

На правах рукописи

Жданова (Смирнова) Светлана Михайловна

**СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА  
МЕЛКОВОДНОГО ВЫСОКОТРОФНОГО ОЗЕРА НЕРО  
(ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

03.00.18 – Гидробиология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

БОРОК - 2009

Работа выполнена в Институте Биологии Внутренних Вод им. И.Д. Папанина РАН

Научный руководитель:

кандидат биологических наук  
Лазарева Валентина Ивановна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук  
Смирнов Николай Николаевич

кандидат биологических наук  
Добрынина Татьяна Ивановна

Ведущая организация:

Институт озероведения РАН

Защита диссертации состоится 3 марта 2009 года в 10:00 на заседании  
диссертационного совета ДМ 002.036.01 при Институте биологии внутренних вод  
им. И.Д.Папанина РАН по адресу:

152742, п. Борок Некоузского р-на Ярославской обл.

Тел./факс: (48547) 24042

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии внутренних  
вод им. И.Д.Папанина РАН

Автореферат разослан

2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
канд. биол. наук



Л.Г. Корнева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Исследование процессов эвтрофирования современных водных экосистем чрезвычайно актуально. Особенно интересны водоемы, в которых естественное эвтрофирование сочетается с антропогенным, примером которых можно считать оз. Неро. Это самое крупное озеро на территории Ярославской области. Для него характерны мелководность, слабопроточность, высокий трофический статус, огромные запасы сапропеля (Бикбулатов и др., 2003). Это уникальный водоём, находящийся уже тысячи лет на поздней стадии олиготрофно-эвтрофной сукцессии. Озеро имеет рекреационное значение, и на его акватории велся промышленный лов рыбы. В связи с этим исследование сообщества зоопланктона озера имеют практическое значение для оценки уровня загрязнения вод и кормовой базы рыб.

Индикаторная роль зоопланктона в процессах эвтрофирования водоемов доказана, и на современном этапе достаточно полно разработана система показателей этого сообщества, которые могут быть использованы при диагностике трофического статуса водных масс (Андроникова, 1989, 1996; Крючкова, 1989). Кроме того показано, что характеристики зоопланктона позволяют выявить различия разных уровней эвтрофии (Haberman, Künnap, 2002; Haberman, Laugaste, 2003; Haberman et al., 2007).

Важность многолетних исследований компонентов экосистемы неоспорима, поскольку именно по ним можно судить об интенсивности и направлении процессов, протекающих в водоеме (Андроникова, 1980). Первые упоминания о зоопланктоне оз. Неро приводятся в работах А.А. Кулемина (1930) по питанию леща и Н.В. Кордэ (1956) по изучению истории фауны с плейстоцена до позднего голоцена по останкам животных в донных осадках. Позднее подробно фауну зарослей изучали в 1962 г. А.В. Монаков и В.А. Экзерцев (1970). Масштабное исследование оз. Неро проводилось в 80-х годах прошлого века специалистами ИБВВ им. Папанина АН СССР. В рамках этой программы обстоятельно и подробно зоопланктон озера описан И.К. Ривьер и В.Н. Столбуновой (1991). Усиление антропогенного влияния промышленных и бытовых стоков, а также добычи сапропеля в конце XX века вызвало новый интерес к экосистеме озера. Важно отметить, что именно с этого периода во многих водоемах наблюдались значительные изменения в количестве и структуре зоопланктона (Ковалевская и др., 2003; Остапеня, 2005; Мнацаканова, 2005; Laugaste, Haberman, 2005; Laugaste et al., 2007), вызванные различными факторами.

**Цель и задачи исследования.** Цель работы состояла в изучении современных состава, структуры и динамики сообщества зоопланктона, как одного из основных компонентов экосистемы высокотрофного оз. Неро.

В рамках цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Выявить современный видовой состав и оценить динамичность фауны зоопланктона.
2. Изучить таксономическую, размерно-массовую и трофическую структуру зоопланктона.
3. Проанализировать пространственное распределение зоопланктона.
4. Исследовать сезонную и многолетнюю динамику обилия зоопланктона открытой части оз. Неро.
5. Оценить трофический статус оз. Неро по показателям зоопланктона.

**Научная новизна** исследования. Определен современный видовой состав зоопланктона оз. Неро. Описаны новые для водоема виды, активно расселяющиеся по каскаду Верхне-Волжских водохранилищ. Получены сведения об изменениях в сообществе зоопланктона по сравнению с предыдущими исследованиями (1987–1989 гг.), в частности снижение общего количества зоопланктона и перестройка доминантного комплекса коловраток. Впервые изучена трофическая структура зоопланктона высокотрофного озера и ее особенности в разные сезоны вегетационного периода в рамках комплексных исследований «потoki энергии в трофических сетях», так летом для сообщества зоопланктона характерны более сильные межвидовые взаимодействия по сравнению с другими сезонами. Выявлено, что пространственное распределение коловраток и ракообразных в озере зависит от ряда факторов, одним из которых является циркуляция водных масс. Проведена современная оценка трофического статуса оз. Неро по организмам зоопланктона.

**Практическая значимость.** Полученные данные по зоопланктону – часть комплексных исследований экосистемы оз. Неро, проводимых совместно Ярославским Государственным Университетом им. П.Г. Демидова и Институтом Биологии Внутренних Вод им. И.Д. Папанина РАН. Проведенные исследования необходимы для выявления закономерностей функционирования водоема, разработки научных основ экологического мониторинга озера и выработки рекомендаций по реконструкции экосистем эвтрофных озер умеренной зоны. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методических материалов и курсов по «Общей гидробиологии», «Экологии».

**Апробация работы.** Материалы, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на V научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых вузов «Ярославский край. Наше общество в третьем тысячелетии»

(Ярославль, 2004), на IV международной конференции по коловраткам: «Коловратки (таксономия, биология и экология)» (Борок, 2005), на Российской научной конференции «Динамика современных экосистем в голоцене» (Москва, 2006), на XI съезде Гидробиологического общества РАН (Тольятти, 2006), на III Международной научной конференции «Озерные экосистемы: Биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды (Минск – Нарочь, 2007), на I Международной школе-конференции «Актуальные вопросы изучения микро-, мейо-зообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов» (Борок, 2007), на Всероссийской школе-конференции «Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология» (Борок, 2007), а так же на научных сессиях Лаборатории экологии водных беспозвоночных ИБВВ РАН (2006–2007 гг.)

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 1 – в ведущем рецензируемом научном журнале (перечень ВАКа).

**Содержание работы.** Диссертация изложена на 177 страницах и состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы и 3 приложений. Текст иллюстрирован 21 рисунком, 27 таблицами. Список литературы содержит 190 источников, из них 65 на иностранном языке.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю В.И. Лазаревой за неоценимую помощь в исследованиях и написании работы. Искренне признательна к.б.н., доценту кафедры зоологии и экологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова О.В. Бабаназаровой за всестороннюю поддержку и организацию работ на оз. Неро, а также сотрудникам и студентам кафедры зоологии и экологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова за техническую помощь в проведении исследований; кроме того, сотрудникам Рыбинспекции г. Ростова Великого за помощь в выездах на водоем. Сердечно благодарю всех сотрудников лаборатории экологии водных беспозвоночных ИБВВ РАН за дружеское отношение и творческую помощь при написании и обсуждении работы. Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Интеграция высшего образования и науки России» (грант Э-0373/730).

