

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧИЙ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ОСНОВНЫХ ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МЕТОДОМ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА

© 2004 В.В. Черепенников, Г.В. Шурганова, Д.Б. Гелашвили, Е.В. Артельный

Нижегородский государственный университет

Использование метода многомерного анализа позволило выделить количественные и структурные составляющие различий видовой структуры основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища. Этот подход позволяет более точно идентифицировать сообщества по их видовой структуре, чем широко используемые в гидробиологии и экологии методы.

Решение одной из фундаментальных и традиционных проблем экологии – проблемы определения и идентификации биотических сообществ невозможно без тщательного анализа их видовой структуры. Известно, что 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 [3]. Естественно определить зоопланктоценоз, установив его основные параметры – занимаемую им территорию (область пространства) и структуру трофических связей и энергетического обмена. Поскольку наиболее полными первичными сведениями о зоопланктоне является его видовая структура, то основные параметры должны быть установлены на ее основе. Так, кластерный анализ проб по их видовой структуре с учетом пространственного размещения станций отбора проб, позволяет выявить зоопланктоценозы на основе их пространственного размещения [6, 4, 9]

К сожалению, в настоящее время не существует прямых алгоритмов построения схемы структурно-функциональных связей видов, составляющих ценоз. Еще В.Н. Беклемишев [1] отмечал, что определенные сочетания организмов устойчивы, а промежуточные между ними – неустойчивы. Другими словами, устойчивые структурно-функциональные связи в сложившемся ценозе регулируют динамичес-

кий баланс между численностями (биомассами) различных видов. Этот баланс определяет как видовой состав биотического сообщества, так и соотношение численностей отдельных видов. Поэтому доли численностей отдельных видов характеризуют структурно-функциональные связи [4]. При этом одностороннее для всех видов увеличение или снижение численности организмов ценоза с сохранением соотношения численностей видов – количественные составляющие изменений, не приведут к изменению структуры сообщества и, по всей видимости, мало отразятся на его функционировании. Изменение же видового состава и соотношения численностей отдельных видов влечет за собой структурные перестройки ценоза вплоть до возникновения нового с определенным сочетанием видов и характерными для него количественными показателями развития. Естественно, этот факт находит отражение и в отличиях единичных образцов ценозов, таких, например, как мультифрактальные спектры [2, 5]. Так, ценозы, содержащие в различиях видовой структуры лишь количественную составляющую имеют совершенно идентичные мультифрактальные спектры, а присутствие различий структурных составляющих ведут к различиям мультифрактальных спектров.

В данной работе предлагается использование методов многомерного анализа для определения количественных и структурных различий выделенных ранее основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища [6]. В качестве первичных сведений

использовались многолетние наблюдения численности видов зоопланктоценозов. Естественно, исследование различий энергетического обмена в зоопланктоценозах было бы разумнее проводить на основе анализа распределений видов по их биомассе, но принципиальных изменений предложенной методики это не требует. Суть предлагаемого в настоящей работе метода состоит в том, что каждой i -ой популяции вида гидробионтов сопоставлялась соответствующая i -ая ось N -мерной ортогональной системы координат. Число N – мерность системы координат равнялось числу видов в исследуемом биоценозе. Отображение j -ой пробы в многомерном пространстве представлялось в этом случае точкой A_j ($b_{1j}, b_{2j}, b_{3j}, \dots, b_{Nj}$), где b_{ij} – численность (биомасса) популяции i -го вида в j -ой пробе как значение i -ой координаты в N -мерной ортогональной системе координат. Чтобы не затруднять читателя обилием индексов, положим для простоты, что j -ая проба соответствует составу j -го ценоза. В таком представлении каждому j -му ценозу может быть сопоставлен вектор A_j , начинающийся в начале системы координат и заканчивающийся в точке A_j . Поскольку значения численностей неотрицательны, все векторы A_j располагались в первом из 2^N -тантов N -мерного пространства. Характер структурно-функциональных связей в зоопланктоценозе в таком представлении определялся направлением вектора A_j . Поскольку визуально представить вектор в 170-мерном пространстве (количество видов в зоопланктоценозах Чебоксарского водохранилища) вряд ли представляется возможным, для иллюстрации метода можно свернуть пространство видов к 3-х мерному пространству численностей основных групп зоопланктона – Rotatoria, Cladocera, Copepoda. Так, например, лево- и правобережным речным зоопланктоценозам Чебоксарского водохранилища сопоставлены в этом пространстве векторы A и B соответственно.

