

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН



ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ПРИ РАН

ЭКОСИСТЕМЫ МАЛЫХ РЕК:
БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА

ЛЕКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
ВСЕРОССИЙСКОЙ ШКОЛЫ-КОНФЕРЕНЦИИ

БОРОК 2008

УДК 595.324:592/599

Коллектив авторов. **ЭКОСИСТЕМЫ МАЛЫХ РЕК: БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА.** Лекции и материалы докладов Всероссийской школы-конференции. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина. 18–21 ноября 2008 г. Издательство ООО «Принтхаус» 2008. 368 с.

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, профессор *В.Г. Папченко*
кандидат биологических наук *А.А. Прокин*
кандидат биологических наук *Ю.В. Слынько*
научный сотрудник ИБВВ РАН *А.И. Цветков*
доктор биологических наук *А.В. Крылов*

В сборнике представлены лекции и материалы докладов по основным закономерностям гидрологического, химического и биологического режима малых рек России и стран СНГ. Для гидробиологов, экологов, зоологов, преподавателей и студентов ВУЗов.

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
РФФИ (грант № 08-04-06123-г)*

Оргкомитет школы-конференции выражает благодарность администрации Учреждения Российской академии наук Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН за оказанную поддержку в проведении школы-конференции

ISBN 978-5-904234-01-0

© 2008 г. Учреждение Российской академии наук
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
макет, оформление, верстка
© Коллектив авторов, текст
© Издательство ООО «Принтхаус»

Castrella truncata Abildgaard, 1789.
 Семейство Typhloplanidae
Castrada hofmanni M. Braun, 1885,
Strongylostoma elongatum Hofsten, 1907,
S. radiatum O. Muller, 1774,
Rhynchomesostoma rostratum Muller, 1774,
Olisthanella truncula O. Schmidt, 1858,
O. obtusa M. Schultze, 1851,
Mesostoma ehrenbergii Foske, 1836,
M. lingua Abildgaard, 1789,
Bothromesostoma personatum O. Schmidt, 1848,
Phaenocora unipunctata Orsted, 1843,
P. typhlops Vejdovsky, 1880.

Наибольшее количество видов турбеллярий относилось к отр. Neorhabdocoela, представители которого встречались, в основном, в теплое время года – с июня по сентябрь.

В 2002 г. в реке было обнаружено всего 12 видов плоских червей, по-видимому, повлияли неблагоприятные условия, сложившиеся из-за пересыхания русла реки в верхнем течении. Максимальное (21) количество видов отмечено в 2003 г. и в 2004 г. (19).

В течение всего вегетационного периода присутствовали обычные для бассейна Волги виды: *Stenostomum leucops*, *Microstomum lineare*, *Macrostomum distinguendum*, *M. rostratum*, *Gyratrix hermaphroditus*, *Castrella truncata* и триклада *Polycelis tenuis*.

Редко встречались *Prorhynchus stagnalis*, *Microdalyellia picta*, *Gieysztoria cuspidate*, *Olisthanella obtusa*, *Castrada hofmanni*, *Phaenocora typhlops*.

Максимальное видовое разнообразие (14 видов) отмечено на ст. 1 в 2003 г., хотя в предыдущий год из-за пересыхания на этом участке в октябре был обнаружен только единственный вид – *Castrella truncata*, когда в русле появилась вода. Богатыми по числу видов (10–13) оказались станции 2 и 3, а самой бедной ст. 4, где было найдено всего 5 видов турбеллярий. Численность червей на станции также была минимальной – не превышала 320 экз./м³ в начале июня 2004 г.

Наибольшая численность турбеллярий зафиксирована на станциях 1–3. Максимум численности (5860 экз./м³) наблюдалась на ст. 2 в начале июня 2004 г. за счет массового развития *Gyratrix hermaphroditus*, численность которого достигала в это время 3100 экз./м³.

Наиболее оптимальные условия развития турбеллярий приходились на теплый период времени года, к осени численность червей, в связи с понижением температуры, резко падала. Исключение составляла высокая численность осенью на станциях 3 и 5 в результате развития триклады *Polycelis tenuis*, предпочитавшей более низкие температуры и чистую воду, насыщенную кислородом.

Таким образом, существуют специфические черты организации турбеллярий на различных участках реки. Разнородные участки, расположенные по продольному профилю реки, турбеллярии заселяют неравномерно, имеются биотопы с их большим количеством и, наоборот, с малочисленным их населением. Это зависит от многих факторов: скорость течения, степень зарастания высшей водной растительностью, состав грунта, температура, наличие пищи, кислородные условия и др.

