

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ГИДРОБИОНТОВ В ЗОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НИЖЕГОРОДСКОГО НИЗКОНАПОРНОГО ГИДРОУЗЛА

© 2017

Шурганова Галина Васильевна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии
Охалкин Александр Геннадьевич, доктор биологических наук,
профессор, заведующий кафедрой ботаники и зоологии
Гаврилко Дмитрий Евгеньевич, аспирант кафедры экологии
Воденеева Екатерина Леонидовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и зоологии
Кудрин Иван Александрович, кандидат биологических наук, ассистент кафедры экологии
Пухнарев Дмитрий Анатольевич, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник отдела охраны окружающей среды
Нижегородцев Александр Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии
Гелашвили Давид Бежанович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии
*Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
(г. Нижний Новгород, Российская Федерация)*

Аннотация. Обсуждается необходимость изучения структурных и функциональных перестроек гидробиоценозов при зарегулировании стока рек и создании новых водохранилищ для принятия грамотных, экологически корректных управленческих решений. Показано широкое использование метода аналогий при экологическом прогнозировании состояния водохранилищ. В настоящее время актуализировался вопрос о диагностике экологических систем, попадающих в зону воздействия планируемого строительства Нижегородского низконапорного гидроузла (ННПГ) в зоне речной гидравлики Чебоксарского водохранилища. Дана характеристика современного состояния видовой структуры фито-, зоопланктоценозов и зообентоценозов этой зоны, включая видовое богатство, соотношение количественных показателей основных систематических групп и доминирующих видов. Показаны источники формирования гидробиоценозов и виды антропогенного воздействия на них. Дан прогноз изменения структурно-функциональных характеристик сообществ гидробионтов создаваемого Сормовского водохранилища с учетом ожидаемой экологической ситуации после строительства Нижегородского низконапорного гидроузла, в том числе основных лимитирующих факторов. В качестве аналога нового водоема выбрано Чебоксарское водохранилище в первые годы его существования. Рассмотрена возможность распространения в новом водоеме видов-вселенцев (*Kellicottia bostoniensis* (Rousset, 1908), *Diaphanosoma orghidani* (Negrea, 1982) и *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899)). Сделано заключение о необходимости проведения постоянных мониторинговых исследований нового водохранилища.

Ключевые слова: Чебоксарское водохранилище; сообщества гидробионтов; фитопланктон; зоопланктон; зообентос; прогноз; метод аналогии; зона речной гидравлики; виды-вселенцы; лимнофильный комплекс; антропогенное воздействие; эвтрофирование; качество вод; самоочистительная способность водоема.

Введение

Зарегулирование стока рек и создание новых водохранилищ неизбежно приводит к изменению гидрологического режима и в первую очередь уровня водообмена и скорости течения воды. Изменения этих важнейших абиотических факторов вызывают структурные и функциональные перестройки гидробиоценозов и представляют собой экзогенную сукцессию. Необходимость знания интенсивности и направленности этих процессов очевидна и актуальна, т.к. лежит в основе принятия грамотных, экологически корректных управленческих решений. Кроме того, в условиях существующего разностороннего антропогенного воздействия на водохранилища задача обоснованного экологического прогноза последствий этого воздействия также является актуальной. В последние годы для прогноза и анализа экосистем широко применяется системный подход [1]. Обобщение подходов к прогнозированию и классификация прогнозов состояния экосистем приведены в работах Н.Г. Булгакова с соавторами [2]. Прогнозы, полученные с использованием абстрактных моделей, являются «априорными» (качественными), а с использованием мониторинговой информации – «апостериорными» (количественными) [3].

Составной частью метода качественного прогнозирования является метод аналогий [2]. Этот метод

основан на поиске объектов-аналогов, о которых известен их отклик на те или иные воздействия. Он допускает, что изучаемый объект будет вести себя при данном типе воздействия адекватно объекту-аналогу. При этом не во всех случаях можно найти аналоги, подвергшиеся данным типам воздействий и при этом наблюдавшиеся исследователями [2]. Метод аналогии широко использовался при экологическом прогнозировании водохранилищ СССР, созданных в период интенсивного гидростроительства (1930–1950 гг.) [4], а также в последующие годы. Используя метод аналогии, выявляют водоем-аналог, исследуют биофунд и разрабатывают прогноз его изменений с учетом прогнозных абиотических факторов, опираясь на установленные закономерности становления биологического режима подобных водохранилищ [5–6]. При прогнозировании изменения состава водных биоценозов, уровня продуктивности (биомассы), основных пространственных и трофических группировок гидробионтов, а также сроков формирования сообществ необходимо учитывать роль вселенцев [4]. Так, для равнинных водохранилищ бывшего СССР, созданных в период интенсивного гидростроительства, неожиданным оказался процесс активного саморасселения элементов южной фауны (Каспийский комплекс) на север вверх по системе водохранилищ Волги и Камы (группа планктонных ракообразных,

дрейссены, каспийская тюлька), а также с севера на юг (снеток и белозерская ряпушка). При этом оценки продуктивности фитопланктона оказались в среднем занижены, оценки продуктивности зообентоса и промысловых рыб (по величине уловов) – завышенными. Не предусматривалось также катастрофического «цветения» воды за счет массового развития цианобактерий.

