон, 1980).

Для сравнения морфологических особенностей язя разных лет рождения нами были взяты личинки с участка 1, собранные в 1999 и 2000 гг. Следу-

ет отметить, что в 1999 г. весна была затяжная и вода прогревалась медленно.

Температурный фактор повлиял на рост личинок язя. Так, в 1999 г. их линейные размеры на этапах C_1 – D_1 были достоверно меньше, чем в 2000 г. На этапе C_1 у личинок язя в 2000 г. была относительно больше длина головы, а также высота и длина закладки спинного плавника. На этапе C_2 отличия обнаруживаются только по величине закладок плавников. Интересно, что на этапе D_1 количество достоверно отличающихся признаков увеличивается. Так, у личинок 2000 года больше относительная длина туловища от рыла до анального отверстия, длина головы, длина пищеварительной трубки, а также максимальная высота тела и высота хвостового стебля, но в то же время короче хвостовой стебель. Подобные отличия, как отмечают П.А. Дрягин (1950) и В.В. Филон (1971), свидетельствуют о лучшем росте личинок.

Несмотря на то, что в 1999 г. личинки росли хуже, варьирование признаков у них проявлялось в меньшей степени по сравнению с последующим годом, что говорит о более стабильных условиях развития. Максимальное число варьирующих признаков (6) отмечалось у личинок 1999 г. на этапе C_2 , минимальное (3) – на этапе D_1 . У личинок язя в 2000 г. минимальное число варьирующих признаков составляло не менее 5.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ *TRAPA NATANS* L. В КАНЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Е.Н. Цаплина, Е.П. Плазий

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, e-plaz@mail.ru

В Каневском водохранилище среди доминирующих видов высших водных растений одно из ведущих мест занимает *Trapa natans* L. Это древнее реликтовое растение, которое в последние 30 лет было причислено к исчезающим растениям средней полосы Европейской части бывшего СССР. Площади, занятые *Trapa natans* L., сосредоточены в основном в средней части Каневского водохранилища. В этом году этот вид обнаружен в небольшом количестве в составе фитоценозов «речного» участка водохранилища. Учитывая экологические и фитоценологические особенности *Trapa natans* L., мы попытались выявить основные факторы, влияющие на распространение и развитие этого растения в Каневском водохранилище.

Исследования проводили в сообществах *Trapa natans* L. на 40 км вниз по течению от плотины Киевской ГЭС ниже Бортничей, откуда поступают сточные воды г. Киева. Акватория в этой части водохранилища сужена.

Основными гидродинамическими факторами являются стоковые течения и небольшие колебания уровня воды, обусловленные режимом работы Киевской ГЭС. Заросли располагались возле острова. Проективное покрытие при ширине 100–120 м и глубине 2.5–3.5 м составило 90–95%. Второй ярус был представлен *Ceratophyllum demersum* L. В зарослях изучали гидрохимический режим (температуру, концентрации растворенного кислорода, углекислого газа, гидрокарбонатов, минеральных форм азота и фосфора, а также содержание органического вещества, регистрируемое по бихроматной окисляемости и БПК₅), измеряли уровень воды в течение суток. Результаты сравнивали с аналогичными данными, полученными на участках без растений (5 м от края зарослей и на расстоянии 1 км вверх по течению). Определяли в зарослях водно-физические свойства донных отложений.

Кривая концентрации растворенного кислорода в сообществах *Trapa natans* L. имела дневной максимум (5.7 мг О₂/л) и ночной минимум (3.2 мг О₂/л). Содержание СО₂ изменялось от 1.87 до 6.7 мг/л, гидрокарбонатов – в пределах 160–180 мг/л; рН воды составляло 7.8–8.1. Содержание органического вещества достигало 30 мг/л, БПК₅ – 2.4 мг О/л. Из минеральных форм азота преобладал аммонийный (0.2 мг N/л), нитратов было меньше – 0.13 мг N/л. В сообществах *Trapa natans* L. отмечалось повышенное содержание минерального фосфора (0.4 мг P/л). Максимальная объемная масса скелета донных отложений составляла 0.88 г/см³, потеря при прокаливании – 4.4%. Колебания уровня воды находились в пределах 20–25 см.

На участках, свободных от растительности, содержание растворенного кислорода ниже – 4.7–3.2 мг О₂/л. Концентрации углекислого газа, гидрокарбонатов, органического вещества и минерального азота характеризовались теми же величинами, которые были зарегистрированы в зарослях. Почти вдвое ниже были концентрации органического вещества по БПК₅ и минеральному фосфору. На расстоянии 1 км вверх по течению гидрохимические показатели варьировали в тех же пределах.

Анализ полученных данных позволил предположить, что важным фактором для развития *Trapa natans* L. в Каневском водохранилище является наличие стоковых течений и колебаний уровня воды, служащих агентами распространения плодов растения. Большая часть поймы, залитая водами водохранилища, относится к проточно-островной. Вторым по значимости фактором является образование мелководий-отмелей в результате аккумулятивных процессов. Здесь наблюдается седиментация плодов растений и их дальнейшее развитие под прикрытием островов. *Trapa natans* L. – довольно тонкий индикатор гидрохимических условий. Вероятно, низкие концентрации кислорода в практически нейтральной воде, повышенное содержание углекислого газа, наличие илистых и илисто-песчаных дон-

ных отложений, а также антропогенная нагрузка, связанная с поступлением сточных вод г. Киева, являются теми факторами, которые стимулируют развитие этого вида растений.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОФИТОБЕНТОСА В ЗАРОСЛЯХ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ

Е.Н. Цаплина, Л.П. Ярмошенко

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, lyar@svitonline.com

Продукционные характеристики микрофитобентоса в сообществах погруженных растений и растений с плавающими листьями на глубине 0.5 м изучали на киевском участке Каневского водохранилища. Исследования проводили в русловой части водохранилища в районе 10–12 км и 40 км вниз по течению от Киевской ГЭС и в заливе Собачье гирло. Результаты исследований сравнивали с аналогичными данными, полученными на участках, свободных от макрофитов. Экосистема киевского участка водохранилища имеет свои особенности. Основными из них являются колебания уровня воды за счет режима работы Киевской ГЭС и антропогенная нагрузка, создаваемая г. Киевом (Оксиук и др., 1998). Доминируют на участке в основном погруженные растения и макрофиты с плавающими листьями. Воздушно-водные растения занимают незначительные площади.

Первичная продукция микрофитобентоса в сообществах высших водных растений колебалась в широких пределах (от 0.24 до 2.83 мгО₂/10 см² · сут). Максимальные величины были зарегистрированы в сообществах погруженных растений с доминированием *Potamogeton perfoliatus* L. в верховье залива Собачье гирло. Отношение *A/R* превышало единицу. Удельная продукционная способность микрофитобентоса достигала 0.24 мг О₂/мг · сут. На входе в залив, в таких же зарослях, валовая продукция микрофитобентоса была значительно ниже (0.48 мг О₂/10 см² · сут). Отношение *A/R* было ниже единицы.

Высокие величины валовой продукции микрофитобентоса в верховье залива отмечались в условиях более низкой проточности, чем на входе в залив, что является следствием колебания уровня воды за счет попусков через плотину Киевской ГЭС, а следовательно, и стабильности грунтов. Продукционная способность снизилась до 0.07 мг О₂/мг · сут.

Первичная продукция микрофитобентоса в сообществах высших водных растений зависит как от видовой принадлежности к различным экологическим группам, так и от типа донных отложений. В зарослях

Nymphaea luteum (L.) Smith. на сильно заиленном песке валовая продукция микрофитобентоса незначительна ($0.24 \text{ мг O}_2/10 \text{ см}^2 \cdot \text{сут}$), удельная продукция составила $0.075 \text{ мг O}_2/\text{мг} \cdot \text{сут}$. Низкие величины первичной продукции в сообществе кубышки желтой обусловлены ухудшением светового режима вследствие затенения листьями растения, покрывающими поверхность воды. Обратную картину наблюдали в разреженных зарослях растений с плавающими листьями на слабо заиленном песке (40 км вниз от плотины ГЭС) при более низких колебаниях уровня воды. Величины валовой продукции здесь достигали $1.71 \text{ мг O}_2/10 \text{ см}^2 \cdot \text{сут}$. Отношение A/R больше 3. Удельная продукционная способность микрофитобентоса составила $0.68 \text{ мг O}_2/\text{мг} \cdot \text{сут}$. Продукционные характеристики микрофитобентоса в сообществах высших водных растений в значительной мере зависят от глубины. В зарослях с доминированием *Trapa natans* L. на глубине 2.5 м были зарегистрированы самая низкая биомасса ($0.04 \text{ мг}/10 \text{ см}^2$) и отрицательные величины валовой продукции.

На участках, свободных от высших водных растений, направленность продукционных процессов в микрофитобентосе была несколько иной. Минимальные величины валовой продукции отмечены на сильно заиленном песке ($0.64 \text{ мг O}_2/10 \text{ см}^2 \cdot \text{сут}$), продукционная способность была равна $0.17 \text{ мг O}_2/\text{мг} \cdot \text{сут}$, но почти в 2 раза превышала аналогичные величины в сообществе кубышки желтой. На слегка заиленном песке продукционные характеристики микрофитобентоса зависят от его количественного развития, что, в свою очередь, связано со скоростью и характером течения. На чистоводье во всех случаях отношение A/R было больше единицы, а продукционная способность колебалась в пределах $0.13\text{--}0.37 \text{ мг O}_2/\text{мг} \cdot \text{сут}$.

О ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ НА РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

В.А. Цельмович

*Ярославская региональная общественная организация «Ноохора»
Борок, Россия, tselm@borok.adm.yar.ru*

Создание каскада волжских водохранилищ было предпринято в СССР для накопления гидроэнергии и их комплексного народнохозяйственного использования. После создания водохранилищ среднегодовая скорость ветра, особенно в прибрежных зонах водохранилищ, заметно повысилась (по данным метеостанций), что делает целесообразной постановку вопроса о создании каскадов ветростанций. Этот факт, однако, не очевиден: на существующих картах ветров в районе Рыбинского водохранилища указывается среднегодовая скорость ветра до 3 м/с, что не учитывает реальную ветровую ситуацию на водохранилище. Карта не отмечает локальное повышение скорости ветра, но неоправданно снимает вопрос о ветроэнергетике с рассмотрения.

В силу экономических и политических причин развитие ветроэнергетики в России не соответствует бурным мировым тенденциям в этой области. В мире развитие ветроэнергетики в последние годы активно пошло по пути создания мощных ветроагрегатов (с мощностью единичного агрегата 0.7–1.5 МВт, с опытными агрегатами до 3 МВт), работающих на электрическую сеть. Реализуется большая программа (в рамках 5-й Рамочной программы Евросоюза) по созданию каскадов ветростанций на мелководьях окраинных морей, что является наиболее экологичным вариантом их размещения. Только в Германии в 2001 г. действовало 9375 ветроэлектростанций, вырабатывающих в год 5 млрд. кВт·ч электроэнергии. Один ветроэнергетический агрегат мощностью 1.5 МВт обеспечивает электричеством до 1000 домов, в которых проживает до 4000 человек. Объем продаж ветростанций удваивается ежегодно. Среднее время окупаемости ветроэлектростанции – 6 лет, срок службы – 20 лет. Итог Всемирной Конференции по ветроэнергетике в 2002 г.: производство экологически чистой энергии будет заметно расширено. Через пять лет количество ветряной энергии на мировом рынке сможет достигнуть 60000 МВт, что превысит нынешние показатели более чем в два раза (Париж, 2 апреля 2002 г.). Равнинные водохранилища в России могли бы стать местом для строительства каскадов ветроэлектростанций, работающих совместно с гидростанциями. Экономическая эффективность их доказана многолетним опытом их эксплуатации в Европе. Решение о столь масштабном строительстве может в значительной степени носить политический характер. Экономичес-

ческих предпосылок для реализации такой программы в России становится все больше, и вопрос о масштабном развитии водохранилищной ветроэнергетики созрел для его постановки на самых разных уровнях. Мелководья Рыбинского водохранилища по комплексу параметров наиболее подходят для строительства мощных ветростанций, однако требуется большая работа по исследованию ресурсов ветра. Возникнет ряд непростых научных проблем, в решении ряда из них могут принять участие ученые институтов Борка совместно с другими институтами и ОПЭТ (Организацией Продвижения Энергетических Технологий ЕС). Борок мог бы стать эффективной демонстрационной зоной по использованию ветровой энергии на равнинных водохранилищах.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ^{137}Cs В ДОННЫХ ОСАДКАХ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.М. Цибульчик, Ю.И. Маликов, Г.Н. Аношин

*Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии (ОИГГМ)
СО РАН, Новосибирск, Россия, kovalevs@uiggm.nsc.ru*

Изучено распределение техногенного радиоизотопа ^{137}Cs и группы тяжелых металлов – Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Mn – в донных отложениях Новосибирского водохранилища.

Активность радиоцезия в донных отложениях водохранилища изменяется в широких пределах (2–125 Бк/кг). Минимальная активность ^{137}Cs (2–10 Бк/кг) фиксируется в песчаных фациях. Балансовые расчеты показали, что почти весь ^{137}Cs (до 98%) сосредоточен в двух тонких фракциях: < 1 и 1–20 мкм. Таким образом, главным концентратором и носителем ^{137}Cs в осадках водохранилища является глинистое вещество. В разрезах отложений ^{137}Cs концентрируется обычно в нижних горизонтах над затопленными почвами. Эти горизонты сложены в основном глинистым материалом. Затопленные почвы характеризуются в целом низкой активностью радиоцезия. Расчитанные с учетом естественной плотности осадков запасы ^{137}Cs варьируют весьма значительно (8–144 мКи/км²). Это свидетельствует о неравномерном распространении радиоцезия в донных отложениях водоема. Уровни запасов ^{137}Cs в осадках сопоставимы с соответствующими параметрами в почвах Новосибирской области, которые при денудации могли поставлять радиоцезий и тяжелые металлы. Установлено, что водные взвеси, накопленные на фильтрах 0.45 мкм, существенно обогащены тяжелыми металлами в сравнении с донными отложениями. Исключение составляют лишь Co и V.

