

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова"

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор ЯрГУ
д.ф.-м.н., профессор



С.А.Кащенко

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА НЕРО В РОСТОВСКОМ
МУНИЦИПАЛЬНОМ ОКРУГЕ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**
(заключительный)

Руководитель НИР ЯрГУ

к.б.н., доцент

Бабаназарова О.В.

ВВЕДЕНИЕ

Аналитическое исследование современного экологического состояния озера Неро невозможно без обращения к истории водоема и включающего его ландшафта.

Первый вопрос, который мы хотим прояснить – происхождение названия озера. Ему посвящено большое количество, как научных трудов, так и любительских изысканий. Названия рек и озер считаются наиболее стойкими топонимами, которые надолго остаются в языке. Название озера – НЕРО несколько странно звучит для нашего слуха, как и многие названия водоемов и поселений Ростовского края. До начала 19 века использовалось и другое название КАОВО. Название оз. Неро образовано древним термином нер- (варианты нар-, няр-, нюр-), относящимся к озерно-речным образованиям и широко представленным в архаической Евразии (Топонимический словарь, Пospelов, 2001). Первые поселения на его берегах датируются 6000 лет назад. Об этом говорят многочисленные археологические находки - неолитические каменные и костяные орудия труда, фрагменты керамики. Обитателями берегов озера, имя которых донесли до нашего времени древнерусские летописи, были угро-финские племена меря (VII-XI вв.). Очевидно, два названия озера - Каово и Неро - дали ему именно они. Современная лингвистика дает следующие толкования этим названиям: Каово - «место, где обитают чайки», Неро - «илистое, болотистое место».

В IX веке вблизи озера поселились восточные славяне. Угро-финские и славянские племена, по-видимому, довольно долго проживали совместно на приозерной территории. Город Ростов на берегу озера стал крупнейшим центром Северо-восточной Руси (первое упоминание в летописях 862г). В X-XI веках на берегах озера Неро образовалось Ростово-Суздальское княжество. В это время мы находим в древнерусском литературном источнике XII века «Песня о Ерше Ершовиче, сыне Щетинникове» упоминание о Ростовском озере, которое описывалось как «море тинное», мелководное, илистое, где ерш начинает теснить благородную рыбу: леща и судака. Постепенно меряне исчезли или ассимилировались. В дальнейшем озеро именовалось Неро или просто «Ростовским».

Есть и еще одна версия происхождения имени озера, скорее фольклорная, описанная в книге А.А. Титова (1885): «Из преданий, собранных А.Я. Артыновым, следует, что у князя Мери была дочь Нера, которую украли волшебница Зеюла. Тогда влюбленный в Неру витязь Звенислав отправился в Дамасскую дебрь, принес оттуда волшебной земли, из которой был сотворен первый человек, высыпал ее в озеро и образовался остров, на котором Звенислав и нашел свою возлюбленную Неру. Здесь, как и во многих других ростовских преданиях, характерно соединение славянских (Звенислав) и мерянских имен, что может свидетельствовать о мирном и долгом совместном проживании этих народов».

Город Ростов Великий и озеро Неро представляют собой целостное образование благодаря уникальному сочетанию природного и историко-культурного наследия.

Само озеро не менее уникально, чем древний город, стоящий на его берегах. Неро – один из самых крупных водоемов ярославского Поволжья. Озеро ледникового происхождения, было образовано около 150 тыс. лет назад во время последнего межледниковья. Большой водоем в монотонном ландшафте средне-русской равнины неизбежно притягивает к себе внимание, как сгусток ресурсов и эстетическая доминанта. Поэтому озеро привлекало к себе многих исследователей, ученых, краеведов. Многочисленная литература, опубликованная по результатам исследований водоемов Ярославской области была систематизирована Н.А. Лимановой (1970). Наличие такой сводки – как путеводитель в глубь веков. Однако последние 40 лет наблюдений остаются за рамками библиографического исследования. Необходимо свести воедино все источники информации, провести полную поисковую работу.

Только авторами настоящего проекта опубликовано более 30 работ по оз. Неро за 15 лет. В целом, озеро отличается богатой историей научных исследований, это одно из самых изученных водоемов региона, но научные материалы отличаются разрозненностью и спорадичностью.

Сочетание уникального природного объекта - древнего озера Неро, созданного биосферой, и историко-культурного объекта - древнего исторического города Ростова, созданного нашими предками, требует пристального внимания, изучения и бережного отношения не только ученых, и властей, но и всего гражданского сообщества.

Цель данной работы: по опубликованным материалам охарактеризовать современное состояние озера Неро по ключевым звеньям биоты. Одним из акцентов аналитического обзора будет упоминание о специалистах, занимающихся тем или иным аспектом жизни озера Неро.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-------|
| ВВЕДЕНИЕ | |
| СОДЕРЖАНИЕ | 3 |
| 1. История изучения озера Неро | 4-5 |
| 2. Краткая лимнологическая характеристика озера Неро | 6-9 |
| 2.1. Морфометрическая характеристика озера | 9-10 |
| 2.2. Водное питание и уровенный режим | 10 |
| 2.3. Гидрооптические характеристики и световой режим | 11 |
| 2.4. Термический режим | 11 |
| 2.5. Гидрохимический режим | 11 |
| 2.6. Донные отложения | 12-17 |
| 2.7. Биогенные элементы | 17-19 |
| 3. Краткая характеристика современного состояния ключевых звеньев биоты | |
| 3.1. Бактериопланктон | 19-20 |
| 3.2. Фитопланктон | 20-22 |
| 3.3. Зоопланктон | 22-25 |
| 3.4. Зообентос | 25-26 |
| 3.5. Высшая водная растительность | 26-28 |
| 3.6. Ихтиофауна и паразиты рыб | 28-33 |
| 3.7. Паразиты рыб | 33-34 |
| 3.8. Орнитофауна (птицы) | 34 |
| 3.9. Млекопитающие | 34 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 35-40 |
| ЛИТЕРАТУРА | 41-44 |

1. История изучения озера Неро

Первые сведения о флоре и фауне водоема относятся к концу XVIII в. В изучении водоема и его бассейна выделяют несколько этапов:

1760-1794 гг. Создание первого в России «Географического лексикона Российского государства» Ф.А. Полуниным (1773 г.), второе издание которого содержало сведения о природе, климате, реках и озерах Ярославской области с указанием их основных морфометрических показателей (Дитмар, 1956).

1841-1859 гг. Картографическое описание, характеристика водных объектов области (рис. 1).

1866-1887 гг. Картографическое описание, первые самостоятельные труды об оз. Неро, геоморфологическое, геологическое описание области.

1895-1915 гг. Комплексные гидрологические и гидробиологические исследования, краткий очерк оз. Неро с батиметрической картой, промерные работы, геологические, почвенные и гидрографические исследования.

1920-1939 гг. Первые полевые сведения о гидрологии (морфометрии, температуре воды, прозрачности, цветности, грунтовом комплексе) и гидрохимии (кислородном режиме, углекислоте, жесткости, хлоре, окисляемости) озера Неро, геологические исследования области. Большую долю занимают гидробиологические исследования. 1949-1970 гг. Уточнение сведений о морфометрии озера, более полные гидрологические, физико-географические, лимнологические исследования.

1987-1991 гг. Комплексные гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования экосистемы оз. Неро ИБВВ АН СССР (РАН). Результаты опубликованы в монографии (Современное состояние экосистемы оз. Неро, 1991; Бикбулатов и др., 2003) и ряде статей.

2002 – 2004 гг. Комплексные гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования экосистемы оз. Неро ИБВВ АН СССР (РАН) и Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова. Выходит новая монография (Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века, 2008). Дана оценка современного состояния сообществ и экосистемы озера и отмечены изменения, происшедшие за 15 лет с момента последнего комплексного обследования.

1999-2011 гг. На кафедре экологии и зоологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова проводится ежемесячный мониторинг (март, май-октябрь) планктона открытой части оз. Неро, прилегающей к г. Ростову Великому на 5 станциях, а также летом в июле на 12 станциях по всей акватории. Проводится изучение содержания биогенных элементов, фотосинтетических пигментов в sestone, структуры фито- и зоопланктона, прозрачности воды, кислородного режима с использованием стандартных методов исследований. По данным этих исследований были успешно написаны и защищены 15 дипломных, 28 курсовых и 1 магистерская работа, а также защищено 3 кандидатских диссертации. Результаты исследований опубликованы в периодических научных изданиях в России и за рубежом, доложены на Российских и международных конференциях, переданы в административные органы области и г. Ростова.



Рис. 1. Карта оз. Неро (приведено по «Атлас Ярославской губернии 1858 года» А.И. Менде)

2. Краткая лимнологическая характеристика озера Неро

Неро - самое крупное озеро в пределах Ярославской области, расположено в зоне достаточного увлажнения, в подзоне смешанных лесов, занимает южную часть Ростовской тектонически обусловленной низины. На берегу расположен один из древнейших русских городов – Ростов-Великий (рис. 2).

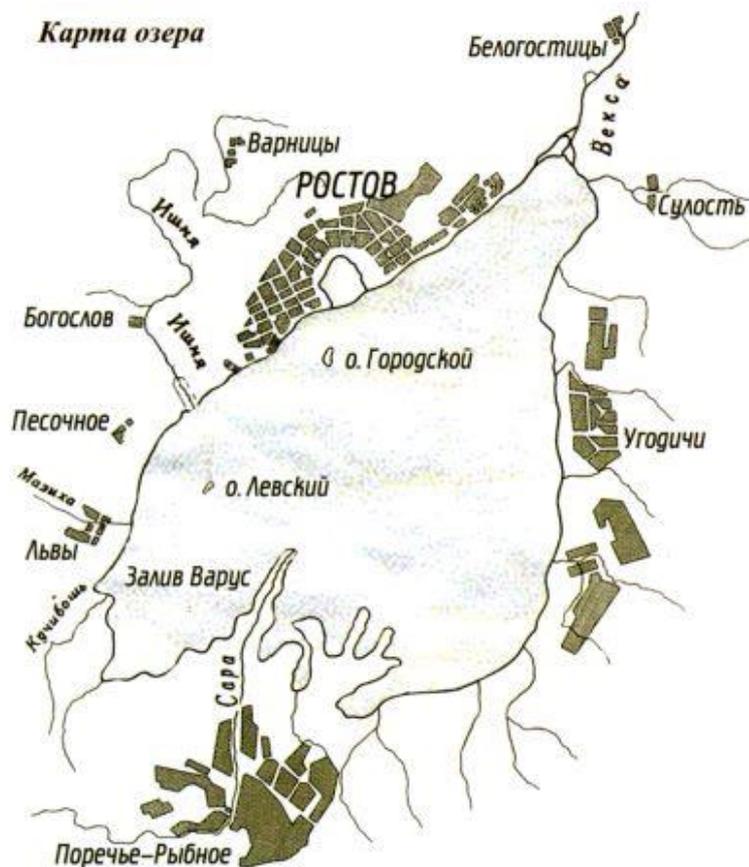


Рис. 2. Карта-схема оз. Неро его притоков и прибрежных поселений (приведено по www.vidania.ru/ozero_nero.html)

Озеро ледникового происхождения и, по-видимому, существует со времени последнего (молого-шекснинского) межледниковья (Рохмистров, 1970). История формирования водоема хорошо изучена в середине 20 века сотрудниками лаборатории сапропелевых отложений Института леса АН СССР под руководством Е.Н. Кордэ (1956 а, б, с). Это одна из знаменательных страниц советской науки. Многочисленные буровые скважины по озеру и его берегам дали бесценный материал. Кропотливый, сложный труд – по останкам ископаемой флоры и фауны прочитать историю озера, по пыльце определить, какая растительность преобладала по берегам, и какому климату она соответствовала. Водоем и его водосборный бассейн представляет собой единую систему. По совокупности полученных результатов палеоанализа, были выявлены значительные климатические изменения, крупные биосферные процессы (рис. 3). На сегодня разрез новейших отложений бассейна оз. Неро (Ростовская котловина) - это опорный разрез Восточной Европы (Кордэ, 1956 а, б, с; Гунова, Лефлат, 2002).

В таблице 1 мы кратко отразили историю озера по опубликованным работам. Оказывается 150000 лет назад оно уже существовало, было глубоким 150м, очень холодным и практически безжизненным. По берегам лежала тундра и лесотундра. Таковы были водоемы в зоне отступавшего ледника. Мутные холодные потоки намывали глины, заполняли чашу водоема. И уже 100000 лет назад в период

потепления его глубина составляла 50 м. И жизнь брала свое, развивалась во всем богатстве и разнообразии. Затем опять наступал ледниковый период. В период валдайского оледенения по берегам озера бродили мамонты (останки были найдены в 1960 г. в карьерах кирпичного завода), донные осадки перекрывались глинами.

Таблица 1

История формирования оз. Неро *

| Период | Время, тыс. лет назад | Глубины | Трофность | Климат |
|----------------------------------|------------------------------|----------------|--------------------|---------------|
| Московское ледниковье | 150 | 150 | ультраолиготрофный | холодно |
| Микулинское межледниковье | 100 | 50 | эвтрофный | тепло |
| Валдайское оледенение | 50 | 100 | олиготрофный | холодно |
| Поздневалдайское время | 30 | 70 | эвтрофный | тепло |
| Пребореальный период | 10 | 20 | олиготрофный | холодно |
| Бореальный период | 8 | 10 | мезотрофный | тепло |
| Атлантический период | 5 | 5 | эвтрофный | тепло |
| Субатлантический период | 1 | 3 | эвтрофный | тепло |

*приведено по Кордэ, 1956 а, б, с; Гунова, 1975.

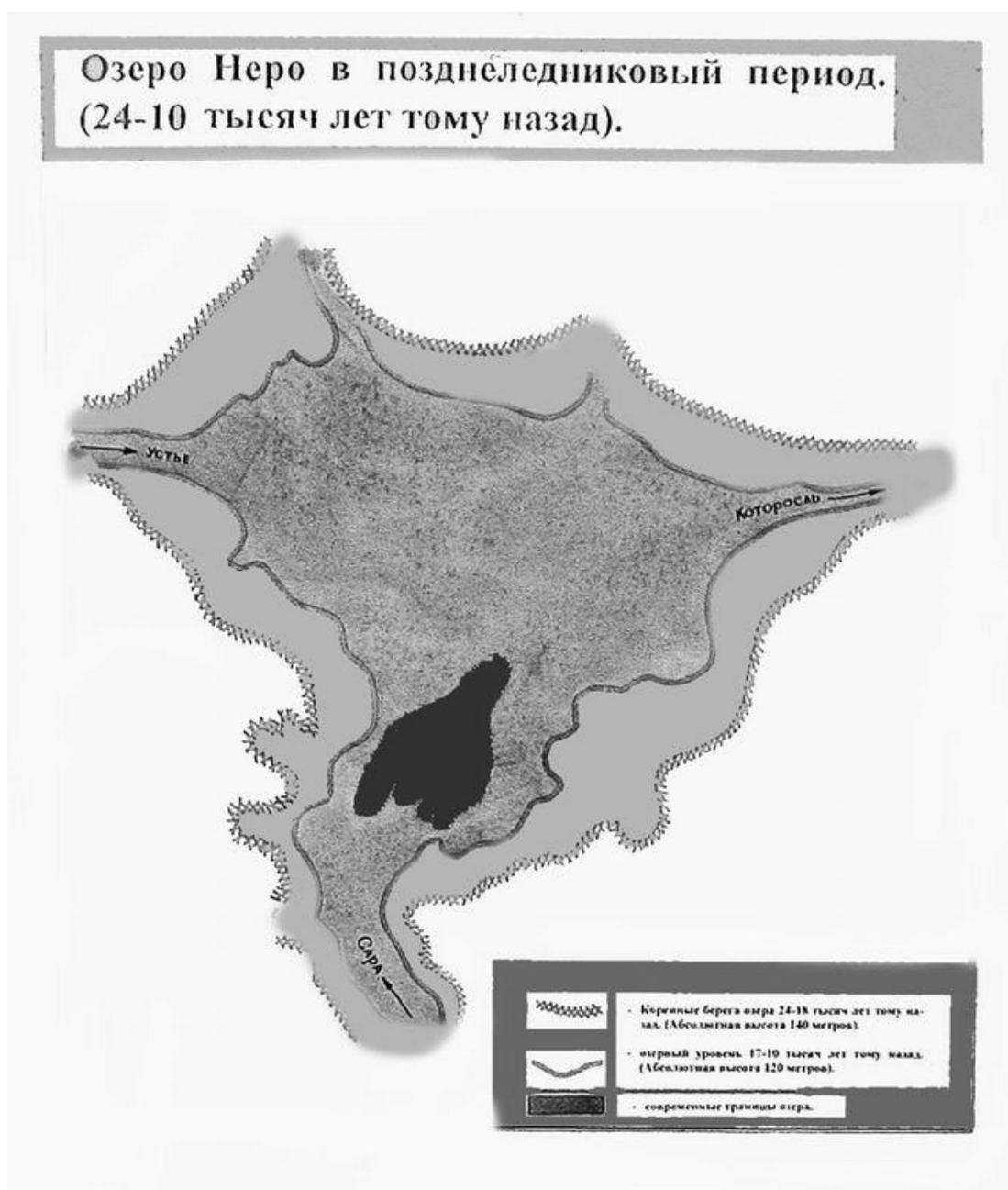


Рис. 3 Изменение размеров оз. Неро в разные периоды существования (приведено по <http://dich2002.narod.ru/2004/2004-08/04080110.jpg>).