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **ГЛАВА 1. ЭВТРОФИРОВАНИЕ ВОДОЕМОВ**

На основе литературных данных рассмотрены история развития представлений о трофическом статусе водоемов, основные показатели эвтрофирования. Выделены главные особенности сообществ зоопланктона эвтрофных и гипертрофных водоемов, показаны особенности взаимодействия сообществ зоопланктона и фитопланктона,

роль хищничества и макрофитов в формировании структуры сообщества планктонных животных.

## ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗ. НЕРО И ЕГО ВОДОСБОРА

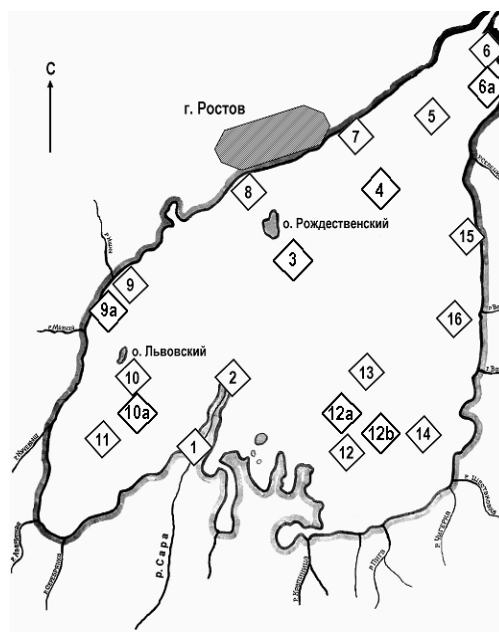
В главе рассмотрены основные характеристики гидрологического, гидрохимического режимов, особенности сообществ макрофитов, фитопланктона, рыбного населения озера. Показана степень изученности сообщества зоопланктона до 1990 г. По большинству показателей и особенностям компонентов экосистемы водоем описывается как эвтрофный с элементами гипертрофии (Состояние экосистемы ..., 2008).

## ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### 3.1. Материал

Исследования зоопланктона оз. Неро проводили в мае–октябре 2002–2006 гг. Регулярные наблюдения проходили 1–2 раза в месяц с мая по октябрь на трех станциях (ст. 3, 4, 5) в центральной части озера и двух (ст. 7, 8) в литорали на расстоянии 100–200 м от берега, на котором расположен г. Ростов (рис. 1). В 2004 г. дополнительно в число подробно обследуемых станций включали литораль под восточным берегом озера вблизи с. Угодичи (ст. 15) и исток р. Вёкса (ст. 6). В марте 2004 г. проведена подледная съемка зоопланктона на станциях №3, 4, 8. В июле 2003–2004 гг., мае и июле 2006 гг. обследовали всю акваторию озера (14–16 станций) по схеме, близкой к принятой в конце 80-х годов XX в.

(Современное состояние..., 1991). В июле 2006 г. изучали зоопланктон основных зарослей водоема. За период исследования 2002–2006 гг. собрано и обработано 173 пробы. В работе использованы данные по видовому составу пространственной съемки в июле 2002 г. (9 станций), полученные А.А. Гиричем на кафедре зоологии и экологии Ярославского Государственного Университета им. П.Г. Демидова. В работе использованы данные по прозрачности воды, температуре, содержанию хлорофилла “а”, полученные сотрудниками и студентами кафедры экологии и зоологии ЯрГУ в самостоятельных и совместных с ИБВВ РАН экспедиционных выездах на оз. Неро.



**Рис.1.** Схема расположения станций отбора проб на оз. Неро

### 3.2. Методы сбора и обработки проб

Пробы отбирали ведром с поверхности, объем профильтрованной воды через газ №70 (диагональ ячеи 120 мкм) составлял 50 л. В подледный период пробы отбирали с помощью батометра Рутнера, объем пробы составлял 10 л. В мае и конце июля 2003 и 2004 гг. сбор проб проводили сетью Джели (газ № 70, диаметр входа 12 см). Камеральную обработку фиксированного 4%-ым формалином зоопланктона проводили по общепринятой в гидробиологии методике (Киселев, 1969; Методические рекомендации, 1984). Полученные значения использовались для расчетов биомассы планктонных животных. Масса тела определялась по ее зависимости от длины (Балушкина, Винберг, 1979; Ruttner-Kolisko, 1977). Обработку проб проводили на кафедре зоологии и экологии ЯрГУ им. Демидова и в лаборатории экологии водных беспозвоночных ИБВВ РАН.

### 3.3. Математический анализ данных

**Встречаемость** видов оценивали как отношение числа проб, где вид присутствовал, к общему числу проб (Песенко, 1982).

**Комплексы доминантных** (структурообразующих) видов в сообществе выделяли по относительной численности при нижнем уровне доминирования 5%. Относительную численность определяли отдельно для крупных таксономических групп (ракообразные, коловратки) в каждой пробе (Lazareva, 1995).

**Видовое богатство** рассчитывали как на пробу, так и в целом за вегетационный период. Кроме того использовали индекс видового богатства Маргалефа ( $I_M$ ). **Видовое разнообразие** оценивали по индексу Шеннона-Уивера ( $H$ , бит/экз.).

**Уровень доминирования** определяли с помощью двух показателей: индекса Симпсона (Одум, 1985; Песенко, 1982) и индекса Бергера – Паркера. Так как относительную численность рассчитывали отдельно для коловраток и ракообразных, то последний индекс был модифицирован – нормирован по максимуму.

**Сходства** между видовым составом экологических выборок оценивали с помощью – индекса Чекановского-Сьеренсена как по качественным данным, так и по количественным данным (Песенко, 1982). Так как относительное обилие видов рассчитывали отдельно для коловраток и ракообразных, то значения индекса изменялись от 0 до 2. При построении дендрограмм индекс сходства нормировали по максимальному значению (Lazareva, 1995). Для объединения объектов в группы проводили иерархический кластерный анализ методом ближнего соседа.

**Оценка динамичности сообщества.** Для оценки степени сходства состава зоопланктона последовательных сопряженных лет наблюдений использовали индекс Шимкевича-Симпсона. По сравнению с предыдущим годом определяли число

постоянных видов ( $S_n$ ), число исчезнувших ( $S_n$ ) и число появившихся ( $S_d$ ). Отношение  $(S_n+S_d)/ S_n$  согласно методике (Титлянова и др., 1993) рассматривали как показатель динамичности фауны ( $V_s$ ).

Для количественного выражения **приуроченности** отдельных видов животных к определенным ассоциациям высшей водной растительности использовали индекс относительной биотопической приуроченности (Песенко, 1982). Оценку достоверности разницы долей определяли методом «фи» с использованием критерия Фишера (Плохинский, 1980). Для оценки эвритопности каждого вида для данного набора местообитаний применяли индекс относительной эвритопности ( $F_3$ ) (Баканов и др., 2001б).

**Связь структуры** сообщества зоопланктона с некоторыми биотическими и абиотическими факторами среды была исследована методом пошаговой множественной регрессии (пакет статистических программ Statistica 6.0). Для анализа связи между различными параметрами сообщества и среды использовали непараметрический коэффициент корреляции Спирмена.

