

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П.Г.Демидова»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор ЯрГУ

д-р филол. и мат. наук

проф. С.А. Кащенко



**ОТЧЕТ**

*по построению регрессионных моделей состояния озера Неро и выработке  
рекомендаций по сохранению его экосистемы*

*( в соответствии с государственным контрактом N 11 от 25 мая 2013)*

Руководитель НИР ЯрГУ

к.б.н., доцент

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Babanazarova O.V.', written over a horizontal line.

Бабаназарова О.В.

## Содержание

Введение.....	3
I. Материалы и методы.....	5
II. Расчет и анализ многолетних данных по водообмену озера Неро.....	10
II.1 Расчет ежемесячного водообмена в оз. Неро с 1999 по 2012 гг.....	11
II.2 Анализ водообмена с 1981 по 1999 гг. и с 1999 по 2012 гг.....	18
II.3 Анализ влияния работы ГТС на р. Вёкса на уровенный режим за периоды 1999-2003, 2004-2008, 2009-2012 гг.....	23
III. Прогностические модели оценки развития фитопланктона по содержанию пигментов сестона.....	33
III.1. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона.....	33
III.2. Прозрачность воды озера Неро как показатель его состояния.....	45
IV. Результаты наблюдений 2013г.....	51
IV.1. Абиотические параметры.....	51
IV.II. Биотические параметры.....	55
V. Анализ зоопланктона в многолетнем аспекте.....	67
VI. Рекомендации по регулированию уровня воды в озере Неро.....	82
Заключение.....	92
Приложения.....	99
1. Протоколы результатов анализов на содержание общего фосфора оз. Неро 2013г.....	99
2. Данные по уровню воды, стоку р. Сары и осадкам в г. Ростове 2013г.....	105
3. Количественные показатели развития фитопланктона в оз. Неро в 2013г по ст. 3.....	107
4. Абиотические и биотические показатели оз. Неро в 2013г.....	116
5. График уровней оз. Неро по ГТС 2007-2013гг. (фото).....	118

## ВВЕДЕНИЕ

Состояние экосистемы ко второму десятилетию 21 века проанализировано в отчете 2011 года (Отчет, 2011). На основании обширной литературы в нем кратко рассмотрено состояние основных звеньев экосистемы. Выделена ключевая роль фитопланктона в первичном продукционном звене озера. Показан переход к заключительной стадии олиготрофно-эвтрофной сукцессии водных экосистем – к стадии гипертрофного водоема по целому ряду абиотических и биотических показателей (Современное состояние, 1991, Бикбулатов и др., 2003, Состояние экосистемы...2008, Бабаназарова 2003, Babanazarova, Lyashenko, 2007, Бабаназарова и др. 2011, Сиделев, Бабаназарова 2008, Сиделев, Бабаназарова 2011 и др.).

Для оз. Неро характерно продуцирование органического вещества в северной и центральной части по «фитопланктонному» типу (примерно 70-75% акватории), а в южной по «макрофитному» типу (около 20-25% по площади). Важным аспектом анализа многолетнего ряда данных и результатов исследований 2012г является оценка влияния уровня воды в озере на ключевые биотические сообщества: фитопланктон и макрофиты (высшая водная растительность) (Отчет, 2012). Проанализированы климатическая и антропогенная составляющие в повышении уровня воды в озере с конца 70-х годов прошлого века. С повышением уровня увеличивается развитие фитопланктона, с понижением – зарастаемость озера высшей водной растительностью. В период с 2004 по 2012 гг. произошло снижение степени зарастания водоема высшей водной растительностью с 25,6% до 21,8%. Понижилось видовое разнообразие гидрофитов. В то же время увеличилась биомасса водорослей, изменилась структура фитопланктона в пользу развития тонких нитчатых синезеленых водорослей. Развиваясь в массе, водоросли значительно снижают прозрачность воды, тем самым, ограничивая доступность света для макрофитов. В заключении отчета 2012г были определены научно-исследовательские направления, необходимые для уточнения механизмов функционирования экосистемы оз. Неро:

- Построение и верификация прогностической модели оценки развития фитопланктона по содержанию пигментов сестона в водоеме.
- Оценка степени опасности вод оз. Неро для водопользователей как источника развития токсичных синезеленых водорослей.
- Анализ проб зоопланктона за 2005-12 гг., как показатель изменения на следующем трофическом уровне функционирования планктона озера.
- Продолжение слежения за уровнем водоема и его водообменом.

В настоящем исследовании 2013г практически реализуются поставленные задачи:

- построение регрессионных моделей состояния (Прозрачность – хлорофилл) озера Неро и их проверка в ходе исследований в 2013 году.

- выработка рекомендаций по поддержанию уровня воды в озере Неро с целью сохранения его экосистемы.

В соответствии с техническим заданием к работе были привлечены:

ФГБУ Ярославский ЦГМС – данные по уровню воды в оз. Неро, объем стока р.Сары, объем осадков в районе г.Ростов за 2013г,

Сотрудник ИБВВ РАН Борок:

К.б.н., научный сотрудник С.В.Жданова – анализ проб зоопланктона в многолетней динамике 2005-2012гг

Инженер гидролог ОАО “ЯПИМВХ ” Краснова Евгения Павловна – расчет и анализ многолетних данных по водообмену оз. Неро

АИЦ ОХТОС АНО СЦУ “ЯрТест” – гидрохимический анализ проб воды,

Сотрудники ЯрГУ им. П.Г.Демидова каф. Экологии и зоологии – руководитель проекта, к.б.н, доцент Бабаназарова О.В., к.б.н., доцент А.А.Зубишина, к.б.н., ст. преп. С.И.Сиделев –организация и проведение экспедиций на оз. Неро в 2013г, анализ абиотических показателей, обработка проб фитопланктона и пигментов сестона, анализ биотических показателей и оценка связей с гидрологическими показателями, написание обобщенного отчета. В экспедициях, обработке проб пигментов сестона, организации первичных данных принимали участие магистрант 2-го года обучения Р. Рахмангулов, студенты четвертого курса ЯрГУ А,Овсиенко, О.Мартьянов, студентка третьего курса К. Коровкина.

## I. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб и обработка результатов наблюдений проводилась согласно методам многолетних исследований 1999 – 2012гг, что обеспечивает сопоставимость результатов. Подробно лимническая и гидробиологическая характеристика водоема приведены в целом ряде работ, аннотированных в Отчете...2011г.

Материал собирали с мая по октябрь 2013 года на 3-х стандартных станциях в сезонной динамике (№ 3, 5, 8) в открытой части озера Неро, прилегающей к городу Ростову. В мае, июле, сентябре 2013 обследовалась вся акватория озера на 10 станциях, расположенных по стандартной сетке станций, которая использовалась Институтом биологии внутренних вод в 1987–1989 годах ( по Ривьер, 1991 Рис. I.1). В целях лучшего выполнения проекта мы подключили к сетке наблюдений ст.10 на входе в Львовский залив как пограничную между фитопланктонной и макрофитной частями водоема.

Характеристика станций:

Ст. 1. Река Сара в районе пос. Поречье-Рыбное.

Ст. 2. В 1 км от места впадения р. Сара.

Ст. 3. У Городского острова, в 50м.

Ст. 5. Центральная точка на разрезе Кремль-Угодичи - наиболее глубокий участок озера.

Ст. 7. Точка у западного (городского) берега (~100 м) напротив Богородице-Рождественского монастыря.

Ст.8. Напротив предприятия Русь-квас, в прибрежной зоне, в 100м от берега.

Ст. 9. В месте впадения р. Ишня, в 100м от берега.

Ст. 10. На входе в Львовский залив

Ст. 11. Напротив пос. Львы, в 500м от берега.

Ст. 12. Напротив п. Воржа. Открытый плес.

Ст. 15 Прибрежье возле села Угодичи.

Пробы воды для качественного и количественного анализа фитопланктона, измерения содержания пигментов и цианотоксина микроцистина отбирали батометром или пластмассовым ведром объёмом 10 литров из верхнего полуметрового слоя. Одновременно с отбором проб на станциях определяли температуру воды, прозрачность по диску Секки, электропроводность и минерализацию, концентрацию кислорода с использованием портативных приборов HANNA (Германия). Калибровка приборов производилась перед каждой серией измерений согласно инструкции фирмы-производителя.



Рис. 1.1. Карта-схема расположения станций отбора проб.

Производили отбор проб на содержание общего фосфора. Пробы фиксировали хлороформом и обрабатывали сразу после доставки в лабораторию. Анализ производился в Аналитическом испытательном центре объектов химической технологии и окружающей среды “Сертификационный центр «Ярмест»” в соответствии с нормативной документацией на методики измерения (Приложение 1).

Пробы зоопланктона собирали ежемесячно со станции № 3 с использованием малой сети Джели, через которую профильтровывали 50 литров воды. Сборы зафиксированы 4%-ным формалином и хранятся в холодильнике при температуре + 5 °С. Для анализа многолетней динамики обрабатывались пробы со станции №3 за 2005-2012гг.

Количество фотосинтетических пигментов измеряли стандартным спектрофотометрическим методом (Сигарёва, 1993). Биомассу водорослей определяли счётно-объёмным методом (Кузьмин, 1975; Садчиков, 2003). Предварительно, сразу же после отбора проб воды фитопланктон фиксировали фиксатором Утермеля и концентрировали осадочным способом из объёма 0,5 литров. Объёмы клеток вычисляли, приравнивая их к объёмам геометрических фигур. Принимая удельную массу водорослей равной единице, исходя из объёма клетки, определяли её массу. Перемножая численность клеток на их массу, получали биомассу популяции. Суммированием последних находили биомассу всего фитопланктонного сообщества (Садчиков, 2003). Данные количественного и качественного анализа фитопланктона в сезонной динамике представлены в Приложении 3. Концентрации цианотоксина микроцистина в воде оз. Неро устанавливались иммунохимическим методом с использованием коммерческого набора ELIZA kit (Abraxis

Ltd., USA) и планшетного спектрофотометра согласно инструкции фирмы-производителя. Вода до анализов хранилась в замороженном виде в криопробирках при -20 °С.

Таблица I.1

Техническое задание на выполнение работ 2013г

№	Мероприятия	Количество	Выполнено
1	Химический анализ проб воды на содержание общего фосфора <sup>1</sup>	39 анализов	Приложение 1
2	Экспедиционное обследование акватории озеро Неро вблизи г. Ростов <sup>2</sup>	18 обследований	Проведено 18 обследований
3	Экспедиционное обследование всей акватории озеро Неро <sup>3</sup>	21 обследование	Проведено 21 обследование
4	Измерение прозрачности воды, электропроводности, минерализации, растворенного кислорода в воде озеро Неро <sup>4</sup>	39 замеров	Проведено 39 замеров
5	Отбор проб зоопланктона в период открытого водоёма в одной точке наблюдений вблизи г. Ростова (около острова Рождественский)	6 отборов	Проведено 6 отборов
6	Проведение анализа проб зоопланктона и обобщение многолетних данных по его состоянию в озере <sup>5</sup>	1 анализ	Проведен анализ, раздел V
7	Отбор проб и количественный анализ хлорофилла «а» как показателя трофического состояния озера и цветения воды <sup>4</sup>	39 анализов	Проведено 39 анализов
8	Качественный анализ форм фитопланктона, способных ухудшать органолептические характеристики воды и выделять токсины <sup>4</sup>	39 анализов	Проведено 39 анализов
9	Количественный анализ фитопланктона (определение численности и биомассы) <sup>6</sup>	6 анализов	Проведено 6 анализов Приложение 4
11	Отбор проб и проведение иммунно-химического анализа на содержание в воде токсинов сине-зеленых водорослей (микроцистинов) <sup>7</sup>	15 анализов	Проведено 15 анализов
12	Сбор данных по уровням воды в озеро Неро, стоку р. Сара и количеству осадков	1	Приложение 2
13	Расчет и анализ многолетних данных по водообмену озеро Неро	1	Проведен расчет, раздел II
14	Построение регрессионных моделей состояния озеро Неро в ряде зависимостей: «прозрачность воды – содержание хлорофилла «а» - содержание общего фосфора в воде» <sup>8</sup> . Выработка рекомендаций по поддержанию уровня воды в озеро Неро. Предоставление обобщенного отчета <sup>9</sup> .	1 отчет	Построены регрессионные модели, раздел III Выработаны рекомендации по поддержанию уровня раздел VI Написан обобщенный отчет

Гидрометеорологические данные по уровням воды в оз. Неро, расходу р. Сара и годовому количеству осадков были получены от Ярославского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (Приложение 2). Анализ данных был проведен инженером гидрологом ОАО “ЯПИМВХ” Красновой Евгенией Павловной.

Математическую обработку данных проводили с использованием стандартных статистических методов в электронных таблицах MS Excel и программе Statistica 6.0.

Исследования были выполнены в полном объеме согласно техническому заданию (табл. I.1). Разделы в отчете приведены согласно версий авторов – исполнителей, с сохранением форматирования.

### **Список использованной литературы к введению и разделу I**

- Бабаназарова О.В. Структура фитопланктона и динамика содержания биогенных элементов в озере Неро. // Биология внутренних вод. 2003. № 1. С. 33-39.
- Бабаназарова О.В. Кармайер Р., Сиделев С.И., Александрина Е.М. Александрина Е.М. Сахарова Е.Г. Структура фитопланктона и содержание микроцистинов в высокоэвтрофном озере Неро. // Водные ресурсы. 2011. № 2. С. 223-231
- 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.
- Кузьмин Г.В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. М.: Наука, 1975. с. 73-87.
- Отчет о научно-исследовательской работе «Оценка современного состояния озера Неро в Ростовском муниципальном округе Ярославской области», 2011. 103 с.
- Отчет о научно-исследовательской работе «Изучение гидрохимических и гидробиологических особенностей озера Неро», 2012. 82с.
- 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.
- Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Изд-во “Университет и школа”, 2003. 157 с.
- Сигарёва Л.Е. Спектрофотометрический метод определения пигментов фитопланктона в смешанном экстракте // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоёмов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. с. 75-85.
- Сиделев С.И., Бабаназарова О.В. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона высокоэвтрофного озера // Журнал Сибирского федерального университета. Биология, 2008. № 2. С. 153-168.

Сиделев С.И, Бабаназарова О.В. Видовой состав фитопланктона озера Неро (Ярославская область) // Новости систематики низших растений. Т. 45. 2011. С. 59-84.

Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. 406 с.

Babanazarova O.V., Lyashenko O.A. Inferring long-term changes in the physical-chemical environment of the shallow, enriched lake Nero from statistical and functional analyses of its phytoplankton // J. Plankton Res. 2007. V.29. N 9. P. 747-756.

## II. РАСЧЕТА И АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ ДАННЫХ ПО ВОДООБМЕНУ ОЗЕРА НЕРО

### II.1. Расчет ежемесячного водообмена в оз. Неро с 1999 по 2012 гг.

Интенсивность водообмена является важнейшей характеристикой экосистемы любого водного объекта.

Внешний водообмен имеет горизонтальную и вертикальную составляющие. Первая включает приток воды в водоем и сток из него. Одна из вертикальных составляющих внешнего водообмена включает выпадение атмосферных осадков на водную поверхность, конденсацию влаги на акватории водоема и испарение с нее, т.е. водообмен через поверхность двух сред – воды и воздуха.

Внешний водообмен определяется степенью участия водоема в глобальном гидрологическом цикле и состоит в обмене водой с соседними участками гидрографической сети, грунтами ложа и атмосферой. Соотношение интенсивности составляющих внешнего водообмена, т.е. структура водного баланса, зависит от морфометрических параметров водоема (см. рисунки 1 и 2), его географического положения и места в гидрографической сети.

В 1959 г. С.В. Григорьевым был предложен показатель условного водообмена сточных водоемов, равный отношению объема притока в водоем за некоторый промежуток времени ( $W_{\text{пр}}$ ) к среднему для этого промежутка времени объему воды водоема ( $V$ ):

$$K_{\text{в}} = \frac{W_{\text{пр}}}{V}$$

Для количественной характеристики водообмена используется обратная величина коэффициента водообмена – время пребывания воды в водоеме:

$$T = \frac{1}{K_{\text{в}}}$$

Оценка водообмена базируются на гипотезе фронтального вытеснения водной массы водоема втекающей водой. Величина  $K_{\text{в}}$  характеризует среднегодовую скорость стокового течения в некотором среднем по площади поперечном сечении удлиненного водного объекта, но выраженную в долях его объема. Несмотря на то, что этот коэффициент отражает условия далекие от реальной сложной картины водообмена, этот коэффициент получил широкое распространение в гидрологической и лимнологической литературе благодаря возможности простого и эффективного сравнения интенсивности водообмена различных водоемов. Соотношение притока-стока и объема водоема представляет собой

ключевой параметр и в упрощенных моделях водообмена, основанных на противоположной гипотезе смешения вод – гипотезе полного мгновенного смешения вод притока и водоема.

Расчет значений коэффициента водообмена озера Неро выполнен по данным наблюдений ФГБУ «Ярославский ЦГМС» за период с 1999 по 2012 гг.

Расчет проводился при площади водосбора  $1170 \text{ км}^2$  (без учета площади зеркала озера, равной  $54,4 \text{ км}^2$ ).

Ход расчета представлен в таблицах II. 1-4. На рисунке II. 3 представлен годовой ход среднемесячных уровней воды в озере Неро и полученного коэффициента водообмена.



Рисунок 1 - Схематический план оз. Неро

Рис. II.1. Схематический план оз. Неро

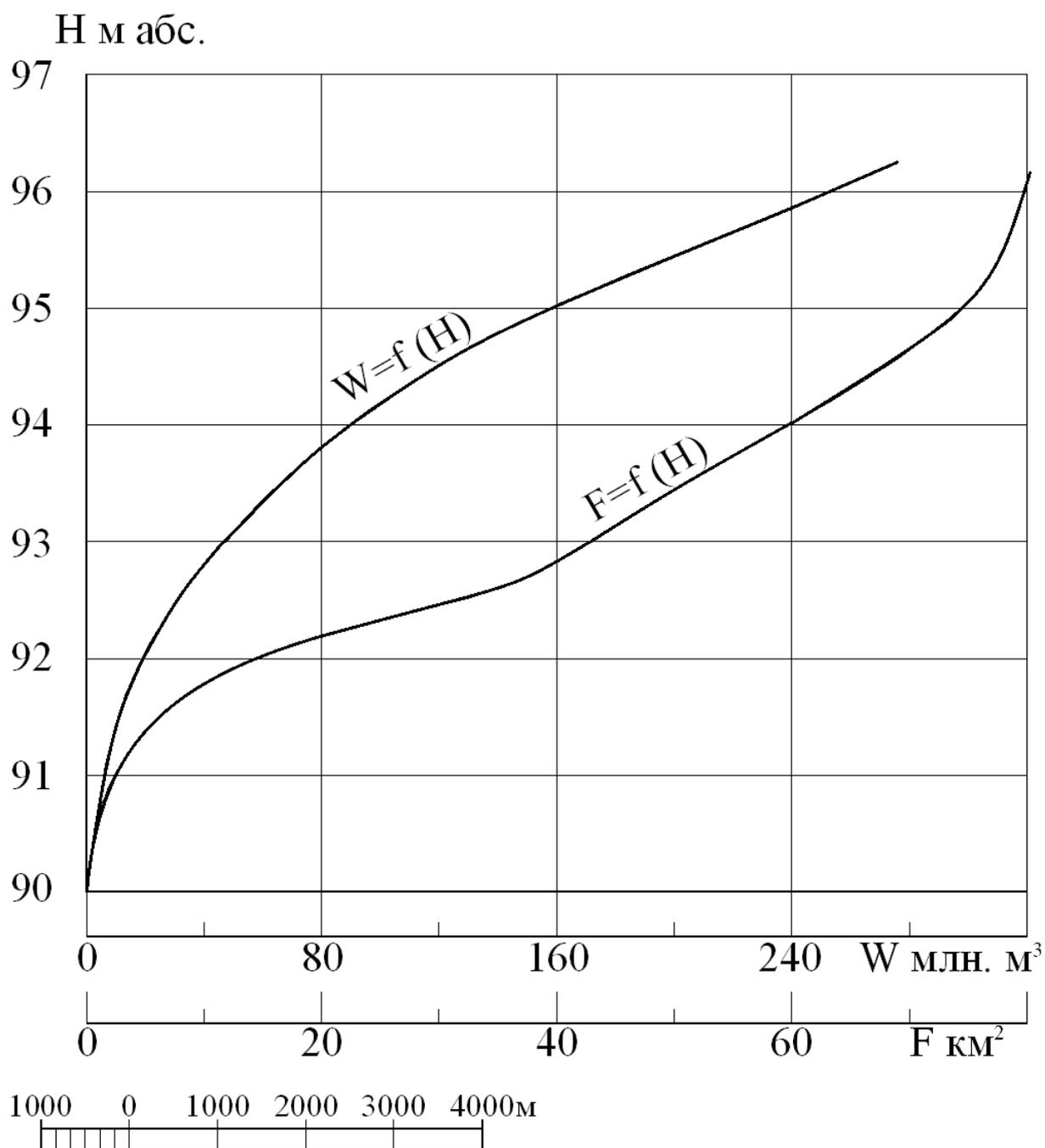


Рисунок 2 - Гипсографическая и объемная кривая оз. Неро

Рис. П.2. Гипсографическая и объемная кривая оз. Неро

Таблица II.1. – Среднемесячные расходы и модули на р. Сара пгт. Петровское за период 1999-2012 гг.