В целом, в донных отложениях водохранилища высоких концентраций тяжелых металлов не обнаружено. Затопленные почвы ложа водоема заметно обеднены ими по сравнению с вышележающими осадками. Средние содержания Zn, Ni, Cr и V в почвенных субстратах более чем вдвое ниже соответствующих показателей в перекрывающих отложениях.

В разрезах донных осадков тяжелые металлы распределены относительно равномерно. Высоких или аномально высоких концентраций этих металлов ни в нижних, ни в верхних частях изученных разрезов не обнаружено. Характерная особенность их распространения в осадках по площади дна водоема состоит в том, что тяжелые металлы определенно концентрируются в существенно глинистых отложениях нижней части водоема.

Таким образом, при прохождении через водохранилище поступающей водной массы вода в нем становится чище, а донные осадки в отношении тяжелых металлов – «грязнее». Этот факт становится понятным, если учесть процесс перехода в осадок водной взвеси, существенно обогащенной тяжелыми металлами. Данный процесс наиболее активно протекает именно в нижней части водохранилища

Полученные данные по распределению металлов во фракциях донных отложений свидетельствуют о том, что наиболее высокие концентрации металлов устанавливаются в самых тонких фракциях осадка (< 1 мкм). Например, содержание ртути в этих фракциях может превышать ее концентрации в исходных пробах в 7 раз. Коэффициенты концентрации, отражающие степень накопления того или иного металла в выделенных фракциях по отношению к исходному материалу, максимальны во фракциях < 1 мкм и минимальны во фракциях 20–63 мкм. Судя по полученным значениям коэффициентов концентрации, наиболее тесная связь с глинистым веществом характерна для ртути. Таким образом, следует считать, что глинистая компонента донных отложений водохранилища является концентратором не только ^{137}Cs , но и тяжелых металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 01-05-65076, 02-05-64638 и 02-05-79153к, а также фонда интеграционных проектов Сибирского отделения РАН (проекты 31 и 33).

ОРГАНИЗАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ БУРЕЙСКОГО ГИДРОУЗЛА

В.В. Шамов, С.Е. Сиротский

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия,
vshamov@ivep.as.khb.ru*

Проект социально-экологического мониторинга зоны влияния гидроузла на р. Бурея, притоке р. Амур, включает ряд пресуппозиций (постулатов), дисциплинарные слои модели объекта мониторинга и соответствующие средства представления знаний, проект пространственной сети пунктов и периодичности наблюдений за характеристиками среды, расчет финансово-материального обеспечения мониторинга.

Изучение зоны влияния как территориального объекта базируется на нескольких системных постулатах (Черкашин, 1997; Третьяков, Шамов, 1998), главные из которых следующие:

Вся совокупность знаний о мире расслаивается на *множество* сквозных непересекающихся областей (предметов исследования), для каждой из которых существует своя полная системная теория представления знаний; все системные теории различаются *базовыми понятиями и аксиомами*, на уровне которых эти теории тождественны через интерпретацию (замену понятий);

Существует некий инвариант географической оболочки земли, обусловленный единой коэволюцией геовещественных масс и объективно обеспечивающий определенную *симметрию* географических знаний о территориальных объекте;

Любой объект исследования *расслаивается* в пространстве знаний системных теорий, что позволяет изучать его с разных сторон и на основе полученных специальных знаний *синтезировать* целостное представление об объекте.

Ряд дисциплинарных слоев модели зоны влияния – макродисциплинарных блоков – представлен в виде:

- гидрометеорологического блока (водный и воздушный режим);
- гидроэкологического блока (качество вод и воздуха, водное население);
- почвенного блока (качество почвенного покрова);
- растительного блока (видовое разнообразие и состояние растительности);
- блока наземных животных (фауна и животное население);
- социально-медицинского блока (людовое население и его состояние);
- информационного блока (базы данных и геоинформационные системы).

Сеть пунктов наблюдений планируется с учетом имеющейся сети, дополняемой новыми пунктами, что связано с затоплением территории.

Зона влияния включает 4 условные подзоны: 1) подзону акватории водохранилища при НПУ, 2) подзону изменения климата, 3) подзону гидрологического регулирования стока Буреи и 4) подзону медико-социальных последствий строительства гидроузла. В проекте предполагается нарастание зоны влияния по мере заполнения ложа водохранилища и последующее включение в нее участка долины р. Амур от устья Буреи до устья Амура с соответствующим расширением сети наблюдений.

Расчет финансово-материального обеспечения мониторинга произведен с учетом дефицита инвестиционных ресурсов.

Проект является результатом объединения усилий ряда государственных организаций с координирующей ролью Института водных и экологических проблем ДВО РАН (г. Хабаровск). В процессе работы анализировался как внутренний опыт (имеющийся у исполнителей работ и представляемых ими организаций), так и внешний опыт систематических наблюдений за состоянием социоприродной среды и ее компонентов, привлекались имеющиеся сведения о заданном объекте мониторинга и его аналогах, проводились рабочие встречи и совещания по данной проблеме (предварительная «увязка» самостоятельных блоков и разделов).

Предложенный проект мониторинга согласуется с концепцией *здоровья среды* (Захаров, 2000).

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ НИЗШИХ ГИДРОБИОНТОВ КАПШАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (БАССЕЙН Р. ИЛИ)

Л.И. Шарапова, Ю.В. Эпова, А.П. Фаломеева

*Казахский НИИ рыбного хозяйства, Алматы, Республика Казахстан,
fish@itte.kz*

За тридцатилетний период существования Капшагайского водохранилища (с 1970 г.) выявлено около 250 таксонов зоопланктеров, среди которых 69% составляют коловратки, 18% – ветвистоусые и 12% – веслоногие рачки. Указанный объем заметно превысил исходный биофонд озер и р. Или – 137 таксонов (Шарапова, 1971). Больше число разновидностей животных пришлось на первое десятилетие жизни водоема – 142 таксона, меньшее – на второе и третье (107 и 52 соответственно).

Основной вклад в формирование разнообразия планктонной ниши биоценоза Капшагайского водохранилища внесли коловратки Brachionidae

(25 таксонов) с преобладанием р. *Brachionus* (13), а также представители сем. Lecanidae и Synchaetidae (14) с доминированием среди последних р. *Polyarthra* (8). Менее разнообразны Trichocercidae (11) и Asplanchnidae (9). Характерно для водохранилища присутствие типичных пелагофилов Conochilidae (4). Среди ветвистоусых фон планктона создают организмы из сем. Daphniidae и Sididae, среди веслоногих обычны пелагические Diaptomidae (4), а также Cyclopidae родов *Cyclops* (3), *Thermocyclops* (4) и *Acanthocyclops* (5).

Ядро планктоценоза своеобразно и разнородно, четверть века его формируют *Daphnia longispina* O.F. M., *Neurodiaptomus incongruens* (Poppe), *Diaphanosoma lacustris* Korinek, *C. vicinus* Uljanin, *Th. crassus* (Fisch.), *P. luminosa* Kut., *P. dolichoptera* Idels., виды р. *Asplanchna*. На протяжении последнего десятилетия мелкий *Th. crassus* замещается более крупным дальневосточным *Th. Taihokuensis* (Harada, 1931).

За шесть месяцев вегетационного сезона наблюдается 2–3 пика в развитии ценоза в отличие от одновысшей динамики в озерах. При постоянном доминировании пелагофилов масса планктона в маловодные годы не превышает 1 г/м^3 , а в многоводные или в годы с резким подъемом уровня воды она достигает немногим более 2 г/м^3 . Реальная продукция зоопланктона за сезон оценивается в пределах от 4 до 13 г/м^3 , при близких к средним значениям во второй половине 90-х годов.

Донная фауна в первые годы существования водоема насчитывала до 80 видов и форм, а в дальнейшем происходило снижение ее разнообразия. Фоновыми формами на протяжении ряда лет были *Tubifex tubifex* (Müll.), *Limnodrilus hoffmeisteri* Clap., хирономиды родов *Chironomus* и *Procladius*, вселенец *Monodacna colorata* (Eichw.). В конце 90-х годов в количественном отношении лидировали олигохеты, возросла доля моллюсков. Средние значения биомассы не превышают $0.4\text{--}1.0 \text{ г/м}^2$.

Развитие зообентоса в многолетнем аспекте характеризуется разнонаправленностью процессов на различных по гидрологии и морфометрии участках водохранилища. Одним из факторов такой динамики является разнородность сообщества по продольной оси водоема и соответствующий составу гидробионтов пресс ихтиофауны. Нектобентос представлен только вселенцами: *Paramysis* (*Mesomysis*) *intermedia* Czern., *P. (M.) lacustris* Czern., *P. (Metamysis)* *ullskyi* Czern., *Pontogammarus robustoides* (Sars), *Palaemon modestus* (Hill.) и *Macrobrachium asper* (Stimps.). Доминируют мизиды, в основном *P. (M.) intermedia*. Максимум их развития приходился на середину 70-х годов (биомасса 6.9 г/м^2), с последующим резким спадом и стабилизацией на современном этапе на уровне – 296 экз./м^2 и 1.5 г/м^2 . Резкие перепады количественных показателей наблюдались в эти периоды и у гаммаруса – от 720 экз./м^2 (8.7 г/м^2) до

1 экз./м². Невысокая плотность особей (125 экз./м²) характерна в последние годы для креветок, которые в большей степени приурочены к загрязненным участкам водоема.

Низкие значения продуктивности гидробионтов обусловлены бедным содержанием биогенов в водоеме полупустынной зоны, значительной сезонной сработкой уровня воды и отсутствием фитофильных ценозов.

ЗАПАСЫ РЫБ САРАТОВСКОГО И ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

В.А. Шашуловский, К.К. Карагойшиев

Саратовское отделение ГосНИОРХ, Саратов, Россия, niorch@mail.ru

Основу ихтиоценозов Саратовского и Волгоградского водохранилищ составляют лещ, густера, судак, щука, плотва и синец. В настоящее время промысловые запасы и возможный вылов основных видов рыб составляют, соответственно, в Саратовском – 6.5 тыс. т и 2.2 тыс. т; в Волгоградском – 10.2 тыс. т и 2.6 тыс. т.

Формирование рыбных запасов этих водоемов в значительной степени определяется эффективностью естественного воспроизводства, обусловленного качественными характеристиками мелководий, используемых как нерестилища, а также уровнем режимом в весенний период. В настоящее время значительная часть мелководий из-за старения водоема, зарастания водной растительностью, заболачивания и малой кормности практически теряет свое значение для воспроизводства рыб.

Так как формирование запасов основных промысловых рыб имеет во многом сходные закономерности, оно может быть рассмотрено на примере леща.

Обобщенные материалы по урожайности поколений леща показывают следующее: при уровне воды менее 30 м (пост г. Самара) наблюдается малоурожайное поколение леща численностью 3 млн. экз. и менее; при уровне 30–31 м – среднеурожайное (7–8 млн. экз.); более 31 м – высокоурожайное поколение численностью не менее 10–12 млн. экз. В предыдущие годы (1970–1990) высокоурожайные поколения леща отмечались через пятилетний срок, среднеурожайные повторялись очень часто, практически через год; после в 1990 г. в основном отмечаются малоурожайные поколения. По сравнению с 1990 г. промысловые запасы рыб Саратовского водохранилища сократились: леща в 1.65 раза, щуки в 1.4 раза, берша в 2.1 раза и синца в 2.3 раза. Аналогичные тенденции наблюдаются и на Волгоградском водохранилище.

Основные причины снижения запасов промысловых рыб

– Биологические:

- Волгоградское и Саратовское водохранилища являются конечными и аккумулярующими; соответственно, все процессы деградации здесь протекают гораздо быстрее, чем в вышерасположенных водоемах;
- несоблюдение требований к уровенному режиму энергетиками и сброс воды в нерестовый период, что приводит к значительному снижению численности рыб;
- развитие в водоемах моллюска-фильтратора – дрейссены – и, как результат, снижение кормности водоема;
- появление в мелководной зоне водохранилища ротана-головешки, уничтожающего молодь ценных промысловых рыб и кормовые организмы.

– Экономические и прочие:

- высокоселективный вылов ценных, пользующихся повышенным потребительским спросом видов рыб (стерляди, сома, судака, жереха, крупного леща) что приводит к изменению структуры ихтиоценоза, замене ценных видов малоценными и снижению продуктивности водоема;
- плохая организация промысла;
- Физическая изношенность и моральное устаревание рыбопромысловой базы.