Жизнь водоемов имеет свое начало, развитие и завершение, как жизнь человека. Ученые сопоставляют возраст водоема с его трофностью (продуктивностью или степенью развития живого). Шкала начинается с ультраолиготрофности - почти нет жизни. Затем олиготрофность - чистые, прозрачные, как правило, холодные воды с небольшим количеством обитателей и низкой продуктивностью. Примером может служить глубоководная часть современного озера Байкал. Мезотрофность - среднее время жизни водоема, соответственно и со средними значениями продуктивности. Прозрачность уменьшается, питательные элементы накапливаются и дают возможность развиваться более разнообразной и многочисленной флоре и фауне. Считают, что на этой стадии находится оз. Плещеево. Эвтрофность - высокая продуктивность, зрелое состояние экосистемы. Прозрачность незначительная, качество воды далеко от питьевых стандартов, обильная жизнь в начале и упрощение сообщества организмов к концу периода. Примером этой стадии и является оз. Неро в обозримом прошлом и настоящем. И, наконец, гипертрофность, стадия старения и деградации водоема.

Интересно, что озеро Неро переживало несколько циклов, возвращаясь к олиготрофности в периоды похолодания и высокой влажности (Табл.1). Можно сказать, что водоем проходил стадию «омоложения» и возвращался к параметрам, соответствующим ранним этапам развития

Последний цикл начался 10000 лет назад и с 5000 лет озеро уже существует как эвтрофный, продуктивный водоем. Водоем обмелел, в теплый атлантический период его глубина была около 5 м. В это время образовался остров Рождественский. В период влажного и теплого голоценового оптимума по берегам озера произрастали широколиственные и хвойно-широколиственные леса. По физико-химическим и гидробиологическим показателям озеро было близко к современному состоянию. Таким образом, со времени возникновения оз. Неро и до настоящего времени наблюдалось неуклонное снижение его уровня, нарастание биотической составляющей, увеличение продуктивности первичного звена (растений). На фоне направленного снижения уровня имели место и неоднократные ритмические колебания, связанные с изменением климата. Если рассматривать голоцен как аналог межледникового цикла, то настоящее время соответствует его заключительной фазе.

Интересно, что, имея направленный тренд к обмелению, озеро Неро остается озером, не превращаясь в болото. Этот феномен отмечал В.А. Новский (1970) в очерке по геологической истории озер Ярославского Поволжья. Еще в 1871 г А.А. Крылов писал: «Один вид этого озера порождает мысль об его постепенном зарастании и заставляет предполагать, что через несколько столетий на его месте останется только болото». Да и человек способствовал этому процессу, добавляя в чашу водоема массу отходов за длительное время жизни на его берегах. Чего стоили только знаменитые Ростовские зимние ярмарки, с лавками, балаганами и кучами навоза и мусора. Тогда инспекторов по охране окружающей среды не было, и с таянием льда все уходило на дно озера. В то же время, знаменитый краевед Н.В. Чижиков (1956) считал, что нет оснований говорить о скором обмелении озера. Он писал: «за последние 50 лет... глубина существенно не изменилась. Вряд ли озеро было глубоким и 250 лет назад, иначе Петр 1 не назвал бы его Ростовской лужей и не перенес бы строительство флота на Плещеево озеро». В.А. Новский (1970) считает, что феномен столь длительного сохранения мелкого и сильно зарастаемого водоема зависит от тектонических проявлений в Ростовской низине.

Палеолимническое описание озера не входит в задачи настоящего обозрения. Тем не менее, необходимо отметить, что значительные усилия и интеллект ученых времен СССР оставили нам богатейшее наследие. Мало в Европе озер столь хорошо изученных в исторической ретроспективе. Это материал для построения научных моделей развития водоемов, бесценный дар при освоении донных отложений потомкам. Вряд ли мы хотим увидеть город Ростов Великий на берегу болота. Значит нужно хорошо представлять его прошлое, чтобы более достоверно прогнозировать будущее.

2.1. Морфометрическая характеристика озера

Озеро Неро имеет грушевидную форму, с расширенной южной и более узкой северной частью (рис. 4). Размеры, форма озера и объем воды сильно изменяются в зависимости от колебаний уровня воды. При типичном летнем уровне на озере имеется три острова: Городской, Левский и Дом крестьянина. Площадь озера при среднемноголетнем уровне 93,75 м - 57,8 км², длина при среднем наполнении - 13,2 км², наибольшая ширина – 8,3 км², длина береговой линии - 56 км². Озеро мелководное, средняя глубина 1,6 м, максимальная глубина 4,7 м, коэффициент развития береговой линии 2,1. Рельеф дна практически ровный. В северо-восточной части расположена ложбина с глубинами более 3 м. (Бикбулатов и др., 2003).

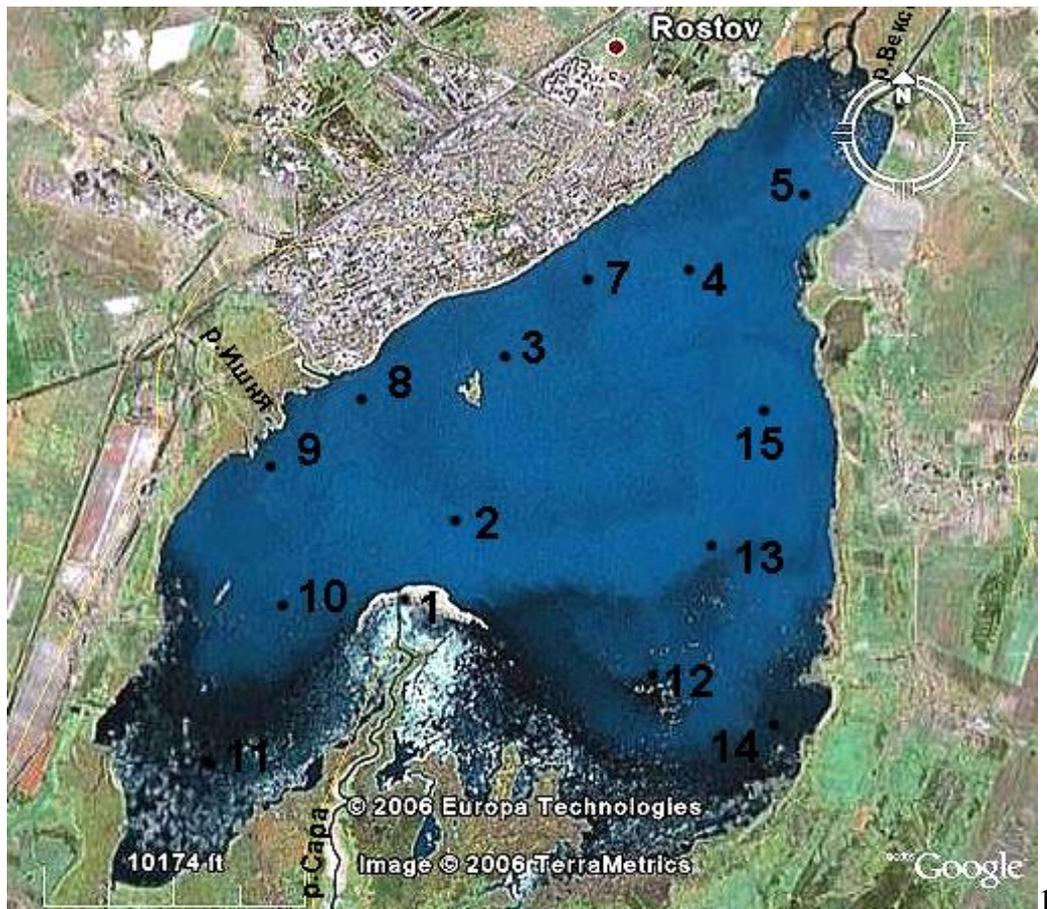


Рис. 4. Снимок из космоса оз. Неро с указанием места отбора проб (использовано изображение с www.google.com/earth/index.html)

2.2. Водное питание и уровенный режим

Площадь водосборного бассейна озера, вместе с зеркалом, составляет 1314 км² (Рохмистров, 1970). Озеро Неро – проточное, в него впадает более 20 притоков, самый крупный из которых - река Сара. Вытекает из него река Векса Ростовская, которая пятью километрами ниже сливается с р. Устье, а еще ниже образуется река Которосль - приток р. Волга. В период половодья из-за недостаточной пропускной способности имеет место подпорное обратное течение от р. Устье по р. Векса до озера. Этот дополнительный приток в оз. Неро в сумме с естественным притоком (р. Сара и др.) и осадками на водную поверхность вызывает переполнение оз. Неро, повышение уровня воды и затопление прилегающих территорий, включая естественные угодья и часть городской территории Ростова Великого. В начале 80-х старый исток реки Векса из озера был засыпан и построена дамба с целью поднятия уровня водоема. В конце 80-х на километровом спрямленном канале, новом выходе р. Векса, был построен гидроузел со шлюзами. К этому важному для озера событию мы еще не раз будем возвращаться. Изменение проточности и уровня воды для водоема можно сравнить с изменением режима питания и дыхания для человека.

В целом, уровень воды в оз. Неро испытывает значительные сезонные и многолетние колебания. Максимальный среднемесячный уровень характерен для апреля и мая, минимальный - для августа и сентября. В приходной части водного баланса оз. Неро его главными составляющими являются поверхностный (70,5%) и подземный приток (21,2%), а в расходной части - поверхностный сток через реку Вексу (92,6%) (Рохмистров, 1970). Годовой коэффициент условного водообмена составляет

1,9, т.е. объем воды в озере сменяется около двух раз в год при среднем уровне обеспеченности, а в многоводные годы еще чаще (Бикбулатов и др., 2003).

2.3. Гидрооптические характеристики и световой режим

Прозрачность воды в весенне-летний период колеблется от 30 до 50 см по диску Секки. Это связано с мелководностью и обильным развитием планктона. Наименьшее светопропускание водной толщи оз. Неро характерно для периода с июня по сентябрь.

Зимой прозрачность резко возрастает в 3-6 раз, что характерно для мелководных эвтрофных озер. Вода озера слабо окрашена, цветность колеблется в пределах 20-30° (Ривьер, 1991).

2.4. Термический режим

Температурный режим водной массы практически повторяет ход атмосферной температуры. Температурная стратификация озера в период открытой воды практически невозможна, т.к. мелководность водоема обеспечивает полное перемешивание даже при средней силе ветра. Однако весной при штиле наблюдается краткая стратификация. Для всего подледного периода типична обратная стратификация с более высокой температурой у дна (Фортунов, Московский, 1970).

2.5. Гидрохимический режим

Кислородный режим летом (как и температурный режим) определяется мелководностью водоема. Летом, за исключением штиля, содержание кислорода достаточно для жизнедеятельности гидробионтов. Днем, в солнечную погоду за счет интенсивного фотосинтеза фитопланктона и макрофитов часто наблюдается значительное перенасыщение кислородом. Зимой быстро развивается дефицит кислорода так, что перед вскрытием регистрируются лишь следы O_2 и вода имеет запах сероводорода. Развиваются заморы рыб, да и другим гидробионтам приходится не сладко. Так известно, что к концу ледостава практически вымирает зоопланктон (Ривьер, 1991). В связи с постройкой плотины на выходе р. Вексы в конце 80-х годов зимний кислородный режим несколько улучшился. По крайней мере, в теплые зимы заморы нет. Однако, зимой 2003, 2005гг. при низких температурах и отсутствии естественных полыней во льду вновь происходили заморы рыбы по всему водоему.

Химический состав вод оз. Неро характеризуется повышенным количеством растворенных минеральных компонентов и высоким содержанием хлоридов относительно других водоемов. Это обусловлено расположением площади водосбора притоков в районе с близким залеганием богатых солями пород пермского и триасового периода, а также поступлениями из антропогенных источников. Грунтовые воды в этом районе очень богаты солями, а почвы местами представлены «усолами» (Фортунов, Московский, 1970). В целом воды оз. Неро можно отнести к гидрокарбонатно-кальциевому классу, для которого обычным служит следующее соотношение ионов:

$Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$ и $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$.

Выявлены значительные межсезонные вариации содержания химических элементов. Минимальные концентрации минеральных элементов приходятся на период весеннего половодья, максимальные – на зимнюю межень. В течение года значения минерализации могут колебаться до 3 и более раз (1984 г. – 205-629 мг/л; 1985 г. – 151-487 мг/л). По данным гидрохимического анализа 1987–1991 гг. среднегодовая величина минерализации близка к 240 мг/л (Бикбулатов и др., 2003).

С начала мая до глубокой осени реакция среды в дневное время остается щелочной. В период активной фотосинтетической деятельности показатель рН может достигать 9,3-9,4. В подледный период значения рН приближаются к нейтральным.

2.6. Донные отложения

Первые подробные полевые сведения о донных отложениях приведены в работе И.В. Молчанова (Отчет о деятельности..., 1929), где упоминается о создании пяти карт: расположения буровых скважин, батиметрической, пело-батиметрической, залегания темноцветных слоев сапропелита и распределения светло-серого слабозеленоватого глинистого сапропелита. Б.С. Грезе (1930), работая на озере в 1926-28 гг. изучал сапропель или "Algyttia" по немецкой номенклатуре. Большую работу по исследованию донных отложений оз.Неро и истории их формирования провели сотрудники Лаборатории сапропелевых отложений Института леса АН СССР. Результаты этой работы были опубликованы в трудах лаборатории в 1956 г. и включали в себя: типологическую и минералогическую характеристику, историю микрофлоры и микрофауны оз. Неро. Наиболее интересны результаты глубинных бурений в центре озера, которые позволили определить возраст водоема, темп илонакопления и выявить последовательные сукцессионные смены флоры и фауны (Тюремнов, 1956; Корде, 1956). В работах А.И. Смирнова (1956, 1965) посчитан общий запас сапропелей 200–250 млн. м³. Обобщенные М.А. Фортунатовым и Б.Д. Московским (1970) описания подтвердили полученные ранее результаты и добавили новые данные о микроэлементном составе илов.

Что такое сапропель?

Сапропели - сложные органические, органоминеральные комплексы веществ, формирующиеся в результате биохимических, микробиологических механических процессов из остатков отмирающих растительных и животных организмов и привносимых в водоемы органических и минеральных примесей. Отличаются от торфов тонкой структурой и более низким содержанием органического вещества (ОВ). Исходным материалом для образования сапропеля служит все автохтонное (внутреннее) вещество водоема (растительные и животные организмы) и органические и минеральные вещества аллохтонного (внешнего) происхождения (поступающие с притоками и с водосбора). Но образование сапропеля не просто механическое накопление остатков, а сложный биохимический процесс. Крупные растительные остатки разлагаются медленно и непосредственно участвуют в формировании сапропеля, а мелкие частицы (планктон), быстро разлагаясь, принимают участие в синтезе из продуктов их распада. Непосредственную роль в образовании сапропеля играют многочисленные микроорганизмы. Они синтезируют новые соединения, необходимые для собственной жизнедеятельности, а продукты их метаболизма, остаются в формирующейся сапропелевой залежи. В структуре экосистемы озера сапропель является мощным аккумулятором биогенных элементов. С одной стороны, выводя их из круговорота, путем отложения и захоронения, с другой - возвращая с ветровым перемешиванием в силу мелководности водоема.

Сапропель представляет собой желеобразную массу сметанообразной консистенции, с постепенным уплотнением по глубине залегания. Коллоидная структура является причиной его высокой (до 95-97%) влажности. Высокое содержание органического вещества, также повышает его влажность (Ельшин, Волков, 1995).

Распределение видов сапропеля по акватории оз. Неро

В оз. Неро, как и в других естественных и искусственных водоемах, тип грунта имеет циркум-батиметрическое (круговое) распределение. Вблизи песчаных берегов, особенно у восточного и юго-восточного побережья, пески и илистые пески занимают полосу шириной 50–100 м. Рыхлые озерные осадки перемежаются более плотными, предположительно речными наносами.

Черный сапропель встречается под сообществами погруженных растений. Он распространен в наиболее зарастающей южной части озера. Черный цвет указывает на неблагоприятные кислородные условия биотопа (Баканов и др., 2001а).

Серовато-бурый сапропель сосредоточен под сообществами воздушно-водных растений (камыш), в северной и западной частях озера, а также в многочисленных проливах между их куртинами. Оливковый и серовато-бурый цвет характеризует грунты как хорошо насыщенные кислородом в результате их постоянного взмучивания слабыми ветрами (до 4 м/с).