F<sub>вод</sub> = 482 км<sup>2</sup>

Год	В числителе – расход, м <sup>3</sup> /с, в знаменателе – модуль, л/с км <sup>2</sup>												
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	сред/год
1999	<u>2,34</u>	<u>2,43</u>	<u>2,9</u>	<u>16,9</u>	<u>3,66</u>	<u>1,59</u>	<u>1,11</u>	<u>1,42</u>	<u>1,75</u>	<u>2,38</u>	<u>2,19</u>	<u>2,23</u>	<u>3,41</u>
	4,85	5,04	6,02	35,06	7,59	3,3	2,3	2,95	3,63	4,94	4,54	4,63	7,07
2000	<u>2,23</u>	<u>2,33</u>	<u>2,35</u>	<u>11,4</u>	<u>2,51</u>	<u>1,89</u>	<u>2,27</u>	<u>2,38</u>	<u>2,3</u>	<u>2,29</u>	<u>2,44</u>	<u>2,26</u>	<u>3,05</u>
	4,63	4,83	4,88	23,65	5,21	3,92	4,71	4,94	4,77	4,75	5,06	4,69	6,34
2001	<u>1,98</u>	<u>1,92</u>	<u>3,21</u>	<u>15,2</u>	<u>2,29</u>	<u>2,27</u>	<u>2,0</u>	<u>1,89</u>	<u>1,94</u>	<u>2,57</u>	<u>2,56</u>	<u>2,23</u>	<u>3,34</u>
	4,11	3,98	6,66	31,54	4,75	4,71	4,15	3,92	4,02	5,33	5,31	4,63	6,93
2002	<u>2,77</u>	<u>3,43</u>	<u>4,88</u>	<u>6,54</u>	<u>2,41</u>	<u>1,44</u>	<u>1,39</u>	<u>1,35</u>	<u>1,37</u>	<u>1,87</u>	<u>2,24</u>	<u>1,65</u>	<u>2,61</u>
	5,75	7,12	10,12	13,57	5,0	2,99	2,88	2,8	2,84	3,88	4,65	3,42	5,42
2003	<u>1,7</u>	<u>1,47</u>	<u>1,8</u>	<u>7,92</u>	<u>4,74</u>	<u>2,94</u>	<u>2,64</u>	<u>3,95</u>	<u>7,55</u>	<u>1,46</u>	<u>1,99</u>	<u>1,8</u>	<u>3,33</u>
	3,53	3,05	3,73	16,43	9,83	6,1	5,48	8,2	15,66	3,03	4,13	3,73	6,91
2004	<u>1,89</u>	<u>2,55</u>	<u>4,44</u>	<u>8,2</u>	<u>4,18</u>	<u>2,31</u>	<u>2,13</u>	<u>2,58</u>	<u>2,06</u>	<u>1,93</u>	<u>2,6</u>	<u>1,87</u>	<u>3,06</u>
	3,92	5,29	9,21	17,01	8,67	4,79	4,42	5,35	4,27	4,0	5,39	3,88	6,35
2005	<u>2,48</u>	<u>1,68</u>	<u>2,29</u>	<u>15,4</u>	<u>3,43</u>	<u>2,65</u>	<u>2,05</u>	<u>1,78</u>	<u>2,03</u>	<u>2,05</u>	<u>2,14</u>	<u>2,2</u>	<u>3,35</u>
	5,15	3,49	4,75	31,95	7,12	5,5	4,25	3,69	4,21	4,25	4,44	4,56	6,95
2006	<u>1,93</u>	<u>2,06</u>	<u>2,29</u>	<u>7,46</u>	<u>2,45</u>	<u>1,79</u>	<u>1,66</u>	<u>2,0</u>	<u>3,52</u>	<u>2,71</u>	<u>2,76</u>	<u>4,08</u>	<u>2,89</u>
	4,0	4,27	4,75	15,48	5,08	3,71	3,44	4,15	7,3	5,62	5,73	8,46	6,0
2007	<u>6,35</u>	<u>3,39</u>	<u>5,97</u>	<u>3,7</u>	<u>2,69</u>	<u>1,52</u>	<u>1,84</u>	<u>1,64</u>	<u>1,68</u>	<u>1,76</u>	<u>1,64</u>	<u>2,21</u>	<u>2,87</u>
	13,17	7,03	12,39	7,68	5,58	3,15	3,82	3,4	3,49	3,65	3,4	4,59	5,95
2008	<u>2,18</u>	<u>2,58</u>	<u>4,71</u>	<u>10,6</u>	<u>3,04</u>	<u>2,18</u>	<u>2,85</u>	<u>3,05</u>	<u>1,97</u>	<u>1,82</u>	<u>1,88</u>	<u>2,36</u>	<u>3,27</u>
	4,52	5,35	9,77	21,99	6,31	4,52	5,91	6,33	4,09	3,78	3,9	4,9	6,78
2009	<u>2,0</u>	<u>1,85</u>	<u>2,12</u>	<u>6,63</u>	<u>5,09</u>	<u>2,61</u>	<u>2,04</u>	<u>1,8</u>	<u>1,71</u>	<u>2,19</u>	<u>2,95</u>	<u>2,06</u>	<u>2,75</u>
	4,15	3,84	4,4	13,76	10,56	5,41	4,23	3,73	3,55	4,54	6,12	4,27	5,71
2010	<u>1,86</u>	<u>1,88</u>	<u>3,36</u>	<u>11,9</u>	<u>4,05</u>	<u>2,56</u>	<u>1,24</u>	<u>1,35</u>	<u>1,84</u>	<u>1,88</u>	<u>3,12</u>	<u>2,86</u>	<u>3,16</u>
	3,86	3,9	6,97	24,69	8,4	5,31	2,57	2,8	3,82	3,9	6,47	5,93	6,55
2011	<u>2,65</u>	<u>2,68</u>	<u>2,67</u>	<u>15,2</u>	<u>4,72</u>	<u>1,45</u>	<u>1,38</u>	<u>1,56</u>	<u>2,61</u>	<u>2,74</u>	<u>2,7</u>	<u>3,65</u>	<u>3,67</u>
	5,5	5,56	5,54	31,54	9,79	3,01	2,86	3,24	5,41	5,68	5,6	7,57	7,61
2012	<u>2,45</u>	<u>2,02</u>	<u>2,44</u>	<u>17,5</u>	<u>3,66</u>	<u>5,32</u>	<u>2,60</u>	<u>2,62</u>	<u>3,09</u>	<u>4,30</u>	<u>11,0</u>	<u>2,79</u>	<u>4,98</u>
	5,08	4,19	5,06	36,31	7,59	11,04	5,39	5,44	6,41	8,92	22,82	5,79	10,34

среднее	<u>2,49</u> 5,16	<u>2,31</u> 4,78	<u>3,25</u> 6,73	<u>11,04</u> 22,90	<u>3,49</u> 7,25	<u>2,32</u> 4,82	<u>1,94</u> 4,03	<u>2,10</u> 4,35	<u>2,53</u> 5,25	<u>2,28</u> 4,73	<u>3,02</u> 6,25	<u>2,45</u> 5,08	<u>3,27</u> 6,78
макс	<u>6,35</u> 13,17	<u>3,43</u> 7,12	<u>5,97</u> 12,39	<u>17,5</u> 35,06	<u>5,09</u> 10,56	<u>5,32</u> 6,1	<u>2,85</u> 5,91	<u>3,95</u> 8,2	<u>7,55</u> 15,66	<u>4,30</u> 5,68	<u>11,0</u> 6,47	<u>4,08</u> 8,46	<u>4,98</u> 10,34
мин	<u>1,7</u> 3,53	<u>1,47</u> 3,05	<u>1,8</u> 3,73	<u>3,7</u> 7,68	<u>2,29</u> 4,75	<u>1,44</u> 2,99	<u>1,11</u> 2,30	<u>1,35</u> 2,80	<u>1,37</u> 2,84	<u>1,46</u> 3,03	<u>1,64</u> 3,40	<u>1,65</u> 3,42	<u>2,61</u> 5,42

Таблица II.2. – Среднемесячный приток в оз. Неро за период 1999-2012 гг.

$$F_{\text{вод}} = 1170 \text{ км}^2 \text{ (за исключением площади водной поверхности озера, равной } 54,4 \text{ км}^2\text{)}$$

Год	В числителе – расход, м <sup>3</sup> /с, в знаменателе – объем притока, млн. м <sup>3</sup>												
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	средн/год
1999	<u>5,67</u> 15,2	<u>5,9</u> 14,3	<u>7,04</u> 18,9	<u>41,02</u> 106	<u>8,88</u> 23,8	<u>3,86</u> 10,0	<u>2,69</u> 7,2	<u>3,45</u> 9,24	<u>4,25</u> 11	<u>5,78</u> 15,5	<u>5,31</u> 13,8	<u>5,42</u> 14,5	<u>8,27</u> 261
2000	<u>5,42</u> 14,5	<u>5,65</u> 13,7	<u>5,71</u> 15,3	<u>27,67</u> 71,7	<u>6,1</u> 16,3	<u>4,59</u> 11,9	<u>5,51</u> 14,8	<u>5,78</u> 15,5	<u>5,58</u> 14,5	<u>5,56</u> 14,9	<u>5,92</u> 15,3	<u>5,49</u> 14,7	<u>7,41</u> 234
2001	<u>4,81</u> 12,9	<u>4,66</u> 11,3	<u>7,79</u> 20,9	<u>36,9</u> 95,6	<u>5,56</u> 14,9	<u>5,51</u> 14,3	<u>4,86</u> 13,0	<u>4,59</u> 12,3	<u>4,7</u> 12,2	<u>6,24</u> 16,7	<u>6,21</u> 16,1	<u>5,42</u> 14,5	<u>8,1</u> 255
2002	<u>6,73</u> 18,0	<u>8,33</u> 20,2	<u>11,84</u> 31,7	<u>15,88</u> 41,2	<u>5,85</u> 15,7	<u>3,5</u> 9,07	<u>3,37</u> 9,03	<u>3,28</u> 8,79	<u>3,32</u> 8,61	<u>4,54</u> 12,2	<u>5,44</u> 14,1	<u>4,0</u> 10,7	<u>6,34</u> 200
2003	<u>4,13</u> 11,1	<u>3,57</u> 8,64	<u>4,36</u> 11,7	<u>19,22</u> 49,8	<u>11,5</u> 30,8	<u>7,14</u> 18,5	<u>6,41</u> 17,2	<u>9,59</u> 25,7	<u>18,32</u> 47,5	<u>3,55</u> 9,51	<u>4,83</u> 12,5	<u>4,36</u> 11,7	<u>8,08</u> 255
2004	<u>4,59</u> 12,3	<u>6,19</u> 15,0	<u>10,78</u> 28,9	<u>19,9</u> 51,6	<u>10,14</u> 27,2	<u>5,6</u> 14,5	<u>5,17</u> 13,8	<u>6,26</u> 16,8	<u>5,0</u> 13,0	<u>4,68</u> 12,5	<u>6,31</u> 16,4	<u>4,54</u> 12,2	<u>7,43</u> 234
2005	<u>6,03</u> 16,2	<u>4,08</u> 9,87	<u>5,56</u> 14,9	<u>37,38</u> 96,9	<u>8,33</u> 22,3	<u>6,44</u> 16,7	<u>4,97</u> 13,3	<u>4,32</u> 11,6	<u>4,93</u> 12,8	<u>4,97</u> 13,3	<u>5,19</u> 13,5	<u>5,34</u> 14,3	<u>8,13</u> 256
2006	<u>4,68</u> 12,5	<u>5,0</u> 12,1	<u>5,56</u> 14,9	<u>18,11</u> 46,9	<u>5,94</u> 15,9	<u>4,34</u> 11,2	<u>4,02</u> 10,8	<u>4,86</u> 13,0	<u>8,54</u> 22,1	<u>6,58</u> 17,6	<u>6,7</u> 17,4	<u>9,9</u> 26,5	<u>7,02</u> 221
2007	<u>15,41</u> 41,3	<u>8,23</u> 19,9	<u>14,5</u> 38,8	<u>8,99</u> 23,3	<u>6,53</u> 17,5	<u>3,69</u> 9,56	<u>4,47</u> 12,0	<u>3,98</u> 10,7	<u>4,08</u> 10,6	<u>4,27</u> 11,4	<u>3,98</u> 10,3	<u>5,37</u> 14,4	<u>6,96</u> 219
2008	<u>5,29</u> 14,2	<u>6,26</u> 15,1	<u>11,43</u> 30,6	<u>25,73</u> 66,7	<u>7,38</u> 19,8	<u>5,29</u> 13,7	<u>6,91</u> 18,5	<u>7,41</u> 19,8	<u>4,79</u> 12,4	<u>4,42</u> 11,8	<u>4,56</u> 11,8	<u>5,73</u> 15,3	<u>7,93</u> 250
2009	<u>4,86</u> 13	<u>4,49</u> 10,9	<u>5,15</u> 13,8	<u>16,1</u> 41,7	<u>12,36</u> 33,1	<u>6,33</u> 16,4	<u>4,95</u> 13,3	<u>4,36</u> 11,7	<u>4,15</u> 10,8	<u>5,31</u> 14,2	<u>7,16</u> 18,6	<u>5,0</u> 13,4	<u>6,68</u> 211

2010	<u>4,52</u> 12,1	<u>4,56</u> 11,0	<u>8,15</u> 21,8	<u>28,89</u> 74,9	<u>9,83</u> 26,3	<u>6,21</u> 16,1	<u>3,01</u> 8,06	<u>3,28</u> 8,79	<u>4,47</u> 11,6	<u>4,56</u> 12,2	<u>7,57</u> 19,6	<u>6,94</u> 18,6	<u>7,67</u> 242
2011	<u>6,44</u> 17,2	<u>6,51</u> 15,7	<u>6,48</u> 17,4	<u>36,9</u> 95,6	<u>11,45</u> 30,7	<u>3,52</u> 9,12	<u>3,35</u> 8,97	<u>3,79</u> 10,2	<u>6,33</u> 16,4	<u>6,65</u> 17,8	<u>6,55</u> 17,0	<u>8,86</u> 23,7	<u>8,9</u> 281
2012	<u>5,94</u> 15,9	<u>4,90</u> 11,9	<u>5,92</u> 15,9	<u>42,48</u> 110	<u>8,88</u> 23,8	<u>12,92</u> 33,5	<u>6,31</u> 16,9	<u>6,36</u> 17	<u>7,50</u> 19,4	<u>10,44</u> 28	<u>26,70</u> 69,2	<u>6,77</u> 18,1	<u>12,09</u> 381
среднее	<u>6,04</u> 16,17	<u>5,60</u> 13,54	<u>7,88</u> 21,11	<u>26,80</u> 69,42	<u>8,48</u> 22,72	<u>5,64</u> 14,61	<u>4,71</u> 12,63	<u>5,09</u> 13,65	<u>6,14</u> 15,92	<u>5,54</u> 14,83	<u>7,32</u> 18,97	<u>5,94</u> 15,90	<u>7,93</u> 250
макс	<u>15,41</u> 41,3	<u>8,33</u> 20,2	<u>14,50</u> 38,8	<u>42,48</u> 110,0	<u>12,36</u> 33,1	<u>12,92</u> 33,5	<u>6,91</u> 18,5	<u>9,59</u> 25,7	<u>18,32</u> 47,5	<u>10,44</u> 28,0	<u>26,70</u> 69,2	<u>9,90</u> 26,5	<u>12,09</u> 381
мин	<u>4,13</u> 11,10	<u>3,57</u> 8,64	<u>4,36</u> 11,70	<u>8,99</u> 23,30	<u>5,56</u> 14,9	<u>3,50</u> 9,07	<u>2,69</u> 7,20	<u>3,28</u> 8,79	<u>3,32</u> 8,61	<u>3,55</u> 9,51	<u>3,98</u> 10,30	<u>4,00</u> 10,70	<u>6,34</u> 200

Таблица II.3. – Среднемесячные объемы воды в оз. Неро, млн. м<sup>3</sup> за период 1999-2011 гг.

Год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	средн/год
1999	99,9	98,0	103	159	127	104	98,0	89,0	77,5	85,2	98,0	109	104
2000	118	122	115	137	130	99,9	96,7	102	92,8	82,6	92,8	104	107,7
2001	109	116	120	150	131	101	80,7	80,7	85,2	94,1	102	104	106
2002	102	101	101	118	99,2	76,8	81,3	76,8	76,2	89,6	99,9	98,6	93,4
2003	102	108	114	137	142	107	98,0	102	127	113	103	108	113
2004	113	120	124	152	135	101	98,6	89,0	90,9	90,9	106	109	111
2005	111	111	93,5	137	140	114	107	90,3	96,7	101	94,8	99,2	108
2006	104	103	101	126	128	115	104	103	106	95,4	101	109	108
2007	118	128	130	122	104	95,4	94,1	98,6	104	108	106	102	109
2008	98,6	99,2	106	142	118	102	106	106	98,6	96,0	98,6	106	106
2009	106	106	106	116	134	111	101	96,7	99,2	111	118	111	110
2010	102	98,6	96,0	151	141	127	101	81,3	99,9	109	116	111	111
2011	103	99,9	99,9	135	148	117	106	96,0	101	104	102	104	110
2012	106	102	99,2	130	155	122	101	90,3	95,4	108	141	137	116
среднее	107	108	108	137	131	107	98,1	93,0	96,5	99,1	106	108	108
макс	118	128	130	159	155	127	107	106	127	113	141	137	116
мин	98,6	98,0	93,5	116	99,2	76,8	80,7	76,8	76,2	82,6	92,8	98,6	93,4

Таблица II.4. – Среднемесячные коэффициенты водообмена ( $K_v$ ) и время пребывания воды ( $T$ ) в оз. Неро за период 1999-2012 гг. по формуле С.В. Григорьева (по притоку в оз. Неро)

Год	$K_v$												$K_v$ средн/год	$T=1/K_v,$ год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1999	0,15	0,15	0,18	0,67	0,19	0,10	0,07	0,10	0,14	0,18	0,14	0,13	2,51	0,40
2000	0,12	0,11	0,13	0,52	0,13	0,12	0,15	0,15	0,16	0,18	0,16	0,14	2,17	0,46
2001	0,12	0,10	0,17	0,64	0,11	0,14	0,16	0,15	0,14	0,18	0,16	0,14	2,40	0,42
2002	0,18	0,20	0,31	0,35	0,16	0,12	0,11	0,11	0,11	0,14	0,14	0,11	2,14	0,47
2003	0,11	0,08	0,10	0,36	0,22	0,17	0,18	0,25	0,37	0,08	0,12	0,11	2,25	0,45
2004	0,11	0,13	0,23	0,34	0,20	0,14	0,14	0,19	0,14	0,14	0,16	0,11	2,11	0,47
2005	0,15	0,09	0,16	0,71	0,16	0,15	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	2,37	0,42
2006	0,12	0,12	0,15	0,37	0,12	0,10	0,10	0,13	0,21	0,18	0,17	0,24	2,05	0,49
2007	0,35	0,16	0,30	0,19	0,17	0,10	0,13	0,11	0,10	0,11	0,10	0,14	2,01	0,50
2008	0,14	0,15	0,29	0,47	0,17	0,13	0,18	0,19	0,13	0,12	0,12	0,14	2,35	0,43
2009	0,12	0,10	0,13	0,36	0,25	0,15	0,13	0,12	0,11	0,13	0,16	0,12	1,92	0,52
2010	0,12	0,11	0,23	0,50	0,19	0,13	0,08	0,11	0,12	0,11	0,17	0,17	2,17	0,46
2011	0,17	0,16	0,17	0,71	0,21	0,08	0,08	0,11	0,16	0,17	0,17	0,23	2,56	0,39
2012	0,15	0,12	0,16	0,85	0,15	0,27	0,17	0,19	0,20	0,26	0,49	0,13	3,30	0,30
среднее	0,15	0,13	0,19	0,50	0,17	0,14	0,13	0,15	0,16	0,15	0,17	0,15	2,31	0,43
макс	0,35	0,20	0,31	0,85	0,25	0,27	0,18	0,25	0,37	0,26	0,49	0,24	3,30	0,30
мин	0,11	0,08	0,10	0,19	0,11	0,08	0,07	0,10	0,10	0,08	0,10	0,11	1,92	0,52

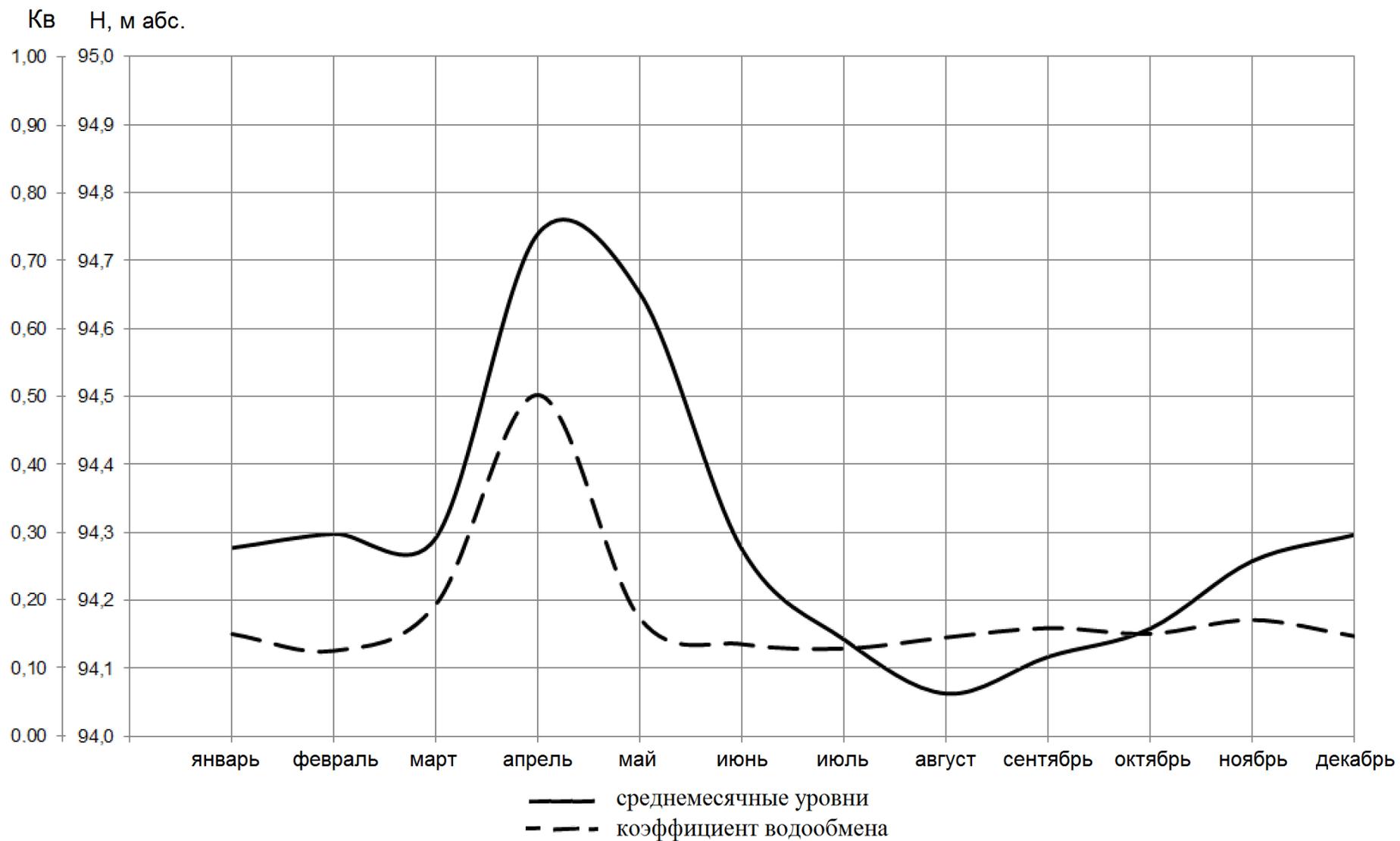


Рисунок 3 – Годовой ход уровней и коэффициента водообмена оз. Неро по средним месячным значениям (1999-2011 гг.)

