

**МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО
РАЗНООБРАЗИЯ ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ
ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРЬКОВСКОГО И ЧЕБОКСАРСКОГО)**

Г.В. Шурганова, В.В. Черепенников

Дан анализ видового разнообразия зоопланктоценозов водохранилищ Средней Волги. Исследование проведено на основе мультифрактального формализма. Показано сходство видовых структур зоопланктоценозов озерных частей Горьковского и Чебоксарского водохранилищ.

Введение

В результате широкомасштабного гидростроительства крупнейшая река Европы Волга превращена в каскад водохранилищ. К.К. Эдельштейн (1991) кратко, но достаточно емко определяет водохранилище как искусственный водоем для хранения воды с управляемым ее расходом. Водоохранилища подчиняются закономерностям формирования и развития, присущим естественным водоемам, одновременно с этим на все процессы, протекающие в них, большое влияние оказывает деятельность человека и, прежде всего, задаваемый им режим эксплуатации (Водоохранилища и их воздействие..., 1986).

Водоохранилища представляют собой своеобразные преобразователи и аккумуляторы вещества и энергии, которые менее автономны, чем озера, и менее транзитны, чем реки (Авакян и др., 1987; Эдельштейн, 1998). В этих условиях формируются и существуют экосистемы водохранилищ. Естественно, развитие экосистем водохранилищ обладает высокой динамичностью. При этом проследить за процессами трансформации речных систем в водохранилищные возможно одному поколению исследователей (Структура и сукцессия..., 1989). При проведении наблюдений в таких условиях чрезвычайно важным является использование единой методики сбора и обработки материала. Это позволяет с достаточно большой степенью точности проследить изменения видовой структуры гидробиоценозов.

Используемый в настоящей работе новый метод оценки видового разнообразия гидробиоценозов с применением мультифрактального формализма отличается от традиционных тем, что позволяет построить единый геометрический образ структуры гидробиоценоза, включающий все традиционно применяемые индексы видового разнообразия. Для построения мультифрактальных спектров были использованы данные, представляющие фрагмент многолетних наблюдений видовой структуры зоопланктона Горьковского и Чебоксарского водохранилищ (Шахматова и др., 1975, 1977; Кравченко и др., 1975; Шурганова, Елагина, 1981).

Материалы и методы

Материалом для настоящей работы послужили пробы зоопланктона, отобранные на акваториях Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в июле 2002 г. Кроме того, были использованы материалы по зоопланктону р. Волги на трассе строительства Чебоксарского (июль 1979 г.) и Горьковского (июль 1982 г.) водохранилищ. Отбор проб производился на постоянных створах. Для сбора материала использовалась количественная сеть Джели (диаметр входного отверстия 18 см, сеть — капроновое сито № 64). Отбор осуществлялся путем тотальных ловов от дна до поверхности. Обработка материала проводилась общепринятым в практике гидробиологических исследований счетно-весовым методом (Киселев, 1969; Методические рекомендации..., 1984). Идентификацию видов проводили с использованием определителей зоопланктона (Кутикова, 1970; Мануйлова, 1964; Рылов, 1948; Смирнов, 1971; Определитель..., 1995; Dumont, Negrea, 2002).

Для выделения основных зоопланктоценозов водохранилищ и определения занимаемых ими акваторий в работе использован метод многомерного векторного анализа. Эта процедура была проведена для Чебоксарского водохранилища ранее (Черепенников, Шурганова, Артельный, 2003; Artelnyy, Schurganova, Cherepennikov, 2003). Суть метода состоит в том, что каждому i -му из N видов, возможных в данном j -м зоопланктоценозе, сопоставлена соответствующая i -я ось N -мерной ортогональной системы координат. Отображение j -го зоопланктоценоза представлялось точкой $A_j(\alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \alpha_{3j}, \dots, \alpha_{Nj})$, где α_{ij} численности i -го вида в j -м зоопланктоценозе как значения i -й координаты в N -мерном пространстве. При этом каждой j -й ассоциации соответствовал вектор A_j , начинающийся в начале координат и заканчивающийся в точке A_j .