Темно- и светло-коричневый сапропель распространен в сообществах рогоза и манника в обширном южном заливе между селами Львы и Поречье, а также в прибрежье восточной части озера изобилующем болотами, которые служат источником поступления гумуса. Там, где заросли растений разрежены, дно заполнено растительными остатками, цвет ила коричневый, тогда как в плотных зарослях – черный. Последнее связано с дефицитом кислорода и слабой проточностью.

Вдоль городских застроек в слабо заросшем северо-западном побережье наряду с серым и черным песчаным илом узкой полосой 10–15 м тянется лента черного пластичного техногенного ила, который даже в летнее время отличается запахом сероводорода.

Независимо от цвета сапропели озера имеют много общего. Они характеризуются как алевроито-пелитовые илы с объемной массой 0,06–0,30 г/см³, влажностью 80–95% и содержанием ОВ 22–60%.

Химический состав сапропелей.

В целом история развития озера Неро по донным отложениям прочитывается с удивительной ясностью. Толща осадков формировалась при неодинаковых климатических условиях, и представляет собой 11 слоёв (Кордэ, 1956). Причём каждый слой характеризовался своими климатическими условиями и развитием биоты (живых организмов). Донные отложения оз. Неро в общем представлены темноцветными глинистыми сапропелями, с высоким содержанием кальция и относительно небольшой долей органического вещества (рис. 5).



Рис. 5. Схема озера в разрезе (по Смирнову, 1953)

Химический состав сапропеля варьирует в широких пределах (табл. 2) (Фортунатов, Московский, 1970).

Таблица 2

Химический состав сапропеля озера Неро (в % воздушносухого вещества)*

| | Зольность | Азот общий | Фосфор | Кальций | Гумус |
|---------------------|-----------|------------|---------|---------|-------|
| Минимум | 57,0 | 0,18 | 0,25 | 0,98 | 3,0 |
| Максимум | 84,6 | 1,7 | 2,30 | 40,0 | 25,5 |
| Типичное содержание | 70,0-80,0 | 0,4-0,7 | 0,3-0,8 | 10-30 | 7-17 |

*приведено по Современное..., 2008.

Современные, более полные данные о химическом составе сапропеля сделаны в конце 90-х годов прошлого века (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав сапропелей озеро Неро
(на воздушно-сухое вещество) *

| Показатели | в % |
|-----------------------|----------------|
| Первоначальная влага | 5,81 |
| Сырой протеин | 3,44 |
| Сырой жир | 2,12 |
| Клетчатка | - |
| Сырая зола | 75,8 |
| Зола нераствор. в HCl | 16,6 |
| Общий азот | 0,55 |
| Белковый азот | 0,34 |
| Остаточный азот | 0,21 |
| Аминокислоты | в г/кг |
| Аспарагиновая к-та | 2,28 |
| Глутаминовая к-та | 1,96 |
| Лизин | 1,00 |
| Метионин | 0,61 |
| Цистин | 0,87 |
| Треонин | 1,15 |
| Серин | 0,82 |
| Пролин | 0,86 |
| Глицин | 1,64 |
| Аланин | 1,22 |
| Валин | 1,26 |
| Изолейцин | 0,70 |
| Тирозин | 0,60 |
| Лейцин | 1,05 |
| Фенилаланин | 0,78 |
| Гистидин | 0,21 |
| Аргинин | 0,50 |
| Сумма аминокислот | 17,50 |
| Макроэлементы | в г/кг |
| Кальций | 274,0 |
| Фосфор | 7,77 |
| Магний | 5,75 |
| Натрий | 0,97 |
| Калий | 0,80 |
| Сера | 1,18 |
| Железо | 34,2 |
| Микроэлементы | в мг/кг |
| Медь | 41 |
| Цинк | 42 |
| Марганец | 353 |
| Кобальт | 14,7 |
| Йод | 2,44 |
| Кремний | - |

| Витамины | в мг/кг |
|--------------------------|----------------|
| В ₁ | 0,16 |
| В ₂ | 4,85 |
| В ₃ | 4.14 |
| В ₅ | 6.28 |
| В ₆ | 3.58 |
| В ₁₂ , мкг/кг | 210 |
| Каротиноиды | 7.06 |
| В-каротин | 2,40 |
| Е | 6.7 |
| А | не обнаружен |

| Токсичные элементы | в мг/кг |
|---------------------------|----------------|
| Свинец | 30,4 |
| Кадмий | 0,077 |
| Мышьяк | 0,78 |
| Фтор | 114 |
| Ртуть | 0,039 |
| Хром | 63,8 |
| Никель | 39.9 |
| Нитраты | - |
| Нитриты | не обнаружены |

* данные предоставлены лабораторией «Сапропель-Неро» 1998 г.

Содержание тяжелых металлов не выходит за пределы фоновых значений и, как правило, ниже экологических нормативов для ДО. Концентрация некоторых металлов иногда превышает характерную для подзолистых почв бассейна, что свидетельствует об антропогенной природе их происхождения (особенно по Pb и Ni).

Антропогенное загрязнение обычно оценивают по увеличению содержания металлов (свинца, кадмия, ртути и цинка) снизу вверх вдоль колонки керна. В оз. Неро подобное четко прослежено только для ртути. Однако, в рыбах (лещ) уровень содержания этого элемента крайне низок (Гапеева и др., 1995), вероятно, ртуть в озере находится в биологически недоступной форме. По данным В.Б. Ильина (1991) средняя концентрация металлов в растениях озера соответствует нормам.

В верхнем слое сапропеля в 50-х годах прошлого века доля органического вещества составляла 37,5-41% сухого веса (Корде, 1956), в конце 80-х – 20-32% (Бикбулатов и др., 2003). Количество органического вещества и плотность ила изменяется с глубиной, наиболее рыхлый с самым высоким содержанием органической части наиллок состоит из полуразложившихся водорослей. В среднем сапропель продолжает нарастать, уменьшая глубину озера на 3-5 миллиметров каждый год, отбирая у воды и рыбы, живущей в ней, все больше и больше кислорода. Запасы сапропеля в оз. Неро составляют около 250 млн. тонн (Смирнов, 1956).

В прибрежье (ст.8) у г. Ростова отмечены более высокие концентрации азота и фосфора по сравнению с центральной частью озера (табл. 4)

Таблица 4

Содержание биогенных элементов (% от сухого веса) в различных слоях илов, лето 2004 г. *

| Станция | Горизонт, см | Цвет | C _{общ} | N _{общ} | P _{общ} |
|---------|--------------|-----------|------------------|------------------|------------------|
| 3 | 0–10 | оливковый | 13,3 | 0,7 | 0,19 |
| | 20–30 | черный | 13,1 | 0,6 | 0,20 |
| | 30–40 | бурый | 13,1 | 0,5 | 0,20 |
| 4 | 0–5 | бурый | 12,8 | 0,7 | 0,19 |
| | 5–10 | черный | 12,5 | 0,7 | 0,22 |
| | 10–15 | бурый | 11,4 | 0,5 | 0,18 |
| 7 | 0–10 | оливковый | 10,0 | 0,6 | 0,22 |
| | 10–15 | бурый | 12,4 | 0,6 | 0,22 |
| | 20–25 | черный | 13,0 | 0,5 | 0,17 |
| 8 | 0–10 | черный | 12,7 | 1,2 | 0,48 |
| | 10–20 | черный | 12,2 | 1,4 | 0,52 |
| | 20–30 | черный | 13,0 | 0,9 | 0,29 |

* приведено по Состояние..., 2008.

На сегодняшний момент отсутствует карта донных осадков оз. Неро. Её построение затруднено в связи с недостатком данных (малым количеством обследованных грунтовых станций). Создавать карту на основе распределения ассоциаций макрофитов непродуктивно без аэрофотосъемки, так как растительность постоянно испытывает изменения состава. Увеличение в целом степени зарастания озера с 22% (Довбня, 1991) до 25,6-27,2% (Папченков, 2008) незначительно и может находиться в пределах ошибки расчета.

Основные процессы в донных отложениях происходят в поверхностном (0–10 см) слое оливково-блеклых илов (сапропелей), занимающих наибольшую площадь (38 км²). Площадь распространения донных отложений, различных по цветовым оттенкам и физико-химическим показателям, может служить основой для оценки интенсивности продукционно-деструкционных и других процессов в экосистеме озера. Подобные исследования представляют интерес при составлении биотического баланса в экосистеме озера.

Хозяйственное использование сапропелей.

Велика роль сапропелей в сельском хозяйстве, технике, нефтяной, газовой и химической промышленности, строительстве. Являясь экологически чистым органоминеральным удобрением, сапропели не только существенно повышают урожайность самых различных сельскохозяйственных культур, но и улучшают качество продукции. Сапропели используют как биодобавки в корм скоту. При их скармливании активизируются физиологические процессы в организме животных, лучше усваиваются питательные вещества кормов. Значительно повышение производства молока и мяса происходит за счет содержания макро- и микроэлементов, разнообразных биологически активных соединений. Нормализуется деятельность важнейших систем и органов животного: кроветворения, кровообращения, печени, желудка. Снижается заболеваемость, повышается устойчивость к неблагоприятным воздействиям внешней среды.

Результаты полевых испытаний сапропелей в качестве удобрения показали, что они являются активными стимуляторами роста различных сельскохозяйственных культур. При внесении их в почву существенно увеличивается урожайность, улучшаются биохимические показатели продукции. Снижается содержание нитратов, повышается клейковины, крахмала, сахара, витаминов, каротина. Увеличивается устойчивость культур к различным заболеваниям

Кроме этого, сапрпель широко применяется в других отраслях: как наполнитель и связующее вещество в строительстве, в качестве лечебных грязей в медицине, может использоваться в ветеринарии, фармацевтической и парфюмерной промышленности (Хохлов, Нефедова, 1970; Хохлов, Хохлова, 1998).

2.7. Биогенные элементы

К биогенным веществам относятся соединения кремния, азота, фосфора и железа. Обеспеченность азотом и фосфором оказывает определяющее влияние на развитие и фотосинтез фитопланктона. Азот входит в состав аминокислот и белков, в том числе – пигментных комплексов, поэтому от обеспеченности этим элементом зависит содержание хлорофилла в клетке. Фосфор присутствует в клеточном материале в составе многих соединений: фосфатных групп, входящих в структуру нуклеиновых кислот, фосфолипидов, АТФ. У исследователей нет единого мнения в отношении форм существования фосфора в водоёме. В одном согласны все – фосфор быстро переходит в разные формы, живые организмы борются за него. Выделяют до 8 взаимосвязанных между собой фракций, формирующих его общий фонд. В наиболее общем виде они могут трактоваться как растворённый и взвешенный фосфор. Биологически доступный фосфор включает органический растворённый фосфор, коллоидальный фосфор и ортофосфаты. Основная масса общего фосфора в водоёме существует в виде взвешенной органической фракции. Во многих системах неорганические соединения фосфора часто составляют менее 10 % от общего содержания фосфора. Обмен фосфора у водорослей характеризуется одной особенностью, которая не свойственна остальным зелёным растениям. Речь идёт о способности ряда водорослей образовывать и запасать большие количества полифосфатов сверх своих потребностей при их высоком содержании в среде, а затем использовать их тогда, когда во внешней среде ощущается недостаток фосфора. Подавляющее число озёр мира лимитировано по фосфору. Это удалось выяснить при изучении и разработке методов восстановления Великих озёр Америки. По данным Николса с соавторами в озере Эри в 1973-1974 гг. за уменьшение количества фитопланктона на 50 % было ответственным снижение содержания общего фосфора. За 30 лет усилиями двух стран Америки и Канады состояние Великих озёр вернулось к уровню начала 20 века, восстановились сообщества гидробионтов, заплескалась рыба. Были потрачены миллиарды долларов на доброе дело, и оно вернулось сторицей. Люди пьют чистую воду, промышленность переведена на закрытые циклические формы использования воды, многочисленные парки полны туристов и отдыхающих, рыбаки занимаются любимым делом.

Столь подробно мы остановились на значении биогенных элементов для понимания состояния этого вопроса в оз. Неро.

Подлёдное содержание биогенных элементов в конце ледостава характеризует объём доступных питательных веществ в вегетационный период. Для оз. Неро они соответствуют концентрациям высокотрофных водоёмов. В летний период биогенные элементы быстро потребляются живыми организмами. По мнению Э.С. Бикбулатова с соавторами (2003) особенностью оз. Неро является практически полное отсутствие неорганических форм азота и фосфора в вегетационный период. Не обнаруживается и кремний. Таким образом, первичная продукция лимитирована в озере сразу по трем элементам. Это необычная ситуация для мировой лимнологии. Суммируя результаты гидрохимических исследований за 2002-2004 гг., Э.С. Бикбулатов с соавторами (2008) пишет: «Многолетняя динамика содержания основных биогенных элементов не свидетельствует об усилении эвтрофирования озера в 2002–2004 гг. Общее содержание соединений азота и фосфора во все сезоны года не выходит за пределы, отмеченные в 1987–1991 гг. За прошедшие 15 лет не произошло заметного изменения химического облика вод озера».

В наших исследованиях 2004-2008 гг. концентрации минерального фосфора ($P-PO_4^{3-}$) с марта по октябрь варьировали в пределах 0,004-0,42 мг/л. Среднее значение за период открытой воды (с апреля по октябрь) составило $0,033 \pm 0,003$ мг/л. Значения попадают в пределы 0,02 – 0,05 мг/л, указываемые как достаточные для развития фитопланктона. Говорить о лимитировании не приходится, даже исходя из концентраций минерального фосфора. О чем свидетельствует и содержание общего фосфора: с марта по октябрь 2004-2008гг. оно изменялось от 0,023 до 0,83 мг/л. В среднем, за период открытой воды составив $0,113 \pm 0,005$ мг/л, что соответствует высокотрофным водоемам. Концентрации разных форм минерального азота за период исследований изменялись в широком диапазоне значений: $N-NH_4^+$ от 0,022 до 3 мг/л, $N-NO_3^-$ от 0,022 до 0,22 мг/л. Средняя за период открытой воды концентрация, как аммонийного, так и нитратного азота составила $0,12 \pm 0,01$ мг/л.

В многолетней динамике ряда абиотических показателей оз. Неро с конца 1980-х гг. по 2008 г. наблюдается тенденция к увеличению в воде концентраций нитратного азота и минерального фосфора и к снижению значений прозрачности на фоне повышения среднего уровня воды. Также было зафиксировано возрастание усредненной по месяцам температуры воды в период наблюдений 2004-2008 гг. по сравнению с 1999-2003 гг. С 2005 года стали отмечаться высокие концентрации нитратного азота и минерального фосфора в летне-осенний период, что не было характерно для озера в предыдущие годы исследований. Межгодовые изменения других абиотических параметров (концентраций общего фосфора, значений pH, минерализации, кислородного режима) остались достаточно стабильными с конца 80-х гг. XX века (Сиделев, 2010).

Отмеченная тенденция увеличения концентраций минерального фосфора и нитратного азота в воде оз. Неро в последние годы должна рассматриваться как негативный процесс, усиливающий первичное продуцирование органического вещества. Важнейшей задачей является выяснение природы данного повышения, определение источника дополнительного поступления данных веществ.

И опять возникают трудности. Как вычленишь источник? Стоит пройтись летом по берегу оз. Неро и увидишь не приглядную картину: мусор, хлам, река Пига в межень представляет собой дурно пахнущую канаву. Не раз в экспедиционных обследованиях мы наблюдали прорывы коллектора. Это вообще отдельная история. Коллектор проложен вдоль берега озера, его состояние давно за пределами нормы. Не нужно быть экологом, достаточно быть сознательным гражданином, чтобы понять – город весьма серьезно загрязняет озеро. За пределами данного сообщения остаются вопросы очистки стоков города и предприятий. Необходима специальная работа по сведению воедино материалов по загрязнению озера.

И все же вернемся к научному поиску. Наиболее важными источниками биогенных веществ являются внутриводоёмные процессы и поступление с речным стоком, атмосферными осадками, промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. Работами сотрудников ИБВВ РАН было показано, что внутренняя биогенная нагрузка на озеро **в несколько раз** превышает внешнюю (Бикбулатов и др., 2003). Вследствие этого, высокая продуктивность водорослей и макрофитов поддерживается, прежде всего, за счет огромных запасов биогенных веществ в донных отложениях. Э. Бикбулатов с соавторами (2003) подчеркивает: «Значительное превышение внутренней биогенной нагрузки над внешней служит характерной чертой функционирования экосистемы оз. Неро, что обязательно должно учитываться при планировании мелиоративных мероприятий на его акватории или водосборе». При этом сами донные отложения весьма разнообразны, необходимо учитывать их состав, распределение, придонный кислородный режим. Последнее исследование донных отложений В.В. Законнова (Состояние ..., 2008) дает

представление о процессах связанных с ними в озере. Автор подчеркивает важность подобных исследований для составления биотического баланса озера.

