

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ВИДОВ ОСНОВНЫХ ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г.В. Шурганова, В.В. Черепенников, Е.В. Артельный

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Россия, 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23*

Поступила в редакцию 12.05.04 г.

Динамика численности дискриминантных видов основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища. – Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В. – Предложено характеризовать различия между зоопланктоценозами дискриминантными видами. Дискриминантными определяются виды с наибольшей разностью их численностей в сравниваемых сообществах зоопланктона. В многомерном пространстве численностей видов зоопланктона дискриминантным сопоставлен вектор перехода между точками, изображающими ценозы в этом пространстве. На основе анализа экологических характеристик дискриминантных видов (компонентов векторов перехода) определены типы ранее выделенных основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища. Исследование многолетних данных по численности видов зоопланктона Чебоксарского водохранилища позволило установить динамику численности дискриминантных видов и выявить долговременные тенденции перестройки планктонных сообществ.

Ключевые слова: зоопланктоценоз, дискриминантные виды, пространственное распределение, Чебоксарское водохранилище.

Numbers dynamics of the discriminating species of the basic zooplanktonocenoses of the Cheboxary reservoir. – Shurganova G.V., Cherepennikov V.V., Artel'nyi E.V. – The distinction between zooplanktonocenoses is proposed to be characterized via their discriminating species whose numbers are most different. The vector between the points representing the cenoses in the multidimensional space of the zooplankton species numbers depicts these discriminating species. Several types of the known main zooplanktonocenoses of the Cheboxary reservoir were revealed in terms of the ecological characteristics of the discriminating species (the vector's components). Long-term data on the reservoir were processed and the number dynamics of the discriminating species was described, some long-term trends in the evolution of plankton communities were revealed.

Key words: zooplanktonocenosis, discriminating species, spatial distribution, Cheboxary reservoir.

Решение проблемы идентификации зоопланктоценозов и границ биотических сообществ, являющейся фундаментальной и традиционной в экологии, чрезвычайно сложно. Наиболее разработаны подходы к выделению отдельных биоценозов и их границ в экологии растений (Розенберг и др., 1999). Вследствие подвижности животных зооценозы, в том числе и водные, менее определены в пространстве, их значительно труднее выделить, идентифицировать, указать отличительные признаки. Решению этих задач посвящено значительное количество работ (Гиляров, 1969, 1970; Брускова, 1972; Тимонин, 1972; Вехов, 1975; Шушкина и др., 1980; Богатов, 1996; Кузнецова, Лаврова, 1999; Крылов, 2003; Steele, 1975 и др.). По Ю. Одуму (1975, с. 181), «биотическое сообщество – это любая совокупность популяций, населяющих определенную территорию или биотоп». Биоценоз обладает

некоторыми особыми свойствами, не присущими слагающим его компонентам – особям и популяциям. Сообщества обладают функциональным единством с характерной структурой трофических связей и энергетического обмена, а также композиционным единством, обеспечивающим возможность сосуществования определенных видов. Естественным поэтому является выделение зоопланктоценозов на основе нахождения компактных пространственных областей, на которых они расположены (Романовский, Смуров, 1975). Чаще всего эта задача решается с помощью методов кластерного анализа в многомерном пространстве, описывающем ценоз. Это может быть пространство численностей популяций отдельных видов в ценозе или, несколько вторичное по данным, пространство биомасс популяций отдельных видов в ценозе (Morrisson, 1976). Далее, следуя определению Ю. Одума, необходимо установить характер структурно-функциональных связей выделенных ценозов. На основе этой совокупности знаний о ценозе можно проводить его выделение и идентификацию. Однако в настоящее время не существует прямых алгоритмов построения схемы структурно-функциональных связей видов, составляющих ценоз. Хорошие перспективы в этом направлении открывает использование мультифрактальных спектров зоопланктоценозов (Шурганова и др., 2002; Гелашвили и др., 2003.). По-видимому, также перспективен подход к решению этой задачи с помощью знаковой матрицы сообщества (Логофет, 1978; Левич, 1980). Таким образом, однозначное выделение зоопланктоценозов и последующее исследование их мультифрактальных спектров и матриц сообществ могут служить основой идентификации зоопланктоценозов.