Таким образом, прогнозирование состояния гидробиоценозов и экосистем – это сложная задача, при решении которой должна учитываться динамика комплекса абиотических и биотических факторов.

Чебоксарское водохранилище – самое молодое в системе Волжского каскада, является пятой его ступенью и входит в систему водоемов Средней Волги. Водохранилище расположено в центре Среднего Поволжья, на границе двух подзон лесной зоны [7]. Чебоксарское водохранилище образовано в результате зарегулирования р. Волги у Новочебоксарска плотинной Чебоксарской ГЭС осенью 1980 г. Проектным заданием предусматривалось доведение уровня водохранилища до НПУ 68 м БС. Однако в результате несвоевременного ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений график наполнения был изменен. К настоящему времени (уже более 35 лет) водохранилище существует в режиме промежуточного наполнения НПУ 63 м БС. По конфигурации оно относится к водохранилищам пойменного типа, по морфометрическим характеристикам (объему и площади водного зеркала) – к руслово-озерным, по глубине – к мелководным водоемам. Трофический статус водохранилища по содержанию хлорофилла и биомассе фитопланктона является устойчиво эвтрофным [8–9]. После принятия правительством РФ решения о консервации уровня наполнения Чебоксарского водохранилища на отметке 63 м БС актуализировался вопрос о диагностике экологического состояния экосистем, попадающих в зону воздействия планируемого к строительству низконапорного гидроузла (ННПГ) и создаваемого им водохранилища [10]. Необходимость строительства ННПГ обусловлена обеспечением нормальных судоходных условий с гарантированной глубиной 4,0 м на проблемном участке водохранилища от Городецкого гидроузла до г. Нижний Новгород.

Целью настоящей работы является характеристика современного состояния гидробиоценозов зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища (на примере зоопланктоценозов, альгоценозов и зообентоценозов) и прогноз их перестроек при введении в эксплуатацию ННПГ.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на акватории зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища от плотины Нижегородской ГЭС до н.п. Большое Козино в 2015–2017 гг. За основу характеристики современного состояния зоопланктона зоны речной гидравлики были взяты результаты наблюдений, полученные в вегетационные сезоны 2016–2017 гг. Отбор и обработка проб гидробионтов проводилась общепринятыми в гидробиологии методами [11–12].

Для составления прогноза зоны речной гидравлики Чебоксарского использовался метод аналогий. Уникальность данного прогноза заключается в том, что в качестве водоема-аналога использовалось не другое аналогичное водохранилище в условиях заре-

гулирования стока, а Чебоксарское водохранилище, планктон которого подробно изучался с момента его создания в 1981 г. [13 и др.].

Несмотря на хорошую изученность Чебоксарского водохранилища [13–17 и др.], полных аналогов исходного водоема Сормовского водохранилища найти не удалось. Наиболее близким биофондом с доминированием лимнофильного планктона оказался озерный зоопланктоценоз на 3-й–4-й год существования Чебоксарского водохранилища. В процессе экзогенной сукцессии уже на 5-й год произошли изменения, в результате которых зоопланктон приобрел черты, характерные для большинства приплотинных плесов волжских водохранилищ.

Результаты и их обсуждение

Современное состояние видовой структуры гидробиоценозов зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища. Публикации, содержащие информацию о зоопланктоне зоны речной гидравлики (от плотины Горьковской ГЭС до устья р. Оки), единичны [10; 18]. На акватории зоны речной гидравлики было идентифицировано более 90 видов и подвидов зоопланктона. По зоогеографическому составу все идентифицированные виды являлись типичными для Европейской части России, за исключением двух видов-вселенцев – коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) и ветвистоусого рачка *Diaphanosoma orghidani* (Negrea, 1982).

Известно, что формирование всех внутрикаскадных водохранилищ, в том числе и Чебоксарского, происходит под влиянием водных масс водохранилищ, расположенных выше в каскаде. В зоне речной гидравлики водные массы формируются за счет водных масс Горьковского водохранилища. Планктонные сообщества зоны речной гидравлики представляют собой трансформированные и обедненные сообщества приплотинной части Горьковского водохранилища. Травмирующее воздействие на планктон оказывает прохождение водных масс через турбины ГЭС и водослив через гребень плотины. В результате наблюдается массовая гибель организмов зоопланктона, в особенности ветвистоусых ракообразных.