В соответствии с развиваемыми нами представлениями [6] вектор AB на рис. 1. характеризуют различия между ценозами. В этих различиях можно выделить количественные и структурные составляющие. Для этого пред-

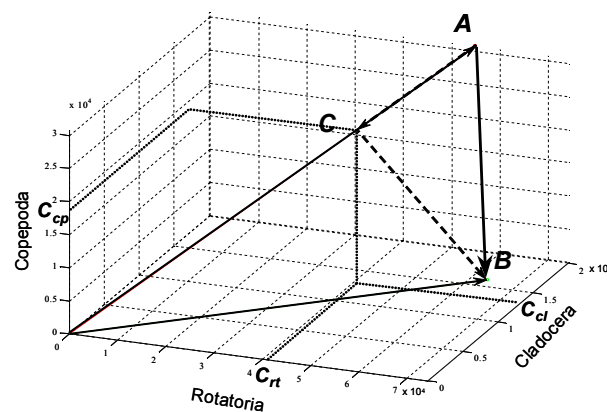


Рис. 1. Представление левобережного – A и правобережного – B зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища в пространстве численностей основных групп зоопланктона (подробности в тексте)

ставим вектор AB как сумму двух векторов. Первый вектор AC – коллинеарен вектору A , то есть имеет то же самое соотношение численностей видов, а потому характеризует лишь количественную составляющую различий видовой структуры зоопланктоценозов. Отметим, что такое определение количественных различий приводит к тому, что в сравнении ценозов все виды одновременно либо увеличивают, либо уменьшают свою численность. Второй вектор – CB направлен по нормали к вектору A и характеризует изменение соотношений в численностях видов, то есть структурные составляющие. Покомпонентные представления векторов AC и CB представляют собой таблицы разностей численностей видов, определяющих количественные и структурные составляющие различий видовой структуры ценозов.

Использование описанных представлений при обработке данных по численности отдельных зоопланктеров позволило оценить как количественные, так и структурные составляющие различия видовой структуры основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища.

Рассмотрим подробнее эти различия.

Те же данные могут быть представлены табл. 1.

Для решения задач идентификации ценоза наиболее важен анализ его структурных характеристик. Поэтому в работе основное внимание уделено структурным различиям

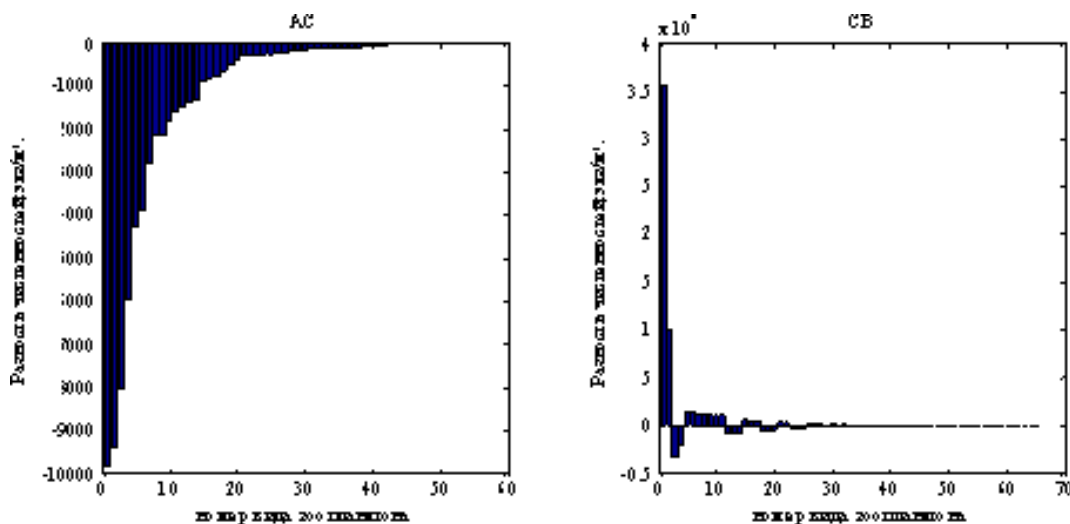


Рис. 2. Диаграмма разностей численностей видов зоопланктона, ранжированных по их модулю и определяющих количественные (компоненты вектора **АС**) и структурные (компоненты вектора **СВ**) составляющие различий левобережного и правобережного речных зоопланктоценозов

зоопланктоценозов. Так, правобережный ценоз отличается от левобережного во-первых, существенным превышением доли реофильной коловратки *Brachionus calyciflorus*, во-вторых, *Brachionus angularis* (рис. 2). При этом в правобережном зоопланктоценозе отмечается заметное снижение доли численности лимнофильной коловратки *Conochilus unicornis* и науплиальных стадий *Copepoda*. Таким образом, правобережный зоопланктоценоз имеет ярко выраженные реофильные черты вследствие значительно большей доли

численности реофила *Brachionus calyciflorus* и отсутствия лимнофильных коловраток *Conochilus unicornis*.