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, отобранные на Чебоксарском водохранилище в период с 1981 по 2002 год на 18 стационарных станциях, расположенных по всей его акватории. Сбор и обработка материалов проводились общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами, приведенными в предшествующей работе авторов данной статьи (Шурганова и др., 2003 а).

При исследовании множеств объектов в многомерном пространстве часто задачам выделения компактных подмножеств (кластеров) сопутствуют задачи дискриминантного анализа, а именно определения тех переменных, вариации которых и описывают наилучшим образом различия элементов разных кластеров. Чаще всего для нахождения этих переменных строится линейная дискриминантная функция следующего вида: $F = C_1Z_1 + C_2Z_2 + C_3Z_3 + \dots$, где Z_i – соответствующая переменная (вид), C_i – коэффициент (разность значений переменной), характеризующий дискриминантную, или определяющую в различии исследуемых зоопланктоценозов, роль этой переменной. В применении к различению зоопланктоценозов это нахождение разности численностей или биомасс C_i видов Z_i . Нахождение в общем случае вида линейной дискриминантной функции представляет собой достаточно длинную итерационную процедуру с применением обучающих последовательностей (Миркин, 1980). Естественно, найденная таким образом дискриминантная функция интерпретируется с большими затруднениями.

Нами для выделения основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища, определения занимаемых ими акваторий, а также для исследования динамики пространственного распределения популяций основных видов зоопланктона применялся метод многомерного векторного анализа (Черепенников и др., 2003;

Шурганова, Черепенников, 2004). Суть его состоит в том, что каждой i -той популяции вида гидробионтов, определённых в пробе, сопоставлялась соответствующая i -тая ось N -мерной ортогональной системы координат. Число N – мерность системы координат – равнялось числу видов в исследуемом биоценозе. Отображение j -той пробы в многомерном пространстве представлялось в этом случае точкой $A_j (a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, \dots a_{Nj})$, где a_{ij} – численность (биомасса) популяции i -того вида в j -той пробе как значение i -той координаты в N -мерной ортогональной системе координат. Чтобы не затруднять читателя обилием индексов, положим для простоты, что j -тая проба соответствует составу j -того ценоза. В таком представлении каждому j -тому ценозу может быть сопоставлен вектор A_j , начинающийся в начале системы координат и заканчивающийся в точке A_j . Использование описанных представлений при обработке данных по численности отдельных видов зоопланктеров позволило выделить на акватории Чебоксарского водохранилища четыре пространственно непрерывные области с соответствующими им зоопланктоценозами: левобережным речным (A), правобережным речным (B), переходным (C) и озерным (D) (Черепенников и др., 2003; Шурганова и др., 2003 б; Шурганова, Черепенников, 2004; Artelnyy et al., 2003). В качестве меры сходства в этом разделении было использовано значение нормированного скалярного произведения векторов, сопоставленных ценозам (Олейников, 1984). Это значение принимается как коэффициент корреляции случайных векторов в N -мерной ортогональной системе координат (Вентцель, 1969). Нужно отметить, что примененный метод кластеризации представляет собой несколько модифицированный метод Браун-Бланке (Шитиков и др., 2003).

Поскольку визуально представить вектор в 170-мерном пространстве (количество видов в зоопланктоценозах Чебоксарского водохранилища) вряд ли возможно, для иллюстрации метода можно свернуть пространство видов к 3-мерному пространству численностей основных групп зоопланктона – Rotatoria, Cladocera, Copepoda. Выделенным зоопланктоценозам Чебоксарского водохранилища сопоставлены в этом пространстве векторы A, B, C и D соответственно. При этом дискриминантные функции определяются векторами AB, AC, AD, BC, BD и CD (рис. 1).