В водотоке наблюдается сезонная динамика численности турбеллярий, максимального развития черви достигают в теплый период времени, когда имеются оптимальные для этого условия.

АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ РЫБ В МАЛЫХ РЕКАХ УДМУРТИИ

Б.Г. Котегов

Удмуртский государственный университет

426034 Удмуртская Республика г. Ижевск ул. Университетская, д. 1, корп. 1
 kotegov@izh.com

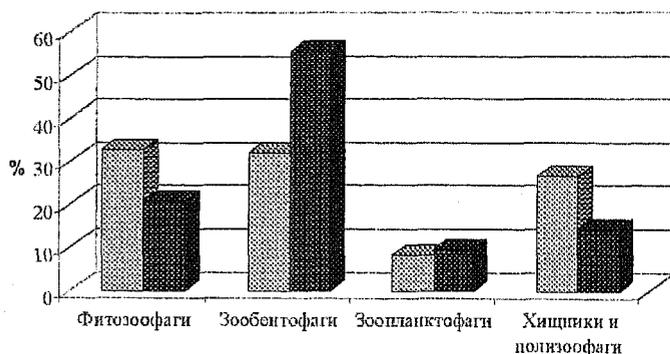
Гидробиологические характеристики малых рек в значительной степени зависят от тех процессов, которые происходят в наземных экосистемах на территории водосбора. Любая антропогенная деятельность, осуществляемая в наземных ландшафтах, так или иначе отражается на состоянии малых рек, протекающих в этих ландшафтах, и приводит в том числе к трансформации лотических биологических сообществ. Применительно к условиям Удмуртской Республики наиболее значимые изменения протекают в малых реках под прессингом таких видов антропогенной деятельности, как сельское хозяйство, нефтедобыча и урбанизация. Происходящее при этом загрязнение малых водотоков различными растворенными и взвешенными веществами, а также изменение их гидрологического режима в результате зарегулирования стока или спрямления русла, вызывают перестройки в структуре водных биоценозов и, в частности, в ихтиологическом компоненте сообществ малых рек.

За период 2000–2007 гг. нами были проведены исследования на 45 малых (и очень малых) реках Удмуртии на предмет выяснения особенностей видового состава и структуры сообществ рыб отдельных участков этих водотоков, в разной степени подверженных влиянию тех видов антропогенной деятельности, которые были указаны выше. Всего на исследованных участках малых рек было отловлено более 5000 экземпляров ихтиофауны, принадлежащих к 30 видам пресноводных рыб согласно современным систематическим сводкам (Атлас..., 2003). Все виды рыб поделены на четыре

168 | Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана основных трофических группы, исходя из пищевых предпочтений их взрослых особей: фитозоофаги (эврифаги), зообентофаги, зоопланктофаги и хищники (в том числе полизоофаги) (Зиновьев, Мандрица, 2003; Котегов, 2006). У 225 особей рыб возраста 1⁺-4⁺, принадлежащих к пяти наиболее массовым короткоцикловым видам, изучено содержимое пищеварительных трактов с целью определения спектров питания, ширины и степени перекрытия реализованных трофических ниш разных видов по стандартным методикам (Шорыгин, 1952; Методическое пособие..., 1974).

Виды рыб, чаще всего доминирующие по численности на исследованных участках малых рек Удмуртии: пескарь *Gobio gobio* (L.), уклейка *Alburnus alburnus* (L.), плотва *Rutilus rutilus* (L.), речной окунь *Perca fluviatilis* L., обыкновенный голяк *Phoxinus phoxinus* (L.), усатый голец *Barbatula barbatula* (L.), елец *Leuciscus leuciscus* (L.). Менее многочисленны, но также достаточно обычны голавль *Leuciscus cephalus* (L.), щука *Esox lucius* L., обыкновенный ерш *Gymnocephalus cernuus* (L.), налим *Lota lota* (L.), обыкновенная щиповка *Cobitis taenia* L., язь *Leuciscus idus* (L.), лещ *Abramis brama* (L.), жерех *Aspius aspius* (L.), густера *Blicca bjoerkna* (L.). Из редких для Удмуртии видов рыб (Захаров, Котегов, 2001), в первую очередь, следует отметить быстрянку *Alburnoides bipunctatus* (Bloch), которая встречена на 7 участках малых рек; обыкновенный подкаменщик *Cottus gobio* L. отмечен на 4 участках, европейский харнус *Thymallus thymallus* (L.) – на 3 участках, белоперый пескарь *Romanogobio albipinnatus* (Lukash) – на 3 участках.