Характер структурно-функциональных связей в зоопланктоценозе в таком представлении определялся направлением вектора A_j . J -й и k -й зоопланктоценозы считались принадлежащими к одному типу, если были достаточно близки в многомерном пространстве изображающие их точки A_j и A_k (Черепенников, Шурганова, Артельный, 2003; Artelnyy, Schurganova, Cherepennikov, 2003). Далее проводилась кластеризация видовой структуры зоопланктоценозов на станциях отбора проб по расстоянию между точками A_j и A_k , то есть по значению модуля вектора дискриминантных численностей (Шурганова, Черепенников, Артельный, 2004). Значение модуля этого вектора в многомерном пространстве имеет смысл евклидова расстояния ε между точками, изображающими ценозы, и находится естественным образом:

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=N} (\alpha_{ij} - \alpha_{ik})^2}.$$

Каждому выделенному кластеру сопоставлялся тип зоопланктоценоза. Анализ видовой структуры выделенных зоопланктоценозов проводился с использованием покомпонентного представления вектора A_j , проведенного из начала координат в

центральную точку соответствующего кластера. Отличия видовой структуры различных ценозов анализировались на основе покомпонентного представления вектора дискриминантных численностей, соединяющего центральные точки кластеров соответствующих ценозов.

Характеристики видového разнообразия выделенных зоопланктоценозов проводились с использованием мультифрактального формализма. Методические подходы к возможности использования мультифрактального формализма для характеристики видového разнообразия биотических сообществ хорошо обоснованы и достаточно подробно описаны в ряде работ (Гелашвили и др., 2003, 2004; Иудин, Гелашвили, Розенберг, 2003; Шурганова и др., 2002, 2005).

Результаты и их обсуждение

Горьковское и Чебоксарское водохранилища — четвертая и пятая ступени Волжского каскада, входящие в систему водоемов Средней Волги (Волга и ее жизнь, 1978; Минеева, 2004). По морфометрическим характеристикам водохранилища довольно близки, но существенно различаются по гидрологическим и некоторым гидрохимическим показателям.

Горьковское водохранилище расположено в подзоне южной тайги. Общая длина водохранилища 430 км, максимальная ширина 15 км, средняя глубина 5,5 м, максимальная глубина вблизи плотины Горьковской ГЭС 24 м, площадь водного зеркала 1591 км². Верховья водохранилища (от г. Рыбинска до г. Костромы) сохраняют конфигурацию речного русла до затопления. Озеровидная часть водохранилища начинается ниже г. Юрьевца. Водохранилище заполняют водные массы р. Волги, поступающие из Рыбинского водохранилища, р. Унжи и Немды и собственно Горьковского водохранилища (Эдельштейн, 1965; Современная экологическая..., 2000; Экологические проблемы..., 2001).

Чебоксарское водохранилище расположено на границе двух подзон лесной зоны: левый берег — в подзоне южной тайги, правый — в подзоне смешанных хвойных и широколиственных лесов. Общая длина водохранилища 321 км, максимальная ширина — 16,0 км, средняя глубина 4,2 м. Максимальная глубина вблизи плотины Чебоксарской ГЭС 21,0 м, площадь водного зеркала 1080 км² (Литвинов, 2000). Формирование водных масс водохранилища происходит за счет двух разных водных потоков: левобережного, поступающего из Горьковского водохранилища, и правобережного, вносимого р. Окой (до 40% притока воды). На среднем (переходном) участке водохранилища (Лысково–Васильсурск) происходит смешение и трансформация водных масс. Озерная часть водохранилища, начинающаяся ниже г. Васильсурска, заполнена водной массой собственно водохранилища (Литвинов, 2000; Бикбулатов и др., 2002; Кочеткова, 2005).

Воды Горьковского водохранилища характеризуются как гидрокарбонатно-кальциевые с невысоким содержанием щелочных металлов, хлоридов и сульфатов. Воды Чебоксарского водохранилища более разнородны. Значительные изменения солевого состава происходят в Чебоксарском водохранилище ниже впадения р. Оки, водам которой свойственна высокая минерализация и содержание ионов сильных кислот (преимущественно, сульфитов) при относительном снижении гидрокарбонатной составляющей (Литвинов, Законнова, 1994). На озерном участке Чебоксарского водохранилища происходит формирование водных масс собственно водохранилища с однородными физическими и химическими свойствами (Бикбулатов и др., 2002).

Существенно различаются водохранилища по величине среднегодового коэффициента водообмена, который для Горьковского водохранилища равен 6,1, для Чебоксарского — 19,8 (Литвинов, 2000; Экологические проблемы..., 2001). Время существования водохранилищ тоже неодинаково. Заполнение Горьковского водохранилища происходило в 1955–1957 гг., Чебоксарского, последнего по времени создания водохранилища Волжского каскада, в 1981 г. (Литвинов, 2000).