ФИТОПЕРИФИТОН ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ПОСЛЕ ВЫВОДА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Т.Ф. Шевченко

Институт гидробиологии НАНУ, Киев, Украина, vadol@svitonline.com

В августе 2001 г., через полгода после вывода Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) из эксплуатации, так же, как и в августе 1983 г. (до аварии), водоросли, развивающиеся в водоеме-охладителе на твердом неорганическом субстрате, на всех станциях образовывали макроскопические обрастания, видимые невооруженным глазом. Облицовки береговых откосов (как каменные, так и бетонные) были окаймлены обрастаниями, образуемыми водорослями, которые развивались в зоне заплеска, у уреза воды и на глубине до 1 м и более. Однако после вывода ЧАЭС из эксплуатации характер распределения водорослевых сообществ резко изменился. В августе 1983 г. на участках водоема-охладителя, различающихся по степени обогрева, развивались сообщества с доминированием разных видов водорослей. На участке водоема-охладителя, подверженном значительному обог-

реву и расположенном вблизи от места сброса подогретых вод, при температуре воды 34°C (превышающей естественную в течение года на 7–12°C) фитоперифитон был представлен сообществами с доминированием синезеленых водорослей, которые сплошь покрывали поверхность субстрата от уреза воды до глубины 1 м и более. Доминировала *Lyngbya putealis*. На участке водоема-охладителя, подверженном минимальному обогреву, при температуре воды 23°C (превышающей естественную в течение года на 1–2°C) преобладали сообщества с доминированием зеленых нитчатых водорослей, занимая 85% площади субстрата. Доминировала *Cladophora glomerata* и реже – *Oedogonium* sp. Сообщества водорослей с доминированием Cyanophyta встречались у уреза воды в виде тонких пленок. Преобладал *Phormidium autumnale* f. *uncinata*. В августе 2001 г. при температуре воды 26°C в условиях естественного температурного режима на разных участках водоема-охладителя развивались сообщества с преобладанием фактически одних и тех же видов водорослей. В основном фитоперифитон был представлен сообществами с доминированием зеленых нитчатых водорослей. Доминировала *Cladophora glomerata* и реже – *Oedogonium* sp. Сообщества водорослей с доминированием Cyanophyta встречались лишь в виде отдельных вкраплений. Доминировал *Calothrix elenkinii*. В августе 1983 г. видовое богатство водорослей перифитона было намного выше, чем в августе 2001 г. Всего было найдено 129 видов водорослей, представленных 140 внутривидовыми таксонами. При этом на участке со значительным обогревом было обнаружено 108 видов, а на участке с минимальным обогревом – 72 вида. В августе 2001 г. было найдено 77 видов водорослей, представленных 89 внутривидовыми таксонами. Число видов водорослей, найденных на разных участках, варьировало от 36 видов до 54 видов. Наиболее резко уменьшилось число видов синезеленых водорослей (с 46 до 6). Число видов зеленых и диатомовых водорослей уменьшилось незначительно (с 26 до 22 видов и с 54 до 47 видов, соответственно). Из состава фитоперифитона исчезли термофильные виды Cyanophyta. В 1983 г. среди синезеленых водорослей, вегетировавших на участке водоема-охладителя со значительным обогревом, были найдены виды, широко распространенные в термальных источниках. Из них к числу факультативных термофилов относилось более 30 видов. После вывода ЧАЭС из эксплуатации ни один из этих видов Cyanophyta в водоеме-охладителе найден не был. Таким образом, после вывода ЧАЭС из эксплуатации в условиях естественного температурного режима характер распределения водорослевых сообществ в перифитоне водоема-охладителя резко изменился. На разных участках водоема-охладителя были обнаружены сходные сообщества водорослей с доминированием фактически одних и тех же видов. Видовое богатство водорослей перифитона

резко сократилось. Из состава фитоперифитона выпали термофильные виды Cyanophyta. Резко изменился видовой состав как водорослей перифитона в целом, так и его ведущего комплекса. Интенсивность развития фитоперифитона в водоеме-охладителе осталась довольно высокой.

ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОСИСТЕМ И КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

Г.С. Шилькрот, С.В Ясинский

*Институт географии РАН, Москва, Россия,
geograph@online.ru, igras@igras.geonet.ru, yasinskii@mtu-net.ru*

При создании водохранилищ, особенно многоцелевого назначения, необходимо обращать внимание на самоорганизацию (самопроизвольное упорядочивание структур) водных систем, возникающую под воздействием совокупности внешних и внутренних формирующих факторов. Совокупность главных факторов, включающая климатические особенности района, характер и уровень освоенности водосбора, условия водного и вещественного питания водоема и его водообмена, морфология котловины и размеры водоема – хорошо известна. Действие же этих факторов на формирование экосистем и качества воды создаваемых водоемов осуществляется через биогеохимический механизм, определяемый интенсивностью биологического круговорота и интенсивностью водообмена. Именно оптимуму проявления указанных механизмов соответствуют наилучшие показатели качества воды и состояния экосистем. Игнорирование этих управляющих механизмов приводит к тому, что качество воды в сравнительно недавно созданных водохранилищах быстро перестает соответствовать питьевым и хозяйственным нормативам.

Приведем пример водоема-охладителя Балаковской АЭС, созданного 15 лет назад и представляющего вместе с электростанцией замкнутую систему, или бессточный водоем. Из-за фактора бессточности в сочетании с природной засушливостью климата и искусственным подогревом, обуславливающими повышенное испарение воды, в водоеме-охладителе БАЭС (площадь акватории 26 км², средняя глубина около 6 м) интенсивно накапливаются минеральные соли. Водоем был создан в левобережье Саратовского водохранилища и питается его водами, т.е. волжской умеренно минерализованной водой. Наши исследования в конце лета 2001 г. показали, что в сравнении с 1980-ми гг. минерализация воды водоема и ее ионный состав стали резко отличаться от показателей волжских вод и устойчиво перешли порог для пресных вод по общей минерализации (1 г/л). В

ионном составе стали преобладать хлориды, сульфаты и натрий. В это же время волжская вода имела минерализацию 230 мг/л и ее состав оставался гидрокарбонатно-кальциевым. В наблюдаемых различиях проявилась закономерность формирования химического состава воды в бессточном и интенсивно испаряющем водоеме как процесса самоорганизации этой водной системы.

Самоорганизация проявилась и в формировании биологических свойств водоема-охладителя. В настоящее время это высокопродуктивный водоем с интенсивным развитием фитопланктона, макрофитов и нитчатых водорослей. Площадь зарастания, по предварительной оценке, более 30%. Высокая продуктивность обусловлена повышенным притоком с волжскими водами биогенных элементов, а также подогревом воды и обилием мелководий и островов, способствующих развитию растительности. Создаваемое макрофитами органическое вещество не успевает полностью минерализоваться и накапливается в илах. Это, с одной стороны, формирует резерв питательных веществ, а с другой – способствует дальнейшему обмелению водоема и тем самым поддерживает существование высокопродуктивной макрофитной системы.

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

М.А. Шишов¹, В.И. Преснухин²

¹ *Комитет природных ресурсов по Ярославской области,
Ярославль, Россия, ecol@adm.yar.ru*

² *ООО «Центр обследования и усиления зданий и сооружений»,
Ярославль, Россия*

Территория Российской Федерации – одной из крупнейших стран мира – характеризуется значительными региональными различиями в климатических и геологических условиях, экономическом потенциале, исторически сложившейся плотности населения. Водные ресурсы страны также распределены и используются неравномерно, испытывая различную техногенную нагрузку. Объемы и направления использования водных ресурсов также весьма различны. Проблемы и пути их решения в каждом регионе имеют свою специфику.

Государственное управление водным фондом России в настоящее время осуществляется Министерством природных ресурсов Российской Федерации. В соответствии с «Основными направлениями социально-экономической политики» Правительство Российской Федерации проводит государственную политику в сфере изучения, использования, восста-

новления и охраны водных ресурсов России, защиты населения и объектов народного хозяйства от вредного воздействия вод.

Решение проблем обеспечения населения и экономики необходимым количеством воды, защиты от подтопления паводковыми водами, обеспечения судоходства и др. осуществляется за счет регулирования стока рек водохранилищами. Вместе с тем, прилегающая природная среда испытывает отрицательное воздействие, создается угроза разрушения гидротехнических сооружений.

Ярославская область расположена в северо-западной части бассейна Волги – крупнейшей реки Европы, которая по водности занимает пятое место среди рек России. Из 12 водохранилищ, построенных на Волге, на территории области расположены 3. Работа двух гидроузлов, размещенных в черте крупных городов, обостряет проблемы защиты берегов от обрушения. Водохранилища за период своего существования стали оказывать негативное влияние на качество воды и экосистемы притоков, вызывая подтопление территорий и другие нежелательные последствия.

Решение этих проблем является комплексной задачей, включающей в себя задачи управленческие, организационные, нормативно-правовые, информационные, научно-исследовательские и многие другие. Оно займет длительное время, и в настоящий момент предотвращение аварийных ситуаций, деградации водных экосистем, решение неотложных первоочередных задач во многом зависят от взаимодействия различных уровней управления при реализации целевых программ по восстановлению и охране водных объектов.

За десятилетия существования водохранилищ крупнейшими научными и производственными организациями страны накоплены богатейшие материалы уникальных исследований. В последнее время резко сократились все виды научно-исследовательских работ, прикладных и инженерно-экологических исследований по причине слабого их финансирования, распада ведомственных подразделений и т.д. Необходимо детализировать ранее выполненные исследования, продолжить мониторинг экосистем на основе единой разработанной программы. Решение этой задачи возможно путем создания Центра мониторинга экосистем водохранилищ.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Ф.Б. Шкундина¹, Л.Н. Мартыненко², М.Р. Насырова²

¹ Башкирский государственный университет. Уфа, Россия,
timsonDC@ufanet.ru

² МУП «Уфаводоканал», Уфа, Россия

При сооружении водохранилищ человек создает новые местообитания для водных организмов, с условиями, которые могут существенно отличаться от характерных для водоемов данного региона. На территории республики Башкортостан наиболее значительными являются Павловское и Нугушское водохранилища, оба комплексного назначения, построенные на притоках р. Белой. На самом крупном притоке – р. Уфе длиной 918 км – в 1961 г. построено Павловское водохранилище. В 1966 г. на р. Нугуш (длиной 235 км) было сооружено Нугушское водохранилище. Оба водохранилища – лощинные, в основном сезонного регулирования. Объем Павловского водохранилища 1.41 км³, Нугушского – 0.4 км³.

Фитопланктон Нугушского водохранилища изучался летом и осенью 1988 г., Павловского – в вегетационный период 2001 г. Отбор проб и их обработка осуществлялись по общепринятой методике (Федоров, 1979; Водоросли, 1989).

В Нугушском водохранилище было обнаружено 55 видов и разновидностей водорослей из 6 отделов. В фитопланктоне Павловского водохранилища выявлено 80 видов водорослей из 4 отделов. По числу видов в обоих водоемах преобладали Bacillariophyta (51–52%). Представителей Chlorophyta было больше в фитопланктоне Павловского водохранилища, Cyanophyta (Cyanobacteria) – в фитопланктоне Нугушского. Следует отметить, что наибольшее разнообразие групп водорослей обнаружено в Нугушском водохранилище (6 отделов), тогда как в фитопланктоне Павловского водохранилища не были обнаружены водоросли из отделов Euglenophyta и Chrysophyta. По 2 вида из отдела Dinophyta обнаружено в обоих водоемах.

В фитопланктоне Нугушского водохранилища в летний период наблюдалось уменьшение числа видов от средней части к верховью и к плотине, в октябре – увеличение числа видов от средней части к верховью водохранилища. Общая численность фитопланктона характеризовалась максимумом в октябре (3155 тыс. кл./л). Это достигалось за счет увеличения численности диатомовых водорослей, основную массу которых составляла *Fragilaria crotonensis* Kitt. В июле по численности доминировали сине-зеленые водоросли (цианобактерии), в основном за счет *Merismopedia*

elegans A. Br. Максимумы общей биомассы наблюдались в июне (1.1 г/м^3) и в сентябре (1.6 г/м^3). Главную роль в формировании биомассы во все исследуемые сроки также играли диатомовые водоросли. Среднесезонная биомасса фитопланктона составила 0.92 г/м^3 , а численность – 1977 тыс. кл./л, что характеризует этот водоем как олиготрофный.

Наибольшая плотность организмов фитопланктона в Павловском водохранилище была зафиксирована возле плотины (76238 тыс. кл./л), где по численности доминировали синезеленые водоросли (74000 тыс. кл./мл), в частности широко распространенный вид *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk.; по биомассе доминировала *Fragilaria crotonensis* (1.332 мг/л). Наименьшая численность водорослей зарегистрирована в средней части водохранилища (6534 тыс. кл./л), но именно в этом створе биомасса достигла наибольшего значения – 3.677 г/м^3 . По численности и биомассе преобладали колонии *Fragilaria crotonensis*, *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. и *Anabaena aequalis* Borge. Значение индекса сапробности менялось от 1.65 до 1.85, что характеризует β -мезосапробную зону.

Таким образом, по числу видов во всех изученных водохранилищах преобладали Bacillariophyta. Сравнение фитопланктона водохранилищ показывает, что Павловское водохранилище отличается наибольшим видовым разнообразием. Показатели численности и биомассы также были максимальными в Павловском водохранилище. Характер доминирования определенных видов в обоих водоемах, в целом, сходен. В Нугушском и Павловском водохранилищах на отдельных створах доминирует *Fragilaria crotonensis*, среди синезеленых в первом из них преобладает *Merismopedia elegans*, во втором – *Microcystis aeruginosa* и *Anabaena aequalis*.

ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТЕ

Г.В. Шурганова

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия, shgv@uic.nnov.ru*

Чебоксарское водохранилище – последнее по времени образования крупное водохранилище в системе Волжско-Камского каскада. На протяжении более чем двадцатилетнего периода своего существования водохранилище отличалось высоким уровнем водообмена и испытывало интенсивное загрязнение, что наиболее сильно проявлялось в его речной части.

Исследования зоопланктона Чебоксарского водохранилища проводились с момента его образования (1981 г.) по 2002 г. В первые двенадцать лет существования водохранилища осуществлялись регулярные мониторинговые исследования. Пробы зоопланктона отбирались в разные сезоны каждого года (весна, лето, осень) в лево- и правобережье речного и озерного участков водоема на стационарных станциях. В дальнейшем проводились регулярные наблюдения зоопланктона на протяжении вегетационных сезонов ряда лет на постоянных станциях в лево- и правобережье у г. Нижнего Новгорода, а также отдельные съемки по всей акватории водохранилища. В результате исследований выявлены видовой состав, сезонная динамика численности и биомассы, соотношение основных групп, оценено видовое разнообразие зоопланктоценозов. Проведен анализ динамики и пространственного распределения показателей видовой структуры с помощью многофакторного регрессионного анализа.

Зоопланктонные сообщества лево- и правобережья речной части Чебоксарского водохранилища на протяжении всего периода наблюдений различаются по всем основным показателям видовой структуры, имеют различный ход сезонной динамики. Для зоопланктона правобережья характерно численное преобладание реофильных видов коловраток. Зоопланктонный комплекс левобережья формируется за счет видов Горьковского водохранилища и характеризуется преобладанием ракообразных и лимнофильных коловраток. Среднесезонные значения численности и биомассы зоопланктона правобережья ниже, чем в левобережье, что определяется не только большим загрязнением воды, но и замедлением скорости течения и связанным с этим ухудшением условий существования реофильного зоопланктона.

