

ДИНАМИКА ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА РЕЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССА

© 2005 Г.В. Шурганова

Нижегородский государственный университет

Выявлена динамика видовой структуры правобережного речного зоопланктоценоза Чебоксарского водохранилища, находящегося под влиянием значительного антропогенного пресса. Исследование проведено как общепринятыми в водной экологии методами, так и с использованием метода мультифрактального анализа. Наиболее существенные изменения видовой структуры зоопланктона состоят в снижении общих показателей численности и биомассы.

Один из крупнейших промышленно-транспортных центров России, столица Приволжского Федерального Округа г. Нижний Новгород расположен на берегах речной части Чебоксарского водохранилища и самого крупного его притока – реки Оки. Известно, что правобережный речной участок водохранилища, расположенный ниже впадения р. Оки является одним из наиболее загрязненных и эвтрофированных не только в пределах Чебоксарского водохранилища [1], но и в пределах всего Волжского каскада. К устьевому участку р. Оки транзитно поступают сбросы промышленных, коммунально-бытовых и других сточных вод с территорий Московской, Калужской, Тульской, Рязанской, Владимирской областей, а также сточные воды предприятий Нижегородской области. Кроме организованного сброса сточных вод значительное влияние оказывает поверхностный сток дождевых и талых вод, поставляющих в р. Оку взвешенные вещества, нефтепродукты, органические вещества, соединения тяжелых металлов [2]. Окские воды, впадая в водохранилище, существенно меняют его солевой состав в сторону увеличения минерализации и содержания ионов сильных кислот (преимущественно, сульфатов) при относительном снижении гидрокарбонатной составляющей [3]. Загрязненная Ока дает значительную биогенную нагрузку (в основном, азотную) на средний речной 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 азота [4].

Таким образом, правобережный речной участок Чебоксарского водохранилища испытывает комплексную антропогенную нагрузку, заключающуюся в значительном загрязнении и эвтрофировании его вод. Еще одно из проявлений антропогенного пресса представляет собой меняющийся гидрологический режим водохранилища, во многом зависящий от попусков ГЭС. Такое комплексное антропогенное воздействие на гидробиоценозы водохранилища вызывает активно идущие процессы трансформации их видовой структуры.

Известно, что зоопланктон, обладающий высокой скоростью роста и значительной интенсивностью обмена, играет существенную роль в трансформации энергии и биогенном круговороте веществ, в том числе и в переработке органических веществ как автохтонного, так и аллохтонного происхождения. Кроме того, сообщества зоопланктона, населяющие и, следовательно, характеризующие состояние всей толщи водной массы, являются хорошими индикаторами изменений условий их существования, происходящих, в частности, и под влиянием антропогенного воздействия.

В настоящей работе использованы данные, представляющие собой фрагмент многолетних наблюдений динамики видовой структуры зоопланктона по всей акватории Чебоксарского водохранилища.

сарского водохранилища, результаты которых достаточно полно опубликованы [5-11].

Обработка этих данных методом многомерного векторного анализа [12] позволила выделить четыре основных зоопланктоценоза Чебоксарского водохранилища, один из которых, правобережный речной, размещён в зоне влияния многокомпонентного антропогенного воздействия г. Нижнего Новгорода.

Целью работы было выявление динамики видовой структуры правобережного речного зоопланктоценоза как общепринятыми в водной экологии методами исследования, так и с использованием метода мультифрактального анализа. Методические подходы и возможности использования мультифрактального формализма для характеристик видового разнообразия биотических сообществ достаточно убедительно показаны в ряде работ [13-16].

Видовой состав изучаемого планктонного сообщества был представлен типичными, широко распространёнными в пресноводных водоёмах умеренных широт видами, большинство из которых имеют значительную экологическую пластичность, широкое распространение, однако некоторые из них (например, преобладающий среди коловраток *Brachionus calyciflorus* Pallas) считаются типичным представителем текучих вод. Наибольшее число видов зоопланктона формируемого окскими водами, принадлежало коловраткам, преимущественно представителям рода *Brachionus* (*B. calyciflorus*, имеющего несколько морфологически различных форм), *B. angularis* Gosse, *B. urceus* (Linnaeus), *B. diversicornis* (Daday), *B. quadridentatus* Hermann. Существенные изменения видового