Таким образом, в настоящее время мы имеем достаточно хорошее представление о лимнологии озера. Тем не менее, характер многолетних изменений, различие гидрологических фаз, требует постоянного слежения за узловыми параметрами: уровень водоема, приток и сток воды, биогенная нагрузка. Если первый параметр отслеживается службой Гидрометеорологии области, то остальные требуют дополнительных исследований. Учитывая сложность исчисления общего притока, необходимо построить модель на основании изменения уровня водоема и стока через р. Вексу. Данные по плотине есть. Сложнее с биогенной нагрузкой. Необходимо слежение за содержанием биогенов в период активного развития гидробионтов, проведение постоянных наблюдений в подледный период. Наиболее длинные ряды наблюдений (1999 – 2011 гг.) по озеру в настоящее время находятся на кафедре экологии и зоологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова. Они могут послужить базой для определения тенденций. В то же время, в ряде работ мы указывали на расхождении результатов, полученных параллельно с ИБВВ РАН. Повышенная минерализация, наличие большого количества органических примесей, а также низкое разрешение анализов на содержание биогенных элементов в целом, требует аккуратного методического обеспечения. Для расчета нагрузки на водоем необходима оценка специалистами предшествующих результатов и проведение новых наблюдений с учетом водности, водообмена, изменения биотической составляющей.

3. Краткая характеристика современного состояния ключевых звеньев биоты

3.1. Бактериопланктон

Бактерии и другие микроорганизмы играют важную роль в организации жизни на Земле. Трудно представить, но их биомасса на Земле превышает биомассу всех других организмов. Первые живые существа за 3,5 млрд. лет практически сформировали нашу биосферу, организовали основные круговороты элементов. В водных экосистемах бактерии участвуют в продуцировании и минерализации органического вещества, процессах самоочищения, являются важными компонентами пищевых сетей.

Здесь мы остановимся на исследованиях бактериопланктона оз. Неро – микроорганизмов, населяющих толщу воды. Впервые данные о пространственном распределении, сезонной динамике, размерно-морфологической структуре и активности бактериопланктона оз. Неро были получены в 2002–2005 гг., в ходе комплексных работ. Благодаря исследованиям сотрудников ИБВВ РАН Д. П. Косолапова, А.И. Копылова, Т.С. Масленниковой и студентов ЯрГУ М.В. Койру, Ю.Ю. Рожкова получены интереснейшие результаты.

Количественный уровень развития планктонных гетеротрофных бактерий ($(3,11-4,01) \times 10^6$ кл/мл и $302-441$ мг/м³,) характеризует оз. Неро как высокоэвтрофный водоем, трофический статус которого приближается к гиперэвтрофному. В годы с более высокими значениями температуры воды, содержания хлорофилла в воде и первичной продукции фитопланктона наблюдались более высокие биомассы бактериопланктона, с максимумом в июле-августе. Средняя за вегетационный сезон бактериальная продукция (в расчете на 1 м³) составляла только 11,8% первичной продукции фитопланктона.

Отличительной особенностью структуры бактериопланктона оз. Неро является значительный вклад агрегированных бактерий (бактерии на детрите и водорослях, бактерии в микроколониях) и нитей в формирование суммарной биомассы планктонных гетеротрофных микроорганизмов. Они были особенно многочисленны в июле–сентябре – в период массового развития и отмирания цианобактерий (*Limnothrix*

redekei и *Planktothrix (Oscillatoria) agardhii*). Агрегированный бактериопланктон и находящиеся в составе микроколоний бактериальные клетки, могут использоваться в пищу не только тонкими, но и грубыми фильтраторами зоопланктона, вследствие чего углерод бактерий поступает на высшие трофические уровни без участия простейших, пищевая цепь становится короче и энергетически более эффективной. Большое количество вещества, синтезируемого «несъедобными» для зоопланктона тонкими нитчатыми бактериями через микробную петлю переходит на более высокие пищевые уровни.

Формированию так называемой «микробной петли», как важнейшего структурно-функционального компонента планктонного сообщества оз. Неро посвящено несколько специальных разделов монографии «Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века» (2008). На основании впервые изученных в водоеме сообществ бактериопланктона, гетеротрофных нанофлагеллат, инфузорий, зоопланктонных организмов, с использованием результатов исследований автотрофного звена, авторы построили модели и рассчитали потоки вещества через весьма сложные пищевые сети. За деталями процесса мы отправляем к заключительной главе монографии: «Потоки вещества и энергии в трофической сети планктона озера» (А.И. Копылов, В.И. Лазарева, Д.Б. Косолапов, 2008).

Исследования показали, что «микробная петля» представляет очень важный структурно-функциональный компонент планктонного сообщества. Микробное планктонное сообщество интенсивно развивается в присутствии большого количества «несъедобных» сине-зеленых водорослей и небольшого количества зоопланктона.

3.2. Фитопланктон

В триаде групп организмов, осуществляющих круговорот веществ (продуценты, консументы, редуценты) водоросли вместе с автотрофными бактериями и высшими растениями составляют звено продуцентов за счет, которого существуют все остальные бесхлорофилльные нефотосинтезирующие организмы нашей планеты. Совокупность свободно плавающих и парящих в толще воды мелких водорослей называют фитопланктоном. Растительные компоненты планктона играют важную роль в круговороте вещества и в газовом режиме, являясь не только структурным элементом экосистемы, но и средообразующим фактором. Поэтому при оценке биологического потенциала озера необходимо иметь объективное представление о фитопланктоне - первом звене трофической цепи водных организмов.

Изменения состава фитопланктона озер происходят в соответствии с изменениями его экосистемы. Выделяют сезонную сукцессию – изменения в соответствии с годовыми изменениями и основную сукцессию – изменения в геологическом времени. Здесь действует важнейший биогеохимический принцип: живое изменяет среду обитания и вынуждено само изменяться соответственно. В олиготрофном водоеме живут и создают первичное фотосинтетическое органическое вещество одни водоросли, в эвтрофном – другие. Эволюция структуры альгофлоры оз. Неро хорошо изучена по данным глубинных бурений, на которых мы останавливались выше (Кордэ, 1956с; Гунова, 1975).

Есть отдельные сведения о составе фитопланктона в современный период: в начале века озеро было покрыто макрофитами, обильно развивалась *Gloeotrichia echinulata* – факультативный обрастатель (Болохонцев, 1903). В 1930 г. у дна отмечались *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Golenkinia*, (Грезе, 1930). Весной 1963 г. в планктоне преобладали диатомовые водоросли, в начале лета – диатомовые рода *Fragilaria* и *Stephanodiscus hantzshii* Grun., синезеленые рода *Oscillatoria* и *Aphanizomenon gracile* (Lemm.) Elenk., а также зеленые из родов *Scenedesmus* и *Pediastrum* (Ильинский, 1970). Наиболее полно состав, сукцессии фитопланктона, количественное развитие, анализ доминантного комплекса изучался О.А. Ляшенко –

старшим научным сотрудником ИБВВ РАН, в составе комплексной экспедиции 1987-89 и 1990 гг. В конце 80-х озеро характеризовалось преобладанием осцилляторий *Pseudanabaena (Oscillatoria) limnetica*, *Limnothrix (Oscillatoria) redekei*, и значительным участием зеленых (*Scenedesmus*, *Golenkinia*) и эвгленовых водорослей (Ляшенко, 1991).

В настоящее время составлен сводный список, включающий исследования О.А. Ляшенко, О.В. Бабаназаровой (2008) и С.И. Сиделева (автореферат 2010), который насчитывает 816 таксонов водорослей рангом ниже рода. В среднем список водорослей с 1999 г. пополняется на десяток таксонов, рангом ниже рода, что свидетельствует о его насыщении и достаточно хорошей изученности видового состава. Альгоценоз планктона оз. Неро оказался одним из самых разнообразных в ряду мелководных высокоэвтрофных водоемов умеренной зоны.

Таксономический состав альгофлоры, сезонная динамика развития фитопланктона, состав доминантов и выделение функциональных групп сообщества подробно обсуждается в главе «Фитопланктон» монографии (Состояние..., 2008) и в ряде опубликованных работ (Бабаназарова, Зубишина, 2002; Бабаназарова, 2003; Бабаназарова и др., 2004; Сиделев, Бабаназарова, 2008; Сиделев, 2010).

За период исследований 2004-2008 гг. численность фитопланктона изменялась от 0,3 млн. кл./л до 2,7 млрд. кл./л, биомасса – от 0,035 мг/л до 99 мг/л. Сезонная сукцессия видов в 2004-2008 гг. была однотипной для всех лет наблюдений. Установлено преимущественное развитие подо льдом либо различных фитофлагеллят, либо синезеленых водорослей родов *Limnothrix*, *Pseudoanabaena*, *Planktothrix*, которые по функциональной классификации К. Рейнольдса составляют планктотрихетовый S1 тип. Весной по биомассе преобладали диатомеи, с доминированием наиболее типичных для гипертрофных водоемов пеннатных диатомей родов *Synedra* и *Nitzshia*, по численности превалировали виды планктотрихетового комплекса. Летом и осенью основу доминантного комплекса по численности и биомассе формировали *Limnothrix redekei*, *Pseudanabaena limnetica*, *Planktothrix agardhii* кратковременные вспышки обилия давал *Aphanizomenon gracile*.

Выявлены происходящие в настоящее время изменения в комплексе доминирующих видов фитопланктона. В летне-осенний период наряду с *Limnothrix redekei* на доминантные позиции выходит *Planktothrix agardhii*. Показана практически круглогодичная вегетация планктотрихетового комплекса синезеленых водорослей. Подобный состав фитопланктона характеризует оз. Неро как уникальный водоем в ряду высокопродуктивных озер России, находящийся в стадии перехода к гипертрофии.

Кроме толщи воды микроскопические водоросли в водоеме развиваются на субстрате. Это группы эпифитона (обрастатели растений) и микрофитобентоса (водоросли, обитающие в рыхлом субстрате). Первые исследования альгобентоса озера проводились в начале XX века - С.М. Вислоух и Р.Р. Кольбе (1916) и С.М. Вислоух (1921) изучали бентосные диатомовые. В середине восьмидесятых годов проводилось sporadическое изучение экологии диатомовых водорослей озера Неро и его притоков Московским государственным университетом (Гунова, 1996). Наиболее полное исследование качественных и количественных характеристик микрофитобентоса были сделаны в 1998-2000 гг., пространственное распределение – в 2004 г. на кафедре экологии и зоологии ЯрГУ (Зубишина, Бабаназарова, 2003; Зубишина, 2007) По результатам наших исследований в микрофитобентосе оз. Неро было обнаружено 150 таксонов рангом ниже рода. Сообщество оценивается по биомассе как диатомово-синезеленое.

Видовой состав, численность и биомассу эпифитона оз. Неро, а также состав растительных пигментов исследовали в 1987 г. Получены первые сведения об эпифитоне оз. Неро и опубликован список видов водорослей эпифитона, содержащий 218 таксонов рангом ниже рода (Ляшенко, Метелева, 2000; Метелёва, 2001).

Численность эпифитона определялась преимущественно диатомовыми и сине-зелеными, а биомасса диатомовыми, реже зелеными и сине-зелеными водорослями.

Последние 13 лет исследования фитопланктонного и микрофитобентосного сообщества оз. Неро активно ведутся на кафедре экологии и зоологии ЯрГУ под руководством доцента к.б.н. Бабаназаровой О.В. За этот период были получены многолетние ряды наблюдений, благодаря которым можно увидеть изменения, происходящие в сообществе фитопланктона, выявить их механизмы, получить данные для предсказательных моделей, оценить состояние озера.

3.3. Зоопланктон

Разные виды организмов в сообществе оказываются тесно связанными друг с другом, взаимозависимыми друг от друга. Наибольшее значение в природе имеют пищевые связи, благодаря которым осуществляется непрерывный вещественно-энергетический обмен между живым и неживым веществом природы.

Для любого сообщества можно составить схему всех пищевых взаимосвязей организмов. Эта схема имеет вид сети. Пищевая сеть (ее переплетения бывают очень сложными) обычно состоит из нескольких пищевых цепей, каждая из которых является как бы отдельным каналом, по которому передаются вещество и энергия.

Разные виды занимают в пищевой цепи разное положение. Лишь зеленые растения способны фиксировать световую энергию и использовать в питании простые неорганические вещества. Такие организмы выделяют в самостоятельную группу и называют автотрофами (кроме фотосинтезирующих организмов к ним относятся и хемосинтезирующие бактерии, способные к синтезу органики из неорганических соединений литосферы), или продуцентами — производителями биологического вещества. Они являются важнейшей частью любого сообщества, потому что практически все остальные организмы прямо или косвенно зависят от снабжения веществом и энергией, запасенными растениями. В водоемах их роль берут на себя микроскопические водоросли, обитающие в толще воды (фитопланктон) и высшая водная растительность. Все остальные организмы относятся к гетеротрофам (от греч. heteros — разный), питающимся готовыми органическими веществами. Различают:

Пастбищные пищевые цепи. В водоеме примером может быть: фитопланктон – зоопланктон растительоядный – зоопланктон хищный – рыбы зоопланктофаги – рыбы хищники.

Детритные пищевые цепи. Детритные пищевые цепи (цепи разложения) - пищевые цепи, которые начинаются с детрита - отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Детритные цепи наиболее характерны для сообществ континентальных водоемов, дна глубоких озер, океанов.

В структуре сообщества обнаруживаются петли обратной связи. Разлагатели (редуценты) - микробы, грибы, бактерии - в процессе своей жизнедеятельности расщепляют сложные органические соединения (экскременты и мертвую органику) на более простые минеральные вещества, необходимые продуцентам. Таким образом, вещество и энергия возвращается в трофическую систему

В экологических системах, в большинстве случаев один и тот же организм может служить источником пищи для многих организмов и тем самым являться составной частью различных пищевых цепей и жертвой разных хищников. Например, дафнию может съесть не только мелкая рыба, но и хищный рачок циклоп, а плотву - не только щука, но и выдра.

Формирование трофических сетей - сложный тип взаимоотношений, включающий разные цепи питания. Сложность пищевых цепей многократно возрастает, если принять во внимание, что у членов цепей питания - организмов-хозяев - имеются многочисленные специфические паразиты, которые в свою очередь являются звеньями других цепей.

Краткое напоминание из теории общей экологии необходимо нам для более осознанного понимания, что в структуре сообщества важно не только знать состав, но и характер взаимоотношений в системе. В нашем анализе мы переходим к гетеротрофному сообществу – зоопланктону.

В 1928 году А.А. Кулеминым был приведён список зоопланктона встреченного в желудках леща. Его можно считать первым списком зоопланктона озера Неро (Кулемин, 1930). Палеоолимнические исследования оставили нам данные о зоопланктонных организмах сохранившихся донных отложениях (Кордэ, 1956).

В шестидесятых годах А.В. Монаков и В.А. Экзерцев изучали сообщества прибрежных и водных растений озера и их фауны. Благодаря их данным был приведен второй список зоопланктона оз. Неро (Монаков, Экзерцев, 1970).

Следующее исследование озера проводилось в 1987-1990 гг. (Ривьер, 1991). Ривьер И.К. и Столбуновой В.Н. (1991) приведён обширный список зоопланктона всего озера, который включает коловраток – 59 видов, ветвистоусых – 35, веслоногих – 15. Авторы характеризуют пространственное распределение зоопланктона, сезонную динамику развития, впервые изучают особенности зимнего развития, проводят анализ влияния абиотических и биотических факторов среды на сообщество, характеризуют трофический статус водоема. Наличие данных конца 90-х годов XX века позволила детально проанализировать и расширить круг вопросов по изучаемому сообществу в начале XXI века. Здесь мы опять относим внимание специалистов к опубликованной книге “Состояние...., 2008”. Ведущий научный сотрудник ИБВВ РАН В.И.Лазарева - главный редактор книги и координатор комплексных исследований 2002-2004гг от ИБВВ РАН), С.М. Смирнова – бывшая студентка каф. экологии и зоологии ЯрГУ, а сейчас научный сотрудник того же института, с успехом защитившая кандидатскую диссертацию, подробно изучили зоопланктонное сообщество. В книге освещены: состав и встречаемость видов, доминантные виды, сезонная динамика зоопланктона, численность и биомасса, интегральные характеристики, изменения за прошедшие 10-12 лет.

В настоящем сообщении мы кратко остановимся на полученных результатах. Общий список ракообразных и коловраток оз. Неро насчитывает >130 таксонов в ранге вида, >60% которых составляют коловратки. В 2000–2006 гг. выявлены 14 новых видов коловраток и 11 рачков, четыре из них *Trichocerca pusilla*, *Asplanchna girodi*, *A. henrietta*, *Paracyclops fimbriatus* были многочисленны. Не встречены в пробах >30 видов, отмеченных в списках предыдущими исследователями. Преимущественно это фитофильные и бентосные формы. Ежегодно находили <50% видов общего списка.

Более или менее постоянно в сообществе зоопланктона озера доминируют семь видов коловраток и три вида рачков. Наибольшие различия отмечены между доминантными комплексами отдельных лет, в пространстве четко отличались наборы доминантов в зарослях и в открытой воде.