Результаты исследования трофической структуры сообществ рыб на отдельных участках малых рек Удмуртии на основе анализа соотношения численности видов, принадлежащих к различным трофическим группам, показали следующее. На участках рек, не подверженных какому-либо существенному влиянию антропогенной деятельности, наиболее массово и разнообразно представлены виды рыб, принадлежащие к трофическим группам фитозоофагов и зообентофагов (рис. 1). Мы полагаем, что виды первой трофической группы (такие как плотва, елец, обыкновенный голяк) принимают значимое участие в формировании пастбищных пищевых сетей в гидробиоценозах малых рек, тогда как виды второй трофической группы (пескарь, усатый голец, обыкновенный ерш) преимущественно включаются в состав детритных сетей питания. Меньше доля рыб-хищников и полизоофагов (речной окунь, щука, налим, голавль), являющихся более удаленными (иногда конечными) звеньями как пастбищных, как и детритных пищевых сетей гидробиоценозов, а также частично питающихся аллотонными биологическими объектами, попадающими в водосм из наземных бережных экосистем.



□ Отсутствие антропогенного воздействия ■ Влияние сельского хозяйства

Рис. 1. Изменение количественного соотношения видов рыб, принадлежащих к разным трофическим группам, при влиянии сельского хозяйства на участки малых рек Удмуртии

Доля рыб-зоопланктофагов на проточных участках малых рек незначительна, так как первичная и, соответственно, вторичная продукция планктона этих участков невелика, и планктонные пастбищные сети питания развиты слабо. По-видимому, более значимую роль в трансформации энергии и вещества малых рек играют перифитонные пастбищные сети питания, первый трофический уровень которых представлен фотопродуцентами, обитающими не в толще воды (водоросли фитопланктона), а на подводных субстратах (водоросли обрастаний, водные мхи и сосудистые растения). Это связано, в первую очередь, с высоким значением отношения площади поверхности подводных субстратов к объему водной толщи, покрывающей данные субстраты, а также с проникновением достаточного для фотосинтеза количества солнечной радиации на всю глубину водотока. Такие условия особенно характерны для верхних участков малых рек с быстрым течением, небольшой глубиной и чистой водой. Как следствие, специализированные зоопланктофаги, в первую очередь, уклейка, присутствуют с высокой численностью лишь на участках малых рек, удаленных от истока не менее чем на 30–40 км, там, где увеличиваются объем водной толщи и средняя глубина реки, замедляется скорость ее течения, что способствует развитию планктона.

При усилении сельскохозяйственной нагрузки на участки малых рек в сообществах рыб значительно и достоверно возрастает доля видов-зообентофагов на фоне уменьшения численности и видового разнообразия хищников, полизоофагов и фитозоофагов (рис. 1). Преобладание рыб-зообентофагов в составе пресноводных сообществ может свидетельствовать о повышении роли детритных пищевых сетей питания в трансформации энергии и вещества водных экосистем. Вероятно, это связано с появлением дисбаланса в процессах биологической продукции и деструкции в речных экосистемах в результате сельскохозяйственного эвтрофирования малых рек, их заиления и зарастания. Избыток органического вещества накапливается в виде частичек отмершей водной растительности – детрита – в составе иловых донных отложений на дне реки и потребляется донными беспозвоночными организмами-детритофагами, которых, в свою очередь, поедают рыбы-зообентофаги. Вклад

сельскохозяйственной деятельности в эвтрофирование малых рек Удмуртии не ограничивается поступлением в водоем минеральных веществ (фосфатов, нитратов), способствующих росту первичной продукции, а во многом определяется смывом наземной почвенно-растительной органики с расплывшихся береговых территорий тальми и ливневыми водами и поступлением в водоем органических отходов животноводства. Большая часть аллохтонного органического вещества аккумулируется на дне водотоков и может включаться в детритные пищевые сети гидробиоценозов. В результате, на верхних и средних участках малых рек увеличивается численность таких зообентофагов, как усатый голец и пескарь, а на нижних, более глубоких участках их сменяют обыкновенный ерш и лещ.