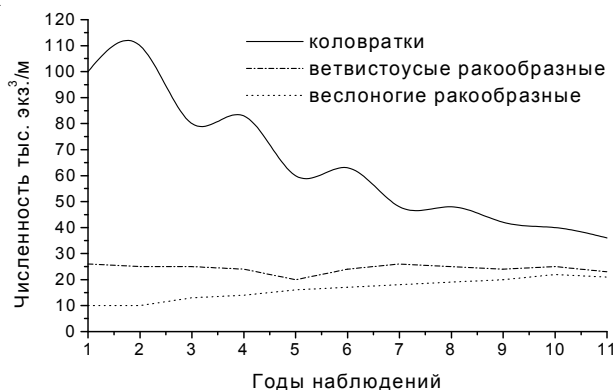


Рис. 1. Динамика численности основных групп зоопланктона правобережного речного участка Чебоксарского водохранилища: на оси абсцисс отмечены годы наблюдения, с 1981г по 1991 г.

го состава зоопланктона стали отчётливо проявляться в последнее пятилетие: наряду с сокращением числа видов брахионид в нём стали появляться ранее не встречавшиеся представители лимнофильной фауны.

Результаты многолетних исследований показали существенное снижение количественных показателей развития зоопланктона, проявившееся, преимущественно, в первое десятилетие существования водохранилища (рис. 1, табл. 1).

На рис. 1. приведены летние (июльские) данные за ряд лет наблюдений. Существенное снижение общей численности зоопланктона при относительном постоянстве видового состава происходило в первые годы существования водохранилища, преимущественно за счёт снижения численности коловраток.

Среднесезонные показатели численности и биомассы зоопланктона имели устойчивую тенденцию к снижению, наибольшие изменения произошли в первое десятилетие существования водохранилища. Существенные из-

Таблица 1. Среднесезонная численность, биомасса и процентное соотношение таксономических групп зоопланктона правобережного речного участка Чебоксарского водохранилища

Год наблюдения	Численность, тыс. экз./м ³	Биомасса, г/м ³	Соотношение по численности, % Rot: Clad: Cop	Соотношение по биомассе, % Rot: Clad: Cop
1983	289,6±49,3	1,551±0,36	64,5 : 30,4 : 5,1	47,9 : 40,3 : 11,8
1987	107,4±13,1	0,71±0,02	79,9 : 12,0 : 8,1	54,9 : 29,6 : 15,5
1989	25,0±3,1	0,08±0,012	54,6 : 6,6 : 38,8	44,3 : 8,7 : 47,0
1995	8,02±1,91	0,032±0,009	62,5 : 25,1 : 12,4	39,3 : 34,6 : 26,1
2000	2,18±0,72	0,014±0,008	27,1 : 27,7 : 45,2	10,8 : 41,5 : 47,7
2004	2,84±0,53	0,018±0,006	45,1 : 28,5 : 26,4	11,1 : 61,1 : 27,8

менения в соотношении численностей и биомасс основных систематических групп зоопланктона наблюдалось в 2000, 2004 годах. Они состояли в снижении доли коловраток и возрастание доли рачкового планктона в общей численности и биомассе (табл. 1).

Для определения уровня и выявления тенденций эвтрофирования были использованы отдельные характеристики видовой структуры зоопланктоценоза (отношение биомасс ракообразных к биомассе коловраток, отношение биомасс циклопид и каланид, отношение численности ветвистоусых к численности веслоногих ракообразных и др.). Анализ средних многолетних значений этих показателей позволяет охарактеризовать правобережный речной участок водохранилища в целом как эвтрофный, что хорошо согласуется с оценкой по состоянию фитопланктона и данными по биогенной нагрузке [1,4]. В то же время, следует отметить наметившуюся в последние годы тенденцию деэвтрофирования по ряду показателей видовой структуры зоопланктона.

Для получения более полного, системного представления о видовой структуре зоопланктоценоза изучаемого участка водохранилища был использован мультифрактальный анализ. Вид полученных мультифрактальных спектров различается на изучаемом участке водохранилища в разные моменты времени (рис. 2).