На протяжении всего периода исследований происходило снижение численности и биомассы зоопланктона речного участка водохранилища, при этом в правобережье появились представители лимнофильной фауны. Произошло также увеличение индекса таксономического сходства зоопланктоценозов лево- и правобережных участков водохранилища. В меньшей степени изменились лимнофильные планктонные сообщества озерной части водохранилища. Здесь проявилась тенденция к увеличению биомассы рачкового планктона, что привело к росту общей биомассы зоопланктона озерной части водохранилища.

Анализ всех исследуемых показателей видовой структуры зоопланктоценозов водохранилища за более чем двадцатилетний период его существования свидетельствует о сложности протекающих в водохранилище процессов, существовании на акватории речной части водохранилища отдельных зоопланктонных сообществ, состояние которых может быть охарактеризовано как нестационарное. Высокий уровень водообмена, непостоянство гидрологического режима, а также загрязнение воды вызывают активно идущие процессы антропогенной трансформации зоопланктоценозов на протяжении всего периода существования водохранилища.

МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г.В. Шурганова, Д.И. Иудин, Д.Б. Гелашвили, В.Н. Якимов

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия, ecology@unn.ac.ru*

Мощным инструментом исследования биологических сообществ является оценка их интегральных характеристик, сводящаяся к анализу видового разнообразия ценозов. В эксперименте исследователь имеет дело с относительными частотами распределения особей по видам $p_i = N_i/N$, где N_i — число особей i -го вида, N — размер пробной выборки, а i пробегает значения от единицы до полного числа видов $s(N)$, обнаруженных в пробе. Результаты отбора проб могут быть представлены вектором-строкой, i -я компонента которой соответствует численности i -го вида в рассматриваемой выборке. Сумма компонент дает нам численность или размер выборки, а число ненулевых компонент дает число видов найденных в этой выборке. Из двух выборок можно получить третью, осуществляя покомпонентное сложение исходных векторов. Для оценки разнообразия сообществ в литературе приводится несколько индексов, каждый из которых

вводит определенную меру в пространстве относительных частот. Нами предложено мультифрактальное обобщение этой процедуры.

Вводятся обобщенные размерности Реньи:

$$D_q = \lim_{N \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{1-q} \frac{\ln M_q}{\ln N} \right\},$$

Где M_q моменты распределения выборки по видам q -го порядка:

$$M_q = \sum_{i=1}^S p_i^q$$

Показано, что обобщенная размерность нулевого порядка совпадает с известным в литературе индексом разнообразия Маргалефа, обобщенная размерность первого порядка есть произведение индекса эквитабильности Пиелу и индекса разнообразия Маргалефа, а обобщенная размерность второго порядка пропорциональна логарифму индекса доминирования Симпсона.

Можно получить весь спектр мультифрактальных показателей D_q для q меняющихся от $-\infty$ до ∞ . Мультифрактальный спектр, включающий в себя все известные индексы разнообразия как частные случаи, представляется мощным прогностическим инструментом.

Предлагаемый подход был использован при анализе видовой структуры зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища за более чем двадцатилетний период его существования. В период формирования водохранилища наблюдались значительные отличия мультифрактальных спектров для сообществ лево- и правобережья речной части, в то время как для сообществ озерной части наблюдалось сближение спектров. В период относительной стабилизации зоопланктоценозов различия мультифрактальных спектров для лево – и правобережья речной части сохранились, тогда как сближение спектров для озерной части водохранилища стало менее отчетливым. Существование различий мультифрактальных спектров для лево – и правобережья связаны с особенностями формирования водных масс и гидрологического режима Чебоксарского водохранилища.

ВЛИЯНИЕ УРОВЕННОГО РЕЖИМА НА СТРУКТУРУ МАКРОЗООБЕНТОСА ОТКРЫТОГО МЕЛКОВОДЬЯ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г.Х. Щербина

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
gregory@ibiw.yaroslavl.ru.*

Прибрежная мелководная зона верховолжских водохранилищ, занимающая обширную часть их акватории, была объектом различных биологических исследований с первых лет существования этих водоемов. Мелководная зона в Рыбинском водохранилище занимает участки с глубинами до 4.5 м и составляет около 50% площади дна (Мордухай-Болтовской, 1974). Почти вся эта зона (95% площади) в настоящее время представлена песчаными отмелями, подверженными действию прибойной волны и практически лишенными зарослей. Кроме воздействия прибойной волны, на макрозообентос прибрежных мелководий оказывает значительное влияние ежегодная сработка уровня воды, достигающая в отдельные годы 5.5 м и составляющая в среднем 3.5 м. Следует отметить, что при понижении уровня воды в водохранилище на 3.5 м осушенная площадь составляет 1623 км² (Бакастов, 1976).

Материалом для настоящего сообщения послужили сборы макрозообентоса весной, летом и осенью 1986 и 1990 гг. по всей акватории Рыбинского водохранилища.

Открытое мелководье, на долю которого приходится около 50% площади дна водохранилища, претерпело наиболее значительные изменения в структуре макрозообентоса. Наиболее подробно оно изучалось в 1953–1954 и в 1973–1974 гг. В начале 1950-х годов бентос песчаных грунтов был представлен единичными особями хирономид, олигохет и пиявок с биомассой 0.1–0.2 г/м² (Мордухай-Болтовской, 1974). В начале 1970-х годов фауна песчаных грунтов водохранилища стала значительно разнообразнее (21 вид хирономид, 19 – олигохет и 9 – моллюсков) и обильнее – 3.45 г/м² (Семерной, Митропольский, 1982). В 1986 г. в состав макрозообентоса открытого мелководья входило уже 62 вида хирономид, 39 – олигохет и 30 – моллюсков, а его продуктивность возросла до 7.81 г/м².

Ранее в открытом мелководье нами было выделено две зоны – прибрежная с глубинами до 3 м и зона возможного осушения – от 3 до 4.5 м (Щербина, 1993). В свою очередь, в прибрежной зоне четко выделяются два горизонта – верхний (с глубинами до 1.5 м) и нижний (от 1.5 до 3.0 м). В маловодные годы (1952, 1960, 1964, 1972, 1973, 1986 и др.) верхний горизонт прибрежной зоны Рыбинского водохранилища не затапливался, вследствие чего почти вся перезимовавшая фауна погибала, так как высы-

хание грунтов более губительно для гидробионтов, чем промерзание. Восстановление макрозообентоса шло преимущественно за счет гетеротопов, в основном хирономид, которые доминируют как в открытом, так и в закрытом прибрежье.

Сравнительный анализ структуры макрозообентоса открытого мелководья Рыбинского водохранилища в 1986 и 1990 гг. показал существенные различия в сезонной динамике биомассы и численности, что связано с различным уровненным режимом. В маловодном 1986 г. только весной на каждом полуразрезе было по три станции, летом – две, а осенью неосушенной осталась только станция, расположенная на глубине 2 м. В многоводном 1990 г. все три станции прибрежной зоны в течение всего вегетационного периода не осушались, что и сказалось на сезонной динамике макрозообентоса. Количественные показатели макрозообентоса в 1990 г. по сезонам достоверно не различались. Осенью 1986 г. численность и биомасса макрозообентоса была в 3–5 раз выше, чем весной и летом. Все это – результат миграции донных макробеспозвоночных осенью 1986 г. и их скопления на границе вода–грунт. Ранее нами было установлено, что при сработке уровня воды подавляющее большинство видов хирономид в открытом прибрежье (за исключением глубоко зарывающихся в песок личинок *Lipiniella araenicola*) мигрировали с осушенной территории вместе с отступающей водой, а оставшиеся на песке личинки уже через 2 нед после осушения практически все гибли (Щербина, 1993). Сходные результаты по миграции личинок хирономид при сработке уровня были получены в 1994–1995 гг. на Можайском водохранилище и при проведении экспериментальных исследований (Борисов, 1996).

РОЛЬ МАССОВЫХ ВИДОВ-ВСЕЛЕНЦЕВ В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Г.Х. Щербина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
gregory@ibiw.yaroslavl.ru

Задолго до зарегулирования Волги происходил процесс иммиграции некоторых каспийских видов макробеспозвоночных в верхние ее участки. В Верхнюю Волгу проникли моллюск *Dreissena polymorpha*, узкопалый рак *Astacus leptodactylus*, мизиды *Paramysis ullskyi*. С начала 50-х годов в бассейне Волги наблюдались два основных пути вселения донных макробеспозвоночных: самопроизвольное расселение и акклиматизация их с целью повышения кормовой базы рыб. Только за период с 1948 по 1963 гг. в раз-

личные водоемы СССР было акклиматизировано 66 видов донных макро-беспозвоночных (Бердичевский и др., 1968), основу которых составляли ракообразные (42 вида) и моллюски (17 видов). В 1957–1958 гг. в Рыбинское водохранилище вселялись 4 вида каспийских мизид (*Paramysis lacustris*, *P. intermedia*, *P. ullskyi* и *P. baeri*), а с 1956 по 1959 гг. – дальневосточная креветка *Palaenom modestus*. Все переселенные ракообразные погибли после зимовки, и дальнейшие акклиматизационные мероприятия здесь не проводились.

К саморасселяющимся видам из Каспия и Азова в водохранилища Верхней Волги, кроме моллюсков из рода *Dreissena* (*D. polymorpha* и *D. bugensis*), можно отнести два вида олигохет из рода *Potamothrrix* (*P. vej dovskiy* и *P. heusheri*) и полихету *Hypania invalida*.

Вселение в бассейн Верхней Волги двух видов дрейссены – *D. polymorpha* и *D. bugensis*, привело к образованию самых продуктивных одноименных биоценозов. Располагаясь на склонах речных участков водохранилищ и в озерной части водоемов, дрейссена перехватывает значительную часть органических веществ, препятствуя их поступлению в русловые участки водохранилищ, т.е. является своеобразным биологическим фильтром. Исследования, проведенные в русловой зоне речного участка Горьковского водохранилища летом 1992 г., показали, что на биотопе слабо заиленных песков, где дру́зды дрейссены отсутствовали, численность основных групп макрозообентоса в 4 раза, а биомасса на порядок меньше, чем в биоценозе дрейссены. Наряду с участием в процессе самоочищения, велика роль дрейссены и как кормового объекта моллюскоядных рыб. В настоящее время общие запасы дрейссены в Рыбинском водохранилище составляют около 732623 т, причем 60% ее биомассы (439574 т) представлено моллюсками размером до 20 мм, являющимися кормовыми. Потенциальная рыбопродукция моллюскоядных рыб в Рыбинском водохранилище только за счет дрейссены может ежегодно составить 46155 т.

Олигохеты существенной роли в донных сообществах верхневолжских водохранилищ не играют, в то время как полихета, впервые обнаруженная в небольшом заливе Иваньковского водохранилища летом 1989 г. (Щербина и др., 1997), в 1991–1992 гг. имела на отдельных станциях биомассу 65–96 г/м². Рекордная биомасса (125 г/м²) *H. invalida* зарегистрирована на речном участке Горьковского водохранилища в биоценозе дрейссены на глубине 13 м. Следует отметить, что максимальная численность и биомасса гипании в Горьковском и Иваньковском водохранилищах значительно превосходят аналогичные показатели в остальных волжских и днепровских водохранилищах. Основные потребители полихеты в верхневолжских водохранилищах – лещ, густера и плотва.

Интродуцированный в 1962–1964 гг. в Горьковское водохранилище байкальский бокоплав *Gmelinoides fasciatus* весьма успешно расселился по всему водоему (Июффе, 1968). В Рыбинском водохранилище гмелиноидес впервые обнаружен всего на одной станции весной 1986 г. В 1990 г. *G. fasciatus* зарегистрирован на всех 18 полуразрезах и на устьевых участках многих притоков водохранилища. Если ранее песчанисто-каменистое северо-восточное побережье Рыбинского водохранилища до глубины 4 м представляло собой «пустыню», населенную единичными особями хирономид и олигохет-наидид, то в 1990 г. основу биомассы и численности здесь составлял гмелиноидес. В настоящее время *G. fasciatus* является основным представителем амфипод в прибрежных зарослях, малых притоках и биоценозе дрейссены всех верхневолжских водохранилищ и кормовым объектом ерша, густеры, окуня, плотвы и леща.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 01-04-48542).

ЗАДАЧИ КОНСТРУКТИВНОЙ ГИДРОЭКОЛОГИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

К.К. Эдельштейн

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, hydro@hydro.geogr.msu.ru

1. В прошедшем столетии благодаря бурному развитию гидрологии, водохозяйственных расчетов и гидротехники созданы многочисленные водохранилища для управления водными ресурсами в наиболее населенных и хозяйственно освоенных регионах. В России эксплуатируется сейчас более 2260 водохранилищ, суммарные водные ресурсы которых соизмеримы с объемом Ладожского озера. В них сформировались биологические ресурсы с суммарной биомассой порядка 6 млн. т, 60% которых составляют водные растения (ориентировочная оценка на основании данных всего лишь по двум десяткам водоемов, изученным в экологическом отношении). Благодаря трансформации аккумулируемой ими солнечной энергии водные организмы обеспечили не только примерно десятикратное увеличение рыбопродуктивности рек, но и, что еще более важно с экологической точки зрения, интенсифицировали окисление и седиментацию загрязняющих веществ – важнейшие процессы самоочищения водных масс. Эти ежегодно возобновляющиеся гидроэкологические ресурсы позволяют контролировать экологическое состояние более 200 российских рек на

участках общей протяженностью 33.5 тыс. км, из которых 40% находится в верхних бьефах гидроузлов и 60% – в их нижних бьефах.