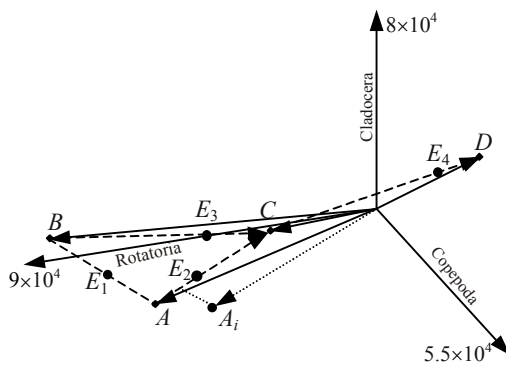


Рис. 1. Представление зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища в пространстве численностей основных групп зоопланктона: A – левобережный, B – правобережный, C – переходный, D – озерный, $\bullet$ – точки, разграничивающие ценозы

Характер внутренних структурно-функциональных связей популяций отдельных видов зоопланктоценоза в векторном представлении отражается соотношением компонент вектора, то есть численностей или биомасс популяций в ценозе (Черепенников и др., 2003). Отметим, что в подобном представлении совершенно естественно определяется линейная дискриминантная функция $F = C_1Z_1 + C_2Z_2 + C_3Z_3 + \dots$,

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ВИДОВ

где Z_i – соответствующий вид, а C_i – разность значений численности этого вида в двух объектах-ценозах. В таком представлении линейная дискриминантная функция является просто ранжированным покомпонентным разложением вектора, соединяющего «центральные точки» кластеров соответствующих ценозов **AC**, **BC**, **CD** – векторов перехода. Дискриминантные функции для основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища приведены в табл. 1 – 3. В них указаны только десять дискриминантных видов с максимальными по модулю коэффициентами C_i .

Таблица 1

Разности численностей (C_i) дискриминантных видов (Z_i)
(компоненты векторов перехода **AB** и **AC**)
левобережного речного зоопланктоценоза и граничащих с ним

Правобережный (AB)		Переходный (AC)	
C_i тыс. экз./м ³	Вид Z_i	C_i тыс. экз./м ³	Вид Z_i
29.05	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	-23.55	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892
-21.70	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	9.50	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller, 1785)
-12.12	Nauplii Copepoda	-9.38	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932
-8.51	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932	8.35	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766
6.92	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	-7.76	<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)
-4.77	<i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785	-3.05	Nauplii Copepoda
-4.10	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	-2.19	Cyclops Juv. Mesocyclops
-3.50	<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	2.17	Copepoda Juv.
-3.16	Copepoda Juv.	1.92	<i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785
2.58	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	-1.56	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)

Таблица 2

Разности численностей (C_i) дискриминантных видов (Z_i)
(компоненты векторов перехода **BA** и **BC**)
правобережного речного зоопланктоценоза и граничащих с ним

Левобережный (BA)		Переходный (BC)	
C_i тыс. экз./м ³	Вид Z_i	C_i тыс. экз./м ³	Вид Z_i
-29.05	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	-20.69	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766
21.70	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	11.87	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller, 1785)
12.12	Nauplii Copepoda	9.07	Nauplii Copepoda
8.51	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932	6.68	<i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785
-6.92	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	-6.13	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851
4.77	<i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785	5.33	Copepoda Juv.
4.10	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	-4.26	<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)
3.50	<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	2.54	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
3.16	Copepoda Juv.	-1.84	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892
-2.58	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	1.35	<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862

Таблица 3

Разности численностей (C_i) дискриминантных видов (Z_i)
(компоненты вектора перехода **CD**) переходного и озерного зоопланктоценозов

Озерный (CD)			
C_i тыс. экз./м ³	Вид Z_i	C_i тыс. экз./м ³	Вид Z_i
14.54	<i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785	-3.43	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
-12.00	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	2.55	Cyclops Juv. Mesocyclops
-11.59	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932	1.53	Nauplii Copepoda
-6.26	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller, 1785)	0.86	<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851
5.71	Copepoda Juv.	0.74	<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Muller, 1785)

Комментируя табл. 1, можно заметить, что в векторном представлении вектор **B**, однозначно отвечающий составу правобережного речного ценоза, может быть получен из вектора **A**, описывающего состав левобережного речного ценоза, путем суммирования последнего с вектором перехода **AB**:

$$\mathbf{B} = \mathbf{A} + \mathbf{AB},$$

где $\mathbf{AB} = \sum_i C_i Z_i$ в соответствии с данными первых двух столбцов табл. 1.