**Конструирование и анализ трофической сети.** Трофические сети строили отдельно для различных сезонов 2004 г.: весна, первая половина лета, вторая половина лета и осень. Деление на трофические группы проводили традиционным способом. При построении трофической сети учитывали следующие факторы: избирательность питания хищников (Гутельмахер и др., 1988; Крылов, 1989; Кутикова, 1970; Монаков, 1976); концентрация пищевых организмов; распределение видов в пространстве. Для количественной оценки сложности и своеобразия структуры трофических сетей использовали следующие параметры: число нехищных видов; число хищных видов; число хищных видов высшего порядка; относительная значимость хищничества – соотношение числа хищных и нехищных видов; доля видов факультативных хищников; уровень каннибализма – доля каннибалов в общем числе видов; число связей хищник–жертва, включая каннибализм; плотность связей хищник–жертва; максимальная длина трофической сети; генерализация – среднее число видов жертв, поедаемых одним видом. Учитывали также число генерализующих видов хищников, для которых в данной сети число потенциальных жертв было равно или превышало уровень генерализации. Связанность в сообществе (Pimm, 1991) определяли как отношение количества реализованных парных взаимодействий к числу потенциально возможных:

$C=2TL/(S(S-1))$ , где TL – количество связей «потребитель–ресурс», S – число видов, включенных в трофическую сеть.

**Фаунистический индекс** трофности А.Х. Мязметса (1980) рассчитывали на весь список за вегетационный период.

# ГЛАВА 4. СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ОЗ. НЕРО

## 4.1. Состав и встречаемость видов

На сегодняшний день список фауны озера насчитывает 135 видов. В 2002–2006 гг. в водоеме найдены 27 семейств, 55 родов и 93 вида, основную часть которых (>60%) составляют коловратки. Большая часть видов – представители прудового, прудово-озерного зоопланктона или эвритопные виды, широко распространенные во всей Палеарктике и Голарктике, что вероятно связано с мелководностью озера и его высоким трофическим статусом. По отношению к температуре большинство видов можно охарактеризовать как эвритермные и умеренно-тепловодные. В сборах 2002–2006 гг. не обнаружено 19 видов коловраток и 15 видов рачков, которых отмечали в 1987–1989 гг. (Ривьер, Столбунова, 1991; Столбунова, 2006). Большинство из них зарослевые и бентосные формы, которые возможно не были найдены из-за сравнительно небольшого объема специальных исследований в основных местах их обитания. Однако сам факт, что за столь продолжительный период регулярных наблюдений ни разу не были зафиксированы >30 видов, свидетельствует об их низкой численности и встречаемости. В 2002–2006 гг. впервые для озера отмечены 14 видов коловраток, три из них *Trichocerca pusilla* (Laut.), *Asplanchna girodi* Guerne, *A. henrietta* Langh. вошли в комплекс доминантных видов (Лазарева, Смирнова, 2005).

Виды *Mesocyclops leuckarti* Claus, *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *Keratella cochlearis* Carlin и *Asplanchna priodonta* Gosse, имеющие встречаемость более 50% проб как в отдельные сезоны года и на разных участках озера, так в целом за вегетационные периоды 2002–2005 гг., можно отнести к постоянному компоненту фауны озера.

**Таблица 1.**

Число видов основных таксономических групп зоопланктона

Группа	Год						
	1987–1989*	2002	2003	2004	2005	2006	2002–2006
Rotifera	53 (71)**	24	30	28	24	31	47 (58)
Cladocera	37 (40)	9	10	16	5	21	31
Copepoda	15 (17)	4	5	9	3	9	15
Всего	105 (130)	37	45	53	32	61	93 (104)

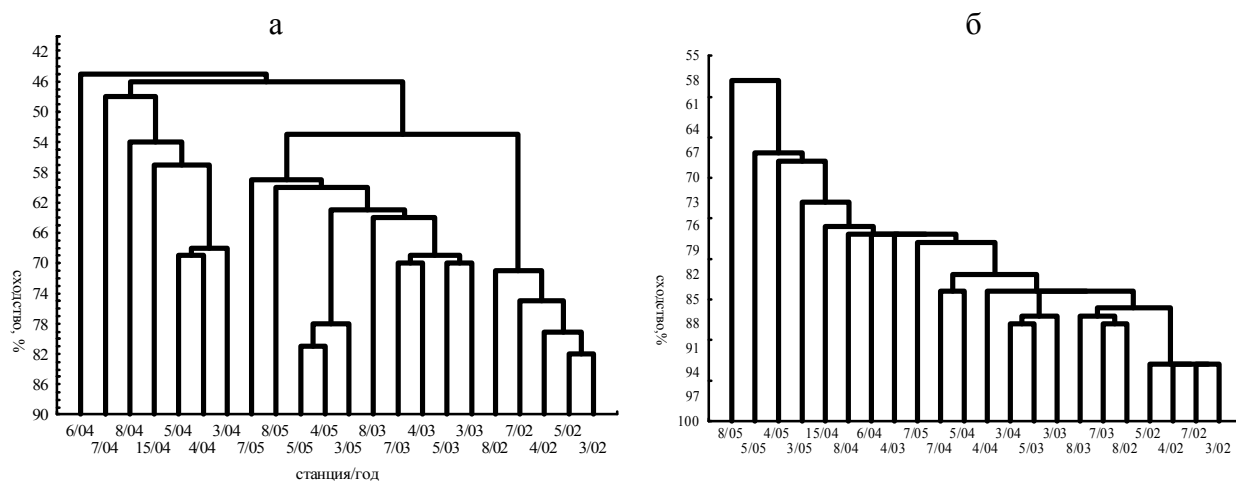
\* – данные (Ривьер, Столбунова, 1991; Столбунова, 2006)

\*\* – число видов без учета подвидов, в скобках – с их учетом

## 4.2. Структура сообщества

### 4.2.1. Таксономическая структура

**Таксономическая структура.** Состав доминантных видов зоопланктона оз. Неро характерен для водоемов, расположенных в центральном регионе России и близок к таковым в высокотрофных озерах Европы.



**Рис. 2** Сходство доминантных комплексов коловраток (а) и ракообразных (б) оз. Неро в 2002–2005 гг.

**Доминантный комплекс коловраток.** В 2002–2005 гг. в состав доминантов входили 5–8 видов коловраток. Наличие постоянных, формирующих структурообразующий комплекс в течение 3–4 лет видов (*Brachionus diversicornis* (Daday), *Keratella quadrata* (O.F. Müller), *K. cochlearis*, *Conochilus unicornis* Rousselet, *Asplanchna girodi*, *A. priodonta*) обеспечивало относительно высокий уровень сходства доминантных комплексов разных лет (46–84%). Фактически в каждый вегетационный период складывалась своеобразная группировка структурообразующих видов (рис. 2). В 1987–1989 гг. на большей части акватории доминантный комплекс коловраток формировали 5 видов (*A. priodonta*, *Keratella quadrata*, *Brachionus angularis* Gosse, *Filinia longiseta* (Ehrenb.), *Brachionus diversicornis*). В многолетнем аспекте отмечены тенденции изменения состава и обилия коловраток: рост количества доминирующих таксонов в родах *Asplanchna*, *Trichocerca*, *Synchaeta*; снижение обилия *Asplanchna priodonta* и увеличение доли в планктоне новых для озера видов *A. girodi*, *A. henrietta*. Снижение численности вида-индикатора олиготрофии *Conochilus unicornis*, смены доминантных видов рода *Brachionus* в направлении *B. angularis* → *B. diversicornis* могут быть оценены как признаки эвтрофирования.