Анализ мультифрактальных спектров позволяет наглядно выявить изменения видовой

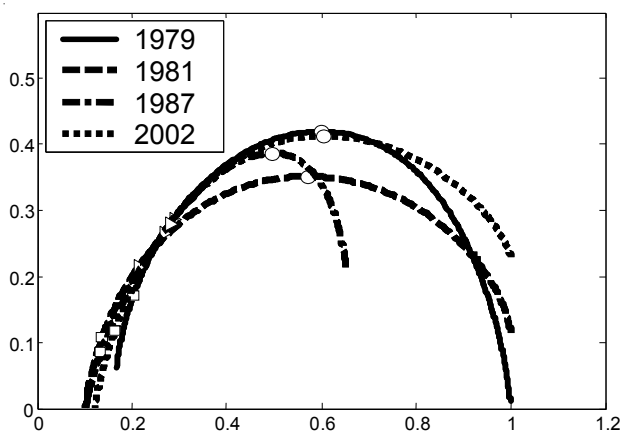


Рис. 2. Мультифрактальные спектры видовой структуры зоопланктоценозов правобережной речной части Чебоксарского водохранилища

структуры зоопланктона, начиная с первого года существования водохранилища по сравнению с его состоянием в “доводохранилищный” период. Зоопланктоценоз этого участка в последний год перед созданием Чебоксарского водохранилища (1979) характеризовался присутствием двух доминантов: коловраток *Keratella quadrata* (Müller, 1786) и *Brachionus calyciflorus* Pallas, 1766. В последующие годы единственным доминантом стал *Brachionus calyciflorus*. На кривой мультифрактального спектра 1979 г. это отражается тем, что график в левой его части не достигает оси абсцисс, свидетельствуя о присутствии более чем одного доминирующего вида. В последующие годы кривые мультифрактальных спектров достигают оси абсцисс, что означает наличие лишь одного доминирующего вида в планктонном сообществе.

После образования водохранилища, начиная с 1981 г. за более чем двадцатилетний период его существования (рис. 2) произошло смещение кривых по оси абсцисс, характеризующей вероятность распределения видов по численности, влево, к нулю, что означает усиление степени доминирования в сообществе. Ширину спектра можно интерпретировать как показатель выровненности видов в сообществе: чем шире спектр, тем меньше выровненность, и наоборот. Из рис. 2 следует, что минимальная выровненность была отмечена на исследуемом участке в 1987 году.

Правый участок спектра характеризует виды с малой представленностью (условно назовём их редкими). Для исследуемого зоопланктоценоза редких видов во все годы исследования (рис.2) было несколько (кривая мультифрактального спектра не достигает оси абсцисс). Однако, степень “редкости” этих видов примерно одинакова в 1979, 1981, 2002 годах, когда кривая стремится к единице по оси абсцисс.

По оси ординат отложена фрактальная размерность (характеристика сложности системы), значения которой могут быть сопоставлены показателям видового разнообразия [15]. Максимальное значение ординаты спектра совпадает со значением индекса видового разнообразия Маргалефа. Существенное снижение индекса произошло в первый год

существования водохранилища (рис. 2). Точка касания графика и прямой, проведенной из начала координат под углом 45° имеет ординату, значение которой равно нормированному индексу Шеннона. Снижение нормированных значений индекса Шеннона произошло в первый год существования водохранилища. Таким образом, точки мультифрактального спектра описывают разнообразие в отдельных группах видов, и в то же время отдельным точкам можно поставить в соответствие известные индексы разнообразия, характеризующие сообщество в целом. Различные индексы разнообразия придают разное значение видам с отличающейся представленностью (например, основной вклад в индекс разнообразия Симпсона вносят широко представленные виды). Поэтому различные индексы разнообразия характеризуют отдельные группы видов с определенной представленностью. При этом полную информацию о структуре даёт рассмотрение всего набора индексов. В то же время, видовая структура биотических сообществ, в частности, зоопланктоценозов может быть охарактеризована с помощью мультифрактального формализма. Мультифрактальный спектр представляет собой единый геометрический образ видовой структуры ценоза. Именно поэтому он может служить инструментом экспресс-диагностики видовой структуры ценоза.