2. Обобщение данных многолетних комплексных наблюдений на водохранилищах показало, что их экосистемы обладают специфическими гидроэкологическими свойствами. Главное из них – чем глубже регулирование и замедленнее водообмен, тем эффективнее самоочищение водных масс в водоеме. Однако более детальному изучению этих свойств должны быть посвящены целенаправленные экспериментальные и теоретические работы. Важно, чтобы задачи предстоящих гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследований ставились с учетом необходимости разработки теории и методов оптимизации режима и качества воды в речных системах путем регулирования не только внешнего, но и внутреннего водообмена водохранилищ. Представляется, что только регулированием внутреннего водообмена возможно преодолеть главное гидроэкологическое противоречие самого принципа управления водными ресурсами с помощью водохранилищ – улучшение экологического состояния реки в нижнем бьефе гидроузла за счет сброса воды сопровождается экологически неблагоприятным падением уровня воды в его верхнем бьефе и, наоборот, стабилизация в нем колебаний уровня не дает возможности своевременно улучшать экологическую обстановку на нижележащем участке реки.

3. Управление внутренним водообменом, как показывает математическое моделирование гидрологического режима, возможно путем членения водохранилища на мелководные водоохранные секции со стабильным уровнем в вегетационный сезон и на главную секцию в центральном и приплотинном районах водоема. Водообмен секций регулируется в створе межсекционных дамб. Уже имеющиеся важные элементы конструктивной гидроэкологии позволяют сформулировать основные принципы реконструкции водохранилищ: а) локализация антропогенных очагов загрязнения водной экосистемы путем замедления водообмена и управления им в водоохраных секциях для того, чтобы усилив в них биопродуктивность и самоочищение водных масс, снизить химическую нагрузку и улучшить качество воды в главной секции; б) интенсификация водообмена регулируемых водных экосистем по окончании вегетационного сезона для удаления избыточных масс органических и биогенных минеральных веществ в крупнейшие водоприемные объекты – моря. Осуществление этих принципов возможно при сохранении проектной глубины регулирования водохранилищем речного стока. Такая реконструкция предотвратит сплошное обмеление стареющих водохранилищ, так как отложениями в первую очередь будут заполняться водоохранные секции. В полисекционных водо-

хранилищах быстрее станет сокращаться площадь, чем объем, что важно для продления срока их существования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-05-64319).

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И СОСТАВА ВОДНОЙ МАССЫ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

К.К. Эдельштейн, М.Г. Гречушникова, Н.Г. Пуклакова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия, hydro@hydro.geogr.msu.ru*

1. Сорокалетний период эксплуатации Можайского водохранилища (1961–2000 гг.) характеризовался уменьшением континентальности климата Русской равнины: сокращался приток прямой (на 11%) и суммарной (на 5%) солнечной радиации из-за увеличения облачности; увеличились осадки в безледный период (на 26%), а в период ледостава они, наоборот, уменьшились на 10% при существенном (на 2°C) росте зимней температуры воздуха. Выполненный линейный корреляционный и тренд-анализ рядов годовых значений различных характеристик экологического состояния водохранилища показал, что даты начала половодья на его притоках и вскрытия водоема сместились на более ранние сроки (на 22 и 26 сут).

2. Наряду с увеличением на 36% годового притока воды с водосбора водохранилища произошло изменение структуры речного стока: объем половодья снизился на 13%, в то время как объемы меженных и паводковых водных масс возросли в 2–2.5 раза. При этом межгодовая изменчивость объема последних втрое сильнее ($C_v = 0.91$) по сравнению с объемами не только межени ($C_v = 0.34$), но и половодья ($C_v = 0.28$). В первое 20-летие преобладали годы с 2–4-фазным режимом колебаний уровня, в последнее 20-летие он стал полифазным (до 8–10 фаз), на 40% возросла и среднегодовая интенсивность водообмена.

3. Изменения водного режима водохранилища повлияли на генетический состав его основной водной массы – в ее формировании весной в среднем на 20% возросла доля зимних (D), преимущественно меженных вод, вследствие чего в центральном и приплотинном районах минерализация воды (M) летом возросла на 30–40% (коэффициент корреляции $r_{D,M} = 0.76–0.83$), соотношение концентрации основных ионов осталось неизменным.

4. На фоне слабо выраженного многолетнего изменения средней температуры поверхности воды, как и воздуха, за безледный период и за период летней стратификации, проявились признаки дестабилизации термического состояния экосистемы – статистически значим положительный тренд как максимальной за год температуры поверхности воды, так и коэффициента вариации ее среднесуточных значений. Это – следствие увеличившейся частоты циклонических вторжений и вызываемого ими вертикального перемешивания.

5. Многолетние ряды средних значений биомассы фитопланктона статистически неоднородны из-за менявшейся пространственно-временной частоты наблюдений (она постепенно увеличивалась до 60 проб, отбираемых за безледный период из поверхностного слоя в приплотинном, центральном и верхнем районах водоема). Тем не менее, отмечается положительный тренд биомассы (Bph_k) весеннего кормового фитопланктона (диатомовые и зеленые водоросли), что, по-видимому, свидетельствует о возрастающей роли в его питании автохтонных биогенных веществ, накапливающихся вследствие зимнего самоочищения водной массы от органических веществ. Многолетнего тренда количества несъедобного фитопланктона (синезеленые и динофитовые), определяющего летнюю биомассу и среднюю за год, не обнаружено, вероятно, из-за его значительной межгодовой изменчивости ($C_v = 1.17$). Таким образом, климатическое воздействие на водную экосистему через уменьшение солнечной радиации не привело к снижению температуры и биологической продуктивности основной водной массы. В то же время, неожиданно сильным оказалось косвенное климатическое влияние на химический состав воды и, вследствие этого, на структуру фитоценоза через изменение генетического состава формирующейся весной в водоеме основной водной массы. Это изменение проявляется и в статистически значимом ($p = 99\%$) полуторакратном росте среднелетней биомассы зоопланктона.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-05-64319).

ЗАЩИТА РЫБ ОТ ПОПАДАНИЯ В ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИРИКЛИНСКОЙ ГРЭС

А.Е. Яковлев, А.И. Коротовских, В.Д. Шульгин, М.А. Скоробогатов

*Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия,
skorobogatov@tstu.tver.ru*

Ириклинское водохранилище, созданное в 1955 г., расположено в долине р. Урал Оренбургской области. Водоохранилище образовано в результате перекрытия р. Урал плотиной Ириклинской ГЭС. Техническое водоснабжение Ириклинской ГРЭС осуществляется из водохранилища, которое одновременно является и водоемом-охладителем. Ихтиофауна водоема сформировалась на базе рыб, обитающих в реке Урал и его притоках, а также за счет интродукции в водохранилище ценных промысловых видов рыб. В водохранилище обитают сиг, пелядь, судак, лещ, жерех, рипус и другие виды рыб. Формирование промысловых запасов осуществляется в последнее время за счет естественного воспроизводства. В водохранилище имеются в достаточном количестве нерестилища и зимовальные участки, в том числе в районе водозабора ГРЭС.

Исследования, проведенные сотрудниками Уральско-Каспийского отделения КаспНИРХа и Тверского государственного технического университета, показали, что в водозаборные сооружения ГРЭС попадают рыбы с длиной тела до 450 мм.

Для защиты молоди рыб от попадания в водозабор был предложен ряд конструкций рыбозащитных устройств. После анализа всех возможных конструкций, возможности их работы при больших колебаниях уровня воды в водохранилище, а также видового и размерного состава молоди рыб, попадающих в водозабор, принята конструкция рыбозащитного сооружения барического типа. Предлагаемое рыбозащитное сооружение состоит из двух экранов, размещенных на понтоне на некотором расстоянии друг от друга. Вода, забираемая из донной части водохранилища, проходит между двумя экранами и попадает в аванкамеру водозаборного сооружения.

Для обоснования основных конструктивных и гидравлических параметров были проведены лабораторные гидравлические исследования на фрагментах рыбозащитного сооружения. Кроме того, самостоятельно, а также совместно с ИПЭЭ РАН были выполнены специальные лабораторные исследования по изучению поведения рыб в вертикальных потоках, а также поведения рыб при изменении гидростатического давления. Эксперименты с молодью открытопузырных и закрытопузырных видов рыб позволили установить критические скорости течения для рыб в таких

условиях; значения давлений, при которых начинается реакция особей на изменение давления; уровни давления, при которых прекращается реакция рыб на течение, и они начинают сноситься под действием течений, а также ряд других закономерностей.

Следует отметить, что предлагаемая конструкции рыбозащитного устройства, помимо эффективной защиты молоди рыб Ириклинского водохранилища от попадания в водозаборные сооружения, также позволит забирать более холодные придонные слои воды и тем самым улучшит условия работы ГРЭС.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООБЕНТОСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

В.А. Яковлев

*Казанский государственный университет, Казань, Россия,
valery.yakovlev@ksu.ru*

На основе данных, полученных в ходе двух осенних экспедиционных обследований зообентоса в 2000 и 2001 гг. на акватории Куйбышевского водохранилища между населенными пунктами Зеленодольск и Тетюши, а также режимных наблюдений на двух литоральных станциях, предпринята попытка дать оценку современного состояния бентосных сообществ водохранилища в пределах Республики Татарстан. Материалом послужило более 150 проб зообентоса.

Зообентос водохранилища, особенно его мелководий и прибрежных участков, характеризуется сравнительно разнообразным составом бентосных, нектобентосных и фитофильных видов и форм. Всего в пробах выявлено около 130 видов. Наиболее разнообразна фауна хирономид, олигохет, моллюсков и высших ракообразных. Средняя численность глубоководного зообентоса (для октября) составляет 1876.4 экз./м², а биомасса – 364.8 г/м². Численность формируется в основном тремя группами: хирономидами (24.8%), олигохетами (23.5%) и моллюсками (16.3%), а биомасса – моллюсками (41.0%) и хирономидами (22.7%). В число доминирующих форм в тех или иных типах биоценозов входят два вида дрейссен (*Dreissena polymorpha* и *D. bugensis*), полихета *Hypania invalida*, униониды (Unionidae), олигохеты сем. Tubificidae.

Отдельные участки водохранилища различаются по основным показателям зообентоса. Для анализа мы выделили пять участков: Зеленодольск-Казань (I), Казань (II), ниже Казани (III), Волжско-Камский плес (IV) и нижний отрог – ниже места соединения Волги и Камы (V). Наибольшая

средняя численность глубоководного зообентоса в октябре выявлена на участках V (4136 экз./м²) и II (3306 экз./м²), а наименьшая на участке I (188 экз./м²). Распределение величин биомассы обратное – максимальная биомасса характерна для участка I (1384.0 г/м²), в основном за счет унионид (49.2%). За исключением участка IV, где средняя биомасса зообентоса составляет лишь 78.1 г/м², на остальных трех участках эта величина находится в пределах 521–612 г/м². Наибольший вклад в численность зообентоса вносят: на участке I – дрейссены и *H. invalida*, II – олигохеты и дрейссены, на участках III–V – хирономиды и олигохеты. Основу общей биомассы зообентоса составляют на участке I униониды и *H. invalida*, II – олигохеты и дрейссены, III и V – дрейссены и хирономиды, IV – хирономиды и дрейссены. В целом, роль хирономид в общей численности и биомассе зообентоса возрастает к низовью водохранилища. Роль олигохет значительна в зоне влияния загрязненных стоков Казани. Моллюски образуют основу биомассы зообентоса (от 40.6% на участке II до 70.8% на участке III), в основном за счет двух видов дрейссен и унионид (участок I). Обширные колонии дрейссены и унионид сформировались на дне бывшего русла. Роль бокоплавов и кумовых рачков в глубоководных сообществах сильно различается по акватории водохранилища в зависимости от типа грунта, проточности и т.д. На мелководьях участка IV встречаются моллюски *Monodacna (Hypanis) colorata* со средней численностью 39.2 экз./м² и долей в общей биомассе зообентоса 8.1%.

Анализ вертикального распределения зообентоса показал, что общая численность и биомасса возрастают с глубиной. Если на глубинах 1–3 м средняя численность зообентоса не превышает 1029.8 экз./м², то на глубинах 10–20 м она достигает 3478.0 экз./м². С глубиной возрастает численность олигохет, полихет, моллюсков и бокоплавов, в то время как доля кумовых рачков, хирономид и монодакны в численности зообентоса, напротив, сокращается. Общая биомасса также увеличивается с глубиной – с 34.7 г/м² на глубинах 1–3 м до 547.6 г/м² на глубинах 10–20 м. Среди гомотопных групп лишь у кумовых рачков и ряда видов брюхоногих моллюсков более высокие значения биомассы регистрируются на глубинах 1–3 м. Абсолютные величины биомассы и доля в общей биомассе зообентоса максимальны на глубинах 4–10 м у хирономид, сфериид и унионид. Особенно резко возрастает с глубиной роль дрейссен и бокоплавов. Однако бокоплавы обычны и в верхней литорали водохранилища.

Характерная особенность Куйбышевского водохранилища – значительные колебания уровня воды в течение года. Мелководье периодически осушается, подвергается разрушительному влиянию ветровой и волновой деятельности, размыву дна и наносам грунта. С целью изучения литоральных сообществ и приспособления гидробионтов к периодическому осу-

шению береговой зоны, а также оценки роли двух широко распространенных видов макрофитов – рогоза узколистного и тростника, нами начаты исследования на двух литоральных зонах водохранилища: вблизи Казани и на территории Сараловского участка Волжско-Камского государственного заповедника.