**Доминантный комплекс ракообразных.** В 2002–2005 гг. в сообществе ракообразных озера постоянно доминировали три эвритопных вида: *Mesocyclops*

*leuckarti*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, что обеспечивало высокий уровень сходства доминантных комплексов ракообразных на открытых участках водоема в разные годы (рис. 2б). С 2003 г. к структурообразующим видам добавился *Paracyclops fimbriatus* (Fischer), в 2004–2005 гг. – *Thermocyclops crassus* Sars. В 1987–1989 гг. в качестве основных видов ракообразных оз. Неро указывали те же три эвритопных вида (Ривьер, Столбунова, 1991). Состав доминантных видов ракообразных в оз. Неро относительно стабилен с 1987 г. Преобладание таких мелкоразмерных видов свидетельствует о высокой степени трофии озера (Андроникова, 1996; Крючкова, 1989; Haberman, Laugaste et al, 2007).

**Видовое богатство.** В пробе зоопланктона насчитывали обычно 9–15 видов. Это близко к минимальным значениям показателя для Рыбинского водохранилища и малых эвтрофных озер Вологодской обл. (Лазарева, 1993, 1997). Ежегодно находили 30–50% видов из общего списка, что свидетельствует о низкой плотности популяций большинства видов, вследствие этого они не каждый год попадали в планктонные сборы. Индекс нумерического видового богатства варьировал в разные годы (0.8–1.1), его средние значения за вегетационный период вдвое ниже таковых (1.8–2) в мелководном эвтрофном оз. Баторино в Белоруссии (Экологическая система..., 1985).

**Показатели видового разнообразия и оценки уровня доминирования.** В оз. Неро в 2002–2006 гг. средние значения разнообразия по Шеннону в сообществе зоопланктона варьировали на уровне мезотрофных и эвтрофных озер (1.8–2.4 бит/экз.). Полученные значения близки к таковым описанным, ранее (Ривьер, Столбунова, 1991). Для зоопланктона оз. Неро характерны два подъема видового разнообразия (весенний и осенний), что связано главным образом с особенностями сезонной динамики доминирующих видов.

Показатель видового разнообразия обратно пропорционально связан с показателем доминирования ( $r = -0.89$ , при  $p \leq 0.05$ ), поскольку высокие значения этого показателя указывают на низкую концентрацию доминирования. Уровень доминирования (0.15–0.42) в сообществе зоопланктона оз. Неро характерен для мелководных эвтрофных водоемов (0.13–0.53) (Лазарева, 1993, 1997). Анализ характера кривых «доминирование–разнообразие» показал, что наиболее высок уровень доминирования в таксоценозах рачков оз. Неро, где весь сезон доминируют в основном три вида.

#### 4.2.2. Размерно-массовая структура

Средняя масса организма зоопланктона тесно коррелирует с трофическим статусом озер, она положительно связана с долей в планктоне крупных ракообразных и отрицательно – с долей мелких коловраток (Андроникова, 1996). В оба периода (1987–1989 и 2002–2005 гг.) наблюдали низкую среднюю массу зоопланктеров, которая близка к таковой для большой группы эвтрофных озер (Андроникова, 1996). Средняя за вегетационный период масса тела зоопланктера в 2002–2005 гг. изменялась от 4.4 до 11.84 мкг ( $5.87 \pm 0.44$  мкг). В предыдущий период исследования (Ривьер, Столбунова, 1991) наблюдали значения средней массы тела от 4.4 мкг в 1988 г. до 8 мкг в 1989 г. Сезонные изменения средней массы тела организмов зоопланктона связаны с доминированием тех или иных видов. Максимальные значения наблюдали в периоды массового развития коловраток р. *Asplanchna*. В отличие от других лет исследований в 2004 г. высокие значения отмечены со второй половины лета – из-за преобладания в планктоне копеподитов и взрослых особей *Mesocyclops leuckarti*.

В целом, низкие значения  $\bar{W}$  указывают на небольшую ценность зоопланктона оз. Неро в качестве корма для взрослых рыб, но его количество способно обеспечить хорошее питание молоди.

#### 4.2.3. Трофическая структура

Трофическая структура зоопланктона оз. Неро проанализирована впервые и с учетом ее сезонных изменений. Прослежены сезонные изменения соотношения мирного, хищного и всеядного зоопланктона. Весной доминируют мирные коловратки – микрофито- и детритофаги (93% общей биомассы зоопланктона). В первой половине лета – мирные рачки микрофито- и детритофаги (36%) и факультативные хищники циклопы (51%). Во второй половине лета – факультативные хищники циклопы (74%). Осенью – мирные рачки микродетрито- и фитофаги (58%) и всеядные коловратки.

Выявлено, что трофическая сеть зоопланктона неоднородна в течение вегетационного периода. Трофическая структура зоопланктона оз. Неро в общих чертах сходна с таковой в водоемах, подверженных антропогенной эвтрофикации, где общая пищевая цепь удлинена: нехищный зоопланктон → факультативные хищники → облигатные хищники (Иванова, 1999). Так для весны характерны относительно слабые взаимодействия внутри сообщества, что проявлялось в наименьших значениях хищничества (50%) и показателя связанности (0.56) и в наибольшем числе потенциальных связей хищник–жертва (25). Высокий уровень генерализации (5) и число генерализующих видов (5) свидетельствуют о рассеивании

энергии на верхних трофических уровнях. В этот период планктонные хищники выедают всего 5% продукции мирного планктона (Копылов и др., 2008). Трофическая сеть в первой половине лета характеризуется более сильными взаимодействиями внутри зоопланктонного сообщества, на что указывали повышение значения хищничества (82%) и доли видов факультативных хищников (0.56) и каннибалов (0.42), снижение уровня генерализации (4) и высокие значения показателя связанности (0.86). Хищники потребляли 25–68% продукции мирной части сообщества (Копылов и др., 2008). В трофической сети зоопланктона второй половины лета так же наблюдаются тесные взаимодействия внутри сообщества. Отмечены снижение уровня генерализации (4), высокий показатель связанности (1.0). Низкое число связей хищник–жертва (6), их плотность (1.5), минимальное число видов, включенных в трофическую сеть (4) свидетельствуют о более жестких отношениях внутри сообщества по сравнению с другими сезонами. Хищный планктон выедал 75% продукции мирного (Копылов и др., 2008). В осенний период отмечены более слабые взаимодействия внутри сообщества по сравнению с летним периодом, что проявлялось в снижении доли каннибализма (0.13), повышении числа трофических связей (15) и их плотности (1.9), росте уровня генерализации (4), низком показателе связанности (0.54). Планктонные хищники потребляли ~50% продукции доступного метазойного планктона (Копылов и др., 2008).

Большую часть сезона в озере складывалась простая трофическая сеть. Такие сети открыты для биоинвазий, так как содержат свободные экологические ниши и ненасыщенны видами. Для всех сезонов характерно высокое значение хищничества ( $\geq 50\%$ ), велика доля факультативных хищников *Mesocyclops leuckarti* и *Thermocyclops crassus*, а также коловраток рода *Asplanchna*. Весь вегетационный период циклопы относятся к генерализующим видам. Они используют наибольшее количество источников пищи и снижают рассеивание энергии в трофической сети: аккумулируют ее в биомассе долгоживущих особей (Лазарева и др., 2003). Наиболее связанные сообщества зоопланктона отмечены в летний период, когда фитопланктон представлен крупными «несъедобными» формами (Бабаназарова и др., 2004; Babanazarova, Lyashenko, 2007). Именно в это время преимущества получают популяции циклопов, которые на разных стадиях онтогенеза способны потреблять фактически все доступные пищевые ресурсы планктона.