Сравнивая табл. 1 и 2, естественно, можно увидеть, что $\mathbf{AB} = -\mathbf{BA}$.

Анализ таблиц позволяет заключить, что каждый из ценозов характеризуется своими особенностями и динамикой становления. Так, правобережный речной ценоз отличается от левобережного значительно большим количественным развитием реофильных по своим экологическим характеристикам коловраток рода *Brachionus*. Наиболее многочисленным представителем брахионид является *B. calyciflorus* – компонента вектора **AB** – $Z_1 C_1$ (см. табл. 1). В значительно меньшем количестве присутствуют *B. angularis* и *A. priodonta*. В левобережном ценозе по сравнению с правобережным существенно выше численность лимнофильных коловраток *C. unicornis*, *E. dilatata*, *F. longiseta* (компоненты вектора **AB** – $Z_2 C_2$, $Z_4 C_4$, и $Z_7 C_7$ в табл. 1 соответственно), а также науплиальных стадий веслоногих ракообразных (Nauplii Copepoda) и *D. longispina*. Таким образом, различия в экологических характеристиках дискриминантных видов зоопланктона позволяют утверждать, что правобережный зоопланктоценоз несет реофильные, а левобережный – лимнофильные черты (см. табл. 1).

Переходный зоопланктоценоз отличается от левобережного речного существенно меньшей численностью лимнофильных коловраток *C. unicornis*, *E. dilatata*, *F. major*, а также науплиальных стадий (Nauplii Copepoda) и копепоидитных стадий *Mesocyclops* (Cyclops Juv. Mesocyclops) (см. табл. 1). По сравнению с правобережным речным переходный зоопланктоценоз отличается меньшей численностью брахионид. При этом в переходном зоопланктоценозе по сравнению с обоими речными ценозами увеличивается численность *Ch. sphaericus*, *D. longispina*, копепоидитных стадий Cyclopoida (Copepoda Juv.) (см. табл. 2). Таким образом, зоопланктоценоз переходного участка имеет как реофильные, так и лимнофильные черты.

В озерном зоопланктоценозе по сравнению с переходным наблюдается существенное сокращение численности как реофильных, так и лимнофильных коловраток и значительное увеличение численности *D. longispina*, копепоидитных стадий Cyclopoida (Copepoda Juv., Cyclops Juv. Mesocyclops) и менее заметное увеличение численности *C. strenuus*, *B. longirostris* (см. табл. 3). Таким образом, озерный зоопланктоценоз по сравнению с переходным имеет более выраженные озерные черты.

Прикладной аспект использования дискриминантной функции состоит в том, что на её основе можно найти «граничные точки» разделения ценозов. Другими словами, можно определить видовой состав, ориентируясь на дискриминантные виды, где понятия «больше» – «меньше» однозначно определяют принадлежность видового состава пробы к тому или другому ценозу. Понятие «граничной точки», естественно, имеет смысл при разделении реально граничащих в пространстве или во времени зоопланктоценозов. Чаше всего при формальном подходе границей считают точки векторов перехода **AB**, ..., равноудаленные от точек **A** и **B** (см.

рис. 1). Подобный подход реализован в фитоценологии введением понятия полусмен как меры бета-разнообразия сообщества вдоль градиента факторов (Миркин и др., 1989). Поскольку векторы $AB, \dots$ определяют направление наискорейшего перехода между ценозами в пространстве видового разнообразия, сходство очевидно.

В нашем случае это означает, что все ценозы, проекции точек представления которых на вектор AB находятся ближе к точке B , чем к точке E_1 , считаются принадлежащими ценозу B . Соответственно определяется и принадлежность ценозу A . Как уже указывалось, определённая таким образом граница имеет чисто формальный смысл, подразумевая одинаковые унимодальные симметричные вероятностные распределения по численности дискриминантных видов в пробах, принадлежащих ценозам A и B . В то же время наличие достаточно подробных экспериментальных наблюдений ценозов позволяет построить реальную функцию вероятностного распределения координат нахождения точек, изображающих ценозы в многомерном пространстве. Опираясь на эти распределения, можно определить $(N-1)$ -мерную гиперповерхность, которая описывает в этих представлениях границу областей точек, изображающих ценозы (Андерсон, 1963). Однако задачу можно упростить, перейдя к одномерному вероятностному распределению проекции этих точек на соответствующие векторы перехода $AB, \dots$, при этом можно ставить задачу нахождения координат «граничных точек».