Рис.П.3. Годовой ход уровней и коэффициента водообмена по средним месячным значениям (1999-2011гг.)

## II. 2. Анализ водообмена с 1981 по 1999 гг. и с 1999 по 2012 гг.

Чтобы провести анализ водообмена в озере Неро за период с 1981 по 1998 гг. (таблица II.5.) в сравнении с периодом с 1999 по 2011 гг. (таблица II.4.) были откорректированы исходные данные ТАСИС при площади водосбора озера  $F_{\text{вод}} = 1142 \text{ км}^2$  путём пересчета среднегодовых расходов и объемов при площади водосбора  $F_{\text{вод}} = 1170 \text{ км}^2$ , принятую по справочным данным, приведенным в [Ресурсы, 1973].

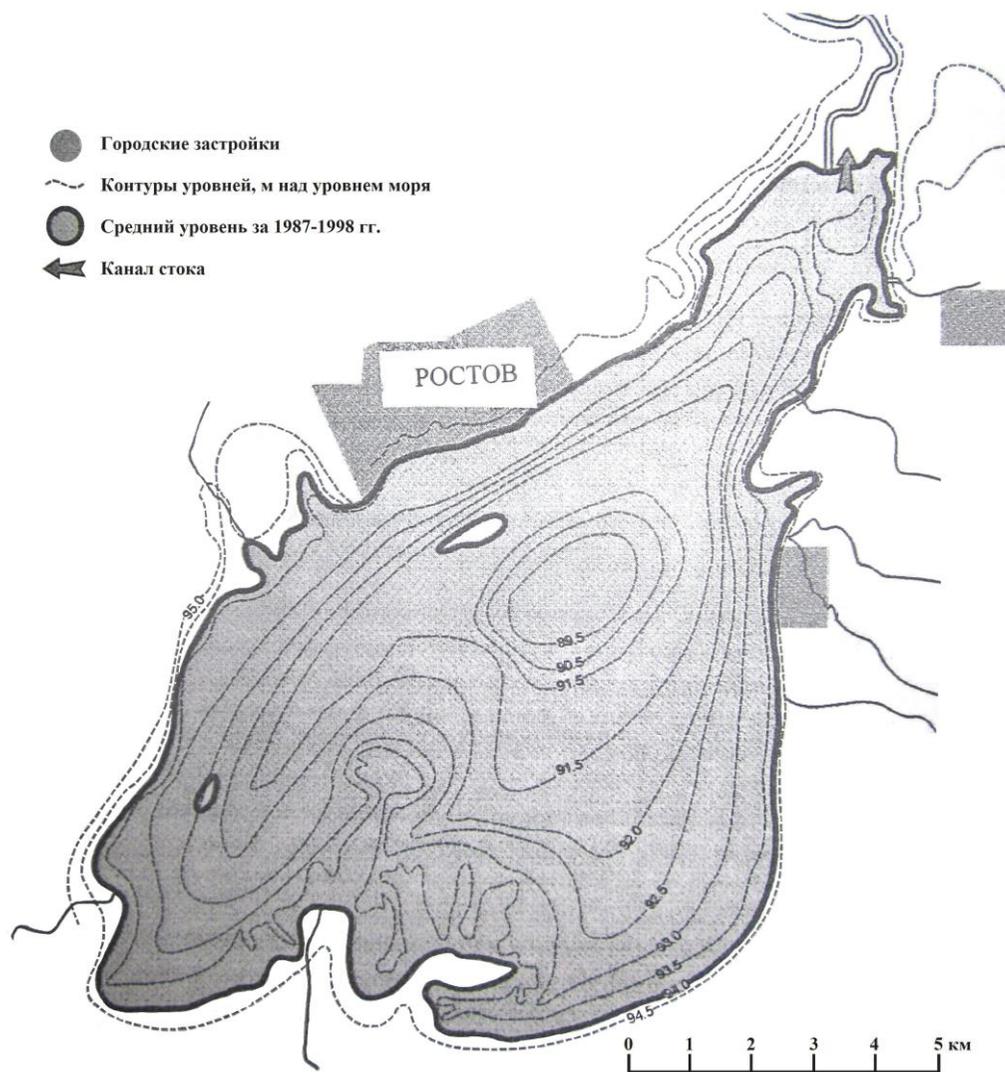
Однако, откорректировать среднегодовые расходы и объемы притока в озеро за период с 1981 по 1998 гг. не представляется возможным из-за отсутствия данных наблюдений ФГБУ «Ярославский ЦГМС» на р. Сара в/п пгт. Петровское как основного показателя стока в озеро Неро.

Объем, соответствующий уровню озера определялся по объемной кривой, построенной по данным ТАСИС (рисунок II. 4).

Таблица II.5. – Среднегодовые коэффициенты водообмена ( $K_{\text{в}}$ ) и время пребывания воды ( $T$ ) в оз. Неро за период 1981-1998 гг.

Год	Средне- годовой расход при $F=1142 \text{ км}^2$ , $\text{м}^3/\text{с}$	Модуль, $\text{л}/\text{с км}^2$	Средне- годовой расход при $F=1170 \text{ км}^2$ , $\text{м}^3/\text{с}$	Средне- годовой приток, $V$ , млн. $\text{м}^3$	Объем оз. Неро, $W$ , млн. $\text{м}^3$	$K_{\text{в}} = V/ W$	$T=1/ K_{\text{в}}$ , год
1981	7,31	6,40	7,49	236	102	2,31	0,43
1982	8,72	7,64	8,93	282	102	2,76	0,36
1983	9,3	8,14	9,53	300	107	2,80	0,36
1984	8,07	7,07	8,27	261	102	2,56	0,39
1985	11,55	10,11	11,83	373	116	3,24	0,31
1986	10,72	9,39	10,98	346	116	3,01	0,33
1987	8,92	7,81	9,14	288	115	2,55	0,39
1988	7,88	6,90	8,07	255	107	2,38	0,42
1989	8,6	7,53	8,81	278	114	2,48	0,40
1990	13,42	11,75	13,75	434	141	3,08	0,32
1991	11,28	9,88	11,56	364	133	2,74	0,37
1992	8,75	7,66	8,96	283	110	2,57	0,39
1993	10,34	9,05	10,59	334	118	2,81	0,36
1994	10,5	9,19	10,76	339	124	2,73	0,37
1995	8,97	7,85	9,19	290	92,0	3,15	0,32
1996	7,16	6,27	7,34	231	107	2,18	0,46
1997	9,78	8,56	10,02	316	123	2,57	0,39
1998	9,7	8,49	9,94	313	123	2,57	0,39
средн	9,50	8,32	9,73	307	114	2,69	0,38
макс	13,42	11,75	13,75	434	141	3,24	0,46
мин	7,16	6,27	7,34	231	92,0	2,18	0,31

Сравнительная характеристика этих периодов показывает, что среднегодовой коэффициент водообмена колеблется в пределах от 1,9 до 3,3 и не имеет явных тенденций к изменению (см. рисунок II.5.).



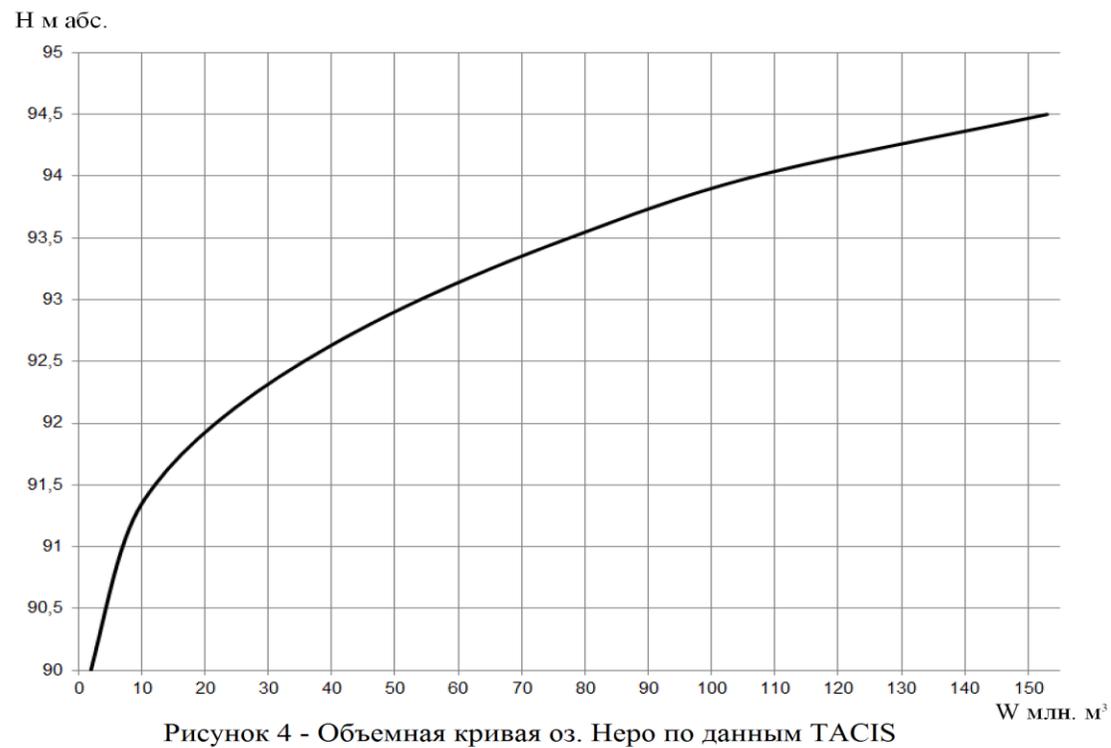


Рис. II.4. Объемная кривая оз.Неро по данным TACIS

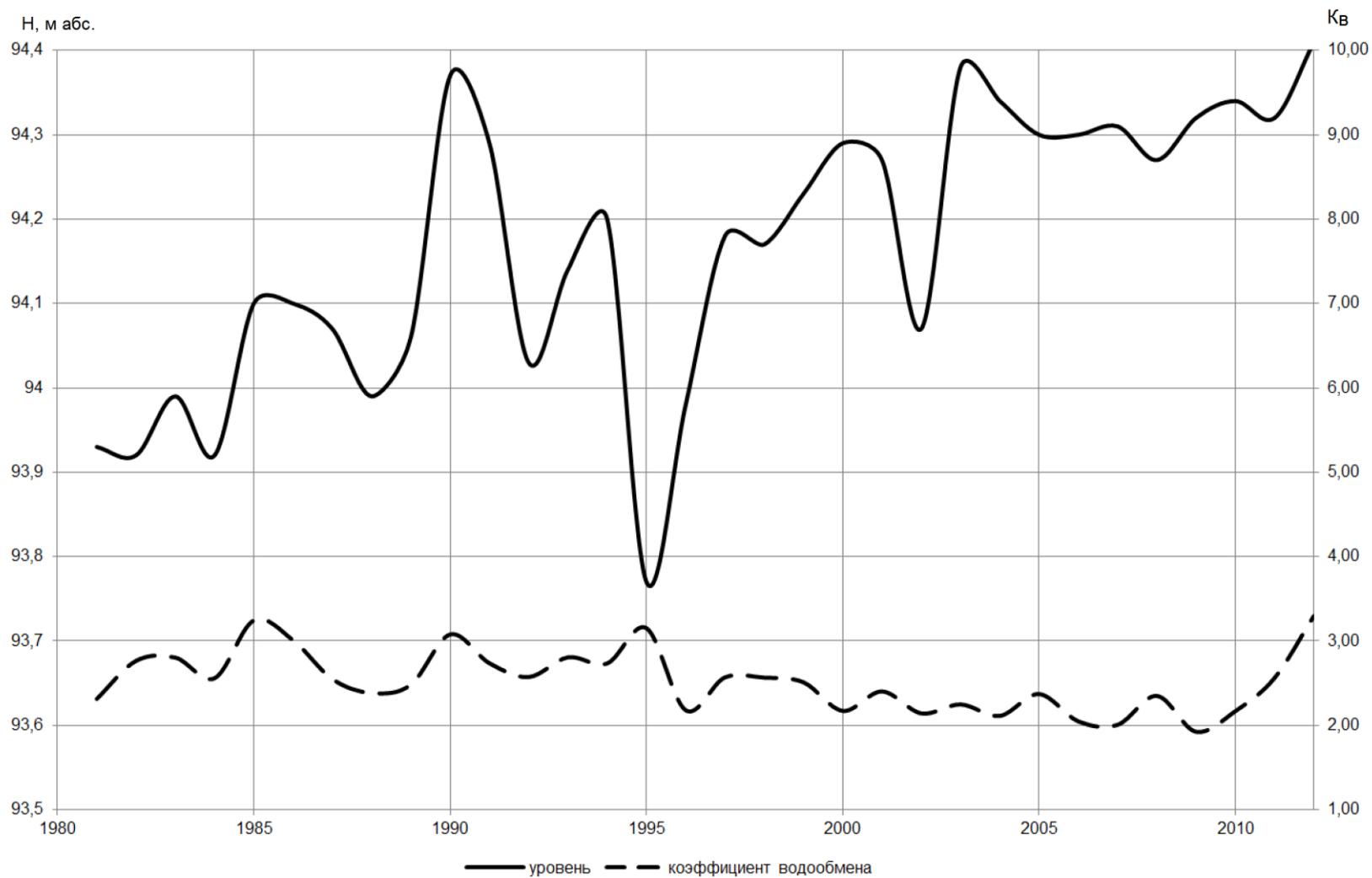


Рисунок 5 - Среднегодовой ход уровней и коэффициента водообмена оз. Неро за период с 1981 по 2012 гг.

Рис. П.5.Среднегодовой ход уровней и коэффициентов водообмена оз. Неро за период с 1981 по 2012гг.

### II.3. Анализ влияния работы ГТС на р. Вёкса на уровенный режим за периоды 1999-2003, 2004-2008, 2009-2012 гг.

Данные по уровню оз. Неро за период с 1930 по 2012 гг. показывают, что уровень озера имеет тенденцию к увеличению ещё с 70-х годов, что никак не связано с введением в эксплуатацию ГТС на р. Вёкса в 1989 году (рисунок II. 6).

Плотина создана в первую очередь для поддержания более высокого уровня в зимнюю межень в рыбохозяйственных целях. Динамика среднегодового коэффициента водообмена за период с 1981 по 2012 г. также не связана с работой ГТС. Следовательно, влияние, которое оказывает плотина на режим оз. Неро, можно оценить только в рамках календарного года.

Для проведения более подробного анализа влияния ГТС необходимо вычисление среднемесячных коэффициентов водообмена до 1989 г. (т.е. начала работы ГТС на р. Вёкса), но данные по среднемесячным уровням оз. Неро за период с 1981 по 1999 гг. отсутствуют. Поэтому для оценки влияния ГТС на режим оз. Неро ведется только с 1999 по 2012 гг. При этом анализируется коэффициент водообмена для водохранилищ, где учитывается не только приток, но и отток (сброс) воды.

Первый показатель, оценивающий интенсивность внешнего водообмена в водохранилищах, был предложен в 1958 г. Л.И.Дубровиным:

$$K_{\text{в}} = \frac{W_{\text{ст.ГЭС}}}{V}$$

где  $W_{\text{ст.ГЭС}}$  — объем сброса воды в нижний бьеф,

$V$ —объем водохранилища.

В 1975 г. В.Н. Штефан предложил средний коэффициент водообмена водохранилища, учитывающий как объем притока вод в водоем, так и сток из него:

$$K_{\text{в}} = \frac{W_{\text{пр}} + W_{\text{ст}}}{2V}$$

где  $W_{\text{ст}}$  — объем сброса вод из водоема (т.е.  $W_{\text{ст}} = W_{\text{ст.ГЭС}}$ ).

Коэффициент водообмена по притоку (формула С.В. Григорьева), вычисленный выше показывает интенсивность водообмена оз. Неро, которая имела бы место без существования плотины на р. Вёкса. Тогда объем притока был бы равен объему оттока.

Коэффициент водообмена по стоку (сбросу в нижний бьеф) (формула Л.И.Дубровина) в сравнении с коэффициентом по притоку отражает степень изменения водообмена, и, как следствие, уровенного режима оз. Неро, при работе ГТС, график регулирования которой представлен на рисунке II.7.

Коэффициент водообмена по формуле В.Н. Штефана является усредненным.

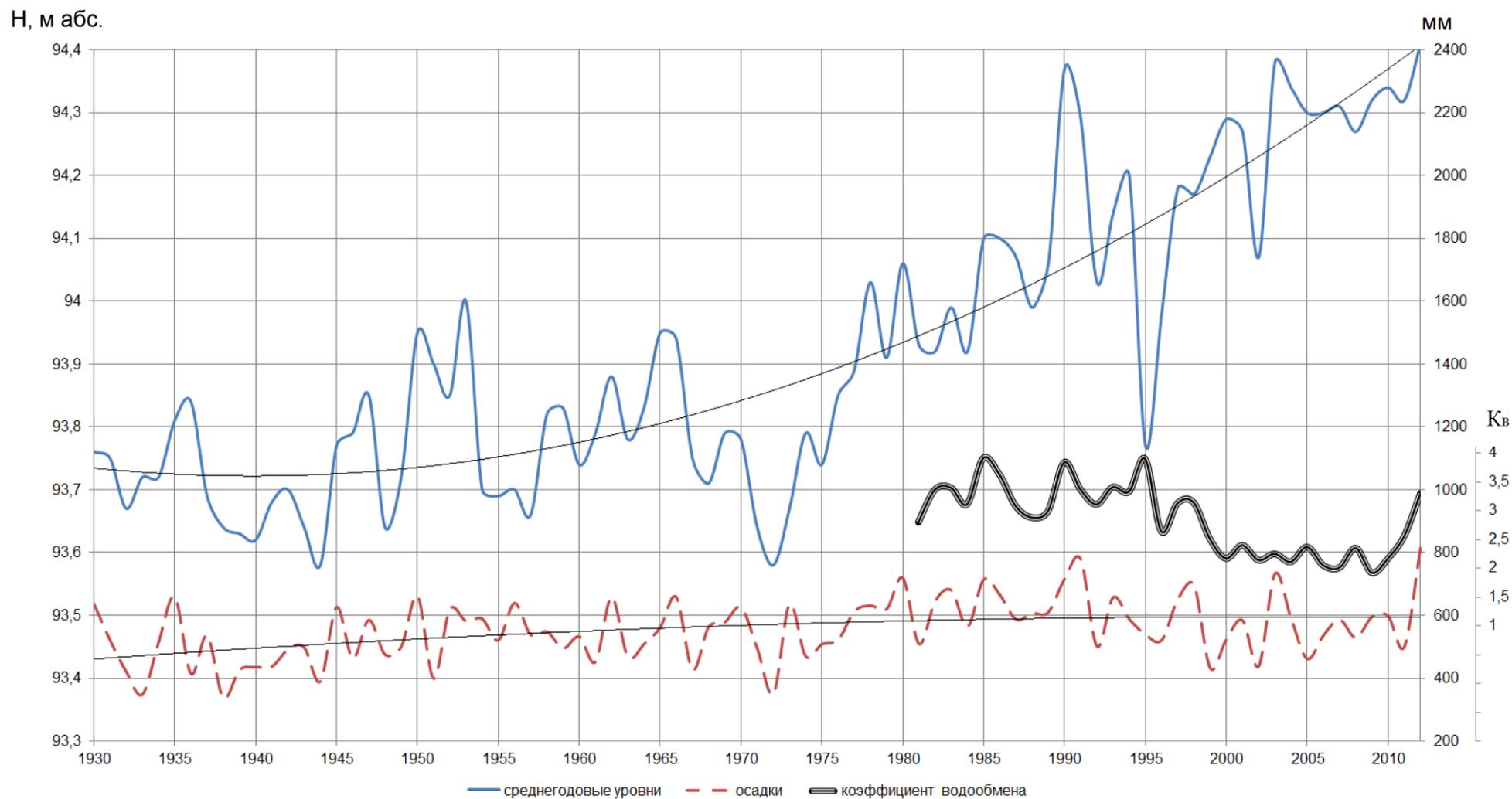


Рисунок 6 – График хода среднегодовых уровней оз. Неро и осадков за многолетний период с 1930 по 2012 гг.