Для сезонной динамики зоопланктона характерны 1–3 пика численности и 2–3 биомассы. Наиболее часто повторяются весенне–летний (май–июнь) и поздне–летний (июль–август) пики обилия зоопланктона. Обычно в первой половине лета основное количество зоопланктона формируют коловратки, во второй доминируют ракообразные. Распределение зоопланктона по акватории водоема в летний период определяется распространением макрофитов и ветровыми циркуляционными течениями. Средние значения численности (135 ± 66 тыс. экз/м³) и биомассы зоопланктона ($0,58 \pm 0,17$ г/м³) в 2000–2005 гг. были в 5–7 раз ниже по сравнению с 1987–1989 гг. Особенно сильно снизилась биомасса.

Авторы отмечают небольшую ценность зоопланктона оз. Неро в качестве корма для взрослых рыб, но его количество способно обеспечить хорошее питание молоди. То же отмечали в 80-х годах прошлого века (Столбунова, 2006).

Одну из характеристик трофической структуры планктона пелагиали озер представляет отношение биомассы зоопланктона к биомассе фитопланктона (Bz/Vph). Его значения снижаются с увеличением продуктивности водоема, в эвтрофных озерах они составляют $<0,5:1$ ($0,42 \pm 0,07$) (Андроникова, 1996). По расчетам с использованием данных работ (Ривьер, Столбунова, 1991; Бабаназарова и др., 2004) в оз. Неро в 1987–1989 гг. этот показатель варьировал в пределах $0,18–0,27$, в 2000–2004 гг. он снизился до $0,02–0,05$. Последние цифры соответствуют минимальным для эвтрофных водоемов и близки к характерным ($Bz/Vph = 0,05$) для гипертрофных (политрофных) (Gulati, 1983). Индекс Bz/Vph – показатель межценотических трофических взаимодействий, его экстремально низкие значения свидетельствуют о слабых прямых «пастбищных» связях зоо- и фитопланктона оз. Неро. В процессе эвтрофирования высокопродуктивных водоемов биомасса фитопланктона продолжает возрастать, а зоопланктона снижается, что на стадии гипертрофии приводит к резкому уменьшению показателя Bz/Vph . В более широком смысле уменьшение в последних наблюдениях показателя Bz/Vph может, вероятно, указывать на усиление роли микробной «петли» в пелагиали оз. Неро в современный период. Причиной этого послужили снижение пресса зоопланктона (воздействия «сверху») и рост количества водорослей (воздействия «снизу») как трофического ресурса микробиальных сообществ. Основная часть продукции фитопланктона озера, соответственно, поступает к консументам через детритные трофические цепи.

В период с 1987 по 2004 г. в оз. Неро наиболее заметно изменился доминантный комплекс коловраток. В состав доминантов вошли два вида рода *Trichocerca*, увеличилось количество представителей рода *Asplanchna*. Доминантный комплекс ракообразных озера сильно изменился, вероятно, еще до конца 80-х годов XX в. В начале 60-х годов по всей акватории водоема, сильно заросшего макрофитами, были распространены крупные непланктонные виды *Sida crystallina* (O.F. Müll.), *Alona quadrangularis* (O.F. Müll.), составлявшие $>20\%$ численности кладоцер (Монаков, Экзерцев, 1970). В этот период сообщество животных, обитавших в толще воды озера, по составу было ближе к зоофитосу, обитателям зарослей растений, чем к зоопланктону.

В 80-х годах макрофиты занимали не $>20\%$ акватории. В планктоне доминировали мелкие эвритопные кладоцеры *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaerisus* и циклопы. Из непланктонных видов в 1987–1989 гг. была сравнительно многочисленна (до 8 тыс. экз./м³) лишь *Alona rectangula* (Ривьер, Столбунова, 1991). В этот период по составу ракообразных сообщество толщи воды стало типичным для зоопланктона мелководных озер и прудов.

В 2000–2003 гг. *A. rectangula* в пробах не обнаружена, вновь она появилась в 2004 г. (до 22 тыс. экз./м³). Пятикратное снижение численности *Bosmina longirostris* в современный период не отразилось на положении этого вида в доминантном комплексе ракообразных, он остался субдоминантом. С 2003 г. в планктоне озера наблюдали увеличение числа доминантных видов рачков с трех до пяти, вызванное ростом обилия и встречаемости циклопов *Thermocyclops crassus* и *Paracyclops fimbriatus*.

Указанные изменения авторы связывают с динамикой регионального климата, в частности, со сменой фаз водности, которые в озерных экосистемах определяют взаимодействие автохтонных и аллохтонных процессов трансформации вещества и энергии (Драбкова, Сорокин, 1979). Современный (2000–2005 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). Продолжительность полного гидрологического цикла в водоемах бассейна Верхней Волги составляет 25–32 года, каждой фазы – 12–18 лет (Литвинов и др., 2005). Современная маловодная фаза началась в 1996 г. и, таким образом, период исследований оз. Неро (2000–2005 гг.)

приходится на середину или вторую половину этой фазы. По оценке Э.С. Бикбулатова (Бикбулатов и др., 2003), в оз. Неро в 1987–1990 гг. (многолетний период) годовая внутренняя биогенная нагрузка превышала внешнюю по азоту в 8 раз, по фосфору – в 3 раза. Авторы предполагают, что в современную маловодную фазу стока рек эти различия будут еще больше по причине усиления автохтонных процессов трансформации вещества и энергии в экосистеме озера, а также из-за снижения антропогенной нагрузки на водосбор, пришедшейся в основном на этот период. Возможно, именно увеличение доли внутренней биогенной нагрузки способствовало росту биомассы фитопланктона с $19 \pm 1,2$ г/м³ до $21 \pm 1,6$ г/м³ (в основном синезеленые) (Ляшенко, Бабаназарова, 2008), а также повышению с 5 до 36% доли погруженных макрофитов в общей их продукции (Папченков и др., 2008). Доминантные виды зоопланктона оз. Неро слабо потребляют синезеленые водоросли, но они способны питаться водорослевым детритом и развивающимися на растительном детрите бактериями. Современный зоопланктон озера представлен мелкими организмами и характеризуется низкой кормовой ценностью для рыб. Прямые «пастбищные» взаимодействия между зоо- и фитопланктоном крайне ослаблены, основной поток энергии от продуцентов к консументам, вероятно, проходит через донные сообщества.

Состав видов, многолетняя динамика структуры и биомассы сообщества, а также уровень трофических взаимодействий с фитопланктоном указывают на формирование к 2005 г. статуса водоема, близкого к гипертрофному.

3.4. Зообентос

Первые сведения были получены Б.С. Грезе (1930) в 20-ые годы прошлого века. Он не описывал подробно сообщество, а лишь отметил немногие доминирующие виды. Затем бентос изучался в 1977-78 гг. Т.Л. Поддубной (1986), которая обнаружила 7 видов олигохет и 17 форм хирономид. Наиболее полно сообщество донных животных изучалось в 1987 г. А.И. Бакановым (1991) сотрудником ИБВВ РАН с целью оценить состояние бентоса, выявить тенденции развития, возможности нагула рыб-бентофагов.

Таксономический состав донной фауны озера (83 таксона) достаточно обычен и характерен для мезо- и эвтрофных водоемов. Наиболее таксономически богатая группа – хирономиды, затем олигохеты, моллюски и пиявки. Сезонная динамика характеризуется сравнительно невысокими биомассами весной и летом и резким повышением обилия к осени, в первую очередь за счет хирономид. Для развития бентосных организмов характер грунта имеет первостепенное значение. Почти все дно оз. Неро покрыто слоем сапропеля, песчаный грунт встречается лишь на трех станциях (в районе Городского острова, в устье р. Ишня и у с. Угодичи). Обильное развитие фитопланктона, падающего после отмирания на грунт, приводит к его обогащению водорослями, служащими излюбленной пищей донных организмов. Поэтому трофические условия для бентоса в оз. Неро весьма благоприятные. Следовательно, можно было бы ожидать высокой плотности донных животных, но это не так. Уровень развития бентоса здесь можно оценить как средний. В целом озеро можно охарактеризовать как унионидно-хирономидно-олигохетный водоем. В кормовом бентосе во все сезоны года доминируют личинки хирономид, среди которых более 90% биомассы приходится на долю мотыля (личинки комаров р. *Chironomus*). Чем же объясняется несоответствие биомассы бентоса весьма благоприятным трофическим условиям? Во-первых, неудовлетворительным кислородным режимом. На окисление органического вещества илов зимой потребляется много кислорода, в результате его содержание у дна падает до нуля, что вызывает заморные явления и резкое (в 6 раз) снижение биомассы бентоса. Летом из грунтов выделяется метан, что также неблагоприятно сказывается на животных. Кроме того, сапропель очень жидкий и не может служить подходящим субстратом для крупных организмов бентоса. Из-за

небольшой глубины озера ил взмучивается даже при ветрах средней силы, что ведет к забиванию фильтровального аппарата многих донных животных (Баканов, 1991).

В результате заморных явлений, наличия специфического жидкого субстрата и высокой мутности биомасса бентоса в оз. Неро ниже, чем можно было ожидать, учитывая высокий трофический статус водоема. Тем не менее, оз. Неро по бентосу относят к среднекормным водоемам (Баканов, 2000).

3.5. Высшая водная растительность

В беседах с местным населением, рыбаками г. Ростова часто можно услышать слово – «тарнава». Так называют растительность, обильно произрастающую в водоеме. Вспоминают, что в середине 20 столетия почти весь водоем был покрыт «тарnavой» и рыбы тогда было много. В то же время, говорят, что чем больше было этой травы, тем сильнее зимние заморы рыб. На сегодня разговоры идут: мол «тарnavы» стало меньше, а вот «кочки» по водоему гоняет. С 2005 г. периодически возникает проблема забивания канала из озера растительностью. Ухудшается качество воды, привлекаются средства и люди к его расчистке. Вспоминается совещание по проблеме заторов перед плотиной на р. Вексе 2007 г. В.И. Лукьяненко, в то время советник губернатора Ярославской области по экологическим вопросам поправлял выступающих: «Давайте называть как положено, не «кочки», а сообщества макрофитов». Что же известно на сегодня о сообществе макрофитов оз. Неро?

Первые исследования высшей водной растительности водоема проведены в 1902 г. А.Ф. Флеровым (1903). Последующие, как отмечает В.П. Папченков (2008), повторялись с периодичностью в 10–25 лет (Дамская, 1921; Грезе, 1929; Чижиков, 1956; Монаков, Экзерцев, 1970). Наиболее полное изучение растительного покрова озера с картированием зарослей, детальным описанием и определением их продуктивности в 1987–1989 гг. выполнила И.В. Довбня (1991, 1995). В исследованиях было показана изменчивость зарастания водоема, что связывают как с гидрологией, так и климатическими изменениями. В 2002-04 гг. сотрудниками ИБВВ РАН совместно с Ярославским госуниверситетом было проведено обширное обследование экосистемы озера.

Наиболее полный состав встречающихся макрофитов в оз. Неро был выявлен в экспедиционных исследованиях 2002-04 гг. зав. лабораторией высшей водной растительности ИБВВ РАН, д.б.н. В.Г. Папченковым, зав. гербарием ЯрГУ к.б.н. М.А. Борисовой, в соавторах М.А. Сатиной, И.Е. Ремизовым, Н.П. Папеновой (студентами ЯрГУ). Список высшей водной растительности (100 видов макрофитов из 60 родов и 34 семейств), приведен в монографии «Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века» (2008). Была проведена большая работа по детальному изучению растительного покрова мелководий, заболоченных, сырых и обсыхающих участков озера. В процессе работы составлена картосхема зарастания прибрежий и общая схема зарастания озера (рис. 6). Авторы подробно рассматривают особенности флоры группы формаций гидрофитов, прибрежно-водной растительности и др. Ввиду ограничения объема, мы отсылаем к указанной публикации и останавливаемся более подробно на распространении растительности в водоеме, приводя фрагмент по Отчету «Особенности многолетней динамики гидробиологических показателей в экосистеме оз. Неро», ФЦП «Интеграция» 2004 г.

сообщества, сформированные ряской маленькой (*Lemna minor* L.), многокоренника обыкновенного (*Spirodela polyrhiza* (L.) Scheid.) и водокрасом обыкновенным (*Hydrocharis morsus-ranae* L.). Здесь заметную роль в зарастании занимают также *Lemna trisulca* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Elodea canadensis* Michx., *Potamogeton lucens* L., *P. compressus* L., *P. natans* L., *Nymphaea x borealis* E. Camus. Их дополняют разнообразные гигрофиты и гигрогелофиты, обильные на распространенных в этих местах сплавинах. Среди последних особенно обильны вех ядовитый (*Cicuta virosa* L.), щавель (*Rumex hydrolapathum* L.), а также рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.).

Все эти растения в том или другом количестве встречаются и в других частях озера. Но обращает на себя внимание высокое обилие в северной части водоема горца земноводного, образующего обширные чистые заросли и сообщества с хвощем. Широкое распространение вдоль западного берега водного риса широколистного (*Zizania latifolia* (Grieseb.) Stapf.), клубнекамыша морского (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla) и клубнекамыша Кожевникова (*Bolboschoenus koshewnikowii* (Litv.) A.E. Kozhevnikov).

В целом сообществами высших водных растений занято около 14,8 км² акватории озера. Из них 8,46 км² занимают сообщества воздушно-водных растений, 0,96 км² - на сообщества растений с плавающими листьями и 5,38 км² - на долю сообществ погруженных растений. То есть, степень зарастания озера в пределах 25,6–27,2 %. Первая величина получится, если брать, площадь акватории озера, согласно последним данным (Бикбулатов и др., 2003), равной 57,7 км², вторая – при условии расчетов, исходящих из площади 54,4 км², которая принята в «Гидрологических ежегодниках». При этом примерно на 15 % акватория озера занята воздушно-водными растениями, на 1,7 % - растениями с плавающими листьями и на 9 % погруженными в воду видами.

3.6. Ихтиофауна (рыбы)

Верхние трофические уровни в оз. Неро представлены рыбами. Это самый понятный и важный, с точки зрения человека, уровень функционирования экосистемы.

Самые ранние сведения, касающиеся рыбного населения, встречаются в Дозорных и Переписных книгах г. Ростова 16-17вв. Село Поречье-Рыбное, считалось дворцовым ловецким поселением, поставлявшим в Московский Кормовой дворец разную рыбу. В самом Ростове еще в начале 18 века существовала рыболовская слободка, жители которой обязаны были доставлять к государеву столу «просольной рыбы (щуки) по пяти чанов и по полутора ведра в год». В случае плохих уловов царское правительство взимало эту подать не натурой, а деньгами: за каждый чан рыбы по полтора рубля. Ростовцы были обязаны ловить “подледную” рыбу на государев обиход пять ночей, шестая же ночь отдавалась владыке. Да и в начале XX века (1930-ых годах) оз. Неро было очень продуктивным водоемом, характеризующимся уловом рыбы до 3330 центнеров в год. В настоящее время численность популяции рыб в оз. Неро имеет общую тенденцию к уменьшению: в 1950-ых годах средняя рыбопродуктивность составила 1050 центнеров, в 1960-ых - 740 центнеров ежегодно, в 1980-ых годах - от 570 до 130 центнеров в год. Ситуация ухудшилась после завершения строительства гидротехнических сооружений на р. Вексе, препятствующих проходу рыб по старому руслу р. Вексы в озеро для весеннего нереста и осеннему выходу из него в Вексу, Которосль и Волгу (Половкова, 2002).

Состояние ихтиофауны озера впервые относительно подробно исследовали в 20-х годах прошлого века (Кулемин, 1930). Последующие данные относятся к 1963 г. (Фортунов, Московский, 1970) и к 1987–1988 гг. (Половкова и др., 1991). Последние материалы по ихтиофауне собирали в разные сезоны года в 1987–1990 гг. и 1999–2003 гг. Исследования, проведенные под руководством замечательного специалиста ИБВВ РАН С.Н. Половковой, сотрудником ИБВВ С.Н. Надировым, и студентами ЯрГУ В.С.

Сафоновым, А.М. Барковой, С.В. Мудровой, Е.М. Дроздовой и Т.В. Лебедевой представляют собой последние на сегодня результаты исследований ихтиофауны оз. Неро.

В настоящее время ихтиофауна озера включает 19 видов рыб. Из которых, хищники (щука, жерех, судак и окунь) составляют более 30% численности. В Красную книгу Российской Федерации указанные виды не внесены. В Красную книгу Ярославской области внесены хариус и линь. Ниже приведен список, составленный С.Н. Половковой и С.Н. Надировым (табл. 5).