Покажем это на примере изменения количественных показателей развития зоопланктона верхнего и нижнего бьефов Горьковского водохранилища в июле 2017 г. В составе зоопланктона верхнего бьефа Нижегородской ГЭС было идентифицировано 50 видов. Комплекс видов-доминантов состоял из науплиальных и копепоидитных стадий веслоногих ракообразных, а также рачка *Daphnia galeata* (Sars, 1864). Среди основных групп по численности преобладали ракообразные (77,9% от общей численности зоопланктона). Наибольшее число идентифицированных видов принадлежало коловраткам (20 из 50 видов). В составе зоопланктона нижнего бьефа Нижегородской ГЭС было обнаружено 36 видов. Комплекс видов-доминантов остался прежним, однако к нему присоединился рачок *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857). Доминирование крупных веслоногих ракообразных заметно сократилось (до 55,9% от общей численности зоопланктона), при этом именно веслоногие рачки стали наиболее представленными в этом ценозе. После прохождения зоопланктона через агрегаты ГЭС численность крупного рачка (доминанта) *Daphnia galeata* снизилась в 1,7 раза (с 3,84 тыс. экз./м³ до 2,29 тыс. экз./м³). Основная масса выбывших из

планктона организмов приходилась на веслоногих рачков (Copepoda), численность науплиальных и копепоидных стадий которых снизилась в 3 и 5 раз соответственно. Число видов в верхнем и нижнем бьефе ГЭС уменьшилось в 1,5 раза, произошло сильное обеднение видового состава коловраток и ветвистоусых рачков. В среднем численность и биомасса зоопланктона при прохождении через турбины Нижегородской ГЭС сократились в три раза.

Отрицательное влияние на планктонные организмы оказывают также стоки расположенных на берегах верхней речной части Чебоксарского водохранилища промышленных предприятий городов Заволжья, Городца, Правдинска, Балахны. Известно, что стоки целлюлозно-бумажной промышленности, содержащие волокна целлюлозы, засоряют фильтрационные аппараты кладоцер, что приводит к существенному снижению их численности и, соответственно, уменьшению способности водоема к самоочищению. В результате планктон верхней речной части Чебоксарского водохранилища характеризуется преобладанием веслоногих ракообразных. Периодические попуски вод из Горьковского водохранилища, производящиеся для обеспечения судоходства на обмелевшем участке, приводят к существенным колебаниям уровня режима, что также неблагоприятно отражается на структуре и количественном развитии гидробионтов. И, наконец, проводившиеся на этом участке дноуглубительные работы приводили к увеличению мутности, что, в свою очередь, вызывало снижение численности планктона.

На протяжении вегетационного сезона количественные показатели развития планктона зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища в целом претерпевали изменения, достигая наибольших показателей в летние месяцы, преимущественно в июне и июле. Так, в 2016–2017 гг. численность зоопланктона в этот период колебалась от 11,96 до 15,04 тыс. экз./м³, биомасса от 0,45 до 0,66 г/м³. Видовое богатство составляло 47–68 видов. В целом планктон характеризовался как лимнофильный, при этом состав доминантов менялся. Так, в планктоне речного участка Чебоксарского водохранилища в июне доминировала коловратка *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), в июле – *Mesocyclops leuckarti*, *Daphnia galeata*, копепоидные и науплиальные стадии Copepoda. В августе ядро доминантов осталось прежним, однако в него вошла коловратка *Synchaeta pectinata* (Ehrenberg, 1832). В осеннем планктоне в доминирующий комплекс входили коловратки *Conochilus unicornis* (Rousselet, 1892), *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1832), ветвистоусый рачок *Bosmina longirostris* (O.F. Muller, 1785), а также науплиальные стадии веслоногих ракообразных. В августе наблюдалось существенное снижение количественных показателей развития планктона по сравнению с июлем (численность 3,56 тыс. экз./м³, биомасса 0,19 г/м³). Видовое богатство сократилось до 43 видов. В сентябре численность зоопланктона составила 5,62 тыс. экз./м³, биомасса достигла минимальных за период наблюдений значений – 0,04 г/м³, число видов – 40.

Таким образом, сообщество зоопланктона в зоне речной гидравлики может быть охарактеризовано как лимнофильное, находящееся под непосредственным формирующим влиянием Горьковского водохранилища и испытывающее многоплановое антропогенное воздействие.

Исследование донных биоценозов зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища до настоящего времени не носит систематического характера. Тем не менее, бентосные съемки и изучение зообентоса этого участка осуществляются, что находит свое отражение в ряде публикаций [10; 19–21]. Зона речной гидравлики Чебоксарского водохранилища характеризовалась высокой скоростью течения и повсеместно песчаным грунтом, местами – с примесью глины, камней и раковин моллюсков. На отдельных участках рипали отмечены заросли высшей водной растительности. Глубина в местах отбора проб колебалась от 1,5 до 5 метров. В июле 2015 года на обследованном участке Чебоксарского водохранилища обнаружен 31 вид зообентонтов. Большинство идентифицированных видов – 23 – относится к гетеротопным, из них подавляющее большинство (17 видов) принадлежали хирономидам (Chironomidae). Среди гетеротопов также были отмечены реофильные ручейники *Hydropsyche ornatula* McLachlan, 1878 и рода *Oecetis*, мокрецы *Problezzia seminigra* (Panzer, 1798) и *Bezzia* sp., личинка мухи *Hydromyia dorsalis* (Fabricius, 1775). Кроме личинок насекомых в составе зообентоса отмечены 5 видов малощетинковых червей (Класс Oligochaeta), относящихся к родам *Limnodrilus*, *Tubifex* и *Nais*, пиявки (Класс Hirudinea) *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758). Были зарегистрированы представители ракообразных (Класс Crustacea): понто-каспийский вид *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841) и вид-вселенец, байкальская амфипода *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), активно вселявшаяся в 1960-х годах в Горьковское водохранилище. Обнаруженные виды являются обычными и широко распространенными в настоящее время в водных объектах соответствующей зоогеографической зоны.