## ГЛАВА 5. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА

### 5.1. Распределение по акватории состава видов

Мелководность озера обуславливает высокую степень сходства зоопланктона на различных его участках. Доля видов, общих для центра водоема, открытой литоральной зоны и литоральной зоны с зарослями, составила 46% от суммарного списка. Из них 78% приходится на планктонные и 22% – на факультативно планктонные виды. Не выявлены различия между числом видов в открытой литорали, центре озера и литорали с зарослями ( $p < 0.05$ ).

### 5.2 Особенности видовой структуры зоопланктона в пространственном аспекте

Сходство структуры зоопланктона на обследованных участках по количественному индексу Чекановского-Сьеренсена ( $I_{cs}$ ) составило 20-80%. Доминантные комплексы зоопланктона открытой части озера и участков, прилегающих к ней, представлены пелагическими видами. Их состав год от года различался, так в 2003 и 2006 гг. доминировали *Asplanchna henrietta*, *Brachionus diversicornis*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*, а в 2004 г. – *Polyarthra longiremis*, *Mesocyclops leuckarti*. Вероятно, это обусловлено гидрометеорологическими условиями, так 2004 г. описывался как более холодноводный с равномерным прогревом вод и большим количеством осадков по сравнению с другими годами (Литвинов, 2008; Отчет..., 2004). Отмечают, что для таких лет характерно преобладание в зоопланктоне веслоногих ракообразных и циклопов с более длительными жизненными циклами (Трифонов, Макарецова, 2006).

Группировки станций на участках с зарослями и без них различались ежегодно (рис. 3). К основным факторам, вызывающим такие различия, относятся характер зарастания, прозрачность воды, ветровые течения. В 2003 и 2006 гг. южные заливы характеризовались большей прозрачностью (0.9–1 м) по сравнению с центром и северной частью озера (0.5 м), и их сообщества образовывали отдельные группы (кластер 3 и 4). В 2004 г. отличия этих участков по прозрачности были меньше (0.7 и 0.5 м соответственно), поэтому в одну группу со станциями, расположенными на участках без зарослей, вошли сообщества некоторых станций заросшего Воржинского залива (кластер 2). Для озера характерно формирование двух циркуляционных вихрей: циклонического под западным берегом, южнее острова, и антициклонического под восточным (Бикбулатов и др., 2003). В июле 2003 г. сложились две группировки зоопланктона. Первая (субкластер 1а) объединяла станции западной и юго-западной части озера с разреженными зарослями макрофитов и развитой погруженной растительностью в зоне смешивания речных и

озерных вод, здесь доминировали *Asplanchna henrietta*, *Bosmina longirostris*. Вторая (субкластер 1b) включала станции в центре озера и вдоль городского берега, где основную долю численности формировали *Brachionus diversicornis*, *Mesocyclops leuckarti*. Коловратки р. *Brachionus* – индикаторы органического загрязнения, их массовое развитие связано с влиянием сточных вод города.

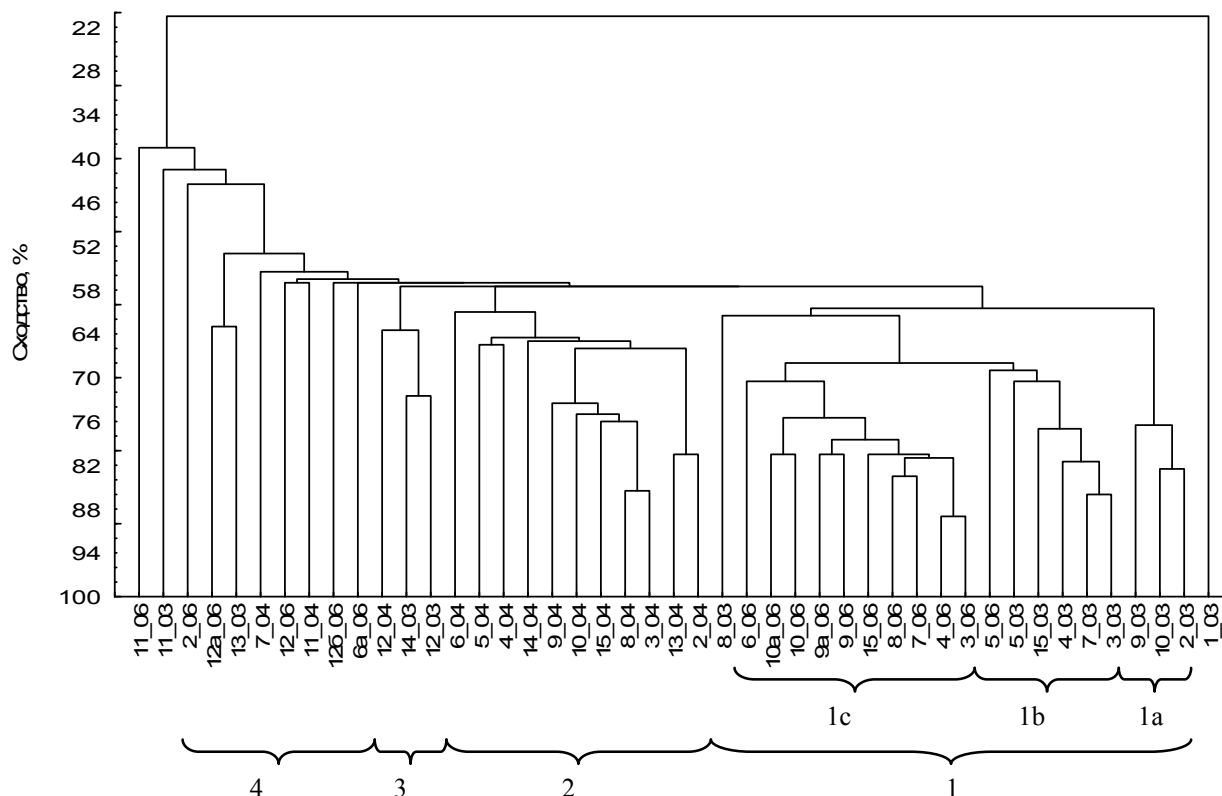


Рис. 3 Классификация сообществ зоопланктона оз. Неро.

В центре и литоральной зоне без зарослей численность *Bosmina longirostris* в несколько раз ниже (до 3.6 тыс. экз./м<sup>3</sup>), чем на участках с зарослями в южных заливах (до 278.5 тыс. экз./м<sup>3</sup>), что связано с отсутствием ветрового взмучивания илов в заливах. В 2006 г. зоопланктон на станциях с погруженной растительностью, с зарослями камыша и кубышки на границе южных заливов с центром акватории был сходен с сообществом свободной от зарослей северной части озера (субкластер 1c). Сообщества заросших южных заливов группировались по биотопам независимо от года исследования, некоторые уникальны ежегодно (рис. 3).

При оценке биотопической приуроченности оказалось, что виды, описываемые в литературе как пелагические и фитофильно-пелагические (Зимбалева, 1981) (*Asplanchna priodonta*, *A. girodi*, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *Conochilus unicornis*, *Leptodora kindtii*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti* и др.), в оз. Неро предпочитали разреженные заросли в юго-западной части озера, граничащей с его не зарастающим центром. Фитофильные виды (*Lecane*, *Trichotria*, *Euchlanis* и хидориды) проявляли наибольшую приуроченность к погруженным зарослям против

устья р. Сара и смешанным зарослям. Оценка индекса относительной эвритопности показала, что наиболее обычны были коловратки – *Brachionus quadridentatus* Hermann, ракообразные – *Mesocyclops leuckarti*, *Bosmina longirostris*, *Thermocyclops crassus*. Виды, имеющие высокую степень биотопической приуроченности, обуславливали своеобразие того или иного биотопа, виды эвритопные – их сходство.