Влияние нефтедобычи и урбанизации на изменение соотношения различных трофических групп, присутствующих в составе сообществ рыб малых рек Удмуртии, менее ощутимо по сравнению с влиянием сельского хозяйства. Можно отметить лишь некоторое увеличение доли рыб-зообентофагов, вероятно, вследствие усиления процессов эвтрофикации при поступлении в водные экосистемы городских коммунально-бытовых сточных вод, содержащих соединения азота и легко разлагаемые органические отходы, а также ливневых стоков, содержащих взвешенные органические вещества почвенного и наземно-растительного происхождения, с территорий, трансформированных при строительстве и прокладке коммуникаций, обустройстве нефтяных месторождений и т.п. В то же время в составе техногенных загрязнений, поступающих на участки малых рек, подверженных влиянию нефтедобычи и урбанизации, достаточно много токсических соединений (тяжелые металлы, фенолы, ПАУ), которые негативно воздействуют на гидробионтов вне зависимости от того, к какой жизненной форме они принадлежат. Как следствие, в водной экосистеме реки уменьшается продукция и бентоса, и планктона, и перифитона, что приводит к снижению численности и уменьшению видового богатства рыб практически всех трофических групп с выпадением из состава сообществ наиболее чувствительных к техногенному загрязнению видов ихтиофауны. Преимущество в данном случае получают лишь наименее специализированные по питанию рыбы-эврифаги, такие как плотва и речной окунь, способные неизбежно потреблять малочисленные компоненты обедненной кормовой базы техногенно трансформированного участка водотока и оперативно менять свою пищевую стратегию и пищевые «пристрастия» в зависимости от изменения трофических условий.

Анализируя более детально особенности летних спектров питания наиболее массовых видов рыб малых водотоков Удмуртии (на примере пескаря, плотвы, уклейки, обыкновенного гольяна и усатого гольца из рек Иж и Вотка) в зависимости от характера и уровня антропогенного воздействия на их отдельные участки, можно отметить следующее. Наибольшее разнообразие пищевых объектов в спектрах питания таких видов рыб, как плотва, пескарь и уклейка, наблюдается на средних участках малых рек, не подверженных антропогенному воздействию. При этом их реализованные трофические ниши перекрываются не более чем на 40–60%, и наименьший уровень межвидовой пищевой конкуренции наблюдается между уклейкой и пескарем. В питании плотвы на таких участках ведущую роль играют фитофильные личинки двукрылых насекомых, нимфы поденок, зарослевые формы низших ракообразных и водные макрофиты; в питании пескаря – псаммофильные личинки двукрылых, нимфы поденок и мелкие формы моллюсков; в питании уклейки – планктонные формы низших ракообразных, личинки двукрылых насекомых, а также имаго двукрылых и перепончатокрылых насекомых, упавших на поверхность воды. Определенная пищевая специализация (расхождение трофических ниш) способствует поддержанию высокой численности всех этих трех видов рыб, обитающих совместно на одних и тех же участках малых рек, и позволяет говорить о наличии в лотических сообществах таких участков трехвидового доминирующего ихтиокомплекса «фитозоофаг (плотва) – зообентофаг (пескарь) – зоопланктофаг (уклейка)».

В условиях сельскохозяйственного загрязнения исследованных малых рек происходит сужение спектров питания и увеличение степени перекрытия реализованных трофических ниш плотвы и пескаря, в рационе которых возрастает доля зообентоса, в первую очередь, личинок некоторых видов двукрылых насекомых из семейства комаров-звонцов, обильно развивающихся на участках малых водотоков, подверженных сельскохозяйственному эвтрофированию. Некоторое увеличение общей биомассы зообентоса за счет ряда устойчивых к эвтрофикации видов донных беспозвоночных животных в условиях повышенного загрязнения участков малых рек органикой позволяет поддерживать достаточно высокую численность и пескаря, и плотвы. В то же время уклейка, не адаптированная к питанию донными организмами, имеет в таких условиях пониженную обеспеченность кормом и, как следствие, характеризуется меньшими показателями численности, выпадая из состава доминирующего комплекса видов рыб, который из трехвидового преобразуется в двухвидовой: «фитозоофаг – зообентофаг».

Сходная ситуация прослеживается и на участках малых рек со слабым загрязнением со стороны нефтедобычи. Однако при усилении загрязнения малых водотоков Удмуртии нефтью биомасса зообентоса, развивающегося на илистых, песчаных и глинистых донных грунтах, может существенно уменьшаться (Холмогорова, 2007). Как следствие, снижается численность рыб-зообентофагов, в том числе пескаря, и единственным массовым представителем ихтиофауны на таких участках остается плотва, которая в силу своей высокой пищевой пластичности способна компенсировать недостаток бентосных пищевых объектов в рационе за счет большего потребления водных растений и других групп водных организмов.