Среднее значение общей численности зообентоса в зоне речной гидравлики составляло 563,33 ± 245,32 экз./м². В связи с тем, что бентос был представлен преимущественно мелкими беспозвоночными, среднее значение общей биомассы было низким – 0,90 ± 0,27 г/м². В целом на обследованном участке доминирующей как по численности, так и по биомассе группой являлись представители семейства Chironomidae, а среди них – *Cladotanytarsus* gr. *manicus* (Walker, 1856). Субдоминантами являлись хирономиды *Polypedilum breviantennatum* Tshernovskij, 1949 и *Robackia demeijerei* (Kruseman, 1933), ручейники *Hydropsyche ornatula* McLachlan, 1878 и ракообразные *Dikerogammarus hemobaphes* (Eichwald, 1841). Прочие виды относились к второстепенным и встреченным в единичных экземплярах. Распределение зообентоса, его качественный и количественный состав на акватории зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища носили мозаичный характер. Здесь сформировались псаммореофильные биоценозы, которым свойственны низкие количественные характеристики.

В целом при невысоких количественных показателях зообентоса на исследуемом участке Чебоксарского водохранилища, его распределение по акватории было неравномерным, значения численности, биомассы и количества видов варьировали в относительно широких пределах. В его распределении отмечалась тенденция увеличения количественных показателей вниз по течению и относительно большие значения численности и биомассы в районе правобе-

режья. Наименьшие значения численности были отмечены на створе, расположенном ниже плотины Горьковской ГЭС, в особенности в левобережье ниже г. Городца, а также в левобережье ниже г. Балахны и выше н.п. Большое Козино соответственно. Максимальные значения численности и биомассы (3120 экз./м^2 и $2,84 \text{ г/м}^2$) были отмечены на станции правобережье ниже н.п. Большое Козино.

Таким образом, в настоящее время в целом зона речной гидравлики характеризуется относительно однородными условиями существования. Зообентос исследуемого участка Чебоксарского водохранилища можно отнести к псаммореофильному, с низкими показателями количественного развития.

Накопленный за десятилетия фактический материал по динамике изменений гидробиоценозов водохранилищ России позволяет выделить отдельные этапы их развития. Существуют разные точки зрения на периодизацию развития водохранилищ. Согласно первой, в жизни водохранилищ отмечается этап/стадия «молодости», начинающийся при зарегулировании стока рек. Он характеризуется бурным развитием биологических процессов и проходит в первые годы существования водохранилищ [22–25]. На этом этапе в воду водохранилищ поступает большое количество биогенов и органики из затопленных почв и разлагающейся растительности, что приводит к вспышке численности гидробионтов всех трофических уровней. Наблюдается так называемый «биопродукционный эффект подпора» [26]. Далее следует стадия стабилизации с характерным для нее снижением биологической продуктивности. Направленность изменений биопродуктивности в этот достаточно продолжительный период жизни водохранилища может быть различной в зависимости от многих факторов: водообмена, расхода воды, особенностей водопользования, сезонности и др. [27]. Согласно другой точке зрения, выделяются следующие этапы существования водохранилищ: 1) вспышка трофии («эффект поджога и взрыва»); 2) трофическая депрессия или «депрессия экосистемы»; 3) постепенное повышение трофии или стабилизация, «относительная стабилизация» [28–29]. Третий этап, на котором водохранилища находятся длительный период, является основным в жизни водохранилищ [29]. Этап относительной стабилизации экосистем водохранилищ должен теоретически завершиться климаксом – терминальной стабилизированной экосистемой, в которой все гидробиоценозы находятся в гармонии со специфическими условиями среды [30]. Однако при активном использовании водохранилищ в целях гидроэнергетики, орошения и др. экосистемы водохранилищ не стабилизируются, а деградируют [31]. При этом выделяется так называемый этап «антропогенной дестабилизации». Для водохранилищ характерно преобладание деструкции над продукцией, тенденция снижения рыбопродукции [31]. По мнению В.Н. Яковлева [32], экосистемы больших водохранилищ проходят этап регрессивной эволюции, сопровождающейся снижением биологического разнообразия и продукцией консументов. Эти негативные процессы, наряду с эвтрофированием, заилением, зарастанием и заболачиванием, являются прямым результатом техногенного происхождения водохранилищ и их неестественного, не имеющего природных аналогов, гидрологического режима.