Рис. П.6. График хода среднегодовых уровней оз. Неро и осадков за многолетний период с 1930 - по 2012гг.

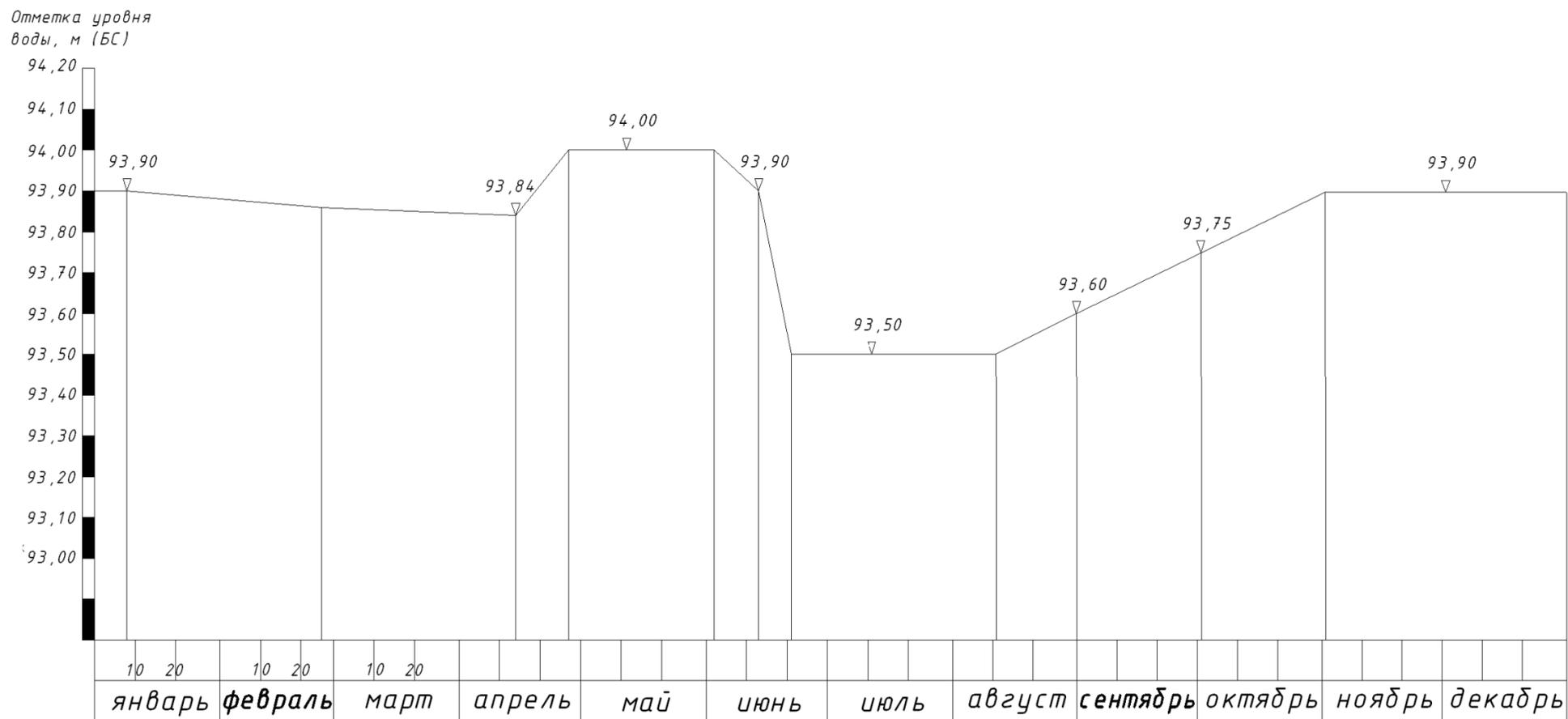


Рисунок 7 - График регулирования оз. Неро шлюзорегулятором

Рис. П.7. График регулирования оз. Неро шлюзорегулятором.

Таблица II.6. – Среднемесячный сброс ГТС за период с 1999 по 2012 гг., млн. м<sup>3</sup>

Год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	средн/год
1999	14,5	12,2	14,0	70,0	38,0	15,0	9,00	3,59	3,47	3,59	9,00	23,6	216
2000	32,6	36,2	26,0	48,0	41,0	10,9	7,70	13,0	3,80	3,59	3,80	18,6	245
2001	23,6	30,2	31,0	61,0	42,0	12,0	3,59	3,59	3,47	5,10	13,0	18,6	247
2002	16,6	15,2	12,0	29,0	10,2	3,47	3,59	3,59	3,47	3,59	10,9	13,2	125
2003	16,6	22,2	25,0	48,0	53,0	18,0	9,00	13,0	38,0	24,0	14,0	22,6	303
2004	27,6	34,2	35,0	63,0	46,0	12,0	9,60	3,59	3,47	3,59	17,0	23,6	279
2005	25,6	25,2	4,50	48,0	51,0	25,0	18,0	3,59	7,70	12,0	5,80	13,8	240
2006	18,6	17,2	12,0	37,0	39,0	26,0	15,0	14,0	17,0	6,4	12,0	23,6	238
2007	32,6	42,2	41,0	33,0	15,0	6,40	5,10	9,60	15,0	19,0	17,0	16,6	253
2008	13,2	13,4	17,0	53,0	29,0	13,0	17,0	17,0	9,60	7,00	9,60	20,6	219
2009	20,6	20,2	17,0	27,0	45,0	22,0	12,0	7,70	10,2	22,0	29,0	25,6	258
2010	16,6	12,8	7,00	62,0	52,0	38,0	12,0	3,59	10,9	20,0	27,0	25,6	288
2011	17,6	14,1	10,9	46,0	59,0	28,0	17,0	7,00	12,0	15,0	13,0	18,6	258
2012	20,6	16,2	10,2	41,0	66,0	33,0	12,0	3,59	6,4	19,0	52,0	51,6	332
среднее	21,2	22,3	18,8	47,6	41,9	18,8	10,8	7,60	10,3	11,7	16,7	22,6	250
макс	32,6	42,2	41,0	70,0	66,0	38,0	18,0	17,0	38,0	24,0	52,0	51,6	332
мин	13,2	12,2	4,50	27,0	10,2	3,47	3,59	3,59	3,47	3,59	3,80	13,2	125

Таблица II.7 – Среднемесячные коэффициенты водообмена ( $K_v$ ) и время пребывания воды (Т) в оз. Неро за период 1999-2012 гг. по формуле Л.И. Дубровина (по сбросу ГТС)

Год	$K_v$												$K_v$ средн/год	Т=1/ $K_v$ , год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1999	0,15	0,12	0,14	0,44	0,30	0,14	0,09	0,04	0,04	0,04	0,09	0,22	2,08	0,48
2000	0,28	0,30	0,23	0,35	0,32	0,11	0,08	0,13	0,04	0,04	0,04	0,18	2,27	0,44
2001	0,22	0,26	0,26	0,41	0,32	0,12	0,04	0,04	0,04	0,05	0,13	0,18	2,33	0,43
2002	0,16	0,15	0,12	0,25	0,10	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,11	0,13	1,34	0,75
2003	0,16	0,21	0,22	0,35	0,37	0,17	0,09	0,13	0,30	0,21	0,14	0,21	2,67	0,37
2004	0,24	0,29	0,28	0,41	0,34	0,12	0,10	0,04	0,04	0,04	0,16	0,22	2,52	0,40
2005	0,23	0,23	0,05	0,35	0,36	0,22	0,17	0,04	0,08	0,12	0,06	0,14	2,22	0,45
2006	0,18	0,17	0,12	0,29	0,30	0,23	0,14	0,14	0,16	0,07	0,12	0,22	2,20	0,45
2007	0,28	0,33	0,32	0,27	0,14	0,07	0,05	0,10	0,14	0,18	0,16	0,16	2,32	0,43
2008	0,13	0,14	0,16	0,37	0,25	0,13	0,16	0,16	0,10	0,07	0,10	0,19	2,06	0,49
2009	0,19	0,19	0,16	0,23	0,34	0,20	0,12	0,08	0,10	0,20	0,25	0,23	2,35	0,43
2010	0,16	0,13	0,07	0,41	0,37	0,30	0,12	0,04	0,11	0,18	0,23	0,23	2,59	0,39
2011	0,17	0,14	0,11	0,34	0,40	0,24	0,16	0,07	0,12	0,14	0,13	0,18	2,35	0,43
2012	0,19	0,16	0,10	0,32	0,43	0,27	0,12	0,04	0,07	0,18	0,37	0,38	2,87	0,35
среднее	0,20	0,20	0,17	0,34	0,31	0,17	0,11	0,08	0,10	0,11	0,15	0,20	2,30	0,45
макс	0,28	0,33	0,32	0,44	0,43	0,30	0,17	0,16	0,30	0,21	0,37	0,38	2,87	0,75
мин	0,13	0,12	0,05	0,23	0,10	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,13	1,34	0,35

Таблица II.8

Среднемесячные коэффициенты водообмена ( $K_v$ ) и время пребывания воды ( $T$ ) в оз. Неро за период 1999-2012 гг. по формуле В.Н. Штефана

Год	$K_v$												$K_v$ средн/год	$T=1/K_v,$ год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1999	0,15	0,14	0,16	0,55	0,24	0,12	0,08	0,07	0,09	0,11	0,12	0,17	2,29	0,44
2000	0,20	0,20	0,18	0,44	0,22	0,11	0,12	0,14	0,10	0,11	0,10	0,16	2,22	0,45
2001	0,17	0,18	0,22	0,52	0,22	0,13	0,10	0,10	0,09	0,12	0,14	0,16	2,36	0,42
2002	0,17	0,18	0,22	0,30	0,13	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,13	0,12	1,74	0,57
2003	0,14	0,14	0,16	0,36	0,30	0,17	0,13	0,19	0,34	0,15	0,13	0,16	2,46	0,41
2004	0,18	0,21	0,26	0,38	0,27	0,13	0,12	0,11	0,09	0,09	0,16	0,16	2,32	0,43
2005	0,19	0,16	0,10	0,53	0,26	0,18	0,15	0,08	0,11	0,13	0,10	0,14	2,30	0,44
2006	0,15	0,14	0,13	0,33	0,21	0,16	0,12	0,13	0,18	0,13	0,15	0,23	2,13	0,47
2007	0,31	0,24	0,31	0,23	0,16	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,13	0,15	2,16	0,46
2008	0,14	0,14	0,22	0,42	0,21	0,13	0,17	0,17	0,11	0,10	0,11	0,17	2,20	0,45
2009	0,16	0,15	0,15	0,30	0,29	0,17	0,13	0,10	0,11	0,16	0,20	0,18	2,14	0,47
2010	0,14	0,12	0,15	0,45	0,28	0,21	0,10	0,08	0,11	0,15	0,20	0,20	2,38	0,42
2011	0,17	0,15	0,14	0,52	0,30	0,16	0,12	0,09	0,14	0,16	0,15	0,20	2,46	0,41
2012	0,17	0,14	0,13	0,58	0,29	0,27	0,14	0,11	0,14	0,22	0,43	0,25	3,08	0,32
среднее	0,17	0,16	0,18	0,42	0,24	0,15	0,12	0,11	0,13	0,13	0,16	0,18	2,30	0,44
макс	0,31	0,24	0,31	0,58	0,30	0,27	0,17	0,19	0,34	0,22	0,43	0,25	3,08	0,57
мин	0,14	0,12	0,10	0,23	0,13	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	1,74	0,32

Для определения влияния ГТС по сравнению с естественным стоком из озера был определен расход р. Вёкса и проведено внутригодовое распределение стока по месяцам в средний по водности год.

Основным способом расчета распределения стока внутри года является метод гидрологической аналогии. При подборе аналогов учитывается не столько географическая близость бассейнов, сколько степень общности условий формирования стока.

Аналогом для р. Вёкса (исток р. Которосль)  $F_{\text{вод}} = 1224 \text{ км}^2$  выбрана р.Которосль – в/п д. Чёрная  $F_{\text{вод}} = 1224 \text{ км}^2$ ;  $M_0 = 6,5 \text{ л/с-км}^2$ ;  $C_v = 0,26$ ;  $C_s = 0,52$

$$Q_0 = \frac{6,5 \cdot 1224}{1000} = 7,95 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$W_0 = 7,95 \cdot 31,5 \cdot 10^6 = 250\,425\,000 \text{ м}^3/\text{год} = 250 \text{ млн. м}^3.$$

Для пересчета относительного внутригодового распределения стока в соответственные величины месячных расходов необходимо использовать формулу:

$$Q_{\text{ср.мес.}} = \frac{12 \cdot Q_{\text{год}}}{100} = \frac{12 \cdot 7,96}{100} = 0,95 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таблица II. 9

Внутригодовое распределение стока р. Вёкса (исток р. Которосль)

Водность года	Месячный сток (в долях от годового)												За год, %
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
% от годовых	0,7	0,5	1,1	20,3	19,2	10,9	13,6	12,5	9,1	6,5	3,6	2,0	100
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,67	0,48	1,05	19,3	18,3	10,4	12,9	11,9	8,66	6,19	3,43	1,9	95,5
$t \cdot 10^6$	2,68	2,42	2,68	2,59	2,68	2,59	2,68	2,68	2,59	2,68	2,59	2,68	31,5
$W, \text{ млн. м}^3$	1,8	1,16	2,81	50,0	49,0	26,9	34,6	31,9	22,4	16,6	8,88	5,09	251

По полученным объемам рассчитаны среднемесячные коэффициенты водообмена оз. Неро по оттоку в р. Вёкса без регулирования ГТС:

$$K_{\text{в}} = \frac{W_{\text{отток}}}{V}$$

где  $W_{\text{отток}}$  — объем воды, стекающий из озера в р.Вёксу.

Среднемесячные коэффициенты водообмена, вычисленные по всем четырем формулам, представлены на рисунке II. 8.

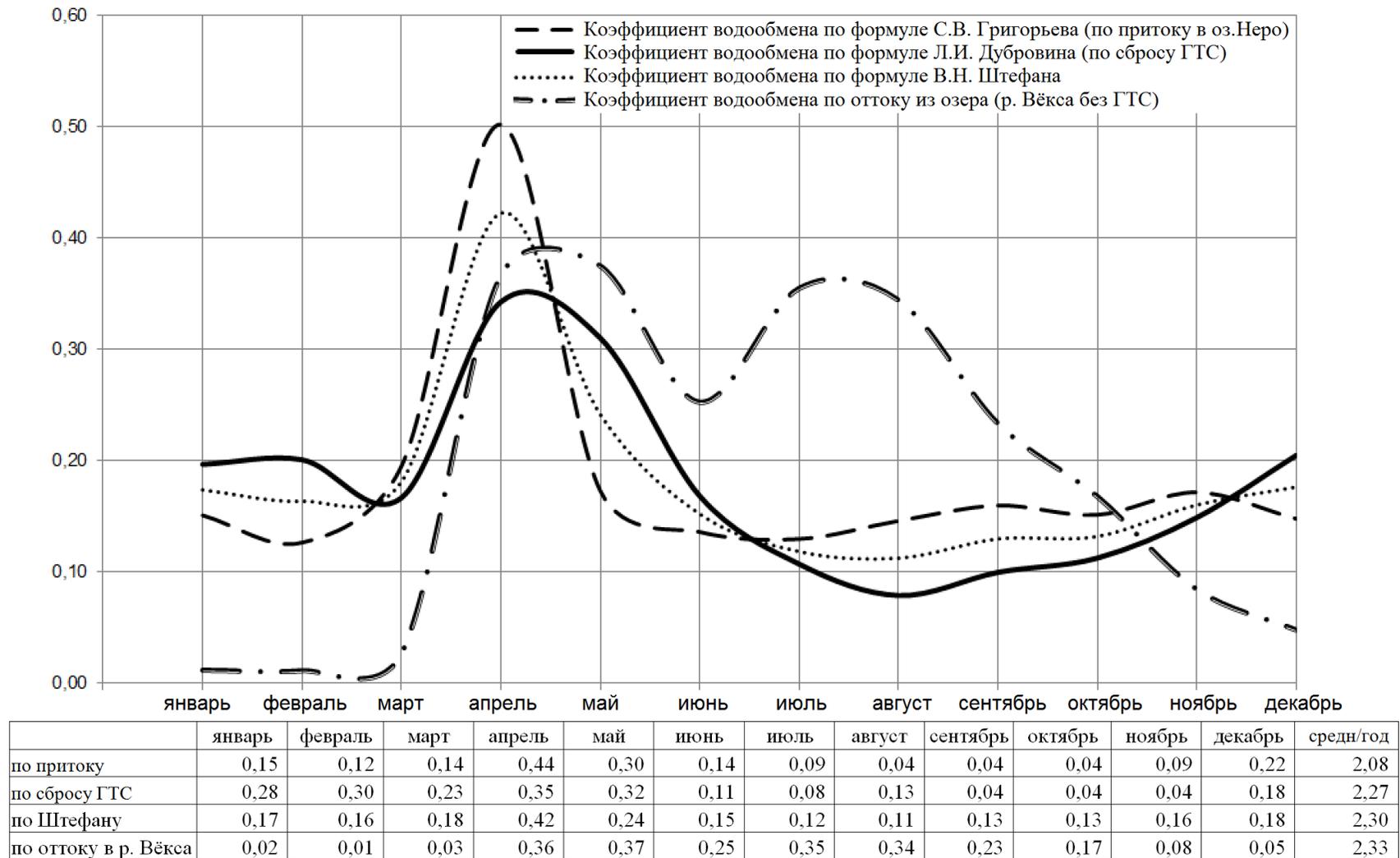


Рисунок 8 – Среднемесячные коэффициенты водообмена, вычисленные по формулам С.В. Григорьева, Л.И. Дубровина, В.Н. Штефана и по естественному стоку р.Вёкса

Рис. П.8. Среднемесячные коэффициенты водообмена, вычисленные по формулам С.В.Григорьева, Л.И.Дубровина, В.Н.Штефана и по естественному стоку р. Векса

## Выводы

В результате анализа водообмена было выявлено, что ГТС на р.Вёкса не оказывает влияния на среднесуточную величину водообмена озера Неро. Накапливая воду в летне-осенний период для повышения уровня воды в зимнюю межень, ГТС изменяет внутригодовое распределение стока из озера, не влияя на среднегодовой водообмен.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки опасности антропогенного эвтрофирования озера Неро.

## Список использованной литературы к разделу II

1. Государственный Водный кадастр «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» том 1, часть 2, выпуск 23. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.10. Верхне-волжский район. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.10. Верхне-волжский район. кн.1 – М.: Гидрометеиздат, 1973.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.10. Верхне-волжский район. кн.2 – М.: Гидрометеиздат, 1973.
5. СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».
6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984.
7. Исследования и расчеты стока рек для проектирования мелиоративных систем в нечерноземной зоне РСФСР (на примере ее центральных областей), книга 3. – М.: Мосгипроводхоз, 1980.
8. Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. – Ярославль, 1970.
9. Григорьев С.В. О некоторых определениях и показателях в озероведении / С.В. Григорьев //Матер. по гидрологии Карелии. Петрозаводск: Изд-во Карельск. филиала АН СССР. 1958. Вып. 18.
10. Дубровин Л.И. Новые данные к гидрометеорологической характеристике Камского водохранилища / Л.И. Дубровин //Докл. IV Всеурал. совещ. по физико- и экономико-географ. районированию Урала. Пермь: Изд-во Перм. отд. Географ. об-ва СССР, 1958.
11. Знаменский В.А. Влияние гидролого-динамических факторов на изменение содержания химических веществ в водохранилище / В.А. Знаменский //Тр. ГГИ. Л.: Гидрометеиздат, 1977. Вып. 246.
12. Штефан В.Н. К расчету водообмена долинных водохранилищ / В.Н. Штефан // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1975. №5.
13. Эдельштейн К. К. Водоохранилища России: экологические проблемы, пути их решения / К.К. Эдельштейн. М.: ГЕОС, 1998.
14. Сорокин И.Н. Внешний водообмен озер СССР. — Л.: Наука. — 1988. — 141 с.

### **III. ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПО СОДЕРЖАНИЮ ПИГМЕНТОВ СЕСТОНА ОЗ. НЕРО**

#### **III.1. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона**

При экологическом мониторинге пресноводных водоёмов большое внимание уделяется степени развития фитопланктона – основного продуцента первичного органического вещества. При развитии водорослей до степени “цветения” воды оценка обилия фитопланктона становится особенно актуальной. Однако исследования структуры фитопланктона сопряжены с трудностями количественного и качественного учёта водорослей, требующего больших затрат времени и хороших знаний таксономии. Применение косвенных методов оценки развития фитопланктона, в частности, спектрофотометрического определения пигментов в сестоне, получило широкое распространение с середины прошлого столетия. Содержание основного пигмента зеленых растений хлорофилла “а” (Chl a) считается универсальным эколого-физиологическим показателем, который отражает обилие и фотосинтетическую активность альгоценозов. Многих исследователей до сих пор привлекает доступность и быстрота определения пигментов, поэтому во многих зарубежных и отечественных гидробиологических работах принято выражать общую биомассу водорослей количеством хлорофилла “а”, и через отношения различных пигментов оценивать состояние и состав фитопланктона.