На верхних ручьевых участках исследованных малых рек при отсутствии антропогенного воздействия доминирует по численности обыкновенный гольян, в рационе которого преобладают лито-реофильные и псаммофильные группы водных беспозвоночных животных: личинки двукрылых насекомых семейства мошек и комаров-звонцов, нимфы веснянок и поленок. В условиях повышенного загрязнения со стороны сельского хозяйства или нефтедобычи численность обыкновенного гольяна на таких участках водотоков заметно снижается. На доминирующие позиции в составе сообществ рыб верхних загрязненных участков малых рек выходит усатый голец, в ряде случаев – вместе с молодью плотвы или пескаря. В питании усатого голца, как типичного зообентофага, первостепенную роль играют личинки двукрылых насекомых и ручейников, нимфы поленок, мелкие моллюски и ракушкообразные рачки-остракоды.

Таким образом, антропогенная деятельность, осуществляемая на территориях водосборов малых рек Удмуртии, влечет за собой изменения в ихтиологическом компоненте водных биоценозов на отдельных участках водотоков, подверженных загрязнениям того или иного рода. Загрязнители, попавшие в водоток, могут не только непосредственно воздействовать на организмы разных видов рыб, но и вызывать перестройки в структуре их кормовой базы посредством угнетения одних наиболее ригидных групп пищевых объектов и стимулирования роста и развития других. Как следствие, меняются соотношения численности видов рыб, принадлежащих к разным трофическим группам, происходит смена видов-доминантов в результате обострения межвидовой пищевой конкуренции, выпадение отдельных наиболее специализированных по питанию видов рыб из состава сообществ. В целом, трансформируется видовая и экологическая структура сообществ рыб, и тренды подобных изменений во многом зависят от характера и уровня антропогенной нагрузки на экосистемы малых рек.

Список литературы

- Атлас пресноводных рыб России / Под ред. Ю.С. Решетникова. В 2-х т. М.: Наука, 2003. Т. 1. 379 с. Т. 2. 253 с.
 Захаров В.Ю., Котегов Б.Г. Рыбы // Красная книга Удмуртской Республики: Животные. Ижевск: Удмуртия, 2001. С. 53–64.
 Зиновьев Е.А., Мандрица С.А. Методы исследования пресноводных рыб. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 113 с.
 Котегов Б.Г. Фауна и экология рыб малых рек Удмуртии. Ижевск: Ассоциация «Научная книга», 2006. 96 с.
 Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Высш. шк., 1974. 254 с.
 Холмогорова Н.В. Динамика структуры макрозообентоса в условиях нефтяного загрязнения донных отложений малых рек Удмуртии // Вестн. Томск. ун-та, 2007. № 304. С. 187–190.
 Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. М.: Пищепромиздат, 1952. 268 с.

СОСТОЯНИЕ РЕКИ КАРАСУЛЬ В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА ИШИМА

А.С. Красненко

ГОУ ВПО «Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ерилова»

Состояние малых рек является одним из индикаторов благополучия окружающей среды, гидробиологическое состояние текущих вод характеризуется по видовому составу зообентоса, так как в текущих водах, особенно малых реках, развитие планктона и перифитона несколько затруднено из-за сравнительно быстрого течения. Целью настоящего сообщения является изучение видового состава и пространственного распределения беспозвоночных, а так же оценка состояния экосистемы и качества текущих вод.

Материал и методика исследований. Изучение видового состава беспозвоночных было проведено по общепринятым гидробиологическим методикам [4, 9] с начала июня по середину сентября 2007 г. Исследования проводили в окрестностях города Ишим на реке Карасуль, протекающей по территории города.

Пробы отбирали водным энтомологическим сачком и методом ручного сбора субстрата. Створы для взятия проб выбирались следующим образом. Первый створ располагался ниже населенного пункта, второй створ соответственно выбирался выше по течению. Пробы на створах отбирались практически одновременно, разрыв между взятием проб не превышал двух суток. На каждом створе пробы брались трижды с периодичностью в месяц. Всего изучено 12 количественных проб беспозвоночных. Состояние обследованных участков описывали по традиционным структурным показателям таксономического состава и интенсивности развития: численности и широко применяемым в гидробиологии индексам разнообразия [1–3, 11–13].

$$\text{Индекс Менжиника } M = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

$$\text{Индекс Симпсона } S_{\lambda} = \left(\sum_i p_i^2 \right)^{-1} = S_{\lambda} = \frac{1}{\sum_i (n_i / N)}$$

$$\text{Индекс Шеннона } \bar{H} = -\sum_i p_i \log p_i = -\sum_i \left(\frac{n_i}{N} \right) \log \left(\frac{n_i}{N} \right),$$