Прогноз альгологического режима акватории ННПГ. Планируемый подъем уровня воды при стро-

ительстве и дальнейшей эксплуатации Нижегородского низконапорного гидроузла снизит водообмен и скорость течения воды на данном участке р. Волги (от плотины Нижегородской ГЭС до н.п. Б. Козино) – основополагающие факторы, регулирующие интенсивность вегетации фитопланктона в водоемах речного типа и в водохранилищах с высоким водообменом. Повышение уровня воды приведет к частичному затоплению площадей суши, возрастанию концентрации биогенов и связанной с этим интенсивной трансформацией водных сообществ. В первые годы существования водохранилища низконапорного гидроузла можно ожидать так называемый эффект «биопродукционного взрыва», существенное повышение продукции и биомассы гидробионтов, наблюдавшегося практически во всех волжских водохранилищах в первые годы их существования. Создание низконапорной плотины в районе н.п. Б. Козино ухудшит экологическое состояние водохранилища ниже плотины. В настоящее время существующий проточный режим течений на участке водохранилища от плотины Нижегородской ГЭС до устья р. Оки является единственным фактором, сдерживающим (и то не всегда) интенсивную вегетацию цианопрокариот. Результаты исследований последних лет показывают, что в условиях малой водности (июль – август) существующий в настоящее время гидрологический режим этого участка уже не способен сдерживать процессы «цветения» воды. Обычно в нижних бьефах водохранилищ и в районах воздействия их водных масс происходит обеднение как состава, так и количественных показателей фитопланктона. Большие скорости течения и водообмен, снижение времени добегания – единственные при существующей трофической базе водохранилища (концентрации общего фосфора больше 30 мкг/л в несколько раз) регуляторы вегетации цианопрокариот. В современный период средняя по створам численность фитопланктона от плотины Горьковского водохранилища до н.п. Б. Козино возрастает (а не уменьшается, как ранее) в 2,4 раза, биомасса – в 1,3–1,6 раз, в левобережном потоке показатели роста интенсивности развития водорослей вниз по течению много выше. В этих условиях любые манипуляции с гидрологическим режимом, приводящие к формированию застоя воды, что произойдет при зарегулировании стока при строительстве плотины у н.п. Б. Козино, будут факторами, благоприятствующими развитию интенсивного «цветения» воды в этом водоеме со всеми вытекающими последствиями. Условия сохранения уровня воды 68 м во вновь планируемом водохранилище низконапорного гидроузла на протяжении теплого периода года неизбежно приведут к росту продолжительности процессов «цветения» воды (с июня по сентябрь – октябрь в годы с малой водностью и антициклональным типом погоды). Высокая скорость размножения цианопрокариот при температуре воды более 20°C приведет к росту численности и биомассы синезеленых водорослей в водохранилище низконапорного гидроузла до экологически неблагоприятных величин для водохранилищ Средней Волги. Сормовский водозабор, забирающий воду из р. Волги, в период с июня по сентябрь будет подвержен рискам, связанным с сильным «цветением» вод в планируемом к созданию водоеме. Кроме того, возрастет угроза ухудшения токсикологической ситуации, поскольку многие виды синезеленых яв-

ляются токсичными и выделяют токсины разной природы в воду, а они не подвергаются очистке на водозаборных сооружениях и не исчезают из водопроводной воды после ее продолжительного кипячения. Поскольку утвержденных нормативов содержания цианотоксинов в природной и водопроводной воде в России не существует, непредсказуемость ситуации в этой области экологических рисков может привести к серьезным последствиям. Уже в современный период жители Сормовского района, возможно, подвергаются хронической интоксикации за счет потребления питьевой воды низкого качества, впоследствии эти риски будут только возрастать. Эти вопросы с научных позиций не исследованы и требуют серьезной проработки.

Прогноз изменения структурно-функциональных характеристик зоопланктона. Зоопланктон создаваемого Сормовского водохранилища будет сформирован из лимнофильного планктонного комплекса Горьковского водохранилища. Поэтому существенной перестройки видовой структуры, как это происходило при преобразовании речного планктона в водохранилищный при зарегулировании р. Волги и создании Чебоксарского водохранилища, не будет. Вследствие относительно небольшого подтопления территорий, поступления большого количества биогенов и органики с затопляемых почв и разлагающейся растительности также не следует ожидать. В результате так называемый «биопродукционный эффект подпора» [26] будет выражен в первые годы после создания низконапорного гидроузла умеренно или слабо. При этом при замедлении течения и формировании водохранилища можно ожидать, что планктон окажется лимнофильным с тенденцией к усилению лимнофильных черт. В период формирования водохранилища гидрохимические и гидрофизические характеристики водных масс значительно меняться не будут, поскольку основным источником формирования нового водохранилища будут водные массы, поступающие из Горьковского водохранилища.