Колебание уровня воды – это ключевой негативный фактор, периодически разрушающий сообщества верхней литорали. К числу основных экологических адаптаций обитателей верхней литорали относятся: активная миграция в глубь воды, закапывание в грунт, сосредоточение под растением, анабиоз и т.д. (Чеботарев, Яковлев, Яковлева, 2002а, б). В составе литоральной фауны бентосных, нектобентосных и нейстонных организмов выявлено более 90 видов и форм. Наиболее разнообразна фауна хирономид и брюхоногих моллюсков. На каменисто-песчаной литорали наиболее высока плотность у нематод, гидракарин, брюхоногих моллюсков *D. polymorpha*, *Lithoglyphus naticoides*, *Musculium lacustre*, *Lymnaea* spp., *Viviparus viviparus*, бокоплавов *Pontogammarus* и *Corophium sowinskyi*, личинок поденок *Caenis* и хирономид *Cricotopus*, *Endochironomus*. Доля бокоплавов и брюхоногих моллюсков в общей биомассе составляет в среднем 25.6 и 20.4% соответственно. Примерно в два раза им уступают двустворчатые моллюски и хирономиды. Плотность организмов максимальна на глубинах 0.3–0.8 м, особенно среди нитчатых водорослей. В зарослях высших водных растений возрастает роль брюхоногих моллюсков, хирономид и других представителей двукрылых, а доля бокоплавов сокращается. Открытые прибойные побережья, как и глинистые и песчаные грунты, населены бедно. Однако такие биотопы освоили вселенцы – мизиды и бокоплавы, – которые стали практически единственными обитателями открытых прибойных мелководий. На прибрежных песках у с. Лаишево и островов в Волжско-Камском плесе мизиды *Paramysis* образуют разреженную монокультуру донного населения.

Изучение многолетней динамики зообентоса показывает, что формирование фауны и доминирующих комплексов в основных типах биоценозов в водохранилище еще продолжается. Если в период образования водохранилища основным было замещение реофильных элементов пелофильными, затем по мере заиления дна водоема образовались обширные биоценозы, в которых ведущей группой стали олигохеты и *D. polymorpha* (Куйбышевское ..., 1983). В 70–80-х годах облик зообентоса в водохранилище менялся в соответствии с циклическими явлениями, нарушаемыми резкими колебаниями естественных гидрометеорологических условий, а также под воздействием антропогенных факторов – регулирования уровня воды и загрязнения. Образование Нижнекамского и Чебоксарского водохранилищ (в 1978 и 1981 гг.) стало новым мощным фактором, приведшим к су-

щественным изменениям в экосистеме Куйбышевского водохранилища, особенно в верхнем отроге Волжского плеса и в Камском отроге. Последствием стало сокращение оставшихся еще на этих участках реофильных комплексов фауны. Роль хирономид, олигохет и сфериид, составлявших основу глубоководного зообентоса в первые 20 лет существования водохранилища (Куйбышевское ..., 1983), к настоящему времени сократилась, что было обусловлено, по-видимому, усилением конкуренции со стороны вселенцев – дрейссен, полихеты и бокоплавов, – а также уменьшением количества поступающего в водоем детрита в результате образования Нижнекамского и Чебоксарского водохранилищ. Однако количественные показатели зообентоса в целом возрастают.

Работа выполнена при частичной поддержке фонда VolkswagenStiftung (проект № I/77 616).

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНКТОННОГО КОМПЛЕКСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ВБЛИЗИ г. КАЗАНИ

**В.А. Яковлев¹, А.Е. Алябьев², Д.В. Амосов³, И.Н. Андреева²,
М.Г. Борисович³, Д.В. Иванов³, Т.А. Кондратьева³,
Н.Л. Лосева², Л.Ю. Халиуллина³**

¹ *Казанский государственный университет, Казань, Россия,
valery.yakovlev@ksu.ru*

² *Институт биохимии и биофизики Казанского НЦ РАН, Казань, Россия*

³ *Институт экологии природных систем АН Республики Татарстан,
Казань, Россия*

С июня 2000 по август 2002 гг. изучали планктонные сообщества левобережных мелководий и русловых участков, расположенных выше Казани (ст. 1), на акватории Казанского речного порта (ст. 2) и ниже впуска сточных вод от Казанских очистных сооружений (ст. 3). Исследовали состояние фито-, цилио- и зоопланктона, а также пигменты фитопланктона, количество бактерий и суммарную теплопродукцию. На русловом участке ст. 1 качество воды соответствует олигосапробной–β-мезосапробной зоне загрязнения, а на ст. 2 и 3 – мезосапробной зоне загрязнения и эвтрофному типу водоема.

В русловой части водохранилища разнообразие и количественные показатели планктона ниже, чем на мелководье, где, однако после сильных ветров нередко наблюдалось разрушение планктонного комплекса. На пространственное распределение и сезонную динамику планктона наряду

с сезонными изменениями условий в водохранилище существенное влияние оказывают характер и интенсивность атмосферных осадков, качество воды и регулирование ее уровня. Резкие изменения погодных условий приводят к существенным изменениям в доминирующем комплексе планктона.

Наибольшее видовое разнообразие в планктоне наблюдается в летне-осенний период. Всего обнаружено 102 вида водорослей, из них 39 – зеленых, 31 – диатомовых, 17 – синезеленых, 8 – эвгленовых, 2 – золотистых, 2 – криптофитовых и 3 – динофитовых. В подледный период в водорослевом комплексе доминируют *Lyngbya limnetica*, *Melosira italica*, *M. islandica*, *Nitzschia acicularis*, *Cyclotella meneghiniana*, *Stephanodiscus hantzschii*, в весенне-летний период – *Melosira islandica*, *M. italica*, *Cyclotella comta*, *Diatoma elongatum*, *Nitzschia acicularis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, в летне-осенний период – *Melosira islandica*, *M. italica*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *Anabaena scheremetievi*, *Microcystis aeruginosa*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Scenedesmus quadricauda*, *Tetrastrum triacantum*, *Kirchneriella lunaris*, *Trachelomonas volvocina*, *T. planctonica*. Выявлено два пика численности и биомассы фитопланктона – весенне-летний и летне-осенний. В летне-осенний период «цветение» воды вызвано массовым развитием синезеленых водорослей *Aphanizomenon*, *Anabaena* и *Microcystis*.

Количество бактериальных клеток, подсчитанное прямым методом, больше в вегетационный период. Оно достигает максимальных значений на ст. 3 и 2, где в воде содержится большее количество ОВ, а мелководья защищены от ветра.

В рассматриваемом районе зарегистрировано около 70 видов планктонных инфузорий. Выявлены четкие различия в сроках массового развития цилиопланктона как между отдельными участками мелководий, так и в сравнении с русловой частью водохранилища. В развитии цилиопланктона наблюдаются три пика – весенний, летний и осенний. Самый высокий, весенний пик отмечается обычно в апреле, когда численность инфузорий достигает 15 тыс. экз./м³, а биомасса – 0.16 г/м³. Трофическая структура цилиопланктона на всех станциях сложна, однако наибольшее ее разнообразие характерно для ст. 1. В течение вегетационного сезона происходит смена доминировавших в начале лета альгофагов и хищников бактерио-детритофагами. К ноябрю возрастает роль хищников и фотосинтетиков (*Bursella spumosa*, *Paramecium bursaria*), что вполне согласуется с циклами развития инфузорий. Весенне-летний цилиопланктон представлен 5 трофическими группами: альгофагами, хищниками, гистиофагами, бактерио-детритофагами и неселективными всеядными формами, реже гистиофагами. Начало осеннего пика развития инфузорий сопровождается появ-

лением эфемерных видов *Stokesia vernalis*, *Monodinium balbiani*, *Paradileptus conicus*. В октябре и зимой видовое разнообразие инфузорий достаточно высоко, однако количественные показатели снижаются.

Зимний зоопланктон представлен ротаторно-копеподным комплексом с бедным видовым составом. Всего зимой на мелководьях обнаружено 22 вида организмов: 19 – Rotatoria, 1 – Cladocera и 2 – Copepoda. В состав доминирующего комплекса входят *Syncheta longipes*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra dolychoptera*, *Notolca squamula*, *Rotaria rotatoria*, а также *Syncheta lacowitziana* и *Filinia major*. В целом, показатели разнообразия, численности и биомассы зоопланктона низкие. Трофическая структура на всех станциях приблизительно одинакова: от 80 до 100% составляют пассивные фильтраторы. В весенний период наблюдается массовое развитие коловраток, циклопов *Thermocyclops oithonoides* и *Cyclops strenuus* (на ст. 2 и 3). Летом зоопланктон становится разнообразнее, в нем преобладает *Acanthocyclops vernalis*, осенью – коловратки *Euchlanis dilatata*, *K. cochlearis*. Средняя численность организмов зоопланктона равнялась 94.9 тыс. экз./м³, а биомасса – 2.3 г/м³. В зоопланктоне русловых участков в течение всего вегетационного сезона доминируют фильтраторы, а на мелководьях – хищники и фильтраторы. В целом, доля планктонных гетеротрофов выше в начале и в конце вегетационного периода, когда интенсивность образования автохтонного органического вещества снижается. На прибрежном мелководье существенна роль крупных гетеротрофов, специализирующихся на потреблении как автохтонного, так и аллохтонного органического вещества, что объясняется повышенным содержанием там потребляемых в пищу организмов и детрита. Некоторое упрощение пищевой цепи в цилио- и зоопланктоне, а также повышение удельного веса группировки бактериодетритофагов и гистиофагов в цилиопланктоне – характерные признаки загрязнения (ст. 2 и 3).

Суммарное содержание пигментов фитопланктона выше всего в июле-августе и достигает наибольших величин на русловых участках водохранилища. На мелководных участках средняя концентрация хлорофилла *a* в вегетационные периоды 200-2001 гг. находилась в пределах от 9.2 (ст. 2) до 29.2 мкг/л (ст. 3), в подледный период – от 1.3 до 1.9 мкг/л соответственно. Максимальные концентрации хлорофилла *a* (до 29.2 мкг/л) были отмечены для руслового участка ст. 3, где сказывается влияние стоков очистных сооружений г. Казани. Низкие концентрации пигмента наблюдались вблизи речного порта (ст. 2), где также была высокой доля «ста-реющих» (неактивных) клеток фитопланктона, что вполне согласуется с загрязнением данного участка водохранилища.

Максимальное содержание суммарной энергии (кал/м³) характерно для летнего планктона, а минимальное – в начале ледостава (ноябрь). Наи-

большой вклад в аккумуляцию энергии в планктоне вносят водоросли, особенно в летний период активного фотосинтеза, тогда как доля гетеротрофов в общей миграции энергии в планктоне существенна в начале и в конце вегетационного периода.

Суммарная теплопродукция ($\text{Дж}/\text{см}^3$) планктона, измеренная с помощью термокалориметра LKB (Thermometric AB, Швеция), колеблется в зимний период от $1.7 \cdot 10^{-8}$ (ст. 2) до $3.1 \cdot 10^{-8}$ (ст. 3) на мелководьях, а летом – от $2.2 \cdot 10^{-8}$ (ст. 2) до $2.9 \cdot 10^{-8}$ (ст. 3). В целом теплопродукция, отражающая физиологическую активность планктона, повышается при благоприятных условиях: во временном аспекте – летом, а в пространственном – на участках с более высоким уровнем трофии вод (ст. 3). Существенных различий между руслом и мелководьями не обнаружено.

Таким образом, на основе проведенных исследований установлено, что структура и функционирование планктонного комплекса, формируемого автотрофными и гетеротрофными компонентами, характеризуются пространственной и временной динамичностью в зависимости от изменяющихся условий среды.

Работа выполнена при частичной поддержке фонда INTAS-99-01390.

СУКЦЕССИИ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ И ДНЕПРА

В.Н. Яковлев

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия,
adm@ibiw.yaroslavl.ru*

Во второй половине прошлого века сложились устойчивые представления о регрессивной эволюции экосистем больших водохранилищ – неизбежном снижении биологического разнообразия и продукции консументов в ходе сукцессии. Эти негативные процессы, наряду с эвтрофированием, заилением, зарастанием и заболачиванием, представляются прямым результатом техногенного происхождения водохранилищ и их неестественного, не имеющего природных аналогов, гидрологического режима.

Однако реальный ход сукцессий в крупных водохранилищах существенно отклоняется от этой схемы. Водоохранилища Верхней Волги и Днепроовского каскада очень близки по суммарной площади, объему, средним глубинам и величине стока в замыкающих створах, но сильно различаются по зонально-географическим параметрам. Тем не менее, сукцессия в волжских водохранилищах идет в том же направлении и по тому же типу, что и в днепровских. В ходе сукцессии в них формируются устойчивые и

сбалансированные экосистемы эстуарного типа – с мощными полями бентических фильтраторов и собирателей сестона, с мелкоклеточным высокопродуктивным фито- и зоопланктоном, в котором доминируют крупные фильтраторы, с богатыми и разнообразными ихтиоценозами. Увеличение разнообразия и структурные перестройки позволили биоценозам адаптироваться к гидрологическому режиму водохранилищ. К концу прошлого века сообщества обоих каскадов, по-видимому, сравнялись по продуктивности. Наблюдаемые закономерности определяются сходством гидрологической специфики водохранилищ на крупных реках и эстуариев Понто-каспийского бассейна. Экосистемы эстуариев исторически сложились в зоне подпора и замедленного стока, в них преобладают процессы аккумуляции. Их сообщества приспособлены к постоянным изменениям уровня, течений, термического режима и перераспределению осадков. Водохранилища можно рассматривать как квазиэстуарии, в которых роль подпора играют плотины гидроузлов.