Из табл. 2. видно, что переходный ценоз структурно отличается от левобережного речного существенным возрастанием доли численности как реофильных (*Brachionus calyciflorus*), так и лимнофильных коловраток (*Euchlanis dilatata* и *Filinia longiseta*), а также доли науплиальных и копеподитных стадий *Copepoda*. При этом в зоопланктоценозе переходного участка водохранилища

Таблица 1. Различия численностей видов зоопланктона, определяющих количественные и структурные составляющие отличий видовой структуры левобережного и правобережного речных зоопланктоценозов

Количественные составляющие		Структурные составляющие	
вид	Различия численностей, экз./м ³	вид	Различия численностей, экз./м ³
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	-9853,42	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	23723,81
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932	-9402,09	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	16661,49
Nauplii Copepoda	-8037,91	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	-13999,81
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller, 1785)	-5970,44	Nauplii Copepoda	12372,59
<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	-4222,87	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	-7844,87
Copepoda Juv.	-3899,83	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932	7736,21
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	-2771,85	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Muller, 1785)	-5606,07
<i>Daphnia longispina</i> O. F. Muller, 1785	-2120,75	<i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786)	3475,13
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Muller, 1785)	-2116,46	<i>Brachionus variabilis</i> Hempel, 1896	-2917,94
<i>Cyclops</i> Juv. <i>Mesocyclops</i>	-1797,42	<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	2377,70

Таблица 2. Различия численности видов, определяющих количественные и структурные отличия между левобережным и переходным зоопланктоценозами

Количественные составляющие		Структурные составляющие	
Вид	Различия численностей, экз./м ³	вид	Различия численностей, экз./м ³
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	-3188,51	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	19542,96
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932	-3042,46	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1932	15309,31
Nauplii Copepoda	-2601,02	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	8986,22
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller, 1785)	-1932,00	Nauplii Copepoda	6987,75
<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	-1366,50	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	-6814,70
Copepoda Juv.	-1261,96	Copepoda Juv.	5082,34
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	-896,95	<i>Filinia major</i> (Colditz, 1914)	-3794,22
<i>Daphnia longispina</i> O. F. Muller, 1785	-686,26	<i>Daphnia longispina</i> O. F. Muller, 1785	3682,44
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Muller, 1785)	-684,87	<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller, 1785)	2380,30
<i>Cyclops</i> Juv. <i>Mesocyclops</i>	-581,63	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Muller, 1785)	-2148,18

заметно снижена доля характерных для левобережного речного участка коловраток *Conochilus unicornis* и *Filinia major*. Таким образом, за счет различий в долях численности этих видов, зоопланктоценоз переходного участка водохранилища более реофилен, чем ценоз левобережного речного.

Отличия структуры переходного зоопланктоценоза от правобережного речного заключаются в значительном возрастании в первом доли лимнофильных коловраток *Euchlanis dilatata*, *Filinia longiseta*, науплиальных и копеподитных стадий Copepoda (табл.3.). На переходном участке возрастают также доли численности *Chydorus sphaericus* и лимнофильной *Daphnia longispina*, а также снижается численность реофильных коловраток *Brachionus angularis* и *Brachionus calyciflorus*. Вследствие этого переходный зоопланктоценоз по сравнению с правобережным речным имеет более лимнофильные черты.

В озерном ценозе наиболее существенный вклад в структурные различия по отношению к переходному зоопланктоценозу вносит возрастание доли ветвистоусых

рачков *Daphnia longispina* и *Chydorus sphaericus*, а также копеподитных стадий веслоногих (табл.4.). При этом в озерном ценозе по сравнению с переходным снижается доля численности как лимнофильных коловраток *Euchlanis dilatata*, так и реофильных - *Brachionus calyciflorus*. Структурные различия этих ценозов заключаются в значительном возрастании доли крупных ветвистоусых рачков при уменьшении доли коловраток. Структура озерного зоопланктоценоза характерна для озеровидных расширений и приплотинных плесов Волжских водохранилищ.

Таким образом, использование метода многомерного анализа позволяет более точно сравнивать видовую структуру зоопланктоценозов. При этом выделяются количественные и структурные различия. На этой основе возможна достаточно точная идентификация сообществ по их видовой структуре.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 03-05-65064.