Удельное содержание хлорофилла “а” в сырой биомассе фитопланктона значительно варьирует в зависимости от многих факторов, что не позволяет вывести общий переходный коэффициент между концентрацией хлорофилла и биомассой, пригодный для водоёмов разного типа (Трифенова, Десортова, 1983; Riemann et al., 1989; Nicholls, Dillon, 1978). Зависимость хлорофилл - биомасса фитопланктона широко обсуждается в литературе для конкретных водоемов от олиготрофного до высокоэвтрофного типов (Елизарова, 1974; Измestьева, 1989; Измestьева, Паутова, 1983; Михеева, 1970; Canfield et al., 1985; Desortova, 1981; Felip, Catalan, 2000; Granberg, Harjula, 1982; Hallegraeff, 1977; Javornicky, 1974; Kalchev et al., 1996; Tolstoy, 1979; Voros, Padisak, 1991). В подобных исследованиях наблюдается как линейная (Трифенова, Десортова, 1983; Hallegraeff, 1977; Tolstoy, 1979), так и нелинейная зависимость хлорофилла и общей биомассы водорослей (Ляшенко, 2004; Felip, Catalan, 2000; Kalchev et al., 1996; Voros,

Padisak, 1991). Значительно варьируют и получаемые коэффициенты корреляции между данными параметрами.

В большинстве работ связь хлорофилл-биомасса изучается в кратковременном аспекте (Ляшенко, 2004; Desortova, 1981; Felip, Catalan, 2000; Voros, Padisak, 1991). Однако отмечается, что переходный коэффициент между данными параметрами может быть получен для водоёма лишь при многолетних наблюдениях (Трифонова, 1979; Трифонова, Десортова, 1983).

Таблица III.1.1.

Содержание хлорофилла “а” Chl a (мкг/л), численность N (млн. кл./л) и общая биомасса фитопланктона Вобщ. (мг/л), вклад в общую биомассу синезеленых Всин., ( %), вклад биомассы планктотрихетового типа фитопланктона в общую биомассу S1 (%) в оз.

Неро в межгодовой динамике (числитель: среднее значение + ошибка среднего; знаменатель: пределы варьирования)

Период (VI-IX)	Chl a	Нобщ	Вобщ.	%Всин.	%S <sub>1</sub>
1999 - 2004	$63.5 \pm 4.8$ 9.7-181.8	$584.6 \pm 61.2$ 33.04-1697.9	$18.6 \pm 1.5$ 16.8-38.6	$57.0 \pm 3.6$ 5-93.5	$34.8 \pm 2.8$ 0.8-62.5
2005 – 2008	$109.7 \pm 10$ 50.2-170.5	$832.9 \pm 140.2$ 282.1-1636.6	$30.7 \pm 5.3$ 7.2-63	$76.0 \pm 4.0$ 54-93	$62.3 \pm 4.6$ 41.4-89
2009 – 2012	$98.2 \pm 10.4$ 25,4-181	$714.1 \pm 78.8$ 174-1359	$21.6 \pm 1.77$ 8.9 - 33	$61.3 \pm 4.8$ 38.7 – 93.3	$37.8 \pm 2.53$ 23.4 – 57
2013	$83.8 \pm 4.3$ 76-92	$564.5 \pm 31,5$ 518 - 628	$16,8 \pm 2,1$ 15,3 – 18,8	$54,1 \pm 3,8$ 42,9 -73,5	$57,5 \pm 1,0$ 20.2 – 73.1

Для высокоэвтрофного озера Неро исследования фитопланктона и его пигментных характеристик проводилось в 1987-89 гг. Институтом Биологии Внутренних Вод им. Папанина (Современное..., 1991). В настоящее время наличие многолетних данных по биомассе, составу и пигментам фитопланктона, полученных в ЯрГУ им. П.Г. Демидова (Бабаназарова, 2003; Бабаназарова и др., 2004; Сиделев, Бабаназарова, 2005), а также сравнение с исследованиями 80-х годов позволяет уточнить и обобщить характер взаимосвязей этих параметров в озере Неро.

В работе используются материалы по биомассе, таксономическому составу и пигментным показателям фитопланктона, полученные при исследовании озера Неро в период с 2003 по 2012 гг. Погодные условия значительно различались по годам наблюдений. Антициклональный тип погоды с засушливым и тёплым летом был характерен для 2000, 2002, первой половины лета 2005 г., аномально жарким было лето 2010 г. Циклональный тип погоды с прохладным и дождливым летом был характерен для 2003 и 2004 гг., 2007 гг., 2013гг. Количественные показатели развития фитопланктона значительно варьировали в период наблюдений (Таблица III. 1.1.)

Средняя за летне-осенний (июнь-сентябрь) период биомасса фитопланктона довольно значительно изменялась. Биомассы 1999 -2004 гг. были сопоставимы с таковыми 1987-89 гг. (Ляшенко, 1991). В то же время, увеличились значения летних максимумов в развитии фитопланктона, произошла смена летнего доминанта с *Oscillatoria limnetica* (Lemm.) Kom. на *O. redekei* (Бабаназарова, 2003). В структуре сообщества 1999-2004 гг. на уровне количественного соотношения различных отделов значимо, в два раза уменьшился вклад зеленых водорослей относительно 1987-89 гг. (Бабаназарова и др., 2004). В 2005-08 гг. средние значения биомассы значимо возросли, с нарастанием максимальных значений и увеличением их вариации, при этом увеличился вклад планктотрихетового комплекса в летне-осенние планктоценозы (Babanazarova, Lyashenko, 2007). В этот период уже с июня сине-зелёные занимали главенствующие позиции с неизменным доминированием тонкой нитчатой *Oscillatoria redekei*, составляющей более половины биомассы в ценозах июля-августа и часто вегетирующей вплоть до октября. В марте 2003 г. отмечалось цветение этого вида подо льдом. Как правило, сопутствовала ей *Oscillatoria limnetica* - доминант 1987-89 гг. (Современное..., 1991). Всё чаще на позиции доминанта и часто встречаемого вида выходит *Planktothrix agardhii* Gom., в июне – июле 2005 г. этот вид являлся абсолютным доминантом ценоза. Доминанты конца 80-х *Aphanizomenon flos-aquae* (Lemm.) Lemm и *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. В этот период также время от времени достигают доминантных позиций, остаются часто встречаемыми, но все же значение их в ценозах несколько меньше. (Babanazarova, Lyashenko, 2007).

В 2009-2012 гг. количественные характеристики развития фитопланктона оз. Неро летом и в начале осени вновь снизились, вклад синезеленых водорослей остался высоким, а вклад планктотрихетового комплекса опустился ниже 50%. В 2012 г. вклад S1 типа (28,9%) сопоставим с 1999-2003 гг., увеличилось разнообразие и участие в ценозе представителей других отделов водорослей, в то же время, вклад потенциально токсичных форм синезеленых водорослей родов *Microcystis* остался на уровне последних четырех лет наблюдений, вклад *Aphanizomenon* увеличился. В 2013 г. количественные показатели

развития фитопланктона вернулись к таковым 1999-2004 гг. Изменилась и структура сообщества. Ранним летом доминировал *Aphanizomenon gracile*, в конце лета и ранней осенью *Aulacoseira ambiguae*, увеличился вклад видов рода *Microcystis*, что было характерно для 1987-89 и 1999-2004 гг. Вклад синезеленых и видов S1 типа снизился. Причем развитие планктотрихетового комплекса достигло уровня абсолютного доминирования только в июле.

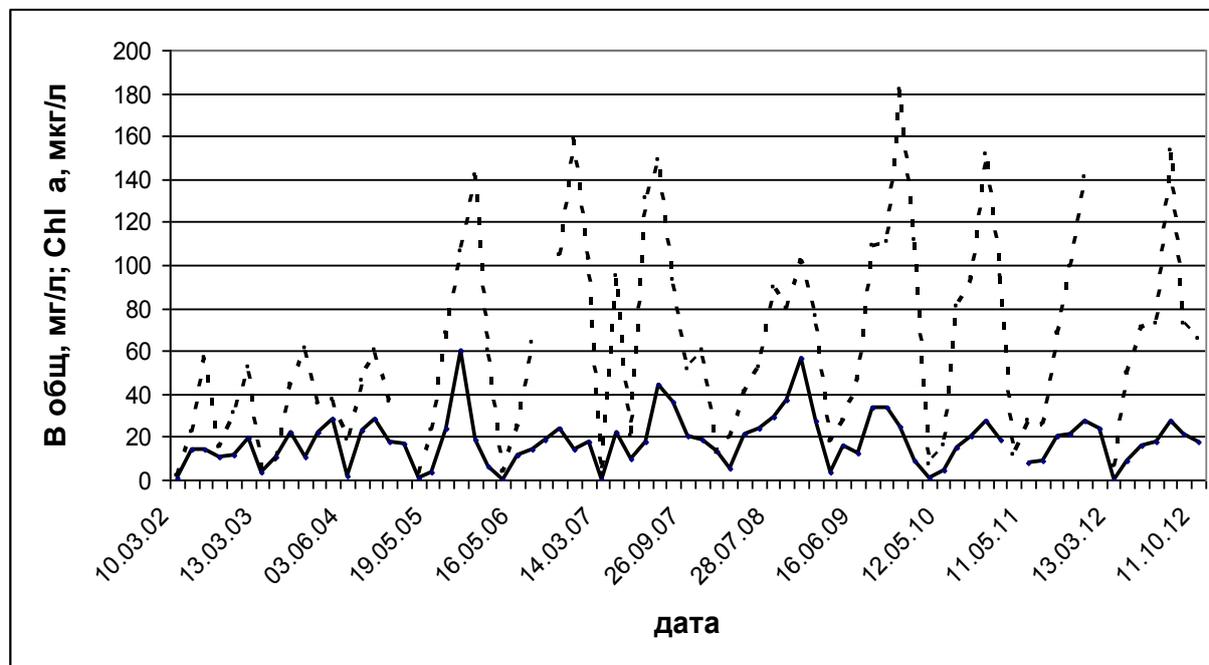


Рис. III.1.1. Динамика биомассы фитопланктона (В общ – сплошная линия) и содержания хлорофилла а в сестоне (Chl а – пунктирная линия)

Сопряженный анализ данных по биомассе фитопланктона и содержанию хлорофилла “а” в сестоне показал достаточное подобие кривых сезонной динамики обоих показателей в период 2002-2012 гг. (рис. III.1.1.). Кривые достаточно близко изменяются по месяцам, сезонам и в межгодовой динамике. При корреляционном анализе не усреднённых данных, за период с 2002 по 2012 гг. были определены тесные, значимые положительные корреляции между Chl а и биомассой фитопланктона.

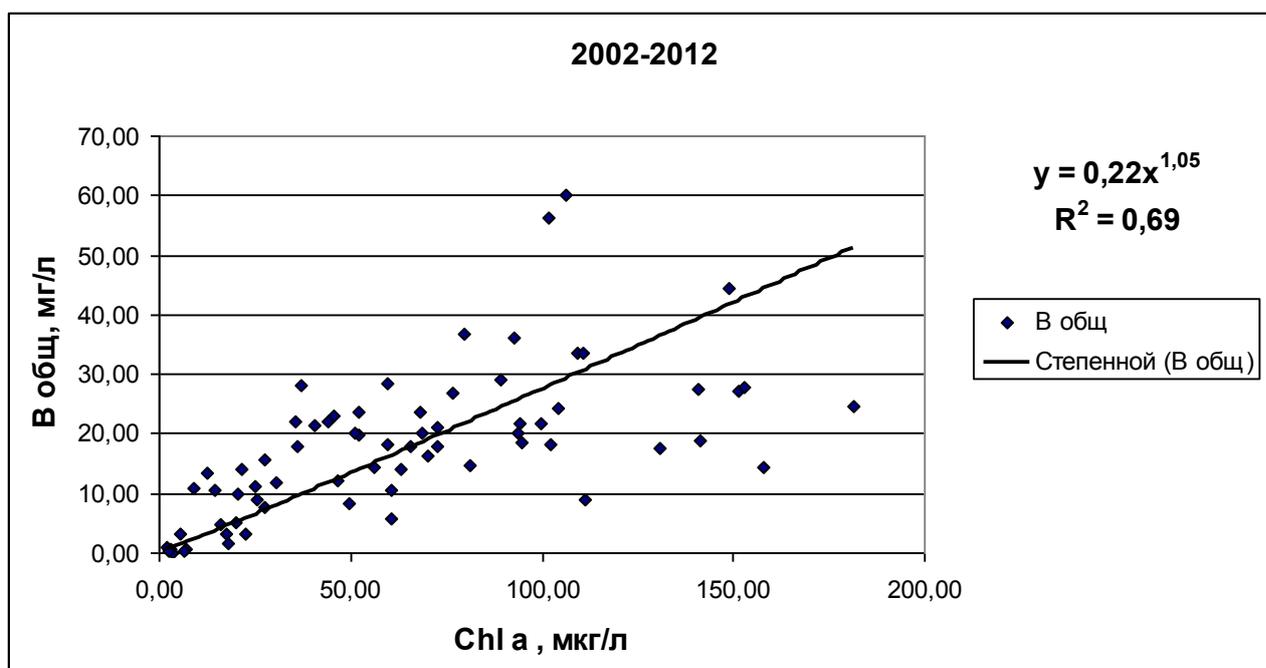


Рис. III.1.2. Зависимость биомассы фитопланктона от содержания хлорофилла “а” в сестоне оз. Неро за период 2002-2012 гг. (n=73)

Зависимость Chl a и биомассы фитопланктона описывается уравнением степенной функции с коэффициентом корреляции  $R^2 = 0,69$  (n=73) (рис. III.1.2). В соответствии с графиком при содержании хлорофилла в 100 мкг/л биомасса фитопланктона составляет около 27-28 мг/л.

В работе О.А. Ляшенко (2004) для периода исследований 1987-89 гг. приводится уравнение регрессии между концентрацией Chl a и биомассой фитопланктона в логарифмической форме с коэффициентом регрессии за два года 0,73:

$$\lg Y = 1.03 + 0.67 \lg X, \text{ где}$$

Y – концентрация Chl a, мкг/л,

X – биомасса фитопланктона, мг/л.

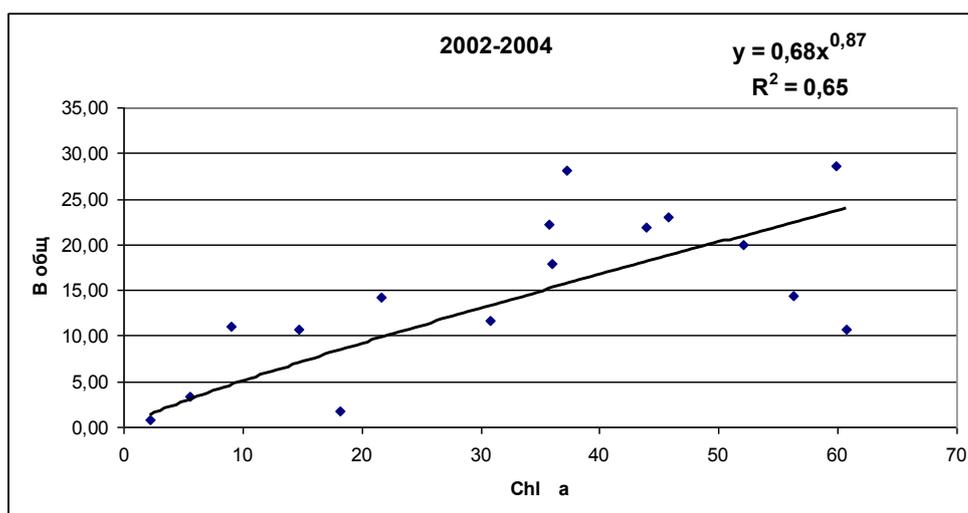
Высокие значения коэффициентов регрессии были получены нами и для отдельных периодов наблюдений, так в 2000-05 гг. он варьировал от 0,72 до 0,97 (Сиделев, Бабаназарова, 2008). В целом, это свидетельствует о планктоногенном характере сестона оз. Неро и правомочности использования показателя содержания хлорофилла “а” в сестоне для оценке биомассы фитопланктона.

Показательно, что анализ связи абсолютных концентраций Chl a с биомассами отдельных групп водорослей в озере на примере 2000-2005 гг. выявил более тесные связи между хлорофиллом и биомассой сине-зелёных ( $r=0,79$ ;  $p<0,001$ ) по сравнению с зелёными ( $r=0,51$ ;  $p<0,001$ ) и диатомовыми ( $r=0,063$ ;  $p>0,05$ ) водорослями (Сиделев, Бабаназарова, 2008). Обусловлено это доминированием в фитопланктоне озера большую

часть вегетационного сезона именно нитчатых сине-зелёных водорослей. Значительное ежегодное увеличение количества Chl a летом и осенью определяется приростом биомассы доминирующих в озере видов сине-зелёных водорослей в эти периоды.

Представляет интерес проанализировать, как межгодовую вариабельность отношения биомассы и содержания хлорофилла “а” по периодам значительных перестроек в структуре фитопланктона, так и выделить весну – начало лета (май-июнь) как время преобладания диатомовых и зеленых водорослей.

Очевидно значительное варьирование соотношения биомассы и хлорофилла “а” в сестоне по выделенным периодам наблюдений. Содержание хлорофилла в сестоне было значительно ниже в период 2002-2004 гг., что объясняется не только вариабельностью таксономического состава, но и целым рядом абиотических факторов. Так, в засушливый 2002 г. наблюдалось задымление атмосферы, что повлияло на величину и спектральный состав всех составляющих солнечной радиации (Состояние экосистемы оз. Неро, 2008). В периоды 2005-2008 и 2009-2012 гг. уравнения регрессии были достаточно близки, с небольшим увеличением содержания хлорофилла в сестоне в последние четыре года наблюдений (рис. III.1.3). К основным причинам и факторам, определяющим вариабельность удельного содержания хлорофилла “а”, наряду с ограниченностью применяемых методов, относятся свет, биогенные элементы и таксономический состав фитопланктона (Елизарова, 1993; Трифонова, Десортова, 1983; Desortova, 1981; Felip, Catalan, 2002; Foy, 1987; Nicholls, Dillon, 1978; Riemann et al., 1989).



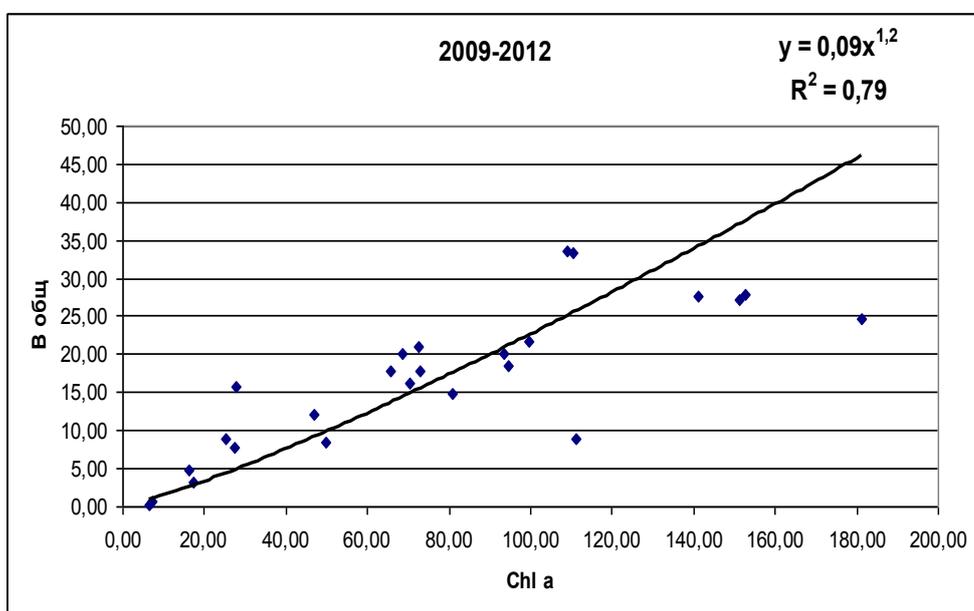
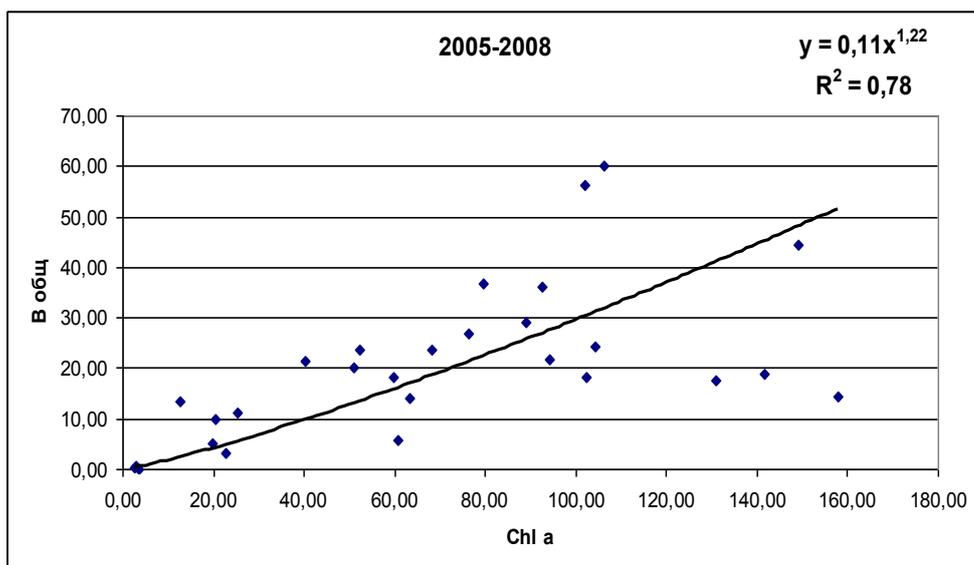


Рис. III.1.3 Межгодовая вариабельность отношения биомассы фитопланктона (мг/л) и содержания хлорофилла “а” (мкг/л) в сестоне оз. Неро

Снижение уровня зависимости между биомассой фитопланктона и содержанием хлорофилла “а” в сестоне оз. Неро в период весны – раннего лета за период 2002-2012 гг. хорошо демонстрирует вариабельность удельного содержания хлорофилла в биомассе фитопланктоне озера (рис. III.1.4).