Для получения истинного представления об основных зоопланктоценозах водохранилищ при проведении анализа их видовой структуры был использован мультифрактальный анализ. Первичные данные, которые использовались для построения мультифрактальных спектров, представляли собой численности особей различных видов (при работе на двух водохранилищах было идентифицировано 170 видов зоопланктона). Суммирование данных проб производилось для отдельных зоопланктоценозов, выделенных методом многомерного векторного анализа и позволивших достаточно корректно оценить пространственное размещение основных зоопланктоценозов двух водохранилищ в разные периоды их существования.

Пространственное распределение основных зоопланктоценозов р. Волги по трассе строительства Чебоксарского водохранилища представлено на рис. 1.

Большую часть акватории Волги составлял реофильный зоопланктоценоз, формировавшийся в водах р. Оки, включавший виды реофильной планктонной фауны. Значительно меньшую часть акватории р. Волги занимал зоопланктоценоз, видовой состав которого представлял собой трансформированный лимнофильный зоопланктоценоз приплотинной части Горьковского водохранилища.



Рис. 1. Пространственное распределение зоопланктоценозов р. Волги

■ — верхний левобережный речной ▲ — речной

Вид мультифрактальных спектров, построенных для этих двух зоопланктоценозов, в целом, различался (рис. 2).

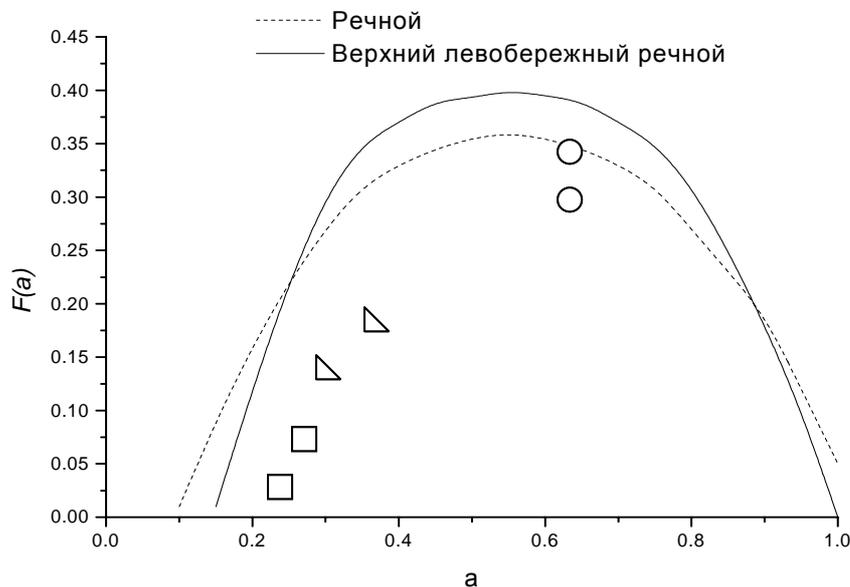


Рис. 2. Мультифрактальные спектры видового разнообразия зоопланктоценозов р. Волги. Обобщенные размерности: \circ — соответствуют моментам порядка $q = 0$; \triangle — моментам порядка $q = 1$; \square — моментам порядка $q = 2$

Сходство двух мультифрактальных спектров проявлялось в том, что левые ветви кривых не достигают оси абсцисс, что свидетельствует о присутствии более чем одного доминирующего вида в каждом сообществе. В правобережном зоопланктоценозе, это — *Brachionus calyciflorus* Pallas и *Keratella quadrata* (Müller, 1786), в левобережном — лимнофильные коловратки *Conochilus unicornis* Rousselet, *Filinia longiseta* (Zacharias), *Euchlanis dilatata* Ehrenberg.

Кривая мультифрактального спектра, построенного для речного (реофильного) зоопланктоценоза, смещена по оси «а», характеризующей вероятность распределения видов по численности влево, к нулю, что означает более высокую степень доминирования в этом сообществе по сравнению с левобережьем (лимнофильным).

Ширину спектра можно интерпретировать как показатель выровненности видов в сообществе: чем шире спектр, тем меньше выровненность, и наоборот. Из рис. 2 следует, что большую выровненность имеет левобережный речной зоопланктоценоз.