На рис. 2 приведены вероятностные распределения проб озерного и переходного ценозов Чебоксарского водохранилища по значениям разности общей численности дискриминантных видов (сумма компонентов дискриминантной функции) в 1988 году. Задача нахождения координат «граничной точки» может быть поставлена с использованием критерия отношения правдоподобия (Феллер, 1984). В этом случае речь идёт об известной задаче нахождения значения x , максимизирующего отношение вероятности принадлежности состава пробы к составу ценоза C по сравнению с составом ценоза D (идеальный наблюдатель):

$$\frac{W_C(x)}{W_D(x)} = 1.$$

Определение значения x -координат «граничной точки» очевидно в том случае, если вероятностные распределения имеют вид, приведённый на рис. 2, то есть $W_C(x)$ и $W_D(x)$ пересекаются лишь в одной точке.

Абсцисса точки пересечения E_4 равна искомому значению x -координат «граничной точки». Отметим, что приведённые на рис. 2 вероятностные распределения соответствуют данным 1988 года в тот период, когда дискриминантные признаки озерного и переходного ценозов были слабо выражены. В более поздние

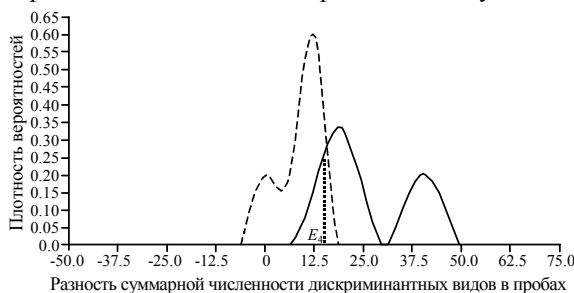


Рис. 2. Вероятностное распределение состава проб озерного (пунктирная линия) и переходного (сплошная линия) ценозов по значениям разности общей численности дискриминантных видов в 1988 году

годы разделение ценозов значительно более отчетливо. Динамика разности общей численности дискриминантных видов и положения «граничных точек» основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища приведена на рис. 3 – 5.

Анализируя динамику численности дискриминантных видов левобережного речного зоопланктоценоза Чебоксарского водохранилища и переходного, можно заключить, что эти различия возникли достаточно быстро после образования во-



Рис. 3. Динамика разности общей численности дискриминантных видов и координат «граничных точек» левобережного (А) и переходного (С) зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища

приобретал все более лимнофильные черты. Динамика состава «граничной точки» для этих ценозов показывает, что межгодовые вариации состава переходного ценоза меньше, чем левобережного речного.

Зоопланктоценоз правобережного речного участка, расположенного ниже впадения р. Оки, в первые десять лет существования водохранилища оставался

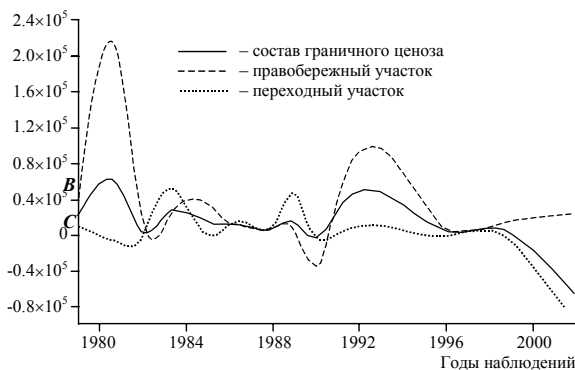


Рис. 4. Динамика разности общей численности дискриминантных видов и координат «граничных точек» правобережного (В) и переходного (С) зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища

дохранялись, испытывая межгодовые вариации, до 1998 года (см. рис. 3). Впоследствии произошло возрастание численности дискриминантных видов, а соответственно и различий ценозов по видовому составу. Рост различий был обусловлен в основном перестройкой переходного ценоза. При этом на левобережном речном участке, находящемся под влиянием Горьковского водохранилища, наблюдались незначительные изменения видового состава, а зоопланктоценоз этого участка водохранилища

приобретал все более лимнофильные черты. Динамика состава «граничной точки» для этих ценозов показывает, что межгодовые вариации состава переходного ценоза меньше, чем левобережного речного. Зоопланктоценоз правобережного речного участка, расположенного ниже впадения р. Оки, в первые десять лет существования водохранилища оставался реофильным при доминировании коловраток *Brachionus*. Далее происходило некоторое снижение численности коловраток и увеличение численности ветвистоусых рачков. Общая численность зоопланктона снижалась. Анализируя динамику численности дискриминантных видов зоопланктоценозов правобережного речного участка и переходного, можно увидеть её сходство с развитием различий левобережного речного и переходного. Различия также возникли достаточно быстро

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ВИДОВ

после образования водохранилища и сохранялись до 1998 года (см. рис. 4). Впоследствии также произошло возрастание численности дискриминантных видов, а соответственно и усиление отличий ценозов по видовому составу. Это было обусловлено в основном перестройкой переходного ценоза. Динамика состава «граничного ценоза» для этих участков водохранилища показывает, что межгодовые вариации состава переходного ценоза несколько меньше, чем правобережного речного, то есть состав переходного ценоза на протяжении значительного периода наблюдений менее изменчив.

Установление и развитие различий между переходным и озерным ценозами происходило иначе, чем между ранее рассмотренными ценозами (см. рис. 5). Как уже было установлено (Черепенников и др., 2003), озерный ценоз однозначно выделился к 1985 году. Начиная с этого момента наблюдалось нарастание отличий озерного и переходного ценозов. При этом увеличение различий в составах данных ценозов происходило за счёт движения в направлении вектора CD , перестройка видового состава ценозов состояла в приобретении всё более лимнофильных черт. В то же время за счёт отличия скоростей перестройки нарастали отличия видового состава этих ценозов. Скорость перестройки озерного ценоза была заметно выше. Динамика состава «граничного ценоза» показывает, что по межгодовым колебаниям видового состава озерный ценоз значительно более консервативен, чем переходный.

Таким образом, на основе экологических характеристик дискриминантных видов основные зоопланктоценозы Чебоксарского водохранилища могут быть определены следующим образом: правобережный речной – реофильный, левобережный речной и озерный – лимнофильные, а переходный ценоз имеет реофильные и лимнофильные черты. Анализируя динамику численности дискриминантных видов основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища, можно заключить, что различие речных ценозов и переходного возникло достаточно быстро после образования водохранилища и сохранялось, испытывая межгодовые вариации, до 1998 года. Впоследствии произошло возрастание различий численности дискриминантных видов и соответственно различий ценозов по видовому составу вследствие перестройки переходного ценоза. Переходный и озерный ценозы отличались скоростью приобретения лимнофильных черт, что и обусловило нарастание отличий их видового состава. Скорость перестройки озерного ценоза была наиболее высокой из всех основных ценозов Чебоксарского водохранилища. Межгодовые колебания видового состава были минимальными в лимнофильном озерном зоопланктоценозе.

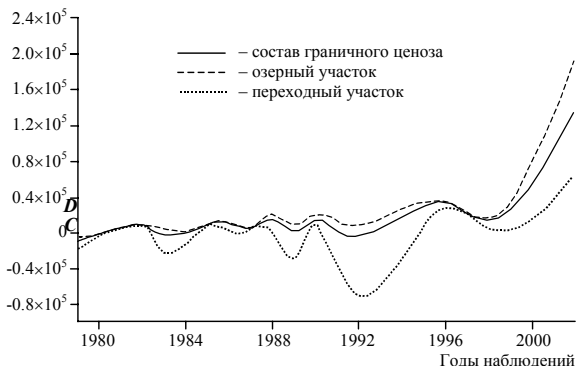


Рис. 5. Динамика разности общей численности дискриминантных видов и координат «граничных точек» переходного (C) и озерного (D) зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность за многочисленные полезные консультации и обсуждение работы профессору Нижегородского университета Давиду Бежановичу Гелашвили.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М.: Физматгиз, 1963. 500 с.