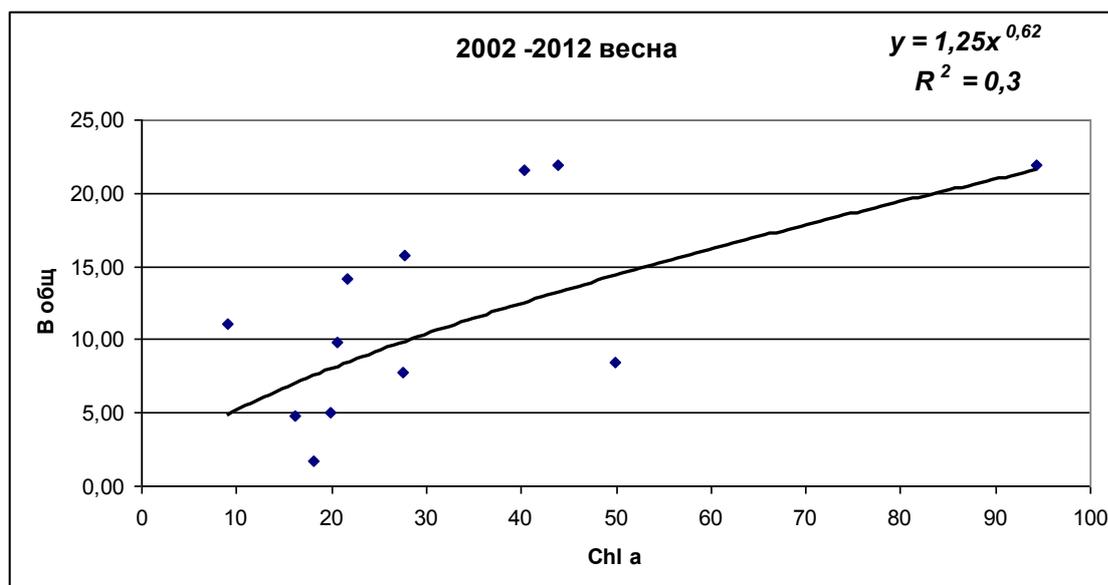


Рис. III.1.4. Отношение биомассы фитопланктона и содержания хлорофилла “а” в sestone весной (апрель – начало июня) 2002-2012 гг.

Удельное содержание Chl a в сырой биомассе фитопланктона (Chl/B) за период 2002-2012 гг. значительно варьировало как в течение сезонов в северной части озера (0,08-4,4%), так и по всей акватории водоёма летом 2000 – 2005 гг. (0,08-3,97 %) (Сиделев, Бабаназарова, 2008). Полученные нами величины укладываются в пределы известных из литературы значений для других водоёмов (0,08-9,7%) (Трифенова, Десортова, 1983; Nicholls, Dillon, 1978). Для оз. Неро в 1987-89 гг. отмечались значения 0,05-1,7% (Ляшенко, 2004). Средние в межгодовой динамике (0,51-0,6%) величины Chl/B 1987-89 гг. статистически близки к среднему значению 0,53% в 2002-2012 гг. Значение, полученное в последнее десятилетие близко к среднему, полученному на целом ряде водоемов (Минеева, 2004). В межгодовой динамике происходило повышение среднего содержания хлорофилла в летней биомассе фитопланктона оз. Неро (июнь-сентябрь) от 0,26% в 2002-2004 гг. до 0,45-0,46% в период 2005-2008 и 2009-2012 гг., соответственно. Что еще раз свидетельствует о межгодовой вариабельности данного показателя.

Зависимость Chl/B от некоторых биотических и абиотических факторов среды в озере Неро подробно рассматривается в работе О.А. Ляшенко (2004). Отмечается наличие достоверных связей Chl/B с таксономическим составом и биомассой фитопланктона, и отсутствие корреляций с биогенными элементами и прозрачностью воды.

В наших исследованиях так же не наблюдалось значимых связей между Chl/B и основными абиотическими факторами – температурой и прозрачностью воды, концентрациями азота и фосфора.

В наблюдениях 80-х годов в оз. Неро была выявлена слабая отрицательная корреляция показателя Ch/V с долей сине-зелёных водорослей, и положительная связь с долей зелёных водорослей от общей биомассы. В озере Неро в период исследований 2000-2005 гг., не удалось установить достоверных связей Chl/V с таксономическим составом фитопланктона при корреляционном анализе данных, хотя направления связей соответствовали ранее выявленным в озере Неро (Сиделев, Бабаназарова, 2008).

Как и в исследованиях 80-х годов обнаружена достоверная обратная связь процентного содержания Chl a от биомассы фитопланктона (Сиделев, Бабаназарова, 2008). Подобная зависимость отмечается в водоёмах разного типа многими исследователями (Елизарова, 1993; Изместьева, 1989; Михеева, 1970; Desortova, 1981; Voros, Padisak, 1991). Обратный характер связи показывает, что увеличение биомассы фитопланктона, как правило, не ведёт к пропорциональному возрастанию концентраций Chl a. Одни исследователи объясняют эту зависимость ухудшением физиологического состояния доминирующих популяций водорослей в процессе их нарастания (Елизарова, 1993). Другие, отмечая прямую корреляцию между биомассой фитопланктона и объёмом клеток водорослей, считают, что данная связь опосредована влиянием размеров клеток водорослей на удельное содержание хлорофилла в биомассе (Felip, Catalan, 2000; Kalchev et al., 1996; Voros, Padisak, 1991).

Наряду с содержанием хлорофиллов в фитопланктоне, в литературе широко используются другие пигментные характеристики водорослей (Бульон, 1983; Минеева, 2004; Сигарева, 1993а). Наиболее информативным оказалось отношение E450/E480. Коэффициент корреляции между индексом E450/E480 и долей сине-зелёных водорослей от общей биомассы ( $V_{с-з}/V_{общ}$ ) составил  $r = -0,85$  (рис. III.1.5).

Направленность выявленных связей свидетельствует об уменьшении значений индекса при возрастании степени доминирования сине-зелёных водорослей. Повышенные же величины E450/E480 свидетельствуют о смешанном составе фитопланктона в данный период времени и значительном участии в биомассе диатомовых и зелёных водорослей.

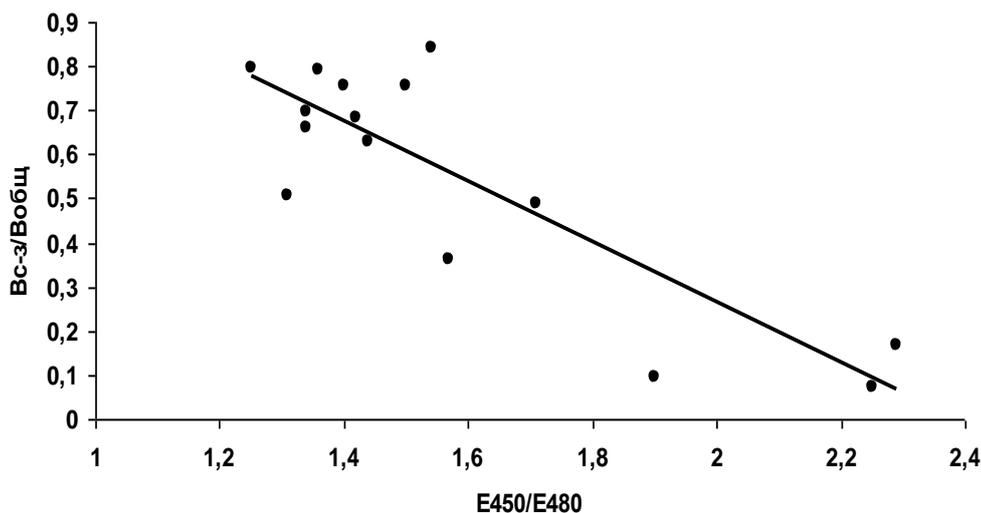


Рис. III.1.5 Связь пигментного индекса E450/E480 с долей сине-зелёных водорослей от общей биомассы фитопланктона (Vs-z/Vobsh) в озере Неро. (E450/E480 – значения пигментного индекса, рассчитанного как отношение оптической плотности ацетонового экстракта пигментов на длине волны 450 нм к оптической плотности на длине волны 480 нм; Vs-z/Vobsh – значения отношения биомассы сине-зелёных водорослей к общей биомассе фитопланктона).

Для выявления общих закономерностей пространственного распределения концентрации хлорофилла “а” по всей акватории озера в июле значения данного показателя за 2002-2012 гг. были усреднены (рис. III.1.6.).

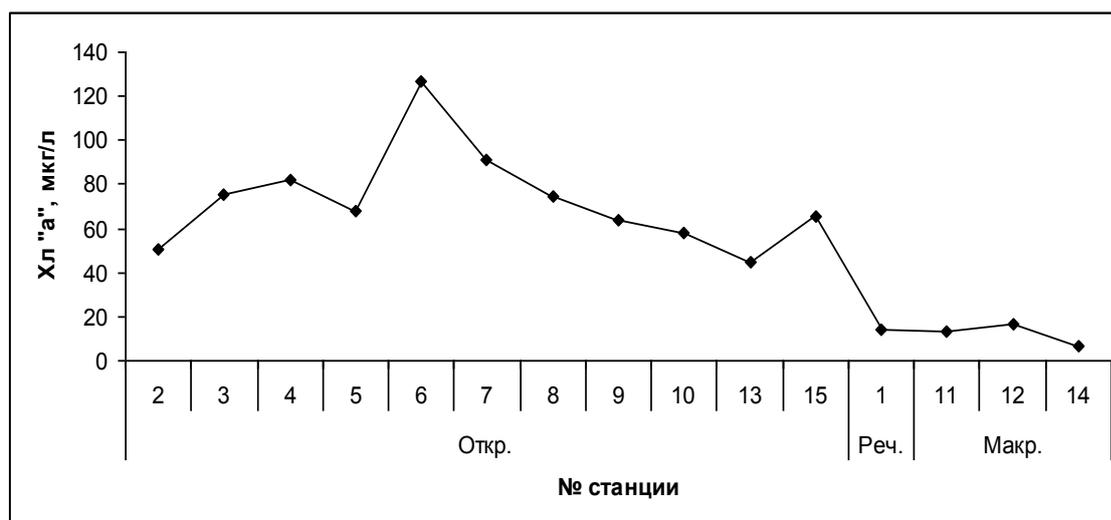


Рис. III.1.6. Пространственное распределение усредненных за все рассмотренные года концентраций хлорофилла “а” в озере Неро в летний период: Откр. – открытая часть; Реч. – речная станция; Макр. – макрофитная часть.

Открытая часть озера Неро характеризовалась высокими концентрациями хлорофилла “а”, в макрофитной части озера и на речной станции значения данного показателя низкие (рис. III.1.6.).

При рассмотрении пространственного распределения усредненных за все исследуемые года значений пигментного индекса  $E_{450}/E_{480}$  также наблюдалось явное различие частей озера (рис. III.1.7.). Величины пигментного отношения  $E_{450}/E_{480}$  в открытой части озера ниже, чем на речной станции и в макрофитной части. Это еще раз свидетельствует о доминировании синезеленых водорослей в открытой части и дает простой инструмент в его оценке.

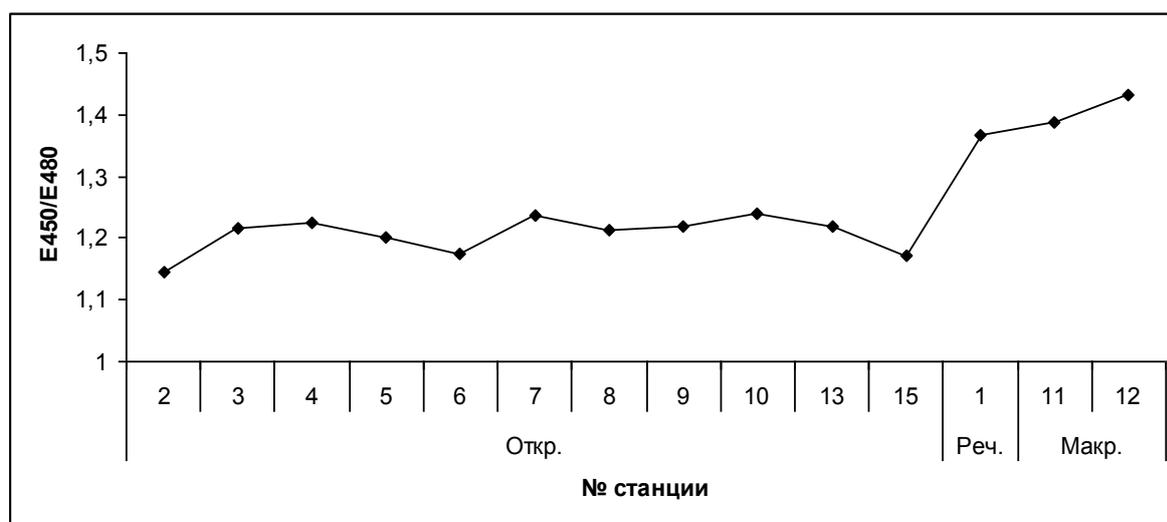


Рис. III.1.7. Пространственное распределение усредненных значений пигментного индекса  $E_{450}/E_{480}$  фитопланктона озера Неро в летний период: Откр. – открытая часть; Реч. – речная станция; Макр. – макрофитная часть.

Регрессионный анализ содержания хлорофилла “а” и содержания общего фосфора в межгодовой динамике с 2003 по 2012 гг. на ст.3 не выявил значимых зависимостей.

Главным биотическим фактором, способным оказать влияние на пространственное распределение пигментных характеристик фитопланктона озера Неро, являются макрофиты. Для выявления этого влияния была проведена математическая обработка данных по пигментным характеристикам фитопланктона для разных участков озера, в частности, для открытой части и зоны, заросшей макрофитами.

Для определения степени трофности исследуемого водоема были рассчитаны индексы трофического состояния (ИТС) для каждой его части.

ИТС для открытой части озера имеет высокое значение, которое, согласно классификации водоемов по трофическому состоянию, предложенной Г.Г. Винбергом (1960) соответствует высокоэвтрофным водам. (Таблица III.1.2.). Показатели ИТС в

макрофитной части озера и на речной станции близки к 60 и граничат по своим значениям с мезотрофными водами (Таблица III.1.2).

Таблица III.1.2.

Концентрация хлорофилла “а” (мкг/л) и ИТС для различных частей озера Неро  
(2003-2012 гг.)

Хл “а” в открытой части озера	Хл “а” в макрофитной части озера	Хл “а” в на речной станции	ИТС в открытой части озера	ИТС в макрофитной части озера	ИТС на речной станции
66,8 ± 4,1	13,7 ± 4,3	14,2 ± 6,2	76,5	62,7	63,0

Верификация полученной модели между содержанием хлорофилла “а” в сестоне и биомассой фитопланктона была проведена с учетом данных за 2013 г. Как видно из рисунка III.1.8. данные за последний год наблюдений (большие квадраты) расположены близко к полученной кривой. Практически не изменились коэффициенты относительно рисунка III.1.2., что позволяет принять верность полученной модели.

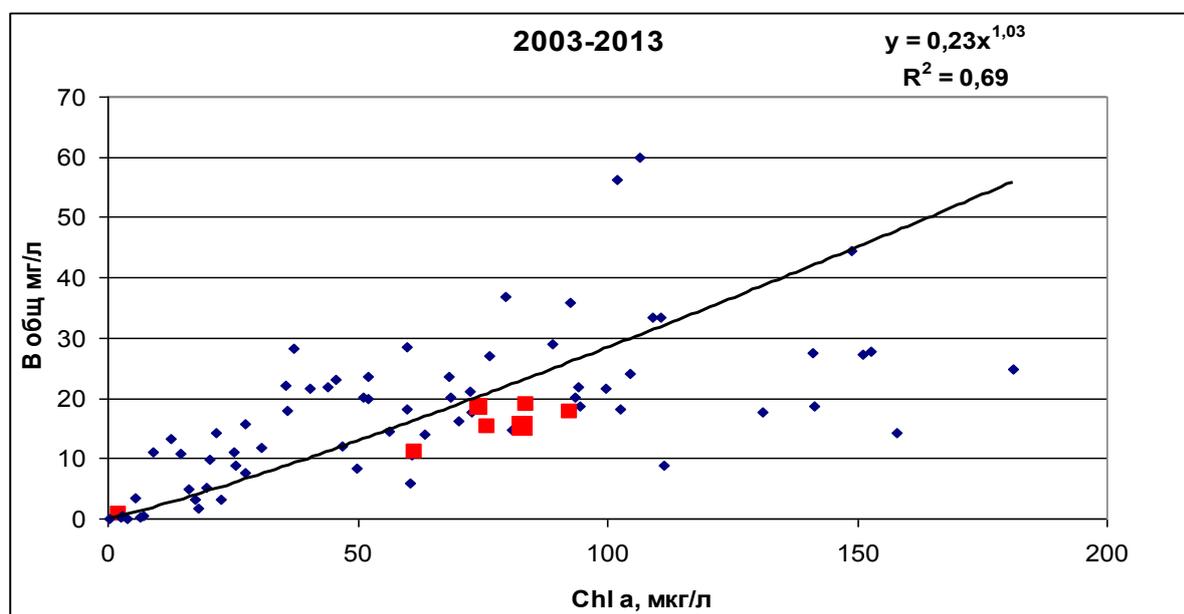


Рис. III.1.8. Зависимость биомассы фитопланктона от содержания хлорофилла “а” в сестоне оз. Неро за период 2002-2013 гг., крупным квадратом выделены результаты 2013 г. (n=80)

### III.2. Прозрачность воды озера Неро как показатель его состояния

Оптические свойства воды играют важнейшую роль в функционировании его экосистемы. Цвет, цветность и прозрачность воды изначально были выделены в качестве параметров типизации водоемов (Китаев, 2007). Прозрачность воды зависит от содержания взвешенных неорганических и органических частиц. В различных зонах умеренного пояса она в значительной степени определяется развитием планктона в водоемах. Увеличение обилия планктона повышает общую мутность воды, ослабляя освещенность. Зависимость между содержанием хлорофилла в планктонных водорослях и условной прозрачностью воды по диску Секки, установленная В.В. Бульоном (1977), показывает, что при увеличении количества хлорофилла прозрачность снижается по экспоненте:

$$N_{\text{пр}} = (6,46 \pm 0,62) \text{Chl } a^{-0,46 \pm 0,04},$$

где  $N_{\text{пр}}$  – прозрачность воды,  $\text{Chl } a$  – содержание хлорофилла в  $\text{мг/м}^3$

Прозрачность снижается не только за счет развития водорослей, но и за счет других планктонных организмов (бактерий, зоопланктона), обилие которых прямо зависит от обилия водорослей. На глубине видимости белого диска во всех водохранилищах Волги проникает чуть более 5% падающей радиации (Минеева, 2004). Прозрачность воды связана с морфометрией водоема. При малой глубине возрастает вероятность ветрового взмучивания донных осадков и снижения прозрачности за счет неорганических частиц. В целом эти характеристики связаны с понятием оптической глубины – соотношением прозрачности воды по диску Секки ( $N_{\text{пр}}$ ) к средней глубине ( $H_{\text{ср}}$ ). В гидробиологической литературе эту величину часто называют и коэффициентом относительной прозрачности (Китаев, 2007). Степень зарастания водоемов макрофитами ( $q$ , %) зависит от условий подводного освещения

$$q = 37,5 (N_{\text{пр}} / H_{\text{ср}})$$

При показателях  $N_{\text{пр}}/H_{\text{ср}}$  меньше 0,25 водоемы относятся к очень низко прозрачным, олигофотобатным, степень зарастания составляет около 10% площади. При  $N_{\text{пр}}/H_{\text{ср}}$  0,25-0,5 к низкопрозрачным, степень зарастания увеличивается до 20% (Китаев, 2007). В зависимости от вклада в общую продукцию органического вещества водоемы относят к планктотрофным с преобладанием фитопланктонной составляющей и бентотрофным с преобладанием макрофитов.

Измерения прозрачности воды в оз. Неро начаты в начале 20-века. Наиболее полные измерения прозрачности в сезонной динамике и по всей акватории водоема были произведены экспедицией ИБВВ РАН в 1987-89 гг. При диапазоне от 1,2 до 0,3 м, средняя прозрачность в летний период варьировала от 0,4 до 0,6 м (Бикбулатов и др., 2003). Нашими исследованиями было показано значимое снижение средней прозрачности воды по станции 3 в летний период (июнь-сентябрь), в период 1999-2004 гг. она составляла 0,4 м и с 2005 г. до 2008 гг. - 0,33 м. Коэффициент относительной прозрачности снизился в вегетационный период, соответственно, с 0,87 до 0,67 (Бабаназарова и др., 2011).