Спадающий участок спектра характеризует виды с малой представленностью (условно назовем их редкими). Для реофильного зоопланктоценоза редких видов было несколько (кривая мультифрактального спектра не достигает оси «а»), для левобережного лимнофильного редкий вид отмечен лишь один. При этом редкими все эти виды являются в одинаковой степени (кривые мультифрактальных спектров стремятся к единице).

По оси ординат отложена фрактальная размерность (характеристика сложности системы), значения которой могут быть сопоставлены показателям видового разнообразия (Иудин, Гелашвили, Розенберг, 2003). Максимальные

значения $F(a)$ (обозначенные \circ на рис. 2) совпадают со значениями индекса видового разнообразия Маргалефа. Как видно из рис. 2, значения индексов Маргалефа для двух рассматриваемых зоопланктоценозов оказываются близкими. Точка касания графика и прямой, проведенной из начала координат под углом 45° (обозначенные \triangle на рис. 2), имеет ординату, равную нормированному индексу Шеннона. Для реофильного зоопланктоценоза значения нормированного индекса Шеннона ниже, чем для лимнофильного. Нормированные значения индекса видового разнообразия Симпсона (обозначенные \square на рис. 2), представленные в левой части спектров, наиболее высоки также для левобережного лимнофильного зоопланктоценоза.

Следует отметить, что все точки мультифрактального спектра описывают разнообразие в отдельных группах видов. В то же время на кривых находятся точки, которым можно поставить в соответствие известные индексы разнообразия, характеризующие сообщество в целом. Известно, что 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. Полную информацию о структуре дает рассмотрение всего спектра индексов (Иудин, Гелашвили, Розенберг, 2003; Шурганова и др., 2005).

За более чем двадцатилетний период существования Чебоксарского водохранилища произошла существенная перестройка его зоопланктоценозов. Динамика изменений видовой структуры зоопланктоценозов описана достаточно подробно (Шурганова, 1987, 1989, 1996, 2002; Кузнецова, Шурганова, Черников, 1991; Шурганова, Ахметов, 2001; Шурганова, Черепенников, Артельный, 2003 и др.). В 2002 г. на акватории Чебоксарского водохранилища достаточно отчетливо выделялись четыре основных зоопланктоценоза (рис. 3).

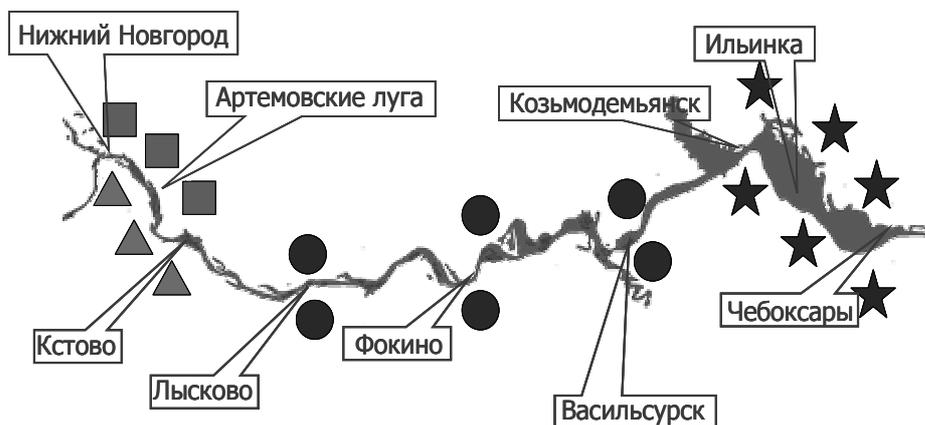


Рис. 3. Пространственное распределение зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища: \square — левобережный речной, \triangle — правобережный речной, \bullet — переходный, \star — озерный

Левобережный речной зоопланктоценоз по-прежнему, как и в реке Волге, был лимнофильным. В его составе преобладали лимнофильные коловратки *Euchlanis dilatata*, а также ракообразные *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller) и др. Акватория водохранилища, занятая этим ценозом, осталась практически неизменной. В отличие от него правобережный речной зоопланктоценоз существенно сократил свою акваторию (рис. 1, 3), однако он по-прежнему остался реофильным и характеризовался преобладанием коловраток рода *Brachionus*. Кроме этих двух исходных зоопланктоценозов на акватории Чебоксарского водохранилища возникли два новых — переходный и озерный.