Населяющий эти водные массы лимнофильный планктон будет преобладать количественно над планктоном, поступающим с мелководных участков. Поэтому ожидать значительной неравномерности распределения количественных показателей развития планктона по акватории водоема не следует. Также нет и предпосылок для формирования существенной неравномерности в распределении видовой структуры по акватории водохранилища. Исключения могут составлять заливы, мелководья, участки, занятые высшей водной растительностью. Здесь могут быть сформированы сообщества со специфической видовой структурой и характеризующиеся большим потенциалом фильтрационной активности.

Наиболее разнообразная планктофауна будет наблюдаться в заливах, образованных при затоплении устьев рек – притоков водохранилища. Наибольшее видовое богатство здесь можно ожидать среди ветвистоусых ракообразных и коловраток. Животное население этих зон будет являться биофондом формирования биоразнообразия будущего водохранилища. В заливах можно ожидать локализацию видов-вселенцев. Вопрос о натурализации инвазийного вида – коловратки *Kellicottia bostoniensis* – в новом водохранилище остается открытым. В Горьковском водохранилище этот вид обнаружен не был, при этом практически постоянно встречаются единичные

находки этого вида в зоне речной гидравлики Чебоксарского водохранилища. Поэтому распространение *Kellicottia bostoniensis* по акватории нового водоема вполне ожидаемо. Следует ожидать также распространения второго вселенца – *Diaphanosoma orghidani* – пелагического рачка, встречающегося как в приплотинном плесе Горьковского водохранилища, так и в сообществе зоопланктона зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища. При этом роль инвазийных видов в формировании структуры лимнофильных сообществ будет незначительной.

Замедление течения будет сопровождаться развитием планктонных фильтраторов, что могло бы способствовать усилению фильтрационной активности планктона. Однако существенным препятствием для этого будет интенсивное развитие синезеленых водорослей, забивающих фильтрационные камеры рачкового планктона и существенно снижающих их способность к осветлению воды водоема. Значительного изменения хода сезонной динамики зоопланктона по сравнению с современным состоянием не предвидится. Как и в настоящее время, будет происходить снижение количественных показателей развития зоопланктона, в особенности ветвистоусых ракообразных, в период интенсивного развития синезеленых водорослей.

Замедление скоростей течения приведет к снижению самоочистительной способности водоема и повысит вероятность вторичного загрязнения. Это, наряду с сохранением существующего уровня антропогенного загрязнения (механическое загрязнение отходами целлюлозно-бумажной промышленности и возможное значительное поступление в водохранилище токсических и органических загрязнителей с затопленных территорий), приведет к сокращению численности зоопланктона, снижению способности водоема к самоочищению и ухудшению качества воды.

Учитывая все лимитирующие факторы развития зоопланктона в новом водохранилище, тем не менее можно ожидать не меньшего, чем в настоящее время, уровня количественного развития, поскольку трофический статус нового водоема останется эвтрофным.

Прогноз изменения структурно-функциональных характеристик макрозообентоса. Планируемое строительство низконапорной плотины у рабочего поселка Большое Козино приведет к замедлению течения, усилению процесса русловой эрозии. В донных сообществах произойдет смена доминирующих групп – псаммореофильные группы будут замещаться пелофильными. При этом в общей численности и биомассе увеличится доля хирономид и олигохет, ряда представителей ракообразных, особенно *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), играющего значительную роль в питании рыб [33], уменьшится доля ручейников. В целом количественные показатели развития зообентоса возрастут. В первые годы после строительства плотины следует ожидать роста численности личинок хирономид при общем снижении видового состава и разнообразия зообентоса. В последующие годы численность личинок хирономид уменьшится, при этом более значительная доля в структуре зообентоса будет принадлежать моллюскам и олигохетам.

Длительное отрицательное влияние на донные сообщества будет оказывать эрозия берегов, которая вызовет занесение осадками дна рассматриваемого участка. Процесс интенсивной эрозии после изменения гидрологического режима может занимать де-

сятки лет. Также отрицательное влияние на качество воды и донных отложений на этом участке будут оказывать поступление поверхностного стока и сточных вод, в первую очередь от промышленных предприятий, и более обильное развитие фитопланктона, вызванное возрастанием содержания в воде биогенных элементов. В результате снижения скорости течения самоочистительная способность водного объекта уменьшится. Вследствие этого в составе зообентоса возрастет представительство видов с высокой сапробностью, в частности олигохет сем. Tubificidae. В связи с наличием в первые годы после строительства плотины в составе зообентоса значительного количества гетеротопов, его численность и биомасса будут подвержены значительным сезонным колебаниям в связи с периодическим вылетом имаго. В случае затопления при подъеме уровня воды подходящих субстратов (кустарники, деревья и т.д.) возможно активное заселение отдельных частей акватории исследуемого участка моллюсками рода *Dreissena*. Это приведет к формированию специфического биоценоза дрейссены, богатого по численности и биомассе, основу которого составят детритофаги-собиратели и глотатели. В нем будут широко представлены полихеты, хирономиды, олигохеты и ракообразные. При этом представители рода *Dreissena*, являясь фильтраторами, будут способствовать снижению эвтрофикации водного объекта [34].