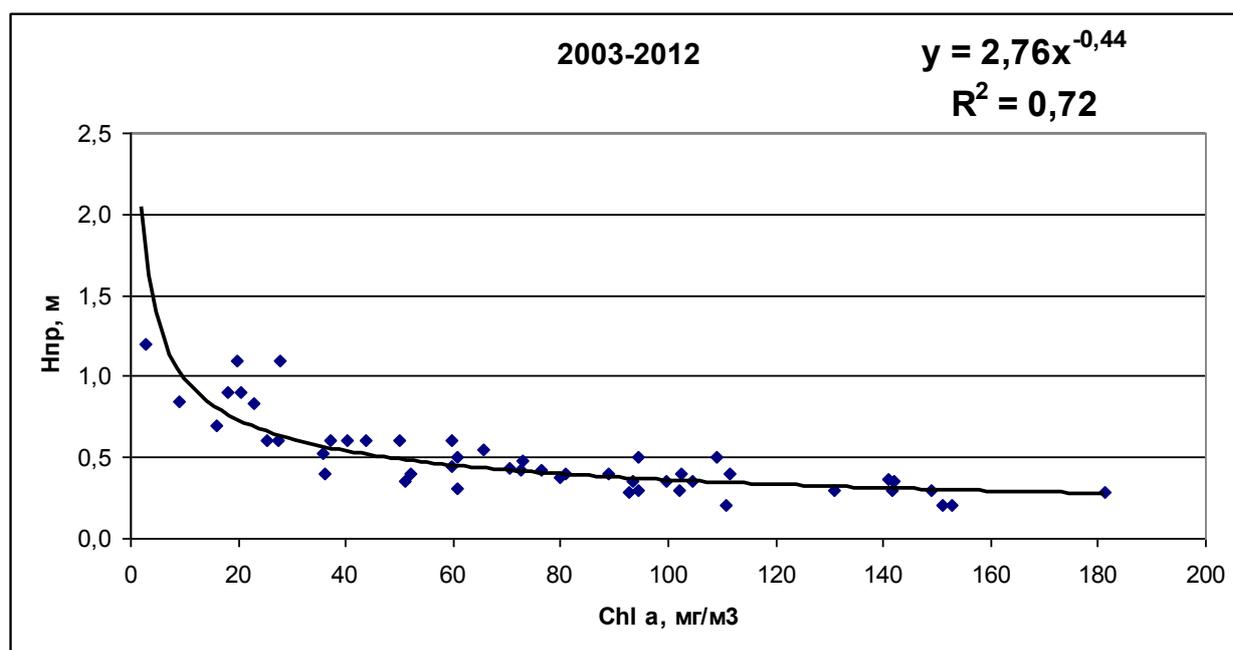


Рис. III.2.1. Регрессионная модель прозрачность (Hпр) – содержание хлорофилла “а” (Chl a) в сестоне оз. Неро за 2003-2012 гг.

В целом за период наблюдений 2003-2012 гг. зависимость между прозрачностью воды и содержанием хлорофилла “а” в сестоне аппроксимируется уравнением

$$H_{\text{пр}} = 2,76 \text{ Chl } a^{-0,44}$$

Показатель степени близок к показателю, выведенному на целом ряде водоемов в зависимости В.В.Бульона 1977. Меньший коэффициент при аргументе обусловлен высоким относительным содержанием хлорофилла в единице биомассы фитопланктона. Высокая скореллированность свидетельствует о планктотрофном характере открытой части оз. Неро. При анализе связей по отдельным годам наблюдений значения параметров в уравнении значительно изменяются, свидетельствуя о флуктуации качественного состава фитопланктона и количества взвеси (Состояние экосистемы, 2008).

Как было показано выше, значимо содержание хлорофилла “а” отличалось в периоды до 2004 г. и после. Тем не менее, до 2008 г. уравнение регрессии между прозрачностью и хлорофиллом было близко к многолетнему, а с 2009 по 2012 гг. несколько изменилось (рис. III.2.2; III.2.3). С этого времени изменилась структура летнего ценоза, что еще раз свидетельствует о необходимости корректировки моделей в зависимости от доминантного состава сообщества.

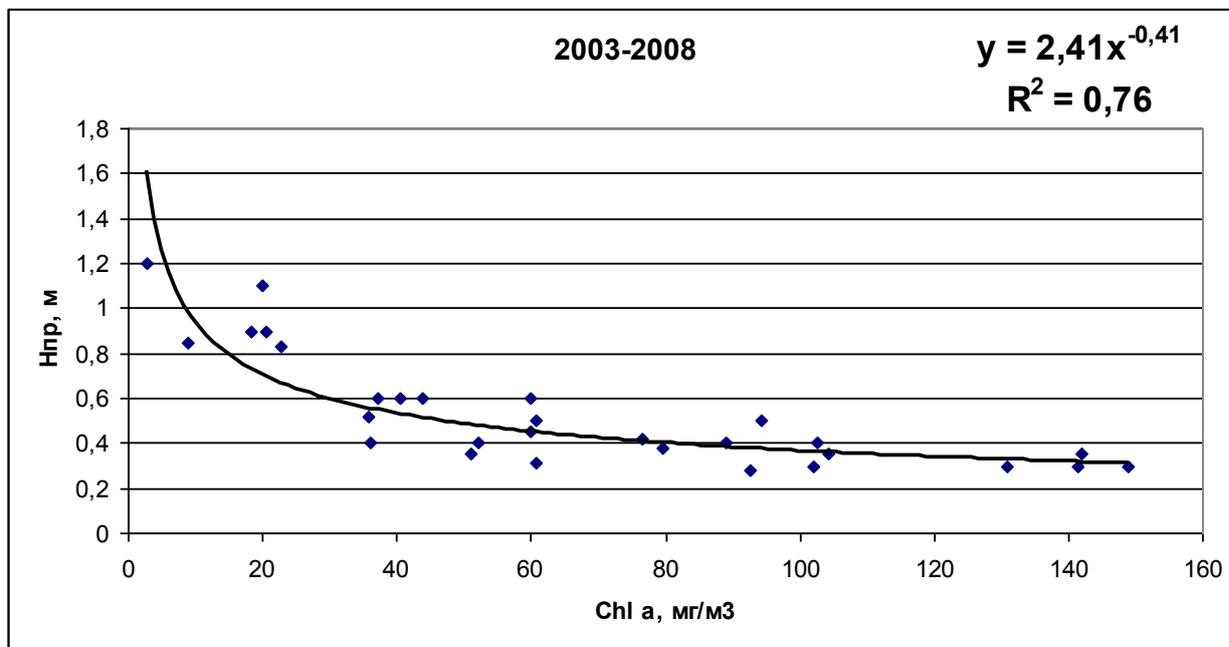


Рис. III.2.2. Регрессионная модель прозрачность (Hпр) – содержание хлорофилла “а” (Chl a) в сестоне оз. Неро за 2003-2008 гг.

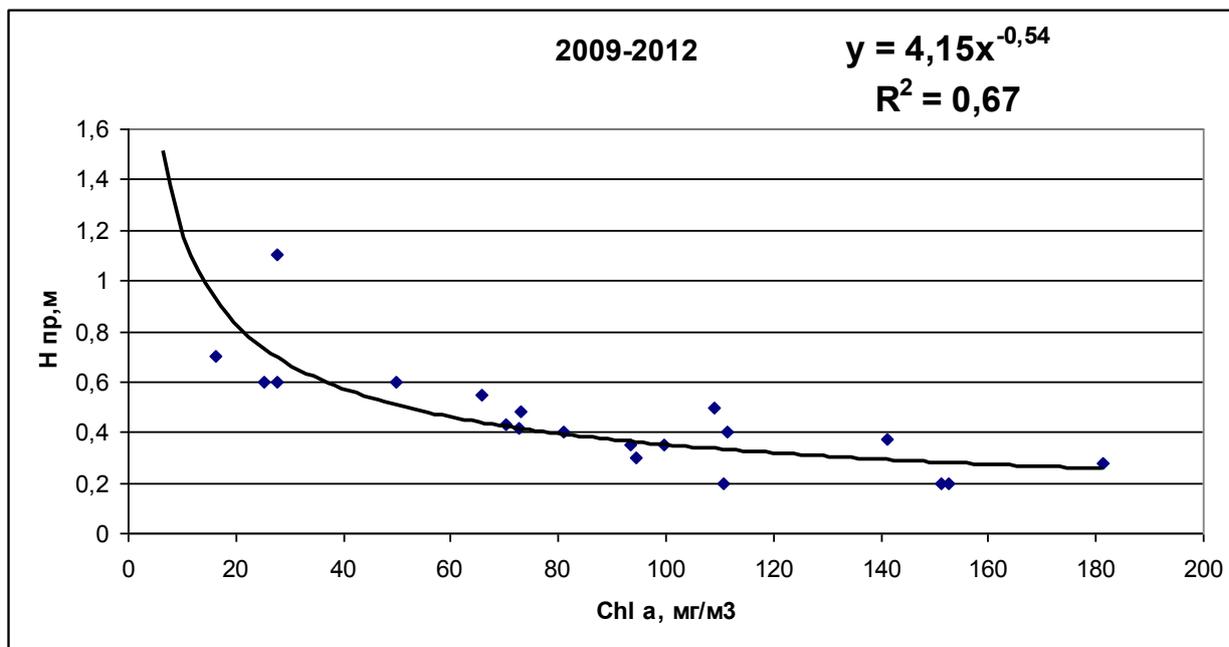


Рис. III.2.3. Регрессионная модель прозрачность (Hпр) – содержание хлорофилла “а” (Chl a) в сестоне оз. Неро за 2009-2012 гг.

Для построения множественной регрессионной модели связи прозрачности воды в оз. Неро были использованы параметры в межгодовой динамике с 2003 по 2012 гг. по ст.3. Ранговые корреляции Спирмана оказались значимыми. Прозрачность воды обратно зависит от содержания хлорофилла в сестоне, общей биомассы фитопланктона и особенно от биомассы тонких нитчатых синезеленых водорослей, от содержания общего фосфора и температуры воды. Прямая положительная корреляция выявлена между прозрачностью и водообменном (Таблица III.2.1.).

Таблица III.2.1

Ранговые корреляции Спирмана (2003-2012 гг.) Оставленные корреляции значимы на уровне  $p < 0,05$

	Chl a	Водо-обмен	В общ	S1	Р общ	Т воды	Кислород	Нпр	Уровень средний	Нобщ
Chl a	1,0	-0,36	0,72	0,72		0,45		-0,73	-0,29	0,72
Водообмен	-	1,0	-0,30	-0,40	-0,29	-0,29		0,50	0,39	-0,45
В общ			1,0	0,8	0,22	0,38		-0,51		0,78
S1				1,0	0,29	0,34		-0,60	-0,37	0,87
Робщ					1,0	0,20		-0,54	-0,57	0,40
Т воды						1,0		-0,42		0,45
Кислород							1,0			
Нпр								1,0	0,57	-0,73
Уровень средний									1,0	-0,41

Выполненный пошаговый регрессионный анализ по параметрам, приведенным в таблице III.2.1., показал, что на 80% ( $R^2=80,1$ ) прозрачность воды в озере Неро зависит прямо и в наибольшей мере от водообмена и обратно от концентрации хлорофилла в сестоне.

$$\text{Нпр} = 0,41 - 0,48 \text{ Chl a} + 0,58 \text{ Водообмен} \quad (n=74)$$

Как было показано выше концентрации хлорофилла в открытой и макрофитовой частях озера весьма различны (таблица III.1.2.). Для прогностических целей была оценена зависимость между прозрачностью воды и содержанием хлорофилла в июле за все года наблюдений.

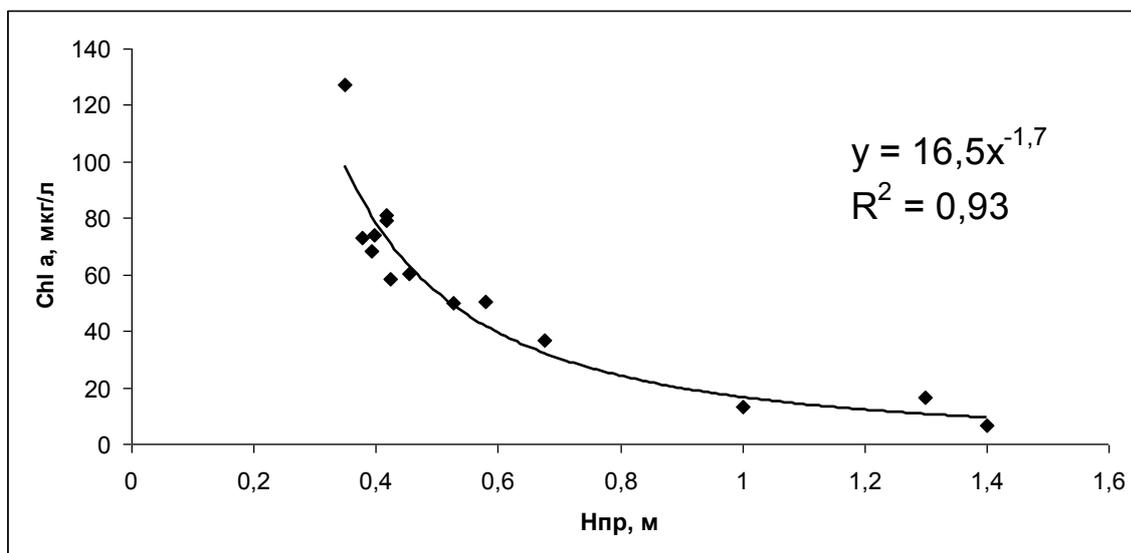


Рис. III.2.4. Связь между усредненными значениями прозрачности воды и концентрацией хлорофилла “а” фитопланктона озера Неро за 2003-2012 гг.

Для усредненных по станциям данных было получено о высокое значение коэффициента детерминации  $R^2$  (0,93), свидетельствующее, что 93 % вариации значений прозрачности воды в озере Неро в июле определяется концентрацией хлорофилла “а”.

Верификация модели была проведена методом интерполяции: сопоставлялись усредненные значения концентраций хлорофилла “а”, полученные при обработке проб фитопланктона, со значениями, рассчитанными по регрессионной модели (таблица III.2.2.)

Таблица III.2.2.

Сравнение усредненных значений фактических концентраций хлорофилла “а” с прогнозируемыми значениями, полученными при помощи регрессионной модели

Часть озера	№ станции	Фактическая концентрация хлорофилла “а”, мкг/л	Прогнозируемая концентрация хлорофилла “а”, мкг/л	Остатки, %
Открытая	2	50,1	49,2	1,8
	3	72,8	86,3	15,6
	4	79,3	73,2	7,6
	5	68,3	80,8	15,4
	6	127,1	98,5	22,5
	7	81,0	73,2	9,6
	8	74,2	79,0	6,2
	9	60,2	63,4	5,1
	10	50,6	41,7	17,5
	13	36,8	32,1	12,6
Макрофитная	15	58,2	71,3	18,3
	11	13,2	16,5	20,0
	12	16,6	10,6	36,4
	14	6,5	9,3	29,8

Прогнозируемые значения концентрации хлорофилла “а” довольно близки к фактическим данным: в среднем, остатки составили 15,6%. Разница между фактическими и прогнозируемыми значениями концентраций хлорофилла “а” для станций макрофитной части озера оказалась выше (28,7%), чем для станций в открытой части водоема (12%) (Таблица III.2.2.). Полученная регрессионная модель для прогнозирования пространственного распределения концентраций хлорофилла “а” по прозрачности воды может быть использована при мониторинге состояния водоема в летние месяцы по прозрачности воды.

Верификация полученной модели (рис. III.2.1) между содержанием хлорофилла “а” в сестоне и биомассой фитопланктона в сезонной динамике по ст.3 была проведена с учетом данных за 2013 г. Как видно из рисунка III.2.5. данные за последний год наблюдений (большие квадраты) расположены близко к полученной кривой. Практически не изменились коэффициенты относительно рисунка III.2.1., что позволяет принять верность полученной модели.

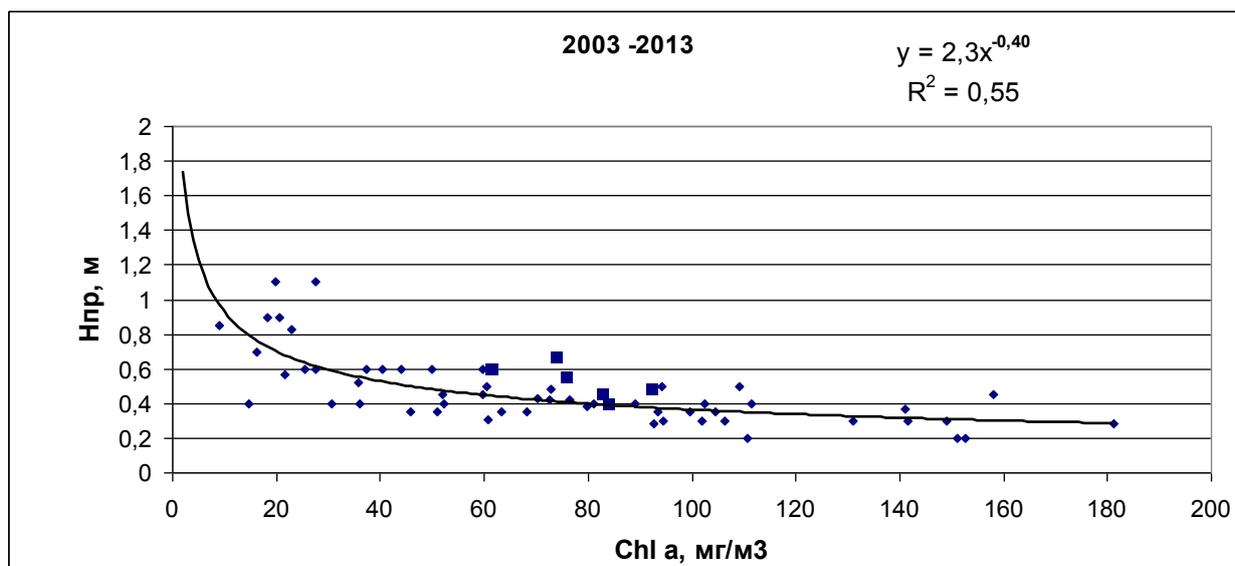


Рис. III.2.5. Регрессионная модель прозрачность (Hпр) – содержание хлорофилла “а” (Chl a) в сестоне оз. Неро за 2009-2013 гг. Значения за 2013 г. выделены большими квадратами.

## IV. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 2013г.

### IV.I. Абиотические параметры

#### Общий фосфор

Краткий обзор форм нахождения фосфора в водоемах и конкретно содержание ортофосфатов и общего фосфора в воде оз. Неро дан в отчетах за 2011 и 2012 гг.

Сезонная динамика содержания общего фосфора в воде оз.Неро по станции 3 в районе Городского острова отображена на рисунке IV.I.1. Значения изменялись от 0,08 до 0,15 мг/л при среднем 0,12 мг/л. Как диапазон, так и средние значения укладываются в пределы наблюдаемых величин в 2005 – 2012 гг. (Отчет, 2012). На графике хорошо видно снижение значений общего фосфора в мае, в период прохождения половодья, промывки водоема от накопленных биогенных элементов.

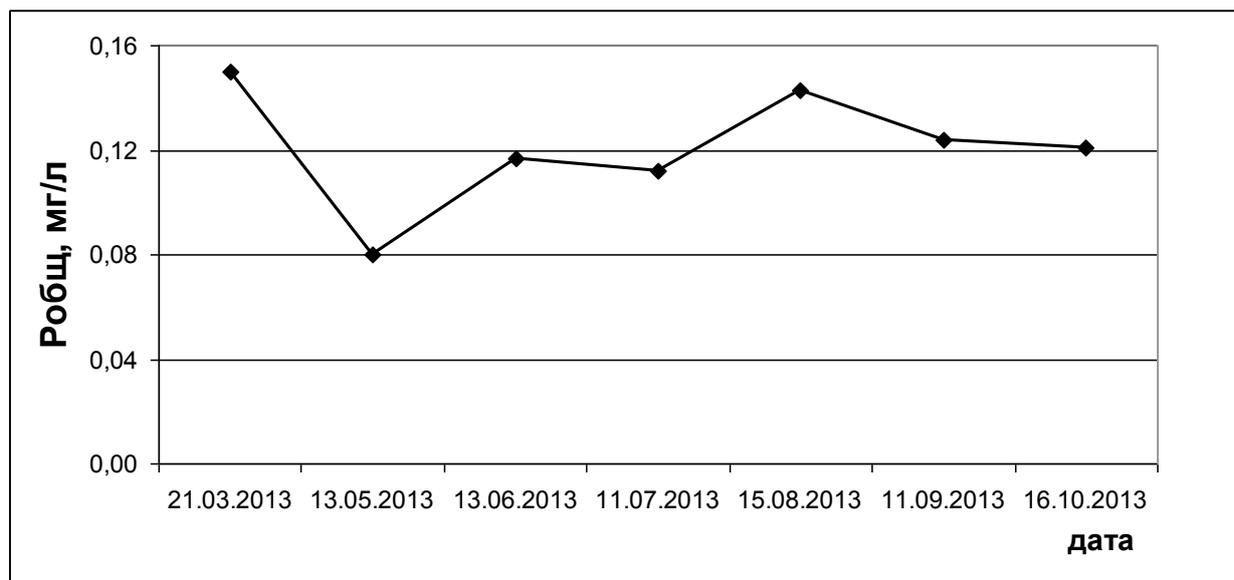


Рис. IV.I.1. Динамика содержания общего фосфора в воде оз. Неро в 2013 г. по ст. 3

Распределение общего фосфора по акватории озера характеризовалось средним значением 0,11 мг/л с минимумом в мае на ст. 9-0,033 мг/л и максимумом 0,21 в июле на ст. 8. Средние значения определяют водоем как высоевтрофный и укладываются в пределы, наблюдаемые в озере в исследованиях 1987-89 гг. (Бикбулатов и др., 2003) и в 1999-2003 гг. (Бабаназарова и др., 2011). Так в 1987-89 гг. среднегодовое содержание фосфора составило 0,1 мг/л, в 1999-2003 гг. – 0,106 мг/л. Весной значения были несколько ниже, особенно на речных ст. 1 и 9 и на макрофитовой ст.12. В исследованиях ИБВВ РАН в 1987-89 гг. также наблюдались самые низкие значения органического фосфора в весенний период с минимумами на речных участках. Процесс снижения содержания

общего фосфора в весенний период обусловлен вытеснением вод, обогащенных биогенными элементами зимой, водами половодья. Наибольшим понижением характеризуются приустьевые участки, с наибольшими скоростями водообмена. В июле и сентябре значения общего фосфора в целом выше 0,1 мг/л, что отражает высокое развитие планктонных организмов и общего содержания органического вещества (рис. IV.I.2.).