Зоопланктоценоз переходного участка водохранилища (рис. 3) имел как реофильные, так и лимнофильные черты. Наиболее многочисленными были коловратки родов *Brachionus*, *Copocichilus*, *Keratella*. Ветвистоусые и веслоногие ракообразные имели несколько меньшие численности, примерно равные между собой. Доминирующими видами являлись *Chydorus sphaericus*, *Daphnia galeata* G.O. Sars (идентифицированная ранее как *D. longispina*), *Mesocyclops leuckarti* Claus и др.

Зоопланктоценоз озерного участка водохранилища являлся типично лимнофильным. Отличительной чертой видовой структуры этого ценоза явилось существенное преобладание ракообразных, а среди них — ветвистоусых: *D. galeata*, *D. succulata* Sars., *Chydorus sphaericus*, *Mesocyclops leuckarti*. Представители веслоногих рачков были значительно малочисленнее и представлены видами р. *Mesocyclops*, *Cyclops strenuus* Fischer, 1851. Численность коловраток в озерном зоопланктоценозе, в отличие от речного и переходного, была очень низкой.

Сравнение мультифрактальных спектров, построенных для зоопланктоценозов р. Волги и Чебоксарского водохранилища (рис. 2, 4), показывает следующее.

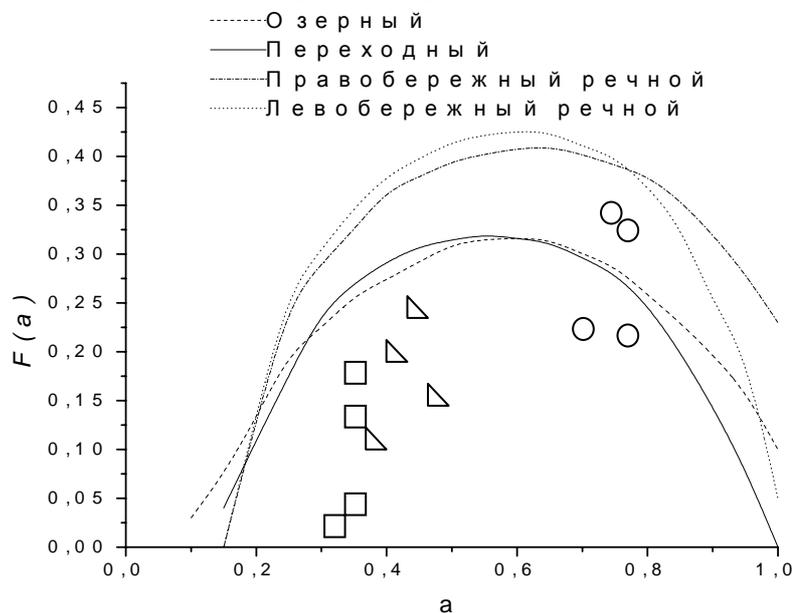


Рис. 4. Мультифрактальные спектры видовой структуры зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища. Обозначения, как на рис. 2

За двадцатилетний период существования водохранилища спектр, описывающий левобережный речной ценоз, изменился незначительно. Практически не изменилась степень доминирования: начальная точка спектра удалена по оси абсцисс от 0 примерно на такое же расстояние. В то же время, левая часть спектра стала касаться оси абсцисс, что свидетельствует о наличии лишь одного доминирующего вида — *Conochilus unicornis*. В правой части спектра произошли изменения: кривая перестала касаться оси абсцисс, это означает, что видов с малой представленностью стало несколько.

Спектр, описывающий правобережный речной ценоз Чебоксарского водохранилища, отличался от речного волжского также незначительно. Левая часть спектра приблизилась к оси абсцисс, что означает наличие лишь одного доминирующего вида в планктонном сообществе — *Brachionus calyciflorus* Pallas. Правая часть спектра еще более стала отстоять от оси абсцисс, что свидетельствует об увеличении числа редких видов.

Вид мультифрактальных спектров, характеризующих два новых водохранилищных зоопланктоценоза — переходного и озерного, сходен. Однако спектр, характеризующий озерный ценоз, наиболее приближен по оси «а» влево, что свидетельствует о наиболее сильном доминировании в планктонном сообществе. При этом он не достигает оси абсцисс. Доминирующими видами в озерном зоопланктоценозе являются *Daphnia galeata* и *Bosmina longirostris* (O.F. Müller).