Таблица 5

Список видов рыб, обитающих в оз. Неро в современный период *

| Таксон | Обилие, встречаемость |
|--|-----------------------|
| КЛАСС OSTEICTHYES | |
| Сем. Щуковые – Esocidae | |
| Обыкновенная щука – <i>Esox lucius</i> L. | +++ |
| Сем. Карповые – Cyprinidae | |
| Синец – <i>Abramis ballerus</i> (L.) | +кр |
| Лещ – <i>Abramis brama</i> (L.) | +++ |
| Уклейка – <i>Alburnus alburnus</i> (L.) | + |
| Обыкновенный жерех – <i>Aspius aspius</i> (L.) | + |
| Густера – <i>Blicca bjoerkna</i> (L.) | +++ |
| Голавль – <i>Leuciscus cephalus</i> (L.) | +кр |
| Язь – <i>Leuciscus idus</i> (L.) | +р |
| Плотва – <i>Rutilus rutilus</i> (L.) | +++ |
| Красноперка – <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.) | +кр |
| Серебряный карась – <i>Carassius auratus</i> (L.) | +р |
| Золотой карась – <i>Carassius carassius</i> (L.) | +р |
| Сазан – <i>Cyprinus carpio</i> L. | +кр |
| Линь – <i>Tinca tinca</i> (L.) | +кр |
| Сем. Сомовые – Siluridae | |
| Обыкновенный сом – <i>Silurus glanis</i> L. | +кр |
| Сем. Налимовые – Lotidae | |
| Налим – <i>Lota lota</i> (L.) | +р |
| Сем. Окуневые – Percidae | |
| Обыкновенный ерш – <i>Gymnocephalus cernuus</i> (L.) | ++ |
| Речной окунь – <i>Perca fluviatilis</i> L. | +++ |
| Обыкновенный судак – <i>Stizostedion lucioperca</i> (L.) | ++ |

Примечание: «+++» – многочисленные виды (доминанты), доля в уловах более 10%; «++» – среднечисленные 1–10%; «+» – малочисленные; 0.1–1%; «+р» – редкие < 0.1%; «+кр» – крайне редкие.

* приведено по Состояние, 2008.

Авторы подробно освещают особенности питания и роста основных видов ихтиофауны озера.

Популяция леща оз. Неро характеризуется большим набором возрастных групп, входящих в состав стада, и колебаниями их численности год от года. В 20-х годах прошлого столетия в уловах отмечали рыб возрастом до 17 лет (Кулемин, 1930). В уловах последних исследований отсутствовали рыбы старше 12 лет. Таким образом, за 50–60 лет произошло уменьшение возрастного ряда леща оз. Неро на пять лет. Одна из

главных причин снижения численности основного промыслового вида озера – леща – состоит в том, что в весенний период затруднен заход производителей из Волги. Только в годы с высоким уровнем воды, какими были 2000–2003 гг., дамба, перегораживающая старое русло р. Векса, была затоплена и часть рыб попадала в озеро. Анализ данных показал, что в первые 5 лет лещ растет довольно медленно. По достижении возраста 6–7 лет его рост ускоряется как по линейным, так и по весовым характеристикам. Сравнительный анализ роста леща оз. Неро в конце 20-х годов (Кулемин, 1930) и в современный период показал, что темп роста рыб в озере заметно снизился по всем показателям, особенно по массе тела. Например, масса тела рыб в возрасте девяти лет ранее составляла в среднем 1200 грамм, сейчас ~300 гр. То же отмечено во всех возрастных группах. Уменьшение уловов леща в оз. Неро – основного объекта промысла, снижение темпов его линейного и весового роста при высокой накормленности особей и стабильном составе пищи свидетельствуют о наличии в экосистеме озера факторов, неблагоприятно воздействующих на рыб.

Биомасса бентоса снизилась примерно в 2 раза по сравнению с 1927 г. (Баканов, 2000). Взмучивание, а также неблагоприятный кислородным режим, обуславливают низкий уровень развития бентоса по сравнению с потенциальным при данном трофическом статусе водоема. Тем не менее, оз. Неро по бентосу относят к среднекормным водоемам (Баканов, 2000). Качественный состав пищи леща оз. Неро остается устойчивым на протяжении многих десятилетий. Это свидетельствует о том, что до последнего времени изменения в экосистеме водоема фактически не отражались на характере откорма леща.

Щука в оз. Неро служит не только важным объектом промысла, но и одним из основных потребителей малоценных видов рыб. Ценные промысловые рыбы в пище щуки существенного значения не имеют, встречаются в желудках в единичных случаях. Снижение численности хищных рыб представляет одну из основных причин засорения водоемов малоценными видами рыб. Численность щуки в оз. Неро относительно стабильна. В 2000–2003 гг. ее доля в уловах колебалась в пределах 11–17%. Щука оз. Неро обладает хорошим темпом роста на протяжении всей жизни. Заметное увеличение скорости линейного и весового роста, наблюдали у особей старше шести лет. По-видимому, это связано с переходом питания щуки на более крупные объекты. В целом хищные рыбы (щука, судак, жерех, окунь) в оз. Неро отличаются высокой накормленностью. В пище судака встречается собственная молодь, молодь окуня, ерша и других рыб. В кишечниках щуки обнаружены лещ, густера, плотва. У младших возрастных групп окуня в питании существенна роль личинок хирономид (*Chironomus plumosus*), старшевозрастные рыбы охотятся на собственную молодь и молодь других рыб.

Плотва стабильно занимает третье-четвертое место в общем вылове рыбы оз. Неро. За последние годы её вылов вырос до 12%. Причина этого, возможно, интенсивность промысла. Не исключено также, что численность плотвы возросла за счет увеличения возрастного ряда и высокой доли рыб старших возрастов, представляющих надежный резерв воспроизводительной способности популяции. Отсутствие в уловах рыб младших возрастных групп объясняется избирательностью крупноячеистого лова. В 1990 г. в уловах преобладали девятилетние рыбы. В настоящее время возрастной ряд увеличился до 13 лет, преобладают особи в возрасте 12 лет, значительна доля рыб в возрасте 9–10 лет. Темп роста плотвы оз. Неро можно считать удовлетворительным. Пища плотвы оз. Неро состоит из животных, принадлежащих к различным систематическим группам, и растительности. В состав животной пищи входят брюхоногие моллюски, личинки хирономид, ракообразные, пиявки, олигохеты, личинки стрекоз, ручейники.

В последние годы вылов густеры достигает 20% общего улова рыбы. Как и у плотвы, возрастной состав густеры представлен старшими группами. Доля рыб старше

11 лет высока в промысловом лове (~20%). Наличие в водоеме рыб старшего возраста указывает на недоиспользование запасов густеры. Как и у других видов рыб озера, у густеры наблюдаются заметные различия в возрасте при одном и том же размере. Так при длине тела 210 мм возраст рыб колеблется от 7 до 11 лет. Это, вероятно, объясняется наличием в водоеме пришлых рыб. С возрастом интенсивность роста густеры постепенно замедляется. Основное значение в питании густеры принадлежит личинкам хирономид, роль дополнительной пищи играют моллюски, остальные кормовые организмы – представляют случайную пищу. В целом, спектр питания густеры оз. Неро характерен для этого вида.

Таким образом, состав пищи леща, плотвы, густеры и других бентофагов озера Неро за последнее столетие практически не изменился. Это свидетельствует о том, что изменения в экосистеме водоема до последнего времени не отразились на характере питания массовых рыб озера. Спектры питания рыб оз. Неро характерны для этих видов в других водоемах. Главными компонентами их пищи служат личинки хирономид. Соотношение их обилия меняется в зависимости от биологического цикла того или иного вида. Кроме хирономид в кишечниках обнаружены олигохеты, пиявки, нематоды, личинки стрекоз, ручейников, имаго клопов, моллюски, ракообразные, высшая водная растительность.

Снижение биомассы бентоса оз. Неро почти в два раза по сравнению с началом прошлого века не отразилось на степени накормленности и стабильности пищевого спектра рыб-бентофагов. Качественный состав пищи рыб не зависит от степени продуктивности участка водоема и его глубины. Сезонные изменения состава пищи рыб зависят от биологических циклов кормовых организмов. У бентофагов оз. Неро не выявлено четко выраженных размерно-возрастных изменений состава пищи. Особи леща 10–39 см, густеры >3 см питались донными организмами. Различия в составе пищи самцов и самок не обнаружены. Кормовая база рыб озера Неро на сегодняшний день не является фактором лимитирующей их численность. В то же время, условия откорма массовых видов рыб-бентофагов в оз. Неро нестабильны. Это связано с характером грунтов, мелководностью озера, степенью зарастания отдельных его участков, из-за чего даже при ветрах средней силы слой сапропеля взмучивается и локально формируются неблагоприятные условия для нагула рыб. Напротив, условия питания для хищников благоприятны, эти рыбы отличаются высокой накормленностью.

Отдельного внимания заслуживают материалы исследований по питанию молоди рыб, впервые полученные для оз. Неро. Качественный состав рациона молоди рыб в оз. Неро представлен в основном организмами зообентоса и зоофитоса, что обусловлено характером сезонной динамики обилия зоопланктона – основного корма рыб на ранних этапах их развития, а также значительным развитием фитофильной фауны беспозвоночных. В питании личинок густеры, в меньшей мере, плотвы и уклей отмечены синезеленые и зеленые водоросли, количество которых в период нагула молоди было высоким. Интенсивность питания исследованных рыб соответствует аналогичным характеристикам одноразмерных особей из других водоемов, а в ряде случаев превышает их, что свидетельствует о том, что трофические условия в водоеме в 80-х годах XX в. удовлетворяли пищевые потребности молоди рыб. Распределение молоди рыб по акватории озера неоднородно. Значительная концентрация личинок и мальков большинства видов отмечена в разреженных зарослях высшей водной растительности и на участках чистой воды, характеризующихся наибольшим видовым разнообразием кормовых организмов и значительной их биомассой.

Анализ многолетней динамики структуры рыбного населения позволил выявить ее изменения за длительный период (Половкова и др., 1999). В XII веке оз. Неро представляло водоем лещево-судачьего типа по современной классификации (Памятники литературы., 1989). В 30-е годы XX в. это было процветающее озеро

лещевого типа. Интенсивное эвтрофирование в 60-х годах, обусловленное интенсификацией сельскохозяйственного производства, вновь вызвало изменение структуры рыбного населения. Сверхудобрение водоема привело к бурному развитию синезеленых водорослей, накоплению органического вещества. В водоеме стали наблюдаться частые заморы. Исчез из промысловой статистики судак. Отмечено глобальное снижение общих уловов, изменение соотношения численности отдельных видов рыб. В восьмидесятые годы в результате реконструкции дамбы и гидроузла на р. Векса повысился уровень озера, стало меньше заморных явлений. Однако рыбы-мигранты потеряли возможность прохода к местам нереста и нагула. Численность рыб в оз. Неро резко сократилась, в ихтиофауне получили преимущество местные популяции, подвергающиеся мощному антропогенному воздействию в результате загрязнения сельскохозяйственными и бытовыми сточными водами г. Ростов. Эти рыбы находились в состоянии иммунодефицита, обладали низким темпом роста поздним созреванием и отличались слабой жизнестойкостью (Микряков и др., 2008). В 90-е годы XX – начале XXI в.в. существенно сократилось загрязнение сельскохозяйственными сточными водами, состояние здоровья рыб улучшилось. Однако рыбы-мигранты могут проникать в озеро только в многоводные годы при переливе вод через дамбу на р. Векса.

Рыбохозяйствование на водоеме.

Исследования ихтиофауны водоема, безусловно связано с практической ценностью этой группы животных. Первые поселения человека на берегах озера были обусловлены скоплением в данном месте биологических ресурсов и его значением в рыбном промысле. На протяжении долгого исторического периода рыба была наиболее доступным и дешевым источником белка для населения.

Как уже упоминалось, в древнерусском литературном источнике 12 века «Песня о Ерше Ершовиче, сыне Щетинникове» Ростовское озеро описывалось как: «море тинное, мелководное, илистое, где ерш начинает теснить благородную рыбу: леща и судака». Тем не менее, водоем кормил и город, и Москву рыбой не одно столетие.

До конца XVII в. в Ростове существовала Рыболовная слободка, жители которой были обязаны поставлять рыбу: шук, линей, плотиц, окуней к царскому столу. Остальные жители имели право ловить рыбу только «удой» - удочкой). В топографическом описании Ярославского наместничества 1794 г. указано: « В озере и реках довольно рыбы, как то: шук, лещей, язей, окуней, карасей, плотвы, ершей и налимов». Выгодным был рыбный промысел в оз. Неро для наших предков и в 18 веке. Так, А.А. Титов (1885) отмечает: «Рыбный промысел в Ростовском...озерах...и до сих пор доставляет значительные выгоды сельскому населению, с проведением железной дороги на нее явился спрос и в Москву. В настоящее время, по отзывам рыбаков, уловы стали незначительны, а рыба стала ловиться мельче....». Хорошо бы найти рыбака, утверждающего, что на сегодня уловы в каком-то ни было месте стали лучше, (отступление авторов отчета). Тем не менее, прослеживается интересная традиция в управлении рыбной ловлей на озере.

В книге А.А. Титова (1885) показана рыбохозяйственная практика на водоеме: « в силу Указа Императора Петра 1 все Ростовское озеро с входящими в него и исходящими реками стало принадлежать сначала Мусину-Пушкину, затем Голицыной и Карр, от них перешло в собственность бывших их крестьян (отпущенных на волю в 1809 г., примечание авторов отчета). Ловлею неводами в озере занимаются сами угодичские крестьяне, и полученные ими от продажи рыбы барыши остаются в пользу каждого отдельного владельца невода, а не составляют общего достояния; напротив того, ловля в р. Где сдается ими в аренду за 1000 руб. (очень приличная сумма, примечание авторов отчета) жителям Поречья, а равно сдается в аренду и язовая ловля на р. Вексе и получаемые за то деньги считаются уже общественными и, с некоторыми

другими побочными поборами..., идут на удовлетворение различных общественных потребностей: волостные и сельские расходы, расходы на церкви, ремонта, пожарного депо и т.п.».

Нужно отметить, что из литературных источников видно, что использование рыбного ресурса регулировалось. Рыбная ловля на озере четко распределялась и регламентировалась указами.

Озеро Неро объект, имеющий ценное рыбохозяйственное значение (место нереста, нагула, зимовки рыб). Строительство плотины на р. Векса нарушило исторически сложившийся путь миграции рыб-производителей в озеро из р. Волга через р. Которосль. В отдельные годы с высоким уровнем воды этот путь восстанавливается, часть мигрантов из р. Которосль заходит в озеро. После реконструкции плотины в середине 80-х годов XX века уловы рыбы в озере снизились почти в 4 раза с 360 ц в 1983 г. до 50–70 ц в последнее десятилетие. Поэтому разработка научно обоснованных рекомендаций по восстановлению численности основных видов рыб озера представляет актуальную задачу.

Несмотря на то, что промышленный лов на оз. Неро сейчас не ведется, оно является местом притяжения для огромного количества рыболовов-любителей нашего и соседних регионов. Учитывая данные материалов, обосновывающих уловы рыбы на оз. Неро, вылов рыболовами любителями составляет порядка 80 тонн в год (Пояснительная записка, 2011).

За 13 лет работы на водоеме мы пронаблюдали и работу рыбинспекции на оз. Неро. В 1999 г. работу возглавлял старший гос. инспектор межрайонной инспекции рыбохраны управления ВерхнеВолжскРыбвод Шамуков С.И., работало несколько инспекторов. Сотрудники помогали нам в проведении экспедиций. В распоряжении службы были моторные лодки, моторы, вездеходы, здание, наконец. В 2002-2008 гг. службу возглавлял А.И. Поколайнен. Сотрудники Рыбинспекции не только помогали нам в проведении исследований, но и сообщали о сложных обстоятельствах (заморы рыб, прорыв коллектора, залповые сбросы воды из озера). Горел делом, заботился об озере Анатолий Исаакович. Затем произошла реорганизация, сначала перевели управление в Россельхознадзор, а затем и вовсе ликвидировали. В настоящее время работает один инспектор В.А. Голубев. Под силу ли одному человеку контролировать ситуацию, с которой до революции справлялась целая деревня? Вопрос риторический. Необходимы самые скорейшие меры по изменению ситуации.

3.7. Паразиты рыб.

Паразитические организмы, поражающие всех без исключения гидробионтов, играют существенную роль в регуляции их численности. Наиболее разнообразной и многочисленной группой паразитов любого водоема служат паразиты рыб. Непосредственное их влияние сказывается на биологии хозяина, ухудшении товарного состояния рыбы, возникновении эпизоотий. Паразиты могут оказывать существенное влияние на численность и физиологическое состояние рыб, иногда они наносят ощутимый ущерб рыбному хозяйству. Некоторые паразиты рыб передаются человеку, вызывая тяжелые заболевания описторхоз, дифиллоботриоз и др.

Поскольку на оз. Неро проводится любительский и промысловый лов рыбы, необходимо знать видовой состав паразитов, динамику их численности, а также наличие видов патогенных для человека и сопутствующих ему животных. Паразитологические исследования обязательны для большей эффективности проведения мероприятий, направленных на увеличение рыбопродуктивности водоема. На оз. Неро полное паразитологическое исследование рыб ранее не проводили. Существуют лишь фрагментарные данные по некоторым видам паразитов леща (Жарикова и др., 1991).

В период исследований в оз. Неро методом полного паразитологического вскрытия обследовано 11 видов рыб, зарегистрировано 72 вида паразитов, отмечено влияние заморных явлений на состав и численность фауны паразитов.