Таким образом, экологическая ситуация на акватории нового Сормовского водохранилища будет напряженной: многоплановое антропогенное воздействие на новый водоем, протекающее на фоне изменения климата и усиливающихся инвазионных процессов, ослабляет экосистемы водоемов. В связи с этим чрезвычайно актуальным является проведение постоянных комплексных мониторинговых исследований нового водохранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зилов Е.А. Экологическое моделирование в оценке функционирования экосистем в условиях антропогенной нагрузки (на примере озера Байкал): дис. ... д-ра биол. наук. М., 2004. 311 с.
2. Булгаков Н.Г., Максимов В.Н., Левич А.П., Юзбеков А.К., Рисник Д.В. Экологический прогноз изменения состояния водных экосистем // Успехи современной биологии. 2010. Т. 130, № 5. С. 435–445.
3. Бейм А.М., Павлов Б.К., Брусиловский П.М. и др. Приемы прогнозирования экологических систем. Новосибирск: Наука, 1985. 126 с.
4. Федоров В.Д. К стратегии экологического прогноза. Научные доклады высшей школы // Биол. науки. 1982. № 7. С. 5.
5. Кожова О.М., Путятин Т.Н., Томилов А.А., Ермаева Э.А. Гидробиологический режим Ангаро-Енисейских водохранилищ. Методические аспекты прогнозирования природных явлений Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. С. 13–23.
6. Шевелева Н.Г., Воробьева С.С. Состояние и развитие фито- и зоопланктона нижнего участка Ангары, прогноз формирования планктона в Богучанском водохранилище // Журнал Сибирского федерального университета. Биология 3. 2009. Т. 2. С. 313–326.
7. Литвинов А.С., Законнова А.В. Водный баланс, водообмен и режим уровня Чебоксарского водохранилища в первые годы его заполнения // Водные ресурсы. 1986. № 3. С. 69–76.

8. Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ. М.: Наука, 2004. 156 с.
9. Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костром. печат. Дом, 2015. 284 с.
10. Охапкин А.Г., Шурганова Г.В., Пухнаревич Д.А., Кудрин И.А., Ильин М.Ю., Бондарев О.О., Воденеева Е.А. О современном гидроэкологическом состоянии зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища // Приволжский научный журнал. 2016. № 1. С. 104–113.
11. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ЗИН РАН: ГосНИОРХ. Л., 1984. 33 с.
12. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зообентос и его продукция. Л.: ЗИН РАН ГосНИОРХ. Л., 1984. 52 с.
13. Шурганова Г.В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов в процессе их формирования и развития (на примере водохранилищ Средней Волги: Горьковского и Чебоксарского): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Нижний Новгород, 2007. 48 с.
14. Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В. Динамика численности дискриминантных видов основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2004. № 2. С. 200–209.
15. Шурганова Г.В., Черепенников В.В. Формирование и развитие зоопланктонных сообществ водохранилищ Средней Волги // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2006. Т. 8, № 1. С. 241–247.
16. Шурганова Г.В., Черепенников В.В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов двух волжских водохранилищ в процессе их формирования и развития // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. «Биология». 2010. № 3. С. 267–277.
17. Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Кудрин И.А., Ильин М.Ю. Характеристика современного состояния видовой структуры и пространственного размещения сообществ зоопланктона Чебоксарского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2014. № 3. С. 417–421.
18. Шурганова Г.В., Ахметов Л.И. Изменение некоторых характеристик видовой структуры зоопланктоценозов речного участка Чебоксарского водохранилища в ходе экзогенной сукцессии // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Биология. 2001. № 1. С. 103–108.
19. Баканов А.И. Бентос Чебоксарского водохранилища: современное состояние и пространственная структура // Биол. внутр. вод. 2005. № 4. С. 59–66.
20. Гелашвили Д.Б., Охапкин А.Г., Шурганова Г.В., Пухнаревич Д.А., Кравченко А.А., Солнцев Л.А., Безруков М.Е. Современное состояние и прогноз функционирования гидробиоценозов Чебоксарского водохранилища при изменении его уровня // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. № 2. 2012. С. 8–21.
21. Пухнаревич Д.А., Есипенок А.Ю. Таксономический состав и структурные характеристики зообентоса Чебоксарского водохранилища // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 4 (1). С. 233–240.