Левая восходящая ветвь кривой мультифрактального спектра, построенного для переходного зоопланктоценоза, также не достигает оси «а», здесь доминируют как реофильные коловратки р. *Brachionus*, так и типичные лимнофилы *D. galeata* и др.

В нисходящих частях спектров при одинаковой представленности редких видов наблюдается разное их количество в этих ценозах. Так, в переходном ценозе редкий вид только один (спектр достигает оси абсцисс). Это — *Macrothrix hirsuticornis* Norman et Brady. Для остальных ценозов редких видов несколько. Наибольшее число видов с малой представленностью отмечено в правобережном речном ценозе. Максимальная ширина спектра отмечена для озерного, что свидетельствует о малой выровненности видов.

Нормированный индекс Шеннона озерного зоопланктоценоза был ниже, чем для переходного и речных, что также обусловлено более низкой выровненностью в нем. Переходный зоопланктоценоз водохранилища по значению нормированного индекса Маргалефа более приближен к озерному участку, чем к речному (рис. 4).

Исследования показали, что в Горьковском водохранилище, в отличие от Чебоксарского, за двадцатилетний период времени не произошло кардинальной перестройки структуры и пространственного распределения основных зоопланктоценозов. По своим экологическим характеристикам все выделенные зоопланктоценозы Горьковского водохранилища являются лимнофильными. На верхнем речном участке водохранилища от плотины Рыбинской ГЭС до г. Ярославля (в отдельные годы до г. Костромы) (рис. 5) размещен зоопланктоценоз, по видовому составу сходный с зоопланктоном приплотинной части Рыбинского водохранилища.



Рис. 5. Пространственное распределение зоопланктоценозов Горьковского водохранилища: ■ — верхний речной, ● — средний речной, ★ — озерный

Очень сходен с ним по составу и степени доминирования видов зоопланктоценоз озерной части Горьковского водохранилища (рис. 5). Состав видов и групп организмов этого зоопланктоценоза представляет собой типичный комплекс пелагиобионтов водохранилищ. Наиболее многочисленными видами здесь (наряду с науплиальными и копепоидными стадиями ракообразных) являются *Chydorus sphaericus*, *Daphnia galeata*, *Euchlanis dilatata*, *Conochilus unicornis*, *D. cucullata* и др.

Средний речной зоопланктоценоз Горьковского водохранилища, занимающий акваторию от г. Костромы до г. Юрьевца (рис. 5), характеризуется тем, что лидирующее положение в общей численности занимает пелагическая коловратка *Conochilus unicornis*. Существенно уступают ей по численности науплиальные стадии *Copepoda*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia galeata*, *D. cucullata*, *Chydorus sphaericus* и др. В некоторые годы наблюдений доминирующим видом здесь становится наряду с науплиальными стадиями *Copepoda* *Euchlanis dilatata*, *D. galeata* и др.

В отдельные годы наблюдений (1982) на компактных участках средней речной части Горьковского водохранилища выделяется еще один зоопланктоценоз, характеризующийся преобладанием *Bosmina crassicornis* (O.F. Müller), *B. longirostris*, *Conochilus unicornis* и др.

Наибольший интерес в плане сравнения Горьковского и Чебоксарского водохранилищ представляют собой зоопланктоценозы их озерных частей, заполненных водными массами собственно водохранилищ. Несмотря на множество различий гидрологических, гидрохимических, гидрофизических характеристик

разнородных водных масс двух водохранилищ, их озерные плесы имеют множество сходных черт. Прежде всего, это морфометрические параметры озерных участков, существенная однородность гидрохимических и гидрофизических показателей водных масс собственно водохранилищ. Кроме того, озерные участки Горьковского и Чебоксарского водохранилищ объединяет то, что они испытывают существенно меньшую антропогенную нагрузку по сравнению с их речными участками (Экологические проблемы..., 2001; Шурганова, Ахметов, 2001).

Зоопланктоценозы озерных плесов являются типично лимнофильными и характеризуются доминированием видов зоопланктона — типичных представителей, населяющих водоемы с замедленным стоком. Поэтому представляло интерес сравнение мультифрактальных спектров, построенных для этих двух зоопланктоценозов (рис. 6).