### **5.3. Пространственное распределение численности и биомассы зоопланктона.**

Обилие зоопланктона крайне неравномерно распределено по акватории озера. Это связано с наличием плотных зарослей макрофитов: куртины зарослей отгораживают от озера небольшие участки в устьях притоков, у истока р. Вёкса и два больших залива в южной части водоема. В июле 2003 и 2004 гг. высокие значения численности и биомассы зоопланктона обычно отмечали на участках без зарослей в центре и в литорали, прилегающей к г. Ростов. В июле 2006 г. максимальные значения численности и биомассы зоопланктона зафиксированы у уреза воды. Кроме того, высокие плотности зоопланктона отмечены в открытой литорали и в истоке р. Вёкса. Среди макрофитов зоопланктон наиболее обилен в зарослях кубышки желтой. Минимум численности и биомассы наблюдали в смешанных зарослях высшей водной растительности. В современный период характерны низкие значения численности и биомассы зоопланктона в зарослях на глубинах 1.1–1.4 м (0.1–314 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0.006–3.4 г/м<sup>3</sup>), тогда как в предыдущий период исследований наблюдали более высокие (230–903 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1.27–8.23 г/м<sup>3</sup>) (Столбунова, 2006). Это связано с общим снижением его количества по всей акватории озера (Лазарева и др., 2007).

Таким образом, открытая литоральная зона севера и северо-востока озера не отличались по численности, биомассе, составу доминантных видов зоопланктона от центральной части водоема, что связано с однородностью условий на данных участках акватории. Сообщества зоопланктона центра озера и прилегающих к нему участков акватории каждый год образуют группировки с уникальной структурой, доминанты в них представлены пелагическими видами, состав которых отличается год от года. В межгодовом аспекте показано, что в биотопах южных заливов озера в летний период ежегодно складывались своеобразные сообщества с высокой долей фитофильных и литоральных видов. Пространственное распределение зоопланктона в пределах акватории озера, лишенной плотных зарослей макрофитов, характеризовалось наличием скоплений, которые формировались под влиянием ветровых течений и влияния сточных вод г. Ростова.

## ГЛАВА 6. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА ОЗ. НЕРО

### 6.1. Сезонная динамика

Для сезонной динамики зоопланктона оз. Неро характерны межгодовые вариации. В периоды открытой воды 2002–2005 гг. наблюдали от одного до трех пиков и подъемов численности и биомассы зоопланктона (рис. 4). Максимумы и подъемы биомассы часто совпадали с таковыми численности. В летний период 2004 г. наблюдали запаздывание подъема (середина июля) и пика (конец июля) биомассы зоопланктона относительно

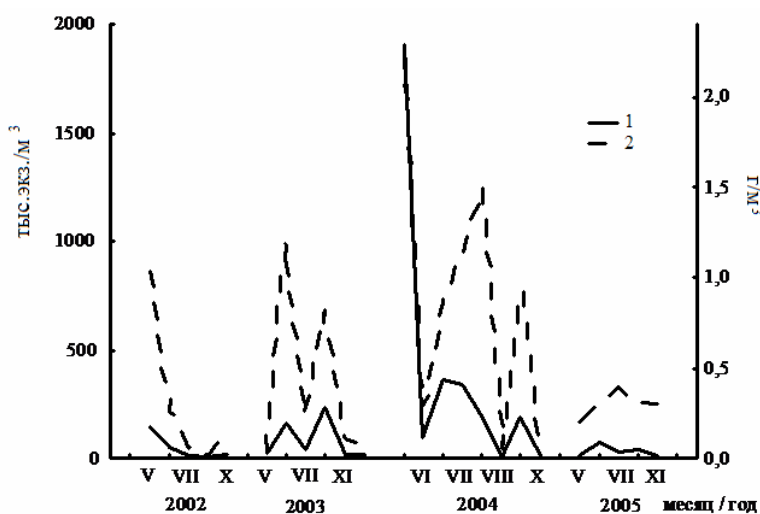


Рис. 4. Сезонная динамика численности (1) и биомассы (2) зоопланктона оз. Неро

численности, что связано с особенностями развития доминантных видов ракообразных, в частности циклопов. Коловратки чаще всего преобладали в весенне-летний период, формируя >50% общего количества зоопланктона. В летний период в разные годы могли доминировать теплолюбивые копеподы и/или коловратки. Осенью (сентябрь – октябрь) чаще всего преобладали кладоцеры (>50%).

Ход общей сезонной динамики численности и биомассы зоопланктона определяется изменениями количественных показателей доминантных видов. Анализ сезонной динамики массовых видов планктонных животных показал, что для *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis* – ежегодно, для *Asplanchna girodi*, *Bosmina longirostris*, *Conochilus unicornis*, *Chydorus sphaericus* – в отдельные годы характерно увеличение численности как в весенне-летний, так и летне-осенний периоды. Для *Mesocyclops leuckarti*, *Brachionus diversicornis* свойственна одновершинная кривая динамики с максимумом летом, для *Keratella quadrata* и *Brachionus calyciflorus* Pallas – весной. Для сообществ коловраток и ракообразных характерны последовательные смены доминантных видов, чем обеспечивается большая полнота использования трофических ресурсов. Сроки наступления массового развития у отдельных видов часто не совпадали и варьировали год от года. Именно это было основной причиной формирования одного – трех подъемов в динамике численности и биомассы зоопланктона оз. Неро. Сезонная динамика ряда доминантных видов (*Brachionus calyciflorus*, *B. diversicornis*, *Mesocyclops leuckarti*, *Asplanchna priodonta* и *Chydorus*

*sphaericus*) с 1987–1989 по 2002–2005 гг. не претерпели существенных изменений. Число пиков численности *Keratella quadrata* и *Bosmina longirostris* снизилось до одного (весеннего/ летнего). Ранее для них отмечали наличие второго осеннего максимума. Для видов *Conochilus unicornis* и *Keratella cochlearis* отмечено увеличение числа пиков.

Сопоставление среднемесячных значений численности и биомассы зоопланктона оз. Неро с температурой воды в различные годы исследования показал отсутствие статистически значимой связи между ними. Достоверные связи общего обилия с температурой воды так же не наблюдались в отдельные сезоны года (весна, лето, осень). Корреляционный анализ связи температуры воды с численностью доминантных видов зоопланктона показал наличие статистически достоверной зависимости только для копепод *Mesocyclops leuckarti* в 2003 и 2004 гг. ( $r_{(2003)} = 0.82$ ,  $p < 0.05$ ,  $r_{(2004)} = 0.97$ ,  $p < 0.05$ ). Ход сезонной динамики температуры воды сходен с ходом развития копепод, что связано с особенностями жизненного цикла этого вида. Максимум обеих величин зафиксирован в третьей декаде июля.