Паразитов, патогенных для человека и сопутствующих ему животных, не обнаружено. Однако в мышцах плотвы оз. Неро найден *Metorchis xanthosomus* – условно патогенный вид, присутствие которого может поставить под вопрос употребление в пищу карповых рыб из озера.

3.8. Орнитофауна (птицы)

Наиболее ранние сведения, касающиеся птиц исследуемого района, были зафиксированы в документах 16-17 веков. Например, в 1619 году около Ростова существовала Соколя слободка, в которой жили помытчики, «обложенные по 5 соколов в год, ... а коли соколов не род, то по одному рублю за сокола» (Шестаков, 1926). Отрывочные сведения о птицах озера Неро обнаружены в статье Л.П. Сабанеева (1868), который широко перемещался по территории Ярославской губернии в период с 1863 по 1867 годы и посещал пойму Ростовского озера. В начале 20-го столетия на берегах оз. Неро коллектировал птиц известный московский таксидермист К.Ф.Лоренц. Собранная им коллекция шкурок птиц в настоящее время хранится в фондах Зоологического музея МГУ. В 1927 году препаратор Ростовского музея Н.Н.Ржевский (1927) опубликовал краткую заметку «О фауне птиц Ростовского уезда Ярославской губернии», где описаны некоторые интересные встречи с редкими и залетными птицами на озере Неро и в его окрестностях. В середине прошлого столетия котловина озера Неро была обследована Е.В.Карасевой с коллегами (1957) и Э.И.Коренбергом (1962). Они приводят сведения по некоторым водоплавающим, околородным, дневным хищным и прочим птицам этой местности. Помимо этого, данные, касающиеся орнитофауны озера Неро с 1920-х по 1960-е годы, содержатся в публикациях Н.В.Кузнецова (1947), Н.В.Кузнецова и И.И.Макковеевой (1959). Часть важных орнитологических сведений по птицам озера Неро содержится в капитальной монографии Е.С.Птушенко, А.А.Иноземцева (1968).

В научной литературе последних лет также имеется небольшая заметка о встрече в Ростовской котловине в 2000 году краснозобых казарок в тысячных скоплениях белолобых гусей (Лебедева, Хоофт, 2000). В 2004 и 2009 годах пойму озера Неро изучал С.В.Голубев. Материалы исследований частично опубликованы в монографии по птицам Ярославского Поволжья (Голубев, 2011) и в Красной книге Ярославской области (Голубев, 2004).

Подводя итог, следует заметить, что орнитофауна оз. Неро изучена крайне недостаточно – исследования носили отрывочный характер и не были планомерными. Даже к текущему моменту мы имеем лишь самые поверхностные представления о птицах данного района. Вместе с тем, в пойме озера Неро выявлены участки, важнейшие для обитания целого ряда редких и краснокнижных видов птиц, на которых необходимо наладить мониторинг. Некоторые территории следует ввести в разряд ООПТ при дополнительном орнитологическом их обследовании.

3.9. Млекопитающие

Специальных исследований, касающихся млекопитающих, обитающих непосредственно в акватории оз. Неро не проводилось. Однако, на водосборной территории озера и на его притоках обитают околородные животные, такие как: бобр, выдра, русская выхухоль, европейская и американская норка. Русская выхухоль и европейская норка занесены в Красную книгу Ярославской области (2004).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первые сведения о флоре и фауне оз. Неро относятся к концу XVIII в. В изучении водоема и его бассейна было несколько этапов, однако до конца XX века исследования водоема носили эпизодический характер. Только в 1987-1991 гг. были проведены комплексные гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования экосистемы оз. Неро сотрудниками Института биологии внутренних вод АН СССР (РАН). Результаты опубликованы были в монографиях (Современное состояние экосистемы оз. Неро, 1991; Бикбулатов и др., 2003). Следующий важный этап изучения экосистемы озера осуществлен в последнее десятилетие под руководством доцента ЯрГУ им. П.Г. Демидова Бабаназаровой О.В. и в сотрудничестве со специалистами ИБВВ РАН. Ценность этих исследований в получении первого массива непрерывных данных по гидробиологии и гидрохимии оз. Неро. Особое внимание уделено фитопланктону как важнейшему продукционному звену водоема, влияющему на другие группы организмов и на качество воды озера.

Эволюция озера Неро достаточно хорошо изучена в середине 20 века сотрудниками Лаборатории сапропелевых отложений. Разрез новейших отложений бассейна оз. Неро (Ростовская котловина) - это опорный разрез Восточной Европы, представляющий большой научный интерес (Кордэ, 1956 а, б, с). Озеро ледникового происхождения и, по-видимому, появилось около 150 тыс. лет назад и претерпело в своем развитии различные стадии от холодного безжизненного (олиготрофного) до мелководного теплого полного жизни (эвтрофного). Так, 5 тыс. лет назад озеро уже существовала, как эвтрофный, продуктивный водоем, по физико-химическим и гидробиологическим показателям близкий к современному состоянию. Еще в 1871 г. А.А. Крылов писал: «Один вид этого озера порождает мысль об его постепенном зарастании и заставляет предполагать, что через несколько столетий на его месте останется только болото». Да и человек способствовал этому процессу, добавляя в чашу водоема массу отходов за длительное время жизни на его берегах. Однако, имея направленный тренд к обмелению, озеро Неро остается озером, не превращаясь в болото. Этот феномен отмечали многие исследователи.

Основными лимническими факторами, характеризующими оз. Неро служат его мелководность, высокая гидродинамическая активность вод, значительная их минерализация, особые физические свойства покрывающего дно сапропеля, интенсивное развитие высшей водной растительности. Очень важным компонентом мелководной экосистемы озера являются донные отложения. В оз. Неро они представлены сапропелем с глубиной отложений от 5 до 20 м. Сапропели - сложные органоминеральные комплексы веществ, формирующиеся в результате биохимических, микробиологических механических процессов из остатков отмирающих растительных и животных организмов и привносимых в водоемы веществ. В структуре экосистемы озера сапропель является мощным аккумулятором биогенных элементов, с одной стороны, выводя их из круговорота, путем отложения и захоронения, с другой - возвращая с ветровым перемешиванием в силу мелководности водоема. Донные отложения оз. Неро в общем представлены темноцветными глинистыми сапропелями, с высоким содержанием кальция и относительно небольшой долей органического вещества. Кроме этого, в химическом составе сапропеля обнаружен большой набор макро- и микроэлементов, аминокислот и биологически активных веществ (витаминов, гормоны, стимуляторы роста). Благодаря своим качествам сапропели могут быть использованы в сельском хозяйстве, технике, нефтяной, газовой и химической промышленности, строительстве. Являясь экологически чистым органоминеральным удобрением, сапропели не только существенно повышают урожайность самых различных сельскохозяйственных культур, но и улучшают качество продукции. Сапропели, содержащие в своем составе макро- и микроэлементы, разнообразные

биологически активные соединения, способствующие активизации физиологических процессов в организме животных, более полному усвоению питательных веществ кормов, позволяют значительно повысить производство молока и мяса. При скормливании сапропелей нормализуется деятельность важнейших систем и органов животного, вследствие чего снижается заболеваемость, повышается устойчивость к неблагоприятным воздействиям внешней среды. Запасы сапропеля в оз. Неро составляют около 250 млн. м³. Сапропель продолжает нарастать, уменьшая в среднем глубину озера на 3-5 миллиметров каждый год.

Площадь озера при среднемноголетнем уровне 93,75 м - 57,8 км², длина при среднем наполнении - 13,2 км², наибольшая ширина – 8,3 км², длина береговой линии - 56 км². Озеро мелководное, средняя глубина 1,6 м, максимальная глубина 4,7 м, коэффициент развития береговой линии 2,1. Рельеф дна практически ровный. В северо-восточной части расположена ложбина с глубинами более 3 м. (Бикбулатов и др., 2003). Уровень воды в оз. Неро испытывает значительные сезонные и многолетние колебания. Максимальный среднемесячный уровень характерен для апреля и мая, минимальный - для августа и сентября. В приходной части водного баланса оз. Неро его главными составляющими являются поверхностный (70,5%) и подземный приток (21,2%), а в расходной части - поверхностный сток через реку Вексу (92,6%) (Рохмистров, 1970). Годовой коэффициент условного водообмена составляет 1,9, т.е. объем воды в озере сменяется около двух раз в год при среднем уровне обеспеченности, а в многоводные годы еще чаще (Бикбулатов и др., 2003). Температурный режим водной массы практически повторяет ход атмосферной температуры. Прозрачность воды в весенне-летний период колеблется от 30 до 50 см по диску Секки. Это связано с мелководностью и обильным развитием планктона.

Кислородный режим летом (как и температурный режим) определяется мелководностью водоема. Летом, за исключением штиля, содержание кислорода достаточно для жизнедеятельности гидробионтов. Зимой быстро развивается дефицит кислорода так, что перед вскрытием регистрируются лишь следы O₂ и вода имеет запах сероводорода. Химический состав вод оз. Неро характеризуется повышенным количеством растворенных минеральных компонентов и высоким содержанием хлоридов относительно других водоемов. В целом воды оз. Неро можно отнести к гидрокарбонатно-кальциевому классу. Выявлены значительные межсезонные вариации содержания химических элементов. По данным гидрохимического анализа 1987–1991 гг. среднегодовая величина минерализации близка к 240 мг/л (Бикбулатов и др., 2003).

В многолетней динамике ряда абиотических показателей оз. Неро с конца 1980-х гг. по 2011 г. наблюдается тенденция с 2005 г. к увеличению в воде концентраций нитратного азота и минерального фосфора и к снижению значений прозрачности на фоне повышения среднего уровня воды. Также было зафиксировано возрастание усредненной по месяцам температуры воды в период наблюдений 2004-2008 гг. по сравнению с 1999-2003 гг. Межгодовые изменения других абиотических параметров (концентраций общего фосфора, значений pH, минерализации, кислородного режима) остались достаточно стабильными с конца 80-х гг. XX века.

Отмеченная тенденция увеличения концентраций минерального фосфора и нитратного азота в воде оз. Неро в последние годы должна рассматриваться как негативный процесс, усиливающий первичное продуцирование органического вещества. Важнейшей задачей является выяснение природы данного повышения, определение источника дополнительного поступления биогенных веществ.

Биотическая составляющая озера изучена в разной степени. Наиболее полные ряды наблюдений по фитопланктону, содержанию пигментов, ряду абиотических показателей. С некоторыми перерывами в 10-20 лет представлены наблюдения по высшей водной растительности, зоопланктону, ихтиофауне. Пионерными работами на водоеме являются исследования бактериопланктона, гетеротрофных жгутиконосцев,

формированию микробной петли, паразитофауне. Последние результаты комплексного обследования 2002-2005 гг опубликованы в монографии РАН (Состояние экосистемы...2008).

Знание всех физических и химических показателей водоема необходимо, но это не конечная цель исследований. Главное, что эти показатели определяют состояние экосистемы озера, какие формы жизни будут в нем обитать. Понимание структуры экосистемы позволяет нам узнать степень её хозяйственной емкости, «коридор возможностей» для природопользования, внутри которого экосистема может гасить негативные последствия нашей деятельности. Для представления о современном развитии экосистемы оз. Неро мы приводим краткую характеристику ключевых звеньев биоты.

Отличительной особенностью структуры бактериопланктона оз. Неро является значительный вклад агрегированных бактерий (бактерии на детрите и водорослях, бактерии в микроколониях) и нитей в формирование суммарной биомассы. Количественный уровень развития планктонных гетеротрофных бактерий характеризует оз. Неро как высокоэвтрофный водоем, трофический статус которого приближается к гиперэвтрофному. Исследования ученых ИБВВ РАН показали, что «микробная петля» представляет очень важный структурно-функциональный компонент планктонного сообщества. Микробное планктонное сообщество интенсивно развивается в присутствии большого количества «несъедобных» сине-зеленых водорослей и небольшого количества зоопланктона.

Автотрофное звено организмов оз. Неро представлено сообществами водорослей (фитопланктон, микроальгобентос, перифитон) и высшей водной растительностью.

За период исследований 2004-2008 гг. численность фитопланктона изменялась от 0,3 млн. кл./л до 2,7 млрд. кл./л, биомасса – от 0,035 мг/л до 99 мг/л. Сводный список фитопланктона составляет 811 форм водорослей рангом ниже рода. Сезонная сукцессия видов была однотипной для наблюдений с конца восьмидесятых прошлого столетия. В последние годы установлено преимущественное развитие подо льдом либо различных фитофлагеллят, либо синезеленых водорослей родов *Limnothrix*, *Pseudoanabaena*, *Planktothrix*. Весной по биомассе преобладали диатомеи типичные для гипертрофных водоемов, по численности превалировали виды синезеленых планктотрихетового комплекса. Летом и осенью основу доминантного комплекса по численности и биомассе формировали *Limnothrix redekei*, *Pseudanabaena limnetica*, *Planktothrix agardhii* кратковременные вспышки обилия давал *Aphanizomenon gracile*. В фитопланктоне наблюдается развитие потенциально токсичных для человека и животных видов синезеленых водорослей из р. *Microcystis*. Они способны продуцировать гепатотоксин – микроцистин.

Выявлены происходящие в настоящее время изменения в комплексе доминирующих видов фитопланктона. В летне-осенний период наряду с *Limnothrix redekei* на доминантные позиции выходит *Planktothrix agardhii*. Показана практически круглогодичная вегетация планктотрихетового комплекса синезеленых водорослей. Подобный состав фитопланктона характеризует оз. Неро как уникальный водоем в ряду высокопродуктивных озер России, находящийся в стадии перехода к гипертрофии.

Список высшей водной растительности на сегодня насчитывает 100 видов макрофитов из 60 родов и 34 семейств. Сообществами высших водных растений занято около 14,8 км² акватории озера (данные на 2004 г.). Из них 8,46 км² занимают сообщества воздушно-водных растений, 0,96 км² - на сообщества растений с плавающими листьями и 5,38 км² - на долю сообществ погруженных растений. То есть, степень зарастания озера в пределах 25,6–27,2 %. При этом примерно на 15 % акватория озера занята воздушно-водными растениями, на 1,7 % - растениями с плавающими листьями и на 9 % погруженными в воду видами.

В исторической ретроспективе наблюдаются смены фаз высокой зарастаемости водоема высшей водной растительностью (до 70% в конце) и низкой (20-25%). Динамика этих процесса обусловлена как природной, климатической составляющей, так и антропогенным влиянием. Последнее уменьшение площади зарастания макрофитами по-видимому обусловлено поднятием уровня водоема в конце 80-х за счет плотины. В настоящее время отмечена тенденция к увеличению площадей зарастания. Значительное количество переносимых ветром купавок тростника и рогоза, с 2005 г. забивающих выход из озера к плотине объясняется увеличением доли воздушно водных растений в сообществе и сбросом воды в зимний период. Промерзанием прибрежья практически до дна вызывает отрыв купавок, при вскрытии ледового покрова, перенос их сначала со льдинами, а затем ветром. Решение вопроса требует мониторинга площадей зарастания, экспериментальных работ по закреплению высшей водной растительности.

Гетеротрофное звено экосистемы представлено зоопланктоном, зообентосом, ихтиофауной, птицами и млекопитающими. Наиболее полно в настоящее время исследованы зоопланктон и ихтиофауна.

Общий список ракообразных и коловраток оз. Неро насчитывает >130 таксонов в ранге вида, >60% которых составляют коловратки. Средние значения численности (135 ± 66 тыс. экз/м³) и биомассы зоопланктона ($0,58 \pm 0,17$ г/м³) в 2000–2005 гг. были в 5–7 раз ниже по сравнению с 1987–1989 гг. Особенно сильно снизилась биомасса. Уменьшился показатель отношения биомассы зоопланктона к биомассе фитопланктона, что может указывать на усиление роли микробной «петли» в пелагиали оз. Неро в современный период. Важными показателями состояния экосистемы являются взаимоотношения между разными трофическими уровнями. Доминантные виды зоопланктона оз. Неро слабо потребляют синезеленые водоросли, обильно развивающиеся в фитопланктоне, но они способны питаться водорослевым детритом и развивающимися на растительном детрите бактериями. Прямые «пастбищные» взаимодействия между зоо- и фитопланктоном крайне ослаблены, основной поток энергии от продуцентов к консументам, вероятно, проходит через донные сообщества. Современный зоопланктон озера представлен мелкими организмами и характеризуется низкой кормовой ценностью для взрослых рыб, но его количество способно обеспечить хорошее питание молоди. Оценивая с помощью сообщества зоопланктона статуса водоема можно отметить, что состав видов, многолетняя динамика структуры и биомассы сообщества, а также уровень трофических взаимодействий с фитопланктоном указывают на формирование к 2005 г. уровня близкого к гипертрофному.

Таксономический состав донной фауны озера (83 таксона) достаточно обычен и характерен для мезо- и эвтрофных водоемов. По составу и количественному развитию зообентоса оз. Неро можно охарактеризовать как унионидно-хирономидно-олигохетный водоем. В кормовом бентосе во все сезоны года доминируют личинки хирономид, среди которых более 90% биомассы приходится на долю мотыля (личинки комаров р. *Chironomus*). В результате заморных явлений, наличия специфического жидкого субстрата и высокой мутности биомасса бентоса в оз. Неро ниже, чем можно было ожидать, учитывая высокий трофический статус водоема. Тем не менее, оз. Неро по бентосу относят к среднекормным водоемам (Баканов, 2000).