Таким образом, при сохраняющейся комплексной антропогенной нагрузке, в частности, значительном загрязнении токсическими веществами и биогенами, а также в условиях замедления течения процессы трансформации зоопланктоценоза речного участка продолжают. Наиболее существенные изменения видовой структуры зоопланктона проявляются в снижении общих показателей численности и биомассы, вызванных сокращением доли коловраток, появлением в планктоне лимнофильных видов. Замедление скорости течения привело к снижению относительной доли реофильных коловраток. Однако полной перестройки зоопланктоценоза из реофильного в лимнофильный не произошло, возможно одной из причин этого явился сохраняющийся уровень загрязнения и биогенной нагрузки на изучаемый участок водо-

ёма. Естественно, при этом невозможно существенное возрастание количественных показателей развития ракообразных характерное для перестройки зоопланктоценоза в лимнофильный.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 03-05-65064).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Оханкин А.Г.* Фитопланктон Чебоксарского водохранилища. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994.
2. *Адрианова Н.В., Кропачева М.В., Кучерова Л.В., Телясова Н.В.* Экологическое состояние р. Оки на участке от г. Муром до г. Н. Новгорода // Тез. докл. Международного научно-промышленного форума "Великие реки 2001". Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2002.
3. *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 // 2001г. // Актуальные проблемы водохранилищ. Тез. докл. Всерос. конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. Ярославль: Изд-во Яросл. гос. техн. ун-та, 2002.
4. *Бикбулатов Э.С., Степанова И.Э., Бикбулатова Е.М.* Биогенные элементы и органическое вещество в Чебоксарском водохранилище в летнюю межень // 2001г. // Актуальные проблемы водохранилищ. Тез. докл. Всерос. конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. Ярославль: Изд-во Яросл. гос. техн. ун-та, 2002.
5. *Шурганова Г.В.* Динамика видовой структуры зоопланктонного сообщества в процессе его формирования (на примере Чебоксарского водохранилища). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1987.
6. *Шурганова Г.В.* Структурная характеристика основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища при промежуточном режиме его заполнения // Наземные и водные экосистемы. Горький: Изд-во

- Горьк. ун-та, 1989.
7. Шурганова Г.В., Черников А.А. Структурные изменения в зоопланктоценозах водохранилища как показатель антропогенного воздействия // Методология экологического нормирования: Тез. докл. Всес. конф. Харьков, 1990.
 8. Шурганова Г.В. Изменения видовой структуры зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища в многолетнем аспекте // Актуальные проблемы водохранилищ. Тез. докл. Всерос. конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. Ярославль: Изд-во Яросл. гос. техн. ун-та, 2002.
 9. 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. Выпуск 1(2). Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2001.
 10. Кузнецова М.А., Шурганова Г.В., Черников А.А. Анализ процесса трансформации зоопланктоценозов при зарегулировании стока с помощью показателей видового разнообразия // Экология. 1991. № 4.
 11. Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В. Динамика пространственного распределения основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2003. № 3.
 12. Черепенников В.В., Шурганова Г.В., Артельный Е.В. Использование многомерного векторного анализа для оценки пространственного размещения зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3. Тез. докл. Междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.
 13. Гелашвили Д.Б., Шурганова Г.В., Иудин Д.И., Якимов В.Н., Розенберг Г.С. Мультифрактальность видовой структуры гидробиоценозов Волжского бассейна // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 3. Тез. докл. Междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.
 14. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н., Шурганова Г.В. Степенной закон самоподобия в описании видовой структуры сообществ // Поволжский экологический журнал. 2004. № 3.
 15. Иудин Д.И., Гелашвили Д.Б., Розенберг Г.С. Мультифрактальный анализ структуры биотических сообществ // Докл. АН, 2003. т. 389. № 2.
 16. Шурганова Г.В., Иудин Д.И., Гелашвили Д.Б., Якимов В.Н. Мультифрактальный анализ видового разнообразия зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Актуальные проблемы водохранилищ. Тез. докл. Всерос. конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. Ярославль: Изд-во Яросл. гос. техн. ун-та, 2002.

**THE DYNAMICS ZOOPLANKTON SPECIES DIVERSITY
OF RIGHT RIVER PART CHEBOKSARSKOE RESERVOIR STORAGE
AT HEAVY-DUTY MAN-MADE CHANGES**

© 2005 G.V. Shurganova

Nizhni Novgorod State University

The paper contains dynamics zooplankton species diversity of right river part Cheboksarskoe reservoir storage at heavy-duty man-made changes. Operational analysis includes the traditional hydrobiology investigation supplemented multifractal methods. The reduction crew size and biomass are the main overpatching of zooplankton species diversity.