Богатов В.В. Структурно-функциональная организация речных сообществ // Материалы VII съезда гидробиол. о-ва РАН, Казань, 14 – 20 октября 1996 г. Казань: Полиграф, 1996. Т. 1. С. 5 – 9.

Брускова Р.К. Исследование корреляции между индексом видового разнообразия и биомассой зоопланктонного сообщества на разных уровнях интеграции // Журн. общ. биологии. 1972. Т. 33, №1. С. 82 – 86.

Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 188 с.

Вехов Н.В. О возможностях определения границ сообществ в пределах озерной экосистемы // Журн. общ. биологии. 1975. Т. 36, №3. С. 382 – 387.

Гелашвили Д.Б., Шурганова Г.В., Иудин Д.И., Якимов В.Н., Розенберг Г.С. Мультифрак탈ность видовой структуры гидробиоценозов Волжского бассейна // Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3: Тез. докл. Междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. С. 62.

Гиляров А.М. Соотношение биомассы и видового разнообразия в планктонном сообществе // Зоол. журн. 1969. Т. 48, №4. С. 485 – 493.

Гиляров А.М. Структурные особенности пресноводных планктонных сообществ: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1970. 24 с.

Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек в изменяющихся условиях среды: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2003. 42 с.

Кузнецова М.А., Лаврова Т.В. Структура переходных сообществ озерной системы на примере зоопланктоценозов озер Пустынской группы // Наземные и водные экосистемы: Сб. науч. трудов. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1999. С. 57 – 72.

Левич А.П. Структура экологических сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1980. 182 с.

Логофет Д.О. К вопросу о качественной устойчивости // Журн. общ. биологии. 1978. Т. 39, вып. 6. С. 817 – 822.

Миркин Б.Г. Анализ качественных признаков и структур. М.: Статистика, 1980. 320 с.

Миркин Б.М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 224 с.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.

Олейников Б.В. К определению коэффициентов подобия для задач выявления экологической индикаторности сообществ. Красноярск, 1984. Деп. в ВИНТИ №4094-84. 21 с.

Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. Элементы теоретических конструкций современной экологии: Учеб. пособие. Самара: Самарский научный центр РАН, 1999. 396 с.

Романовский Ю.Э., Смуров А.В. Методика исследования пространственного распределения организмов // Журн. общ. биологии. 1975. Т. 36, № 2. С. 227 – 236.

Тимонин А.Г. Структура пелагических сообществ. Видовое разнообразие планктонных сообществ северной части Индийского океана // Океанология. 1972. Т. 12, № 5. С. 874 – 884.

Феллер В. Введение в теорию вероятностей и её приложения. М.: Мир, 1984. Т. 2. 752 с.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ВИДОВ

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. С. 303.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 464 с.

Шурганова Г.В., Черепенников В.В. Оценка динамики соотношения численностей популяций гидробионтов Чебоксарского водохранилища с использованием метода многомерного векторного анализа // Методы популяционной биологии: Материалы VII Всерос. популяционного семинара. Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН, 2004. Ч. 1. С. 246, 247.

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, Борок, 29 октября – 3 ноября 2002. Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 2002. С. 330.

Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В. Динамика пространственного распределения основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Поволж. экол. журн. 2003 г. № 3. С. 297 – 304.

Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В. Особенности основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища в многолетнем аспекте // Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3: Тез. докл. Междунар. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003 б. С. 332.

Шушкина Э.А., Виноградов М.Е., Лебедева Л.П., Умнов А.А. Энергетика и структурно-функциональная характеристика планктонных сообществ Черного моря // Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука, 1980. С. 223 – 243.

Artelnny 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.

Morrisson D.F. Multivariate statistical methods. N. Y.: McGraw-Hill, 1976. 415 p.

Steele J.H. The structure of marine ecosystem. Cambridge (Mass.); L.: Harvard University Press, 1975. 128 p.