В настоящее время ихтиофауна озера включает 19 видов рыб. Из которых хищники (щука, жерех, судак и окунь) составляют более 30% численности. В Красную книгу Ярославской области внесены хариус и линь. Состав пищи леща, плотвы, густеры и других бентофагов оз. Неро за последнее столетие практически не изменился. Это свидетельствует о том, что изменения в экосистеме водоема до последнего времени не отразились на характере питания массовых рыб озера. Снижение биомассы бентоса оз. Неро почти в два раза по сравнению с началом

прошлого века не отразилось на степени накормленности и стабильности пищевого спектра рыб-бентофагов. Кормовая база рыб озера Неро на сегодняшний день не является фактором лимитирующей их численность. В то же время, условия откорма массовых видов рыб-бентофагов в оз. Неро нестабильны. Это связано с характером грунтов, мелководностью озера, степенью зарастания отдельных его участков, из-за чего даже при ветрах средней силы слой сапропеля взмучивается и локально формируются неблагоприятные условия для нагула рыб. Напротив, условия питания для хищников благоприятны, эти рыбы отличаются высокой накормленностью.

Численность популяции рыб в оз. Неро имеет общую тенденцию к уменьшению: в 1950-ых годах средняя рыбопродуктивность составляла 1050 центнеров, в 1960-ых - 740 центнеров ежегодно, в 1980-ых годах - от 570 до 130 центнеров в год. Ситуация ухудшилась после завершения строительства гидротехнических сооружений на р. Вексе, препятствующих проходу рыб по старому руслу р. Вексы в озеро для весеннего нереста и осеннему выходу из него в Вексу, Которосль и Волгу (Половкова, 2002). Уменьшение уловов леща в оз. Неро – основного объекта промысла, снижение темпов его линейного и весового роста при высокой накормленности особей и стабильном составе пищи свидетельствуют о наличии в экосистеме озера факторов, неблагоприятно воздействующих на рыб.

Анализ многолетней динамики структуры рыбного населения позволил выявить ее изменения за длительный период (Половкова и др., 1999). В XII веке оз. Неро представляло водоем лещево-судачьего типа по современной классификации. В 30-е годы XX в. это было процветающее озеро лещевого типа. Интенсивное эвтрофирование в 60-х годах, обусловленное интенсификацией сельскохозяйственного производства, вновь вызвало изменение структуры рыбного населения. Сверхудобрение водоема привело к бурному развитию синезеленых водорослей, накоплению органического вещества. В водоеме стали наблюдаться частые заморы. Исчез из промысловой статистики судак. Отмечено глобальное снижение общих уловов, изменение соотношения численности отдельных видов рыб. В восьмидесятые годы в результате реконструкции дамбы и гидроузла на р. Векса повысился уровень озера, стало меньше заморных явлений. Однако рыбы-мигранты потеряли возможность прохода к местам нереста и нагула. Численность рыб в оз. Неро резко сократилась, в ихтиофауне получили преимущество местные популяции, подвергающиеся мощному антропогенному воздействию в результате загрязнения сельскохозяйственными и бытовыми сточными водами г. Ростов. Эти рыбы находились в состоянии иммунодефицита, обладали низким темпом роста поздним созреванием и отличались слабой жизнестойкостью. Органы рыбнадзора на сегодня практически ликвидированы.

Паразитов, патогенных для человека и сопутствующих ему животных, не обнаружено. Однако в мышцах плотвы оз. Неро найден *Metorchis xanthosomus* – условно патогенный вид, присутствие которого может поставить под вопрос употребление в пищу карповых рыб из озера.

Орнитофауна и млекопитающие оз. Неро изучена крайне недостаточно – исследования носили отрывочный характер и не были планомерными. Даже к текущему моменту мы имеем лишь самые поверхностные представления о птицах и тем более млекопитающих данного района. Вместе с тем, в пойме озера Неро выявлены участки, важнейшие для обитания целого ряда редких и краснокнижных видов птиц, на которых необходимо наладить мониторинг. На водосборной территории озера и на его притоках обитают околотовные животные, такие как: бобр, выдра, русская выхухоль, европейская и американская норка. Русская выхухоль и европейская норка занесены в Красную книгу Ярославской области (2004).

Таким образом, оз. Неро приблизилось к конечной стадии олиготрофно-эвтрофной сукцессии водных экосистем – стадии гипертрофного водоема. Однако его

экосистема еще способна использовать адаптационные механизмы для продолжения существования водоема.

ЛИТЕРАТУРА

- Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
- Атлас Ярославской губернии. Топографическая карта Ярославской губернии снятой в 1855, 1856 и 1857 годах. Составлен генерал-лейтенантом А.И. Менде. 1858 г.
- Бабаназарова О.В., Зубишина А.А. Современное состояние фитопланктона и микроальгобентоса открытой части озера Неро. Сб. трудов международного семинара “Экологические проблемы озера Неро и городских водных объектов”, Ростов Великий, 2002. С. 64-77.
- Бабаназарова О.В. Структура фитопланктона и динамика содержания биогенных элементов в озере Неро. // Биология внутренних вод. 2003. № 1, С. 31-39.
- Бабаназарова О.В., Ляшенко О.А., Лазарева В.И., Сигарева Л.Е., Зубишина А.А., Холт Д., Смирнова С.М., Сиделев С.И., Калинина О.Е. Результаты мониторинга планктонного сообщества оз. Неро. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции “Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов”, Ярославль, 15-17 декабря 2004 г.
- Баканов А.И. Бентос открытой части оз. Неро // Биология внутр. вод. 2000, №3. С.79–89.
- Баканов А.И. Бентос оз. Неро // Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод, 1991. С.108-130.
- Баканов А.И., Столбунова В.Н., Довбня И.В., Жгарева Н.Н., Законнов В.В. Животное население зарослей оз. Неро: Фауна растительных ассоциаций // Биология внутр. вод. 2001а, №2. С.43–52.
- Бикбулатов Э.С., Бикбулатова Е.М., Литвинов А.С., Поддубный С.А. Гидрология и гидрохимия оз. Неро // Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский дом печати». 2003. 192 с.
- Болохонцев Е.Н. Фитопланктон Ростовских озер // Землеведение. 1903. Т.10, кн. 4. С.47-54.
- Гапеева М.В. Довбня И.В., Законнов В. В., Широкова М.А. Эмпирические связи между содержанием металлов в растениях и донных осадках эвтрофного озера Неро // Экология. №3. 1995. С. 217–221.
- Голубев С.В. Класс Птицы (Aves) // Красная книга Ярославской области / Под ред. Л.В.Воронина. Ярославль: Издательство Александра Рутмана. 2004. с. 259-339.
- Голубев С.В. Птицы Ярославского Поволжья и сопредельных территорий: история, современное состояние. Том 1. Неворобьиные (Non-Passeriformes): монография. – Изд-во «Канцлер». 2011. 684 с.
- Грезе Б.С. Исследования озера Неро в гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении. Ч.1. Гидрология // Ростовский краевед, 1929. Вып.1. С. 9–36.
- Грезе Б.С. Исследования оз. Неро в гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении. Ч. 2. Бентос // Ростовский краевед. 1930. Вып.2. С.3–27.
- Гунова В.С. История озера Неро по палеоботаническим данным: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 1975. 21 с.
- Гунова В.С. Экология диатомовых водорослей озера Неро и его притоков // Деп. в ВИНТИ. 1996, №3614-В96. 20 с.
- Гунова В.С., Лефлат О.Н. Четвертичные отложения и палеогеография озера Неро // Сборник тр. международного семинара: Экологические проблемы озера Неро и Городских водных объектов. Ростов Великий. 15–17 апреля 2002 г. С. 17–30.
- Дамская С. А. Очерк зарослей озера Неро и их фауны // Тр. Ярославского естественно-историч. и краевед. о-ва. 1921. Т. 3. Вып. 1. С. 90–103.

- Довбня И.В. Высшая водная растительность оз. Неро // Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод, 1991. С. 62–73.
- Довбня И.В. Продукция гидрофильной растительности оз. Неро // Биология внутр. вод: Информ. бюл., 1995. № 98. С.13–16.
- Драбкова В.Г., Сорокин И.Н. Озеро и его водосбор – единая природная система. Л.: Наука, 1979. 195 с.
- Ельшин А.И., Волков В.К. Обезвоживание сапропелей // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1995. Т.38. №3. С. 3-16.
- Зубишина А.А. Микрофитобентос разнотипных озер умеренной зоны, на примере оз. Плещеево и Неро. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ярославль, 2007. 24 с.
- Зубишина А.А., Бабаназарова О.В. О микрофитобентосе озера Неро. // Биология внутренних вод. 2003.- № 3, С. 60-66.
- Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
- Ильинский А. Л. О фитопланктоне озер Ярославской области // Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль: Яросл. гос. пед. ин-т, Яросл. отд. Геогр. о-ва СССР, 1970. С.273–303.
- Карасева Е.В., Герман А.Л., Коренберг Э.И. Питание полевого луня и его роль в течении эпизоотии безжелтушного лептоспироза и популяции полевки-экономки // Бюл. Моск. о-ва испыт. прир. Сер. биол. Т.62. Вып. 1. 1957.
- Копылов А.И., Лазарева В.И., Косолапов Д.Б. Потоки вещества и энергии в трофической сети планктона озера / Состояние экосистемы высокопродуктивного озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. 406 с.
- Кордэ Н.В. История микрофлоры и микрофауны озера Неро // Труды лаборатории сапропелевых отложений. 1956с. Вып. VI. С. 181-200.
- Кордэ Н.В. О номенклатуре и типологии сапропелевых отложений // Труды лаборатории сапропелевых отложений. 1956а. Вып. VI. С. 5-37.
- Кордэ Н.В. Типологическая характеристика отложений озера Неро // Труды лаборатории сапропелевых отложений. 1956б. Вып. VI. С. 141-160.
- Коренберг Э.И. Наблюдения за птицами озера Неро (Ярославская область) // Орнитология. Вып. 4. М. Изд-во МГУ. 1962. с. 105-107.
- Красная книга Ярославской области / под ред. Л.В. Воронина. Ярославль: изд. Александра Рутмана, 2004. 384 с.
- Кузнецов Н.В. Звери и птицы Ярославской области. ОГИЗ. Ярославль: Яросл. кн. изд-во. 1947. 66 с.
- Кузнецов Н.В., Макковеева И.И. Животный мир Ярославской области. Ярославль. Ярославское книжное издательство. 1959. 226 с.
- Кулемин А.А. Исследование озера Неро в гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении. Ч.3. Питание и рост леща // Ростовский краевед. 1930. Вып.2. С.27–47.
- Лебедева Е.А., Хоофт Я.Я. Орнитологические новости из Ярославской области // Новости в мире птиц (Информационный бюллетень Союза охраны птиц России). № 1, май-июнь, 2000. с. 11.
- Лиманова Н.А. Озера Ярославской области. Указатель литературы. / Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль: Яросл. гос. пед. ин-т, Яросл. Геогр. о-во, 1970. С. 184-207.
- Литвинов А.С., Девяткин В.Г., Рошупко В.Ф., Шихова Н.М. Многолетние изменения характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища // Актуальные проблемы рационального использования биологических ресурсов водохранилищ. Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский дом печати», 2005.С. 190–199.
- Ляшенко О.А. Фитопланктон оз. Неро // Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск: Ин-т биол. внутр. вод, 1991. С.10-32.

Ляшенко О.А., Бабаназарова О.В. Фитопланктон. / Состояние экосистемы высокопродуктивного озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. 406 с.

Ляшенко О.А., Метелева Н.Ю. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона и эпифитона озера Неро // Каталог растений и животных водоёмов бассейна Волги. Ярославль: Ин-т биологии внутр. вод. 2000. С. 113–133.

Метелева Н.Ю. Эпифитон озера Неро // Биология внутр. вод. 2001. № 4. С.32–46.

Микряков В. Р., Половков Д. В., Половкова С. Н., Надиров С. Н. Иммунологическая характеристика леща / Состояние экосистемы высокопродуктивного озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. 406 с.

Монаков А.В., Экзерцев В.А. Сообщества прибрежных и водных растений оз. Неро и их фауна / Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль: Яросл. гос. пед. ин-т, Яросл. Геогр. о-во, 1970. С.304–318.

Новский В.А. Геологическая история озер Ярославского Поволжья / Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль: Яросл. гос. пед. ин-т, Яросл. Геогр. о-во, 1970. С. 208-234.

Отчет о деятельности Ростовского Научного общества по изучению местного края за 1928 г. // Ростовский краевед. 1929. Вып. 1. С. 59–64.

Памятники литературы древней Руси. XII в.М.: Худ. лит-ра, 1989. Кн. 2. С. 176–182.

Папченков В.Г., Борисова М.А., Сатина С.Ю., Ремизов И.Е., Папёнова Н.П. Макрофиты. / Состояние экосистемы высокопродуктивного озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. 406 с.

Поддубная Т.Л. Фауна дна и зарослей оз. Неро // Биология и экология водных организмов. Л., 1986.

Половкова С.Н., Краснопер Е.В., Маврин А.С. Современное состояние ихтиофауны оз. Неро // Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод РАН, 1991. С.145-157.

Половкова С. Н., Терещенко В. Г, Терещенко Л. И. Многолетние изменения в структуре рыбного населения озера Неро // Биологические ресурсы, их состояние и использование в бассейне Верхней Волги. Ярославль: Ин-т биологии внутр. вод РАН, 1999. С. 168 – 176.

Половкова С. Н. Проблемы озера Неро // Экологические проблемы озера Неро и городских водных объектов. Ростов Великий, 2002. С. 30–40.

Поспелов Е.М. Географические названия мира: Топонимический словарь. М: АСТ. 2001.

Пояснительная записка. // Проект схемы территориального планирования Ростовского муниципального района Ярославской области. Материалы по обоснованию. Омск, 2011. 336 с.

Птушенко Е.С., Иноземцев А.А. Биология и хозяйственное значение птиц Московской области и сопредельных территорий. М.: Изд-во МГУ. 1968. 460 с.

Ржевский Н.Н. О фауне птиц Ростовского уезда Ярославской губ. // Мат-лы к изуч. Флоры и фауны центр. промышл. обл. т. 5, вып. 3. 1927. с.

Ривьер И.К. Физико–географическая и краткая лимническая характеристика оз. Неро // Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод РАН, 1991. С. 3–9.

Ривьер И.К., Столбунова В.Н. Зоопланктон оз. Неро // Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод РАН, 1991. С.74–107.

Рохмистров В.Л. Водный баланс озер Неро и Плещеево // Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль: Яросл. гос. пед. ин-т, Яросл. Геогр. о-во, 1970. С. 235–253.

- Сабанеев Л.П. Материалы для фауны Ярославской губернии // Тр. Ярославского губернского стат. комитета. Ярославль, Вып. 4. 1868. с. 239-285.
- Сиделев С.И., Бабаназарова О.В. Структура фитопланктона высокоэвтрофного озера Неро // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2008. № 4. С. 187-190.
- Сиделев С.И. Сукцессия фитопланктона высокоэвтрофного озера Неро. Автореф... канд. биол. наук. Борок, 2010. 25 с.
- Состояние экосистемы высокопродуктивного озера Неро в начале XXI века. / отв. ред В.И. Лазарева М.: Наука, 2008. 406 с.
- Смирнов А.В. Запасы сапропелей озера Неро, опыт их использования на удобрение и способы производственной добычи // Тр. лаб. сапропелевых отложений. 1956. Вып.6. С. 201–213.
- Смирнов А.В. Озерные сапропели, их добыча и использование в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1965. 157 с.
- Столбунова В.Н. Зоопланктон оз. Плещеево. М.: Наука, 2006. 152 с.
- А.А. Титов Ростовский уезд Ярославской губернии. Историко-археологическое и статистическое описание с рисунками и картой уезда. М., 1885. 630 с.
- Тюремнов, 1956
- Чижиков Н. В. Геоморфология и почвы бассейна озера Неро и реки Устье–Которосль // Тр. лаб. сапропелевых отложений, 1956. Вып. 6. С. 130–144.
- Флеров А. Ф. Ботанико–географические очерки. Ч. III. Ростовский край // Землеведение. 1903. Т. 10. Кн. 2–3. С. 193–218.
- Фортунатов М.А., Московский Б.Д. Озера Ярославской области. Кадастровое описание и краткие лимнологические характеристики // Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль: Яросл. гос. пед. ин-т, Яросл. Геогр. о-во, 1970. С. 3–177.
- Шестаков А.В. Птицы //Фауна Ярославской губернии. Тр. Яр. Ест.-ист. и Краев. о-ва. 1926. Т. 5. вып. 3. с. 19-33.
- Gulati R. D. Zooplankton and its grazing as indicators of trophic status in Dutch lakes // Environ. Mon. Assess. 1983. № 3. P. 343–354.