Сезонная динамика зоопланктона связана также с изменением трофических условий. Сопоставление численности и биомассы, корреляционный анализ связи между общим количеством зоопланктона и фитопланктона не показал статистически значимой зависимости. С июля по октябрь в фитопланктоне озера по биомассе преобладают виды сине-зеленых водорослей *Limnothrix redeckei* (Van Goor) Meffert, недоступные для питания зоопланктона из-за крупных размеров и возможного токсического действия (Бабаназарова и др., 2004; Babanazarova, Lyashenko, 2007). Биомасса факультативного хищника *Asplanchna priodonta* отрицательно связана с биомассой сине-зеленых водорослей в 2002 г. ( $r_{(2002)} = -0.61$ ,  $p < 0.05$ ) и общего фитопланктона в 2004 г. ( $r_{(2004)} = -0.82$ ,  $p < 0.05$ ). Биомасса *Chydorus sphaericus* коррелировала с биомассой сине-зеленых водорослей ( $r = 0.53$ ,  $p < 0.05$ ), которые служат субстратом для этих рачков (Смирнов, 1976).

Различная стартовая температура развития летних форм и темп прогрева воды оз. Неро в начале сезона существенно влияли на состав видов, определяющих первый максимум численности зоопланктона, и общее его количество. Четко выраженный весенний пик численности и биомассы зоопланктона, в мае 2004г., когда наблюдали холодную затяжную весну, был сформирован весенними холодноводными коловратками *Keratella quadrata*, *Brachionus calicyflorus*. В 2002–2003 гг. весна была более теплой, в зоопланктоне отмечали весенне-летний максимум обилия в конце мая – начале июня, обусловленный массовым развитием кладоцер *Bosmina longirostris* и коловраток р. *Asplanchna*.

Сезонные изменения количества зоопланктона оз. Неро не могут быть полностью объяснены динамикой температуры воды и количеством фитопланктона, и, вероятно, связаны с динамикой сообщества микробной «петли».

## 6.2. Многолетние изменения численности и биомассы

Современный (2002–2005 гг.) период исследования зоопланктона озера приходится на фазу пониженной водности водоемов бассейна Верхней Волги, тогда как предыдущий (1987–1989 гг.) совпадал с вековым максимумом стока рек (Литвинов и др., 2005). В 80-х годах прошлого века наблюдали очень высокую численность и биомассу зоопланктона в оз. Неро. В 2002–2005 гг. средняя за вегетационный период биомасса зоопланктона в оз. Неро снизилась до уровня олиготрофии. Средняя численность коловраток снизилась в 6 раз. Количество ракообразных уменьшилось в 2–4 раза. Особенно низкую численность зоопланктона наблюдали в 2002 и 2005 гг. Основной вклад (95% объясненной дисперсии) в межгодовые колебания численности и биомассы зоопланктона в периоды 1987 г. и 2002–2005 гг. вносили вариации обилия коловраток.

**Таблица 2.**

Средняя за вегетационный период численность (тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (г/м<sup>3</sup>) зоопланктона оз. Неро.

Показатель	Год						
	1987*	1988*	1989*	2002	2003	2004	2005
<b>Численность</b>							
Коловратки	279	781	521	19	63	270	17
Ракообразные	133	288	105	31	30	123	16
Общая	410	1169	626	50	93	393	33
Среднее	735±226			135±66			
<b>Биомасса</b>							
Коловратки	1.13	2.79	4.17	0.14	0.26	0.27	0.17
Ракообразные	1.10	1.92	0.79	0.13	0.17	0.58	0.1
Общая	2.23	4.71	4.96	0.27	0.43	0.85	0.27
Среднее	3.97±0.87			0.58±0.17			

\* данные работы (Ривьер, Столбунова, 1991).

## ГЛАВА 7. ТРОФИЧЕСКИЙ СТАТУС ОЗ. НЕРО ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА

### 7.1. Фаунистический индекс трофности

По шкале А.Х. Мязетса (1980) значения индекса  $E > 4$  характерны для гипертрофных,  $E = 1-4$  – для эвтрофных озер. Для оз. Неро в 1987–1989 гг. этот показатель, рассчитанный по полному списку фауны ракообразных (Cladocera, Cyclopoidea, Calanoida) и коловраток, составил 4.8, в 2002–2006 гг. – 3.9. Оз. Неро в конце 80-х годов XX в. по составу зоопланктона относилось к гипертрофным водоемам, в современный период – к переходным от эвтрофного к гипертрофному типу.

### 7.2. Изменение индикаторных характеристик сообщества

Большинство показателей структуры сообщества зоопланктона подтверждают высокий трофический статус оз. Неро в оба периода наблюдений. Например, в доминантном комплексе зоопланктона озера в 2002–2005 гг., как и в 1987–1989 гг., отмечено 4–8 видов-индикаторов эвтрофирования, что сравнимо или превышает таковое (5 видов) в Рыбинском водохранилище в 70-х годах XX в. в период усиленного эвтрофирования экосистемы (Лазарева и др., 2001). Несмотря на снижение численности к 2005 г., по-прежнему высокую долю в сообществе формировали индикаторы эвтрофирования рачки *Bosmina longirostris* и *Chydorus sphaerisus*. Для сообщества зоопланктона оз. Неро в оба периода характерна низкая средняя масса зоопланктеров, которая близка к значениям, выявленным для эвтрофных и гипертрофных озер (Андроникова, 1996). В сезонном цикле развития зоопланктона озера наблюдаются один–три пика и подъема численности и биомассы. Обычны быстрые смены состава доминантных видов коловраток в течение сезона и год от года, что также свойственно высокотрофным водоемам. Видовое разнообразие зоопланктона по Шеннону, уровень доминирования в сообществе по Симпсону также характеризуют статус оз. Неро как эвтрофный. Индекс  $B_{crust}/B_{rot}$  в оз. Неро в 1987–1989 и 2002–2005 гг. чаще принимал значения  $< 1$ , что свидетельствовало о ведущем значении коловраток в функционировании зоопланктона. Близкое к гипертрофному состояние экосистемы подтверждали также высокие (3.9–4.8) значения фаунистического индекса трофности  $E$ .

В 1987–1989 и 2002–2005 гг. вариации показателей структуры зоопланктона оз. Неро происходили фактически в интервале значений, разграничивающих эвтрофный и гипертрофный статус его экосистемы. Сравнение структуры сообщества зоопланктона этих периодов показало неоднозначность изменения трофности озера,

отмечены как черты эвтрофирования, так и деэвтрофирования. К признакам эвтрофирования можно отнести снижение показателя  $B_z/B_{ph}$  (с 0.18–0.27 до 0.02–0.05), уменьшение численности вида-индикатора олиготрофии *Conochilus unicornis*, рост численности и встречаемости индикатора высокотрофных вод *Thermocyclops crassus*, смены доминантных видов рода *Brachionus*. На примере Рыбинского водохранилища показано, что признаки эвтрофирования экосистемы наиболее четко проявляются в сообществе зоопланктона именно во второй половине маловодной фазы гидрологического цикла (Лазарева и др., 2001). Кроме того, в 1999–2004 гг. наблюдали достоверное уменьшение средней биомассы и доли в планктоне зеленых водорослей, рост доли сине-зеленых водорослей (Ляшенко, Бабаназарова, 2008). Доминантные виды зоопланктона оз. Неро слабо потребляют сине-зеленые водоросли, но они способны питаться водорослевым детритом и развивающимися на растительном детрите бактериями (Монаков, 1998).

К признакам деэвтрофирования отнесены: многократное снижение численности коловраток. Тенденцию к снижению трофического статуса водоема подтверждает также динамика концентрации хлорофилла *a* в грунтах (Сигарева и др., 2008). Появлению признаков деэвтрофирования в экосистеме высокопродуктивного оз. Неро, вероятно, способствовало снижение уровня сельскохозяйственного использования земель на водосборе с начала 90-х годов прошлого века, общее для всего севера Европейской России.