СОДЕРЖАНИЕ

Авакян А.Б. Многоликие водохранилища – феномен XX века	3
Алексеевнина М.С., Гореликова Н.М., Каган А.М. Многолетние изменения бентофауны Камского водохранилища	6
Алексеевнина М.С., Каган А.М. Современное состояние бентофауны Воткинского водохранилища	8
Антонов А.Л. Ихтиофауна реки Буреи и ее возможные изменения в связи с созданием водохранилища Бурейской ГЭС	9
Антонов П.И. Моллюск <i>Dreissena</i> и борьба с обрастаниями гидротехнических сооружений	11
Антонов П.И. О некоторых вопросах изучения роста моллюсков рода <i>Dreissena</i>	12
Ануфриева Т.Н. Формирование и особенности зоопланктона Саянского водохранилища	14
Ардашева М.Е., Шильнев А.В., Самолюбов Б.И. Вертикальный тепломассообмен в водохранилищах с циркуляционными и стоковыми стратифицированными течениями	16
Аршаница Н.М., Перевозников М.А. Некоторые особенности формирования токсикологического режима водохранилищ и поражения рыб токсикозами	17
Асарин А.Е. Проблемы управления водными ресурсами водохранилищ Волжско-Камского каскада гидроузлов	19
Баканов А.И. Бентос пяти волжских водохранилищ и влияние на него антропогенных факторов	21
Балюк Т.В. Изменение травянистой растительности Волго-Ахтубинской поймы вследствие зарегулирования речного стока	22
Банах М. Стадийность в развитии береговой зоны водохранилищ	24
Беднарук С.Е. Государственное управление режимами работы водохранилищ Волжско-Камского каскада	26
Бернотас Э., Вирбицкас Ю. Продукционные процессы в ихтиоценозе термоградиентной экосистемы	32
Бикбулатов Э.С., Литвинов А.С., Степанова И.Э., Цельмович О.Л., Кочеткова М.Ю. Минерализация и солевой состав водных масс Чебоксарского водохранилища в летнюю межень 2001 г.	33
Бикбулатов Э.С., Степанова И.Э., Бикбулатова Е.М. Биогенные элементы и органическое вещество в Чебоксарском водохранилище в летнюю межень 2001 г.	34
Бикбулатова Е. М., Степанова И.Э. Поступление лабильных органических веществ в Рыбинское водохранилище	35
Биккинин А.Р. Условия воспроизводства фитофильных рыб в горном Нугушском водохранилище	36
Биккинин Р.Ф., Дьяченко И.П. Возможности рыбохозяйственного освоения водохранилищ на реках горного типа	38
Бульон В.В. Первичная продукция водоемов: моделирование и прогноз	40
Буторин А.Н., Лаптева Н.А., Маркевич Г.И. Сообщество микроорганизмов Уводьского водохранилища и его роль как фактора самоочищения	41
Варламова О.В. Содержание и пространственное распределение различных форм фосфора в донных отложениях Куйбышевского водохранилища	43
Васильчук Т.А., Ключенко П.Д., Бусыгина О.В. Взаимосвязь между качественным составом растворенных органических веществ и развитием фитопланктона в некоторых притоках Днепра	44
Веницианов Е.В., Моисеенко Т.И., Салтанкин В.П. Принципы и методы оценки допустимых антропогенных нагрузок на гео- и экосистемы крупных водохранилищ	46

Вербицкий В.Б., Березина Н.А. Теплоустойчивость и солеустойчивость бокоплава <i>Gmelinoides fasciatus</i> (Stebb.) при разных условиях акклимации	47
Вербицкий В.Б., Вербицкая Т.И. Критический тепловой максимум <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müller) и его зависимость от температуры среды обитания	48
Выхристюк Л.А., Варламова О.Е., Понятова С.И. Качественный состав органического вещества сестона Куйбышевского водохранилища	50
Галанин И.Ф., Кузнецов В.А., Яковлев В.А., Головин И.В. Виды - стихийные акклиматизанты в ихтиофауне Куйбышевского водохранилища	52
Гвоздев М.А., Атаев Г.Л., Бредихин В.Н. Влияние антропогенного воздействия на формирование трематодофауны малых водохранилищ Ленинградской области	53
Герасимов Ю.В. Динамика распределения рыб Рыбинского водохранилища	54
Герман А.В., Чуйко Г.М., Флеров Б.А., Законнов В.В., Тиллитт Д., Зайчек Д. Пространственное распределение органических токсикантов в экосистеме Рыбинского водохранилища	56
Герман А.В., Чуйко Г.М., Флеров Б.А., Тиллитт Д., Зайчек Д. Рыбы как биоиндикаторы загрязнения водоемов органическими веществами	57
Голованов В.К., Смирнов А.К., Болдаков А.М. Воздействие термального загрязнения водохранилищ Верхней Волги на рыбное население: современное состояние и перспективы	58
Гольд З.Г., Вышегородцева И.С., Глущенко Л.А., Кожевникова Н.А., Кузнецова О.А., Морозова И.И., Чупров С.М., Шапошников А.В. Многолетние изменения в структуре биоты глубоководного Красноярского водохранилища	61
Гончаров А.В., Даценко Ю.С. Зависимость степени развития фитопланктона от уровня воды в мостоворечных водохранилищах	63
Готванский В.И. Последствия создания гидроузлов на Дальнем Востоке	64
Гречушникова М.Г. Исследование формирования термической стратификации и составляющих теплообмена Можайского водохранилища в вегетационный период с помощью математической модели	67
Григорьева И.Л., Ланцова И.В. Абиотические факторы формирования качества воды Иваньковского водохранилища	68
Гусаков В.А. Состав, количественное развитие и динамика мейобентоса Рыбинского и Горьковского водохранилищ	70
Далечина И.Н., Котляр С.Г. Сравнительная оценка гидрохимических, альгологических и продукционных показателей на Волгоградском водохранилище	72
Даниярова Г.М. Актуальные проблемы эксплуатации Рыбинского и Шекснинского водохранилищ	73
Даценко Ю.С., Ветрова Е.И. Моделирование пространственно-временных изменений содержания фосфора в стратифицированных водохранилищах	74
Даценко Ю.С., Пуклаков В.В., Эдельштейн К.К. Программный комплекс для диагностического и оперативного расчета гидрологического режима и качества воды водохранилищ	76
Двинских С.А. Структура водохранилища как природно-техногенной системы	77
Двуреченская С.Я., Ермолаева Н.И. Влияние гидрохимического режима на структуру зоопланктонных сообществ Новосибирского водохранилища	81
Девяткова Т.П., Морозова Г.В., Ларченко О.В., Китаев А.Б. Задачи эколого-гидрологического обоснования социально-экономических проектов использования Камских водохранилищ	82

Деренговская Р.А., Жукова Т.В., Макаревич О.А., Остапеня А.П. Седиментация взвешенных веществ в пелагической и литоральной зонах мезотрофного водоема, заселенного дрейссеной	85
Долгоносков Б.М. Аэробная биodeградация органического вещества и поглощение кислорода донными отложениями водоемов	86
Донецкая В.В. Роль бактериопланктона в деструкции органического вещества в Волгоградском водохранилище в районе г. Саратова	88
Дубинина В.Г., Иванова Т.И., Козлитина С.В. Научно-методические подходы к изменению Правил использования водных ресурсов водохранилищ с учетом природоохранных интересов	89
Дунаев А.С. Бассейновое соглашение как инструмент государственного управления природопользованием в условиях России	91
Дьяченко И.П., Биккинин Р.Ф. Рыбохозяйственные перспективы малых водохранилищ на реках Зауралья Башкортостана	93
Дьяченко Т.Н. Высшая водная растительность речного участка Кременчугского водохранилища и ее участие в процессах самоочищения	94
Дьяченко Т.Н., Иванова И.Ю. Количественные характеристики высшей водной растительности Каневского водохранилища ...	96
Евтихиева Н.Ю. О корреляции числа первичных половых клеток и репродуктивных характеристик у видов и пород рыб	97
Егоров Ю.Е., Ахметзянова Н.Ш. Мелководья Куйбышевского водохранилища и их значение в воспроизводстве биоресурсов	99
Ермолаева Н.И. Многолетняя сукцессия зоопланктона Новосибирского водохранилища	101
Ершова М.Г. Диагностическая оценка состава основной водной массы водохранилища в многоводные и маловодные годы ...	103
Ершова М.Г., Заславская М.Б., Эдельштейн К.К. Роль хемогенного кальцита и ночной конвекции в химическом круговороте веществ Можайского водохранилища	104
Житенева Т.С. Учет требований ихтиофауны к условиям среды при проектировании водохранилищ	106
Законнов В.В. Происхождение и трансформация грунтов водохранилищ	107
Законнов В.В., Иванов Д.В., Хайдаров А.А. Донные отложения Чебоксарского водохранилища	109
Заславская М.Б. Генетический подход в расчете притока фосфора в водохранилище	110
Звездун К.И., Самолюбов Б.И. Транспорт взвешенных и растворенных примесей придонными плотностными потоками в водохранилищах	112
Золотарев В.А. Реакции сообществ микроперифитона на изменения гидрохимических характеристик пресноводных экосистем	113
Зуянова О.В., Кононова Г.В. Возможные причины снижения уловов судака оз. Белое	115
Иванов В.К. Размерно-весовая и половая структура байкальского бокоплава <i>Gmelinoides fasciatus</i> (Stebb.) в Моложском плесе Рыбинского водохранилища	116
Иванов Е.А. Особенности теплового загрязнения шахтных водоемов-отстойников	118
Извеков Е.И. Электромагнитное загрязнение водной среды и его влияние на ихтиофауну водохранилищ	119
Извекова Э.И., Сахарова М.И. Экологические последствия необычного режима уровня в Можайском водохранилище	122
Калайда М.Л. Роль акклиматизантов в аквакультуре Куйбышевского водохранилища	123
Карагойшиев К.К., Шашуловский В.А. О рациональном использовании рыбных запасов Волгоградского водохранилища	125

Карманова О.Г., Романов В.И., Шаропина И.Б. Экология сибирской плотвы в процессе формирования Хантайского водохранилища	127
Карпенко Р.П., Самолюбов Б.И., Афанасьев Е.С. Воздействие ветра и преобразований поля плотности воды на динамику стратифицированных течений и диффузию примесей в водохранилищах	128
Кирилюк О.П. Морфологические особенности густеры днепровских водохранилищ в условия антропогенной нагрузки	130
Кирпенко Н.И. Биологическая активность комплекса фенольных соединений водных растений	132
Княшко В.И., Слынько Ю.В. Современная структура трофических цепей в пелагиали верхневолжских водохранилищ	133
Козьмин А.К., Шатова В.В. Мониторинг современного состояния рыбных ресурсов озера Лача	135
Колпачкова Ю.М., Крапивина В.И. Проблема оценки воздействия крупных водозаборов на ихтиофауну водохранилищ и обоснование рыбозащитных мероприятий	136
Кондратьева Л.М. Современные подходы к оценке загрязнения водных экосистем фенольными соединениями	137
Кондратьева Л.М., Яворская Н.М. Оценка ущерба рыбному хозяйству при разработке россыпного золота	139
Корнева Л.Г. Фитопланктон Волги: разнообразие, структура сообществ, стратегия развития	140
Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. О гидрологической роли водохранилищ в годы различной водности	142
Коротовских А.И., Яковлев А.Е., Шульгин В.Д., Скоробогатов М.А., Грачев Н.В. Тепловое загрязнение Ириклинского водохранилища и мероприятия по интенсификации процесса охлаждения циркуляционных вод ГРЭС	144
Косов В.И., Иванов В.Н., Иванов Г.Н., Косова И.В. Сравнительная гидрохимическая оценка качества воды в различных плесах озера Селигер	145
Косов В.И., Иванов Г.Н., Левинский В.В., Коломийцев Н.В. Геоэкологическая оценка современных донных отложений Верхневолжья	146
Костин В.В., Павлов Д.С., Лупандин А.И. Экологическая зональность изъятия стока и ее влияние на покатную миграцию рыб из водохранилищ	148
Костицын В.Г. Структурные перестройки в ихтиоценозах Камского и Воткинского водохранилищ под влиянием антропогенных факторов	149
Кочарян А.Г. Изучение форм существования тяжёлых металлов в водах, донных отложениях и высшей водной растительности водохранилищ	151
Крылов А.В. Жизнедеятельность бобров и качество среды обитания	152
Крылов А.В. Развитие зоопланктона экотонов Рыбинского водохранилища	154
Крылов А.В. Экотонные притоки водохранилища как буферные зоны	156
Кудерский Л.А. Рыбное хозяйство на водохранилищах на рубеже веков	157
Кузнецов В.А. Состояние рыбного сообщества Куйбышевского водохранилища в период дестабилизации его экосистемы	160
Кузнецов В.А., Хусаинова Ю.Т. Изменение структуры популяции серебряного карася, эффективность его размножения и рост в верхней части Куйбышевского водохранилища	161
Кузнецов И.С., Самолюбов Б.И., Гребнева Н.В. Трехмерные преобразования стратифицированных течений и распределений параметров состава воды в водохранилище	163

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. Влияние изменений среднесезонных гидрологических характеристик на пойменные экосистемы	165
Кузяхметов Г.Г., Извольская А.Г. Экологическая дифференциация водорослей перифитонных сообществ Павловского водохранилища (Башкортостан)	166
Курейшевич А.В., Морозова А.А. Влияние увеличения минерализации воды на структурно-функциональные показатели альгосообщества	168
Кусковский В.С. Проблемы изучения переработки берегов крупных водохранилищ Сибири	169
Лазарева В.И. Сукцессия экосистемы Рыбинского водохранилища: анализ данных за 40 лет	171
Ланцова И.В. Методические подходы к обоснованию ширины водоохранных зон водохранилищ	173
Лапирова Т.Б., Заботкина Е.А. Некоторые иммунофизиологические показатели крови окуневых рыб в водохранилищах Верхней Волги	174
Лаптева Н.А. Структура гетеротрофных бактерий в воде Рыбинского водохранилища	176
Леонова Г.А. Сравнительная оценка современного экологического состояния некоторых водохранилищ Сибири (Иркутское, Братское, Новосибирское)	177
Литвинов А.С., Бикбулатов Э.С., Степанова И.Э., Цельмович О.Л., Кочеткова М.Ю. Гидрохимическая характеристика Горьковского водохранилища в межень 2001 г.	179
Литвинов А.С., Девяткин В.Г., Рошупко В.Ф., Шихова Н.М. Многолетние изменения характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища	180
Литвинов А.С., Законнова А.В., Бикбулатова Е.М. Оценка поступления биогенных элементов со стоком малых рек бассейна Рыбинского водохранилища	182
Лифшиц В.Х., Филатов Н.Н., Литвиненко А.В. Особенности гидрографической сети и водохранилища Карелии	183
Лупандин А.И., Павлов Д.С., Костин В.В. Методология охраны рыб при гидротехническом строительстве	184
Львова А.А. Многолетние исследования популяции дрейссены (<i>Bivalvia</i> , <i>Dreissenidae</i>) Учинского водохранилища	185
Ляшенко А.В., Протасов А.А. Индексы разнообразия макрозообентоса как показатель состояния среды	187
Ляшенко Г.Ф. Сукцессии гидрофильных фитоценозов Рыбинского водохранилища	188
Мазченко Э.Ю., Визер А.М. Эффективность воспроизводства рыб на искусственных нерестилищах в Новосибирском водохранилище	190
Макрушин А.В. <i>Leptodora kindtii</i> (Cladocera, Crustacea) в Верхней Волге	191
Малинина Ю.А. Роль зоопланктона в процессе самоочищения Волгоградского водохранилища	192
Малинина Ю.А., Далечина И.Н., Донецкая В.В., Сониная Е.Э., Филинова Е.И., Шашуловский В.А. Особенности структуры мелководных гидроценозов в экотонной зоне Волгоградского водохранилища	194
Мальцев В.И. Биоэкологические последствия создания каскада днепровских водохранилищ	196
Мамонтов А.А., Тарасова Е.Н., Мамонтова Е.А. Основные закономерности поступления стойких органических загрязнителей (СОЗ) в оз. Байкал	197
Марусов Е.А. Особенности поведенческих ответов некоторых лимнофильных рыб на пищевые запахи	199
Марусов Е.А. Реакции ершей и молоди окуня на пищевые химические стимулы	200