22. Дзюбан Н.А., Мордухай-Болтовской Ф.Д. Формирование фауны беспозвоночных крупных водохранилищ // Вопросы гидробиологии: тезисы докладов 1 съезда ВГБО. М.: Наука, 1965. С. 127–129.
23. Мельников Г.Б. Закономерности формирования и становления зоопланктона в водохранилищах СССР // Гидробиол. журн. 1966. Т. 2, № 2. С. 56–65.
24. Цееб Я.Я., Травянка В.С., Жданова Г.А. Формирование и количественная динамика зоопланктона открытых зон водохранилища // Киевское водохранилище. К.: Наук. думка, 1972. С. 316–335.
25. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
26. Пирожников П.Л. Биопродукционный эффект подпора крупных рек и его рыбохозяйственное значение // Проблемы изучения рационального использования биологических ресурсов водоемов: мат-лы I конф. по изучению водоемов бассейна Волги «Волга – I». Куйбышев. 1971. С. 193–208.
27. Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы и пути их решения. М.: ГЕОС, 1998. 277 с.
28. Кузнецов В.А., Зиганшина Р.К. Современный этап формирования экосистемы равнинного водохранилища (на примере Куйбышевского) // VI Съезд Всес. гидробиол. об-ва АН СССР: тез. докл. Т. II. Мурманск, 1991. С. 44–45.
29. Мингазова Н.М. Методические подходы к экологическому мониторингу водохранилищ в связи с их отличием от других типов водных экосистем // Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ: мат-лы междунар. конф. Казань, 11–15 окт. 2004. Казань: Отечество, 2004. С. 71–73.
30. Одум Ю. Экология. В 2 т. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.; Т. 2. 376 с.
31. Кузнецов В.А. Изменение экосистемы Куйбышевского водохранилища в процессе ее формирования // Водные ресурсы. 1997. Т. 24, № 2. С. 228–233.
32. Яковлев В.Н. Сукцессии в водохранилищах Верхней Волги и Днепра // Актуальные проблемы водохранилищ. Всеросс. конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. Борок, Россия: тез. докл. Ярославль, 2002. С. 346–347.
33. Ильмаст Н.В., Кучко Я.А. Байкальский бокоплав (*Gmelinoides fasciatus*) как кормовой объект рыб литоральной зоны Онежского озера // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13, № 1 (49). С. 35–40.
34. Щербина Г.Х. Изменение видового состава и структурно-функциональных характеристик макрозообентоса водных экосистем Северо-Запада России под влиянием природных и антропогенных факторов: дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2009. 468 с.
- Статья публикуется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-44-02219_поволжье_а) и Русского географического общества (грант «Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна» № 04/2017-Р).*

CURRENT STATE AND FORECAST OF CHANGING HYDROBIONT COMMUNITIES IN THE CONSTRUCTION ZONE OF THE NIZHNY NOVGOROD LOW-PRESSURE HYDROUNIT

© 2017

Shurganova Galina Vasilevna, doctor of biological sciences, professor of Ecology Department

Okhapkin Alexandr Gennadievich, doctor of biological sciences, professor,
head of Botany and Zoology Department

Gavrillo Dmitriy Evgenievich, postgraduate student of Ecology Department

Vodeneeva Ekaterina Leonidovna, candidate of biological sciences,
associate professor of Botany and Zoology Department

Kudrin Ivan Aleksandrovich, candidate of biological sciences, assistant of Ecology Department

Puhnarevich Dmitriy Anatolievich, candidate of biological sciences,
senior researcher of Environmental Protection Department

Nizhegorodcev Alexandr Alexandrovich, candidate of biological sciences,
associate professor of Ecology Department

Gelashvili David Bezhanovich, doctor of biological sciences, professor, head of Ecology Department
National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation)

Abstract. The authors of the paper think that it is necessary to study the structural and functional changes of hydrobiocenoses in case of river runoff regulation and new reservoir creation to make competent, ecologically correct management decisions. The widespread use of the analogy method for the ecological forecasts of reservoirs state is shown. At the present time, the issue of diagnostics of ecological systems which falls into the zone of impact of the planned construction of the Nizhny Novgorod low-pressure hydrounit (NNPG) in the river hydraulics zone of the Cheboksary water reservoir has been actualized. The authors characterize the current state of the species structure of phyto-, zooplanktonocenosis and zoobenthocenoses of this zone, including species richness, the ratio of quantitative indicators of the main systematic groups and dominant species. The paper shows hydrobiocenoses formation sources and types of anthropogenic impact on them. The authors forecast changes in the structural and functional characteristics of the communities of hydrobionts of the «Sormovsky» reservoir, taking into account the expected ecological situation after the construction of the Nizhny Novgorod low-pressure hydrounit, including the main limiting factors. As an analogue of a new reservoir, the Cheboksary reservoir in the first years of its existence was chosen. The possibility of spreading new invasive species (*Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908), *Diaphanosoma orghidani* (Negrea, 1982) and *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899)) is considered in the paper. In conclusion the authors suggest permanent monitoring of the new reservoir.

Keywords: Cheboksary water reservoir; community of hydrobionts; phytoplankton; zooplankton; zoobenthos; forecast; analogy method; zone of river hydraulics; invasive species; limnophilous complex; anthropogenic impact; eutrophication; water quality; self-cleaning capacity of reservoir.