Сам факт отчетливого и одновременного проявления в одном сообществе признаков противоположно направленных сукцессий свидетельствует о сложности структуры и, по-видимому, архитектуры пелагической трофической сети оз. Неро.

## ВЫВОДЫ

1. В 2002–2006 гг. в водоеме найдены 27 семейств, 55 родов и 93 вида, основную часть которых (>60%) составляли коловратки. Впервые для озера отмечены 14 видов коловраток, три из них вошли в комплекс доминантных видов. Динамичность фауны соответствовала средней величине ( $V_s \sim 1$ ), когда число видов, изменяющих состав близко к количеству постоянных.

2. В сообществе зоопланктона озера доминируют 5–8 видов коловраток и три вида рачков. В многолетнем аспекте отмечены рост количества доминирующих таксонов коловраток, изменения состава видов, количества и численности видов—индикаторов, указывающих на эвтрофирование экосистемы озера. Различия доминантных комплексов отдельных лет более выражены, чем разница между комплексами отдельных участков озера. Состав доминантных видов ракообразных в

оз. Неро сравнительно постоянен. Уровень видовой разнообразия ( $H = 2.1 \pm 0.1$  бит/экз.) в сообществе зоопланктона близок к отмеченному ранее (1987–1989 гг.), и характерен для эвтрофных водоемов.

3. Сообщество зоопланктона представлено мелкоразмерными организмами ( $\bar{w} = 5.87 \pm 0.4$ ), среди которых преобладают коловратки ( $B_{crust}/B_{rot} = 0.9-3.2$ ), что характерно для эвтрофных водоемов и указывает на небольшую ценность зоопланктона открытой части оз. Неро в качестве корма для взрослых рыб.

4. Для зоопланктона озера характерна простая трофическая сеть, включающая 4-10 видов, с высокой (>50%) долей видов хищников, среди которых преобладают (>50%) факультативные (всеядные) виды. Весной доминируют (93% биомассы зоопланктона) коловратки микрофито- и детритофаги, отмечена минимальная плотность межвидовых взаимодействий (связанность = 0.56, плотность связей = 2.5), что связано с преобладанием в фитопланктоне мелких «съедобных» водорослей и формированием прямой пастбищной цепи питания. Летом в зоопланктоне преобладают факультативные хищники (51–74% биомассы), наблюдается высокая плотность межвидовых взаимодействий (связанность = 0.86–1, плотность связей = 1.5–2.6), что вызвано доминированием в фитопланктоне крупных «несъедобных» видов и формированием детритной пищевой цепи. Осенью доминируют (58% биомассы) рачки микрофито- и детритофаги.

5. Распределение зоопланктона по акватории водоема в летний период определяется распространением макрофитов и ветровыми циркуляционными течениями. Центр акватории и граничащие с ним периферийные участки с зарослями макрофитов и без них характеризуются сходной структурой сообщества зоопланктона. Ближе к берегу озера в зарослях макрофитов формируются своеобразные сообщества с высокой долей фитофильных и литоральных видов.

6. Ход сезонной динамики зоопланктона отличается год от года. Отмечены 1–3 пика и подъема развития зоопланктона, что связано с разными сроками массового размножения доминантных видов. Сезонные изменения количества зоопланктона озера не могут быть полностью объяснены динамикой температуры воды и количеством фитопланктона, и, вероятно, связаны с динамикой сообщества микробной «петли».

7. Состав видов ( $E = 3.9$ ), многолетняя динамика структуры и биомассы сообщества, а также уровень трофических взаимодействий с фитопланктоном ( $B_z/B_{ph} = 0.02-0.05$ ) указывают на формирование к 2006 г. статуса водоема, близкого к гипертрофному.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Лазарева В.И., Смирнова С.М., Фролова А.Н. Доминантные комплексы ракообразных и коловраток гипертрофного озера Неро // Биология внутренних вод. № 1. 2007. С. 61-72.
2. Бабаназарова О.В., Зубишина А.А., Гирич А.О., Смирнова С.М. Современное состояние планктона и микроальгобентоса открытой части озера Неро, прилегающей к городу Ростову // Актуальные проблемы экологии Ярославской области. 2002. Т. 1. Вып. 2. С. 100-104.
3. Смирнова С.М. Зоопланктон оз. Неро как показатель состояния экосистемы // Ярославский край. Наше общество в третьем тысячелетии: Сб. мат. 5 научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых вузов. Ярославль, 2004. С. 7-8.
4. Бабаназарова О.В., Ляшенко О.А., Лазарева В.И., Сигарёва Л.Е., Зубишина А.А., Холт Д., Смирнова С.М., Сиделёв С.И., Калинина О.Е. Результаты мониторинга планктонного сообщества озера Неро // Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов: Мат. Всерос. научно- практической конф. Ярославль: Ярос. Гос. ун-т, 2004. С. 88-98.
5. Лазарева В.И., Смирнова С.М. Значение коловраток в сообществе зоопланктона гипертрофного оз. Неро (Ярославская обл.) // Коловратки (таксономия, биология и экология): Тез. и мат. IV Междунар. конф. по коловраткам. Ярославль: изд-во ЯГТУ, 2005. С. 160-175.
6. Смирнова С.М., Лазарева В.И. Обилие и структура зоопланктона озера Неро в 2002-2004 годах // Современные проблемы биологии, экологии, химии: Региональный сб. научн. тр. Ярославль: ЯрГУ, 2005. С. 51-56.
7. Лазарева В.И., Смирнова С.М. Сукцессия экосистемы гипертрофного озера Неро (Ярославская обл.) и структура зоопланктона // Динамика современных экосистем в голоцене: Мат. Рос. науч. конф. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. С. 127-133.
8. Смирнова С.М., Лазарева В.И. Сезонные изменения зоопланктона гипертрофного озера Неро // XI съезд Гидробиологического общества РАН (г. Тольятти, Россия, 18-22 сентября 2006 г.): Тез. докл. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006. Т. 2. С.159.
9. Смирнова С.М. Трофическая структура высокотрофного озера Неро (Ярославская обл., Россия) // Озерные экосистемы: Озерные экосистемы: Биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. III Междунар. науч. конф., 17-22 сент. 2007 г., Минск – Нарочь. Минск: Изд. центр БГУ, 2007. С. 256.

10. *Смирнова С.М.* Пространственное распределение коловраток и ракообразных в озере Неро // Актуальные вопросы изучения микро-, мейо- зообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов. Тематические лекции и материалы I Международной школы-конференции, Россия, Борок, 2-7 октября 2007 г. Нижний Новгород: Вектор ТиС. 2007. С. 270-275.
11. *Смирнова С.М.* Доминантные виды Cladocera оз. Неро (Ярославская обл.) // Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология. Мат. Всероссийской школы-конференции. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина. 8-12 октября 2007 г. Нижний Новгород: Вектор ТиС. 2007. С. 322-327.
12. *Смирнова С.М.* Сезонная динамика зоопланктона высокотрофного озера Неро (Ярославская обл.) // Экология водных беспозвоночных. Нижний Новгород: Изд-во Вектор ТиС, 2007. С. 295-314.
13. *Лазарева В.И., Смирнова С.М.* Ракообразные и коловратки // Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. С. 175–211.
14. *Лазарева В.И., Смирнова С.М.* Полный список видов коловраток и ракообразных оз. Неро по 2006 г. // Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. С. 387-392.