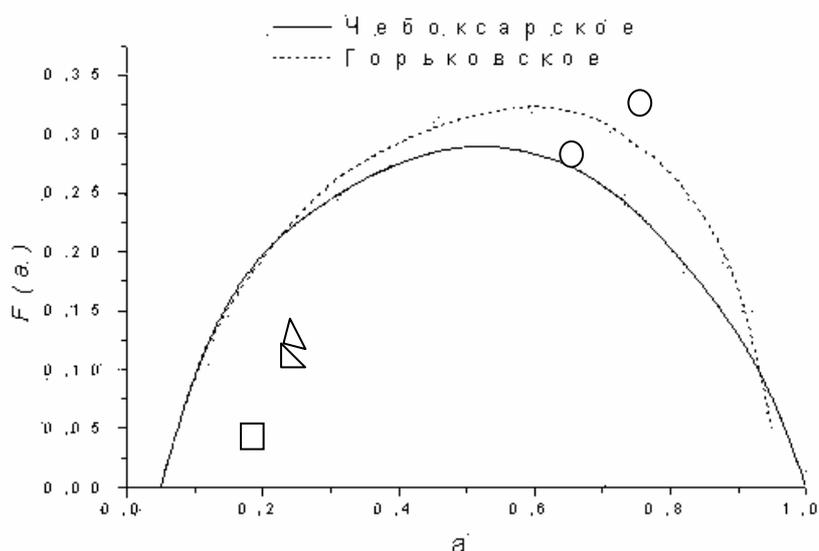


Рис. 6. Мультифрактальные спектры видовой структуры озерных зоопланктоценозов Горьковского и Чебоксарского водохранилищ. Обозначения, как на рис. 2

Имеет место практически полное совпадение спектров в левой их части, нормированных значений индексов Симпсона и Шеннона. Несущественно различаются значения нормированных индексов Маргалефа, а также ширина спектров, свидетельствующая о степени выровненности видов в сообществах. Что касается редких видов, то в Горьковском водохранилище редких видов отмечено более одного. Незначительно различается и представленность редких видов в исследуемых ценозах.

В итоге, мультифрактальные спектры, построенные для озерных зоопланктоценозов двух водохранилищ Средней Волги, населяющих собственно водохранилищные водные массы, очень сходны. Степень их сходства существенно выше, чем для спектров основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища,

формирующихся в разных гидрологических условиях, имеющих разную антропогенную нагрузку и разный генезис.

Таким образом, мультифрактальный формализм может быть использован при исследовании видовой структуры биоценозов. На его основе можно сравнивать как видовые структуры разных биоценозов в один период времени, так и динамику их развития. Являясь единым геометрическим образом, мультифрактальный спектр может служить инструментом экспресс-диагностики видовой структуры ценоза. Использование мультифрактальных спектров представляется перспективным инструментом анализа существенных изменений в гидробиоценозе под влиянием сильных воздействий на него, в частности, разного рода антропогенных воздействий.

Авторы выражают глубокую признательность профессору Нижегородского университета Давиду Бежановичу Гелашвили за обсуждение работы и полезные замечания, учтенные при подготовке публикации.

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

ЛИТЕРАТУРА

- Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А.* Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
- 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. // 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. С. 33–34.
- Водоохранилища и их воздействие на окружающую среду. М.: Наука, 1986. 367 с.
- Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 352 с.
- 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. С. 227–245.
- 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. С. 62.
- Иудин Д.И., Гелашвили Д.Б., Розенберг Г.С.* Мультифрактальный анализ структуры биотических сообществ // Докл. АН 2003. Т. 389. № 2. С. 279–282.
- Киселев И.А.* Планктон морей и континентальных водоемов. Л., 1969. Т. 1. 657 с.
- Кочеткова М.Ю.* Сезонная динамика минерализации воды в Чебоксарском водохранилище и его основных притоках // Современные проблемы исследований водохранилищ. Материалы Всерос. Научно-практической конф. Пермь: Томский ун-т, 2005. С. 302.
- Кравченко А.А., Охупкин А.Г., Тарасова Т.Н., Тухсанова Н.Г., Шахматова Р.А., Шурганова Г.В.* Гидробиологическая и гидрохимическая характеристика речного участка Горьковского водохранилища // Качество и охрана вод. Материалы Всесоюзной науч. конф. по проблеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Волги. Пермь, 1975. Вып. 2. С. 53–54.
- Кузнецова М.А., Шурганова Г.В., Черников А.А.* Анализ процесса трансформации зоопланктоценозов при зарегулировании стока с помощью показателей видового разнообразия // Экология. 1991. № 4. С. 68–72.
- Кутикова Л.А.* Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.