Матарзин Ю.М. Классификация водохранилищ по генезису образующих котловин	202
Матчинская С.Ф., Плигин Ю.В. Многолетняя динамика состава и количественного развития олигохет Каневского водохранилища	203
Махиня А.П. Природно-технические системы сопряженных бьефов водохранилищ и проблемы рационального водопользования (на примере Волго-Камского каскада)	205
Махиня А.П. Современные отметки наполнения Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ – узлы нерешенных проблем водопользования на Волго-Камском каскаде	206
Медведь В.А. Влияние фенольных оксикислот гидрофитов на активность нитратредуктазы водорослей	208
Метелева Н.Ю., Девяткин В.Г. Продуктивность перифитона Рыбинского водохранилища	210
Микряков В.Р., Попов А.В., Половков Д.В., Половкова С.Н., Надиров С.Н. Реакции иммунной системы рыб озера Неро на загрязнение воды пестицидами	211
Минеева Н.М. О роли фитопланктона в формировании подводного светового режима водохранилищ Волги	213
Митропольская И.В., Девяткин В.Г. Фитопланктон Рыбинского водохранилища на современном этапе	215
Моисеенко Т.И. Концепция биологической оценки качества вод: экотоксикологический подход (в приложении к водохранилищам Севера и Волжского бассейна)	216
Мурзаева С.В., Горохова О.Г. Перекись водорода и антиоксидантная активность микроводорослей	218
Мухина И.Н., Долгодворов В.Н. Методика определения экономических показателей процесса ассимиляции загрязняющих веществ в русловой части водного объекта (на примере Горьковского водохранилища)	220
Мухутдинов В.Ф., Павлюк Т.Е. Сравнительная характеристика гидробиологического состояния двух водоемов водохозяйственной системы г. Новоуральска	221
Назаров Н.Н. Классификация элементарных участков берегов водохранилищ	222
Новицкий Р.А. Незаконное ресурсопользование на днепровских водохранилищах	224
Остапеня А.П., Макаревич Т.А., Лукьянова Е.В. Источники водоснабжения и загрязнение биотой городских водопроводных систем	226
Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. Явление покатной миграции рыб из водохранилищ: закономерности и механизмы ...	227
Папченков В.Г. Динамика разнообразия растительного покрова водохранилищ с разным гидрорежимом	228
Пашкова О.В. Особенности формирования видового состава зоопланктона пелагиали Каневского водохранилища	230
Перевозников М.А., Светашова Е.С., Тарбенюк А.А. Накопление ионов тяжелых металлов в экосистеме водохранилищ	232
Перова С.Н., Щербина Г.Х. Современное состояние структуры донных сообществ Горьковского водохранилища	233
Плигин Ю.В., Гончаренко Н.И., Пашкова О.В., Долинский В.Л., Матчинская С.Ф. Современное распространение фауны каспийского комплекса в Днепре и его водохранилищах	235
Плющ В.А. Мероприятия по созданию водохранилища Богучанской ГЭС	237
Поддубный С.А., Сухова Э.В. Комплекс программ для оценки влияния гидродинамических и антропогенных факторов на экосистему водохранилища	238
Покоева А.Г. Рекомендации по экотоксикологической оценке качества вод в бассейне реки Волги	239
Половкова С.Н., Надиров С.Н. Экологические проблемы оз. Неро	241

Половкова С.Н., Половков Д.В., Попов А.В., Микряков В.Р., Надиров С.Н. Реакция рыб оз. Неро на антропогенное воздействие	242
Поляков М.М., Водоватов Ю.С. Опыт прогнозирования урожайности поколений леща в озере Кубенском Вологодской области	244
Померанцева Д.П. Видовой состав и количественное развитие зоопланктона Новосибирского водохранилища (многолетняя динамика)	245
Протасов А.А., Силаева А.А. Зоопланктон и зообентос водохранилища-охладителя Хмельницкой АЭС	246
Пуклаков В.В. Плотностная циркуляция вод в слабопроточном водохранилище	248
Пырина И.Л. Солнечная радиация и продуктивность фитопланктона во внутренних водоемах	250
Ривьер И.К. Зоопланктон верхневолжских водохранилищ: современное состояние, роль в формировании качества воды и кормовой базы рыб	251
Розенберг Г.С. Актуальные экологические проблемы Средней и Нижней Волги и их комплексный анализ (информационный аспект и принцип «экологической матрешки»)	253
Романова Е.П. Видовое разнообразие зоопланктона Куйбышевского и Саратовского водохранилищ и малых рек их бассейнов	255
Романова Е.П., Тарасова Н.Г. Вертикальное и горизонтальное распределение планктона в условиях зарегулированного стока	256
Ростовцев А.А., Мазченко Э.Ю., Трифонова О.В. Определение общих допустимых уловов леща и судака Новосибирского водохранилища	257
Рыбакина Л.А. Проблемы антропогенного воздействия на локальной площади водосбора в зонах сопряженных бьефов гидроузлов и вероятные пути их решения (на примере региона Самарской Луки)	258
Рыбакина Л.А. Тематические карты в решении проблем научно-обоснованного управления хозяйственным освоением территорий	260
Рыбакова И.В. Морфологическое разнообразие бактериоперифитона макрофитов Рыбинского водохранилища	261
Рябов И.Н., Белова Н.В., Полякова Н.И. Динамика содержания ^{137}Cs у рыб разных трофических уровней в Киевском водохранилище после аварии на Чернобыльской АЭС	263
Савкин В.М. Эколого-географические изменения в бассейнах сибирских рек при создании крупных водохранилищ	264
Савкин В.М., Двуреченская С.Я. Особенности гидролого-гидрохимического режима Новосибирского водохранилища при его многолетней эксплуатации	266
Савченко И.Ф. Разработка прогноза экологических последствий строительства дальневосточных ГЭС на основе системного подхода и балансовых расчетов	267
Салтанкин В.П., Каякин В.В., Дмитриева И.Л., Мулина А.В. Экспертная оценка геоэкологического состояния водохранилищ Волжско-Камского каскада	269
Самолубов Б.И. Влияние стратифицированных течений на формирование распределений концентраций примесей в водохранилищах	270
Селезнева М.В. Многолетняя динамика сообщества макрозообентоса Новосибирского водохранилища	272
Селезнева М.В., Трифонова О.В. Влияние кормовой базы и численности леща Новосибирского водохранилища на темп его роста	273
Сигарева Л.Е., Ляшенко О.А. Информационное значение пигментных индексов фитопланктона для оценки качества воды	275

Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А. Растительные пигменты в донных отложениях как показатели экологического состояния водохранилищ	276
Силаева А.А., Протасов А.А. Оценка качества воды по организмам бентоса	277
Скакун В.А., Галушак С.С. Морфобиологическая характеристика серебряного карася ирригационного водоема комплексного использования верховьев бассейна реки Сарысу	279
Слынько Ю.В. Генетические процессы в популяциях массовых промысловых видов рыб волжских водохранилищ	281
Слынько Ю.В., Дгебуадзе Ю.Ю. Рыбное население волжских водохранилищ в связи с инвазиями чужеродных видов	282
Смирнов А.К., Голованов В.К., Голованова И.Л., Болдаков А.М. Летальная температура как критерий границ жизнедеятельности рыб, обитающих в верхневолжских водохранилищах	285
Соколов С.Б., Першин И.В., Байдалин А.Ю. Моделирование гидродинамического переноса в Верх-Нейвинском водохранилище	287
Сонина Е.Э. Динамика развития зооперифитона рдеста пронзеннолистного на Волгоградском водохранилище	288
Степанова И.Э., Бикбулатов Э.С., Бикбулатова Е.М. Биогенные элементы и органическое вещество в Горьковском водохранилище в летнюю межень 2001 г.	290
Степанова И.Э., Бикбулатов Э.С., Бикбулатова Е.М. Сезонная динамика биогенных элементов и органического вещества в Рыбинском водохранилище в 2001 г.	291
Столбунов И.А. Влияние условий среды обитания на морфо-гидродинамические свойства молоди рыб	293
Столбунов И.А. Морфологическая изменчивость молоди карповых рыб в различных биотопах Рыбинского водохранилища	294
Столбунова В.Н. Изменения в сообществе зоопланктона Ивановского водохранилища в связи с антропогенным загрязнением и эвтрофированием	296
Столбунова В.Н. Вселенец <i>Heterocope appendiculata</i> Sars и его роль в Рыбинском водохранилище	297
Стрельников А.С., Герасимов Ю.В. Регулирование рыболовства во внутренних водоемах в условиях современного высокого уровня антропогенной нагрузки	298
Стрельникова А.П., Новиков Д.А., Стрельников А.С. Характеристика пищевых взаимоотношений тюльки в нагульных скоплениях рыб-планктофагов в Рыбинском водохранилище	300
Стрельникова А.П., Стрельников А.С. Современный уровень воспроизводства основных видов рыб в Рыбинском водохранилище	301
Тихонов С.В. Пространственное распределение рыб в озерной части Шекснинского водохранилища (Белом озере)	302
Успенский С.М. Вопросы безопасности при эксплуатации водохранилищ и создающих их гидротехнических сооружений	304
Филинова Е.И. О влиянии интродукции полихеты <i>Hypania invalida</i> Grube на формирование донных сообществ Волгоградского и Саратовского водохранилищ	305
Филинова Е.И., Малинина Ю.А., Мосияш С.С., Медведева А.А. Процессы становления грунтов в зоне воздействия паводковых вод и их влияние на бентофауну	306
Халиуллина Л.Ю. Фитопланктон прибрежных мелководий Мешинского залива Куйбышевского водохранилища	308
Холостова Е.В. Морфологическая характеристика личинок язя (<i>Leuciscus idus</i> L.) Свияжского залива Куйбышевского водохранилища	310
Цаплина Е.Н., Плазий Е.П. Факторы, влияющие на развитие <i>Trapa natans</i> L в Каневском водохранилище	311

Цаплина Е.Н., Ярмошенко Л.П. Продукционные характеристики микрофитобентоса в зарослях высших водных растений	313
Цельмович В.А. О возможности развития ветроэнергетики на равнинных водохранилищах	315
Цибульчик В.М., Маликов Ю.И., Аношин Г.Н. Тяжелые металлы и ^{137}Cs в донных осадках Новосибирского водохранилища	316
Шамов В.В., Сиротский С.Е. Организация социально-экологического мониторинга зоны влияния Бурейского гидроузла	318
Шарапова Л.И., Эпова Ю.В., Фаломеева А.П. Современное состояние сообществ низших гидробионтов Капшагайского водохранилища (бассейн р. Или)	319
Шашуловский В.А., Карагойшиев К.К. Запасы рыб Саратовского и Волгоградского водохранилищ	321
Шевченко Т.Ф. Фитоперифитон водоема-охладителя после вывода Чернобыльской АЭС из эксплуатации	322
Шилькрот Г.С., Ясинский С.В. Процессы самоорганизации и управления в формировании экосистем и качества воды водохранилищ	324
Шишов М.А., Преснухин В.И. Управление водными ресурсами на современном этапе	325
Шкундина Ф.Б., Мартыненко Л.Н., Насырова М.Р. Сравнительная характеристика фитопланктона водохранилищ республики Башкортостан	327
Шурганова Г.В. Изменения видовой структуры зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища в многолетнем аспекте	329
Шурганова Г.В., Иудин Д.И., Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н. Мультифрактальный анализ видового разнообразия зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища	330
Щербина Г.Х. Влияние уровня режима на структуру макрозообентоса открытого мелководья Рыбинского водохранилища	332
Щербина Г.Х. Роль массовых видов-вселенцев в повышении продуктивности верхневолжских водохранилищ	333
Эдельштейн К.К. Задачи конструктивной гидроэкологии водохранилищ	335
Эдельштейн К.К., Гречушников М.Г., Пуклакова Н.Г. Климатические изменения показателей гидрологического режима и состава водной массы Можайского водохранилища	337
Яковлев А.Е., Коротовских А.И., Шульгин В.Д., Скоробогатов М.А. Защита рыб от попадания в водозаборные сооружения Ириклинской ГРЭС	339
Яковлев В.А. Современное состояние зообентоса Куйбышевского водохранилища в пределах республики Татарстан	340
Яковлев В.А., Алябьев А.Е., Амосов Д.В., Андреева И.Н., Борисович М.Г., Иванов Д.В., Кондратьева Т.А., Лосева Н.Л., Халиуллина Л.Ю. Структурно-функциональные характеристики планктонного комплекса Куйбышевского водохранилища вблизи г. Казани	343
Яковлев В.Н. Сукцессии в водохранилищах Верхней Волги и Днепра	346