Таблица 3. Различия численности видов, определяющих количественные и структурные отличия между правобережным и переходным зоопланктоценозами

Количественные составляющие		Структурные составляющие	
вид	Различия численностей, экз./м ³	вид	Различия численностей, экз./м ³
Brachionus calyciflorus Pallas, 1766	-11517,96	Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1932	22625,70
Brachionus angularis Gosse, 1851	-3119,69	Nauplii Copepoda	15535,75
Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1932	-2383,92	Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)	10485,62
Chydorus sphaericus (O. F. Muller, 1785)	-1233,57	Copepoda Juv.	8671,02
Filinia major (Colditz, 1914)	-1221,13	Chydorus sphaericus (O. F. Muller, 1785)	7659,40
Conochilus unicornis Rousselet, 1892	-1054,17	Daphnia longispina O. F. Muller, 1785	6036,11
Nauplii Copepoda	-1022,94	Brachionus angularis Gosse, 1851	-5411,82
Bosmina longirostris (O. F. Muller, 1785)	-827,56	Conochilus unicornis Rousselet, 1892	4115,42
Copepoda Juv.	-743,60	Brachionus calyciflorus Pallas, 1766	-2732,46
Keratella quadrata (Muller, 1786)	-658,20	Mesocyclops leuckarti Claus, 1857	1785,92

Таблица 4. Различия численности видов, определяющих количественные и структурные различия между переходным и озерным зоопланктоценозами

Количественные составляющие		Структурные составляющие	
вид	Различия численностей, экз./м ³	вид	Различия численностей, экз./м ³
Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1932	-13197,18	Daphnia longispina O. F. Muller, 1785	23723,81
Brachionus calyciflorus Pallas, 1766	-10971,72	Chydorus sphaericus (O. F. Muller, 1785)	16661,49
Nauplii Copepoda	-8408,27	Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1932	-13999,81
Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)	-5178,65	Copepoda Juv.	12372,59
Chydorus sphaericus (O. F. Muller, 1785)	-4921,59	Brachionus calyciflorus Pallas, 1766	-7844,87
Copepoda Juv.	-4876,71	Nauplii Copepoda	7736,21
Daphnia longispina O. F. Muller, 1785	-3084,78	Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)	-5606,07
Conochilus unicornis Rousselet, 1892	-3060,94	Cyclops Juv. Mesocyclops	3475,13
Mesocyclops leuckarti Claus, 1857	-958,83	Conochilus unicornis Rousselet, 1892	-2917,94
Filinia major (Colditz, 1914)	-900,21	Bosmina longirostris (O. F. Muller, 1785)	2377,70

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беклемишев В.Н. Об общих принципах организации жизни //Бюлл. МОИП. 1964. Т. 69. Вып.2.
2. 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. Тезисы докладов. Междунар. конференции (15-19 сентября 2003. Тольятти). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.
3. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975.
 4. *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. Тезисы докл. Междунар. конференции. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.
 5. *Шурганова Г. В., Иудин Д. И., Гелашивили Д. Б., Якимов В. Н.* Мультифрактальный анализ видового разнообразия зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Актуальные проблемы водохранилищ. Тез. докл. Всероссийской конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. 29 октября - 3 ноября 2002, Борок, Россия. Ярославль: ИЭВБ РАН, 2002.
 6. *Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В.* Динамика пространственного распределения основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2003. №3.
 7. *Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Артельный Е.В.* Особенности основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища в многолетнем аспекте // Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3. Тезисы докл. Междунар. конференции. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.
 8. *Шурганова Г.В., Черепенников В.В.* Оценка динамики соотношения численностей популяций гидробионтов Чебоксарского водохранилища с использованием метода многомерного векторного анализа // Методы популяционной биологии. Сборник материалов VII Всероссийского популяционного семинара. Ч.1. Сыктывкар: Коми научн. Центр УрО РАН, 2004.
 9. *Artelnyy E.V., Shurganova 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.

RESEARCH OF DISTINCTIONS OF SPECIFIC STRUCTURE OF THE MAIN ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF CHEBOKSARSKOE RESERVOIR USING METHOD OF MULTIVARIATE ANALYSIS

© 2004 V.V. Cherepennikov, G.V. Shurganova, D.B. Gelashvili, E.V. Artel'nyy

Nizhni Novgorod State University

Use of a method of the multivariate analysis has allowed to allocate quantitative and structural components of distinctions of specific structure of the main zooplanktocoenosis of Cheboksarskoe reservoir. This approach allows to identify more precisely communities on their specific structure, than widely used in hydrobiology and ecology methods.