- Литвинов А.С., Законнова А.В.** Характеристика гидрологических условий в Чебоксарском водохранилище в первые годы заполнения // Вод. ресурсы. 1994. Т. 21. № 3. С. 365–374; 2002. С. 329–330.
- Литвинов А.С.** Энерго- и массообмен в водохранилищах Волжского каскада. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2000. 83 с.
- Мануйлова Е.Ф.** Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М.-Л., 1964. 327 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л., 1984. 33 с.
- Минеева Н.М.** Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ. М.: Наука, 2004. 156 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. СПб., 1995. 630 с.
- Рылов В.М.** Cyclozoidea пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные Т. 3. Вып. 3. М.-Л., 1948. 318 с.
- Смирнов Н.Н.** Chydoridae фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные Т. 1. Вып. 2. Л., 1971. 540 с.
- Современная экологическая ситуация в Рыбинском и Горьковском водохранилищах: состояние биологических сообществ и перспективы рыборазведения: Коллективная моногр. / Отв. редактор Н.М. Минеева. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2000. 284 с.
- Структура и сукцессия литоральных биоценозов днепровских водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1989. 204 с.
- Черепеников 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. С. 303.
- Шахматова Р.А., Тухсанова Н.Г., Тарасова Т.Н., Оханкин А.Г., Шурганова Г.В., Кравченко А.А.** Гидробиологическая характеристика речного участка Горьковского водохранилища // Вопросы гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1975. Вып. 12. С. 44–51.
- Шахматова Р.А., Тухсанова Н.Г., Тарасова Т.Н., Оханкин А.Г., Шурганова Г.В., Кравченко А.А.** Сток биогенных, органических веществ и гидробионтов через плотину Горьковской ГЭС // Круговорот вещества и энергии в водоемах: Тез. докл. IV Всес. лимнол. совещ. Лиственничное на Байкале. Ч. 1. Гидрохимия и качество вод. Лиственничное на Байкале, 1977. С. 58–62.
- Шурганова Г.В., Елагина Л.В.** К оценке сапробности Горьковского водохранилища по зоопланктону // Биол. аспекты изучения и рационального использования животного и растительного мира. Тез. докл. конф. молодых ученых-биологов. Рига: Институт биологии АН ЛатвССР, 1981. С. 157–159.
- Шурганова Г.В.** Динамика видовой структуры зоопланктонного сообщества в процессе его формирования (на примере Чебоксарского водохранилища). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1987.
- 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. С. 329–330.
- 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. С. 4–10.
- 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. С. 103–108.

- Шурганова Г.В., Иудин Д.И., Гелашивили 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. С. 329–330.
- Шурганова Г.В., Иудин Д.И., Гелашивили Д.Б., Якимов В.Н.** Мультифрактальный анализ видового разнообразия зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Актуальные проблемы рационального использования биологических ресурсов водохранилищ. Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский Дом печати», 2005. С. 294–309.
- Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В.** Динамика пространственного распределения основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2003. № 3. С. 297–304.
- 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.
- Шурганова Г.В., Черников А.А.** Исследование динамики биомассы планктонных ракообразных Чебоксарского водохранилища с помощью статистических методов // Моделирование динамики популяций: Межвуз. сб. Н. Новгород, 1990. С. 44–48.
- Эдельштейн К.К.** Водные массы долинных водохранилищ. М.: Изд-во МГУ, 1991. 175 с.
- Эдельштейн К.К.** Водные массы озерной части Горьковского водохранилища // Динамика водных масс водохранилищ. М.-Л. 1965. С. 29–38.
- Эдельштейн К.К.** Водохранилища России: экологические проблемы и пути их решения. М.: ГЕОС, 1998. 277 с.
- Экологические** проблемы Верхней Волги. Коллективная монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. 427 с.
- Artelnyu E.V., Schurganova G.V., Cherepennikov V.V.** Estimation of space division of zooplanktocoenosis of Cheboksarskoje water Reservoir with the use of multivariate vector analysis // Mobility of students and programmes flexibility in the prospect of the European Unification of the Training processes in Ecology and Environmental Sciences. Tesis of the Italian-Russian Student Forum. Palermo, 23–26 juli 2003. Palermo, 2003. P. 12–13.
- Henri J. Dumont, Stefan V. Negrea.** Branchiopoda. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers, 2002. 398 p.