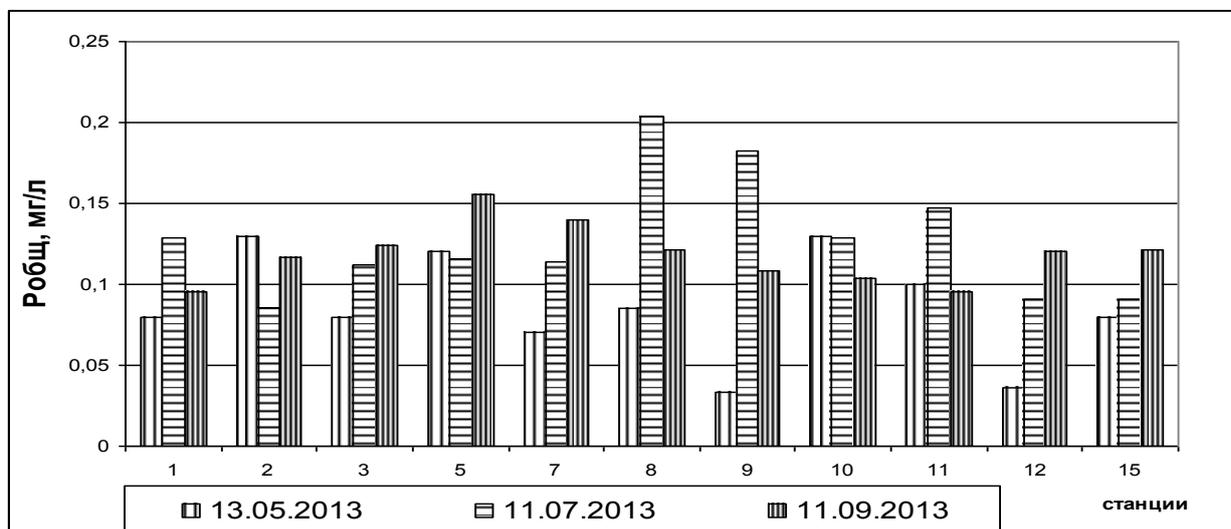


Рис. IV.I.2. Пространственное распределение общего фосфора по акватории озера Неро

Как известно, озеро богато донными отложениями. Расчетами и экспериментами 1987-89 гг. (Бикбулатов и др., 2003) показано превышение внутренней биогенной нагрузки на водоем относительно внешней. Сохранение пределов варьирования и средних значений содержания общего фосфора в воде в 2013 г. позволяет экстраполировать этот вывод и на современное состояние водоема.

### Прозрачность воды.

Значение прозрачности воды в функционировании озер обсуждалось в отчетах за 2011, 2012 гг. и в разделе III данной работы. В 2013 г. прозрачность воды в мае – июне была достаточно высокой для озера Неро 0,7–0,5 м, соответственно (рис. IV.I.3.). Несколько выше была прозрачность и в летние месяцы 0,4–0,6 м относительно последних лет наблюдений (Приложение 4). Однако в виду очень высокого уровня воды в озере в мае-июне, коэффициент относительной прозрачности в эти месяцы был низким, около 0,23 (рис. VI.I), что определяло низкую освещенность водной толщи. Вырос коэффициент относительной прозрачности только в сентябре-октябре (рис. IV.I.3.), за счет сентября выросло и среднее значение этого показателя в июне-сентябре относительно 2003-12 гг.

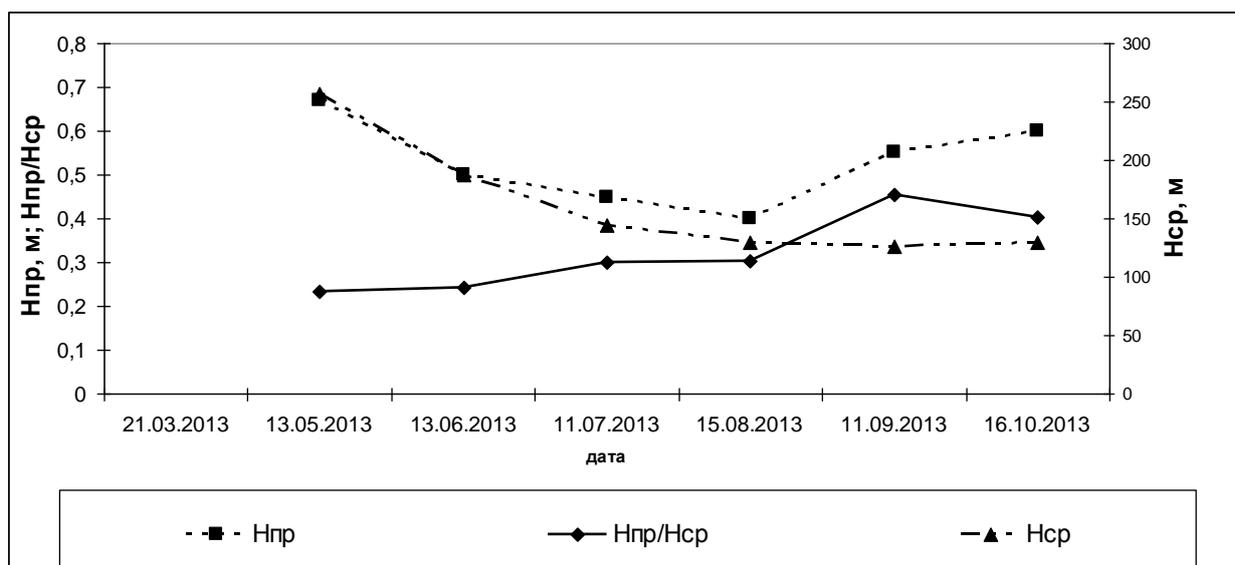


Рис. IV.I.3. Динамика Hср средней глубины (уровня воды); прозрачности воды по диску секи Hпр, коэффициента относительной прозрачности как отношение Hпр/Hср в 2013 г. по ст.3

#### Температура, электропроводность, рН, содержание кислорода в воде.

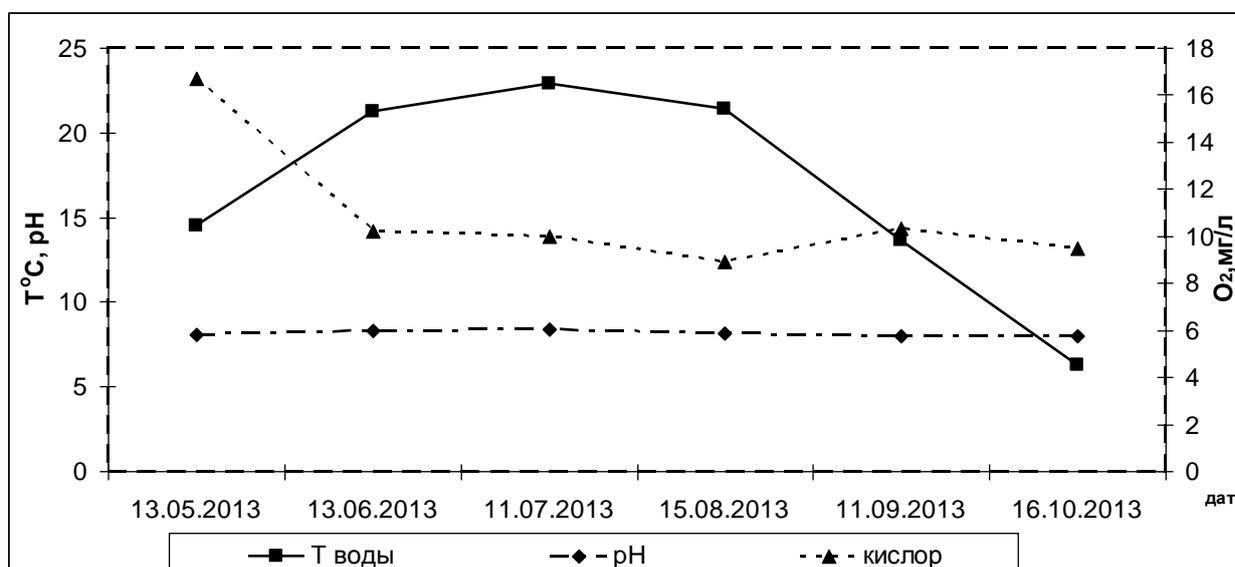


Рис. IV.I.4. Динамика температуры воды T°С; рН и содержания кислорода O₂ в 2013 г. по ст.3

Для мелководного озера Неро сезонный ход температуры воды практически повторяет ход температуры воздуха. Зима 2013 г. была очень снежной, затяжной. Ото льда озеро очистилось только 4 мая, практически за 10 дней до первой экспедиции по данной программе. Как таковой весенний период с температурами ниже 10°С был очень

сжат. Уже в середине мая 2013 г. температура воды была достаточно высокой – 15°C, что соответствует биологическому лету. Летние температуры варьировали от 21 до 24,5°C, что достаточно обычно для озера. Отмечено существенное снижение температуры в сентябре до 13,6°C и значительное до 6,3°C в октябре. В целом ход температуры близок к среднегодовым данным, особенностью является чуть более прохладный конец августа и сентябрь месяцы. Как правило, в пространственном распределении температуры по всей акватории озера в мае, июле, сентябре на мелководных станциях значения были несколько выше, особенно в мае (Приложение 4).

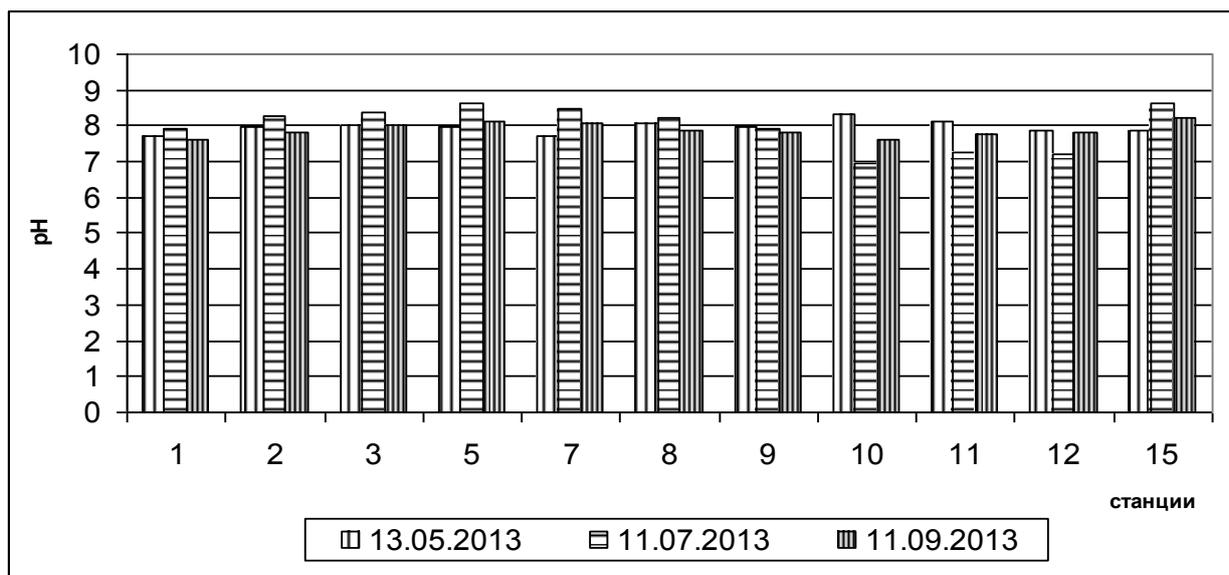


Рис. IV.I.5. Пространственное распределение значений рН по станциям отбора

Экспедиционные обследования оз. Неро приходятся, как правило, на первую половину дня – 11 или 12 часов, во время высокой освещенности. Величины рН на станции 3 варьировали от 8 до 8,4 при среднем 8,08, что свидетельствует о высоких скоростях фотосинтеза в течение всего вегетационного сезона (Приложение 4). Не значительно изменялись величины рН и по всей акватории в мае, июле и сентябре (рис. IV.I.5.). Наиболее низкие значения (около 7 рН) наблюдались в июле на мелководных станциях 10, 11, и 12 в наибольшей степени заросших макрофитами, что свидетельствует о снижении фотосинтеза.

О высоком продуцировании органического вещества водорослями оз. Неро можно судить и по концентрациям кислорода. На рисунке IV.I.5. отображен сезонный ход содержания кислорода в воде на ст. 3. Высокие майские концентрации, варьирующие от 154 до 202% насыщения, были обусловлены интенсивным фотосинтезом центральных диатомовых водорослей *Stephanodiscus minutulus*. Значительные концентрации кислорода наблюдались в сезонной динамике с июня по сентябрь на станциях открытой части озера и в пространственном распределении в сентябре (Приложение 4). Падения насыщения

воды кислородом в августе в 2013 г. мы не отмечали. Большое количество осадков, более интенсивный водообмен, способствовали промыванию водоема от избытка органических веществ и выносу значительной части фитопланктонного сообщества. Осенью, в октябре, содержание кислорода уменьшилось, как в абсолютных величинах, так и в относительных, составив 78-83% от насыщения за счет активных процессов деструкции органического вещества.

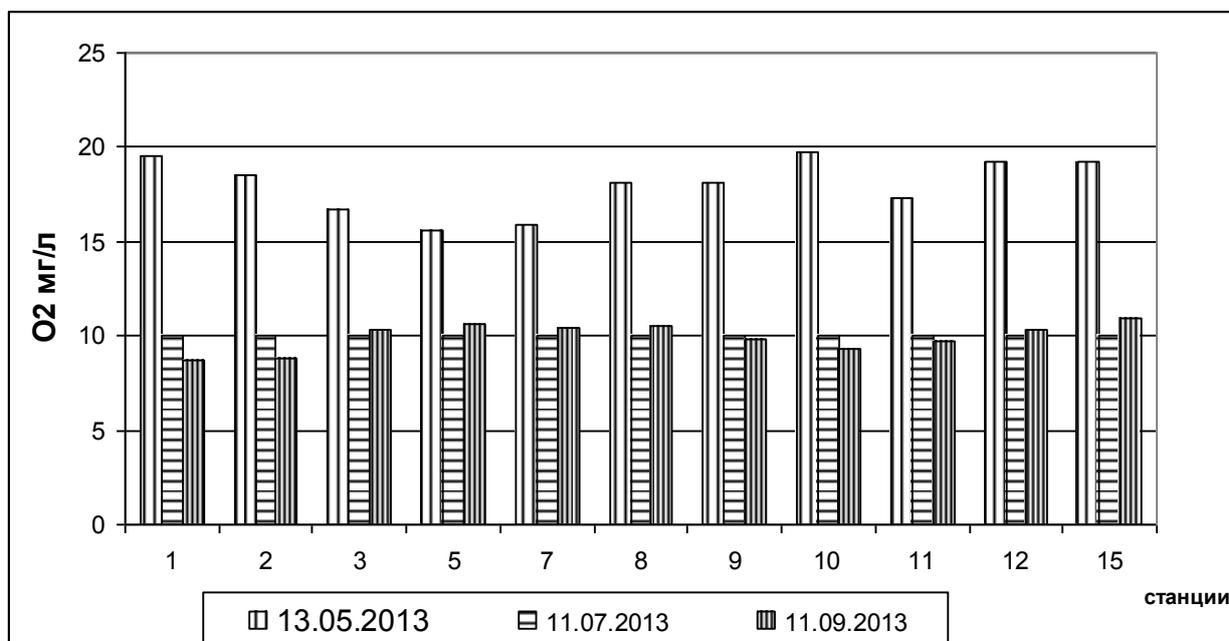


Рис. IV.I.6. Пространственное распределение концентрации кислорода  $O_2$ , в мг/л по станциям отбора

## IV.II. Биотические параметры

### Фитопланктон

Ключевая роль фитопланктонного сообщества в продуцировании органического вещества и в функционировании водоема в целом была показана в целом ряде работ (см. Отчеты 2011, 2012 гг.).

В 2013 г. общая численность фитопланктона варьировала от 493 до 628 млн. кл./л. Среднелетняя (июнь-сентябрь) численность фитопланктона составила 564 млн кл./л. Общая биомасса фитопланктона варьировала от 16,2 до 18,9 мг/л, при средней за вегетационной сезон (май-октябрь) 16,02 мг/л. Среднелетняя (июнь-сент) биомасса фитопланктона составила 16,8 мг/л. Эти показатели сопоставимы с результатами 1999-2004 гг. наблюдений. Особенностью 2013 г. является отсутствие выраженных сезонных максимумов (табл. III.1.1.; рис. IV.II.1.).

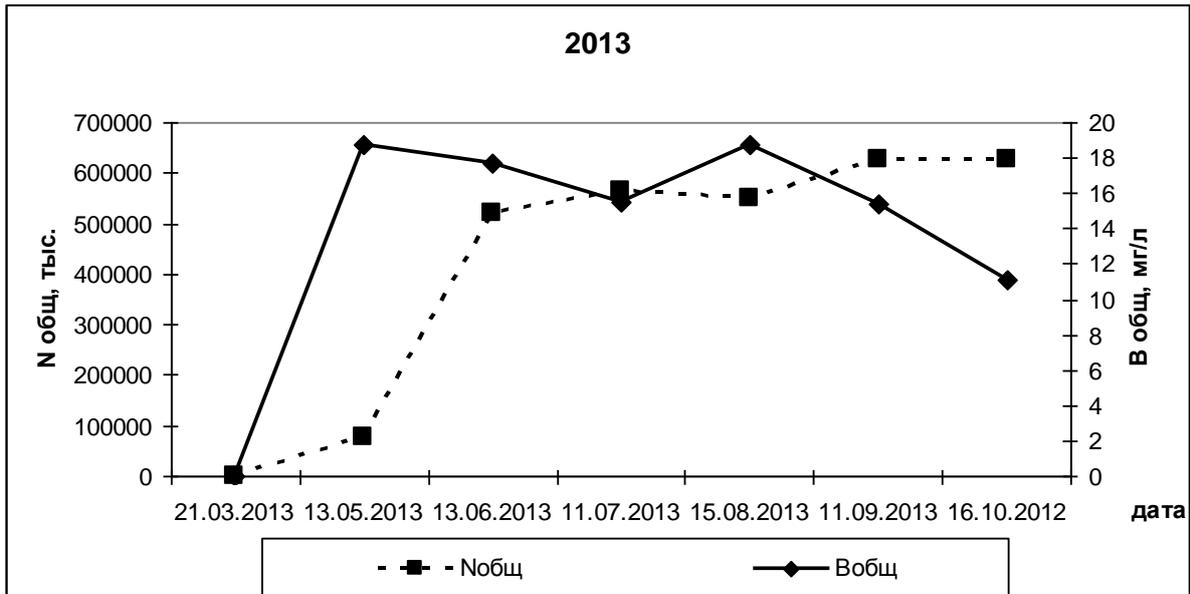
Как уже отмечалось, зима 2013 г. была снежной, затяжной. Ото льда озеро очистилось только 4 мая, практически за 10 дней до первой экспедиции по данной

программе. Многочисленные куртины высшей водной растительности, в основном рогаза и тростника, плавали по озеру. На отдельных станциях в заливах тростник был выдернут и торчал корнями вверх - следствие “ледового пропалывания” водоема. Мы проводим многолетние исследования и зимнего режима функционирования водоема. На рисунке IV.П.1 приведена динамика общей численности и биомассы фитопланктона с учетом зимней съемки. В мае температура поднялась очень быстро. В фитопланктоне зарегистрировано мощное цветение центрических мелких диатомей *Stephanodiscus minutulus* (Kutz.) Cleve et Moller обычно в массе развивающихся в апреле, сразу после схода льда при более низких температурах. Его биомасса составила 66% от общей биомассы фитопланктона и образовывала практически всю биомассу диатомей (рис. IV.П.1). На уровне субдоминанта развивалась более крупноклеточная центрическая *Stephanodiscus hantzschii* Grun. (6%). Синезеленых водорослей в мае практически не было. Зеленые водоросли были представлены большим количеством таксонов, биомасса этого отдела водорослей в целом была невысока, доминировал *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn. (Приложение 3). Необходимо отметить, что при столь высоких для мая биомассах фитопланктона и содержания хлорофилла в сестоне прозрачность воды была достаточно высока.

Далее с июня по сентябрь биомасса фитопланктона варьировала незначительно, средняя биомасса не превышала значений, характерных для 1999-2004 гг. (табл. III.I.I.). В июне - июле преобладали синезеленые водоросли. В июне доминировал *Aphanizomenon gracile* (Lemm.)Lemm (36%). Сопутствовал планктотрихетовый комплекс *Oscillatoria redekei* Van Goor (9%), *Oscillatoria agardhii* Gom. (7,4%), *Oscillatoria limnetica* (Lemm.) Kom. (9,4%). В июле планктотрихетовый комплекс тонких нитчатых синезеленых водорослей доминировал с наибольшими значениями за год *Oscillatoria limnetica* (56%). На уровне субдоминантов выступали: диатомовая *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim. (биомассы июня – июля 2,4 – 5,6%, соответственно), *Anabaena sphaerica* f. *conoidea* (5,6 - 2,3%) *Lyngbya limnetica* Lemm. (0,06 - 7,6%). *Scenedesmus opoliensis* P. Richt. var. *opoliensis* (6,6 -2,4%).

В августе - сентябре планктотрихетовый комплекс резко снизил свое развитие до 21 - 22% от общей биомассы фитопланктона, с преобладанием *Lyngbya limnetica* (7,4 - 7,5%). Впервые после 2004 г. в это время доминировали другие виды водорослей. Виды рода *Microcystis* составляли 8,4 -3,8%, *Aphanizomenon gracile* (5,4 - 1%). *Scenedesmus opoliensis* (13,7 - 3,6%), *Synedra berolinensis* (Ehr.) Grun. (3,6 - 2,9%). Такой состав доминантов мы наблюдали в озере в 1999-2003 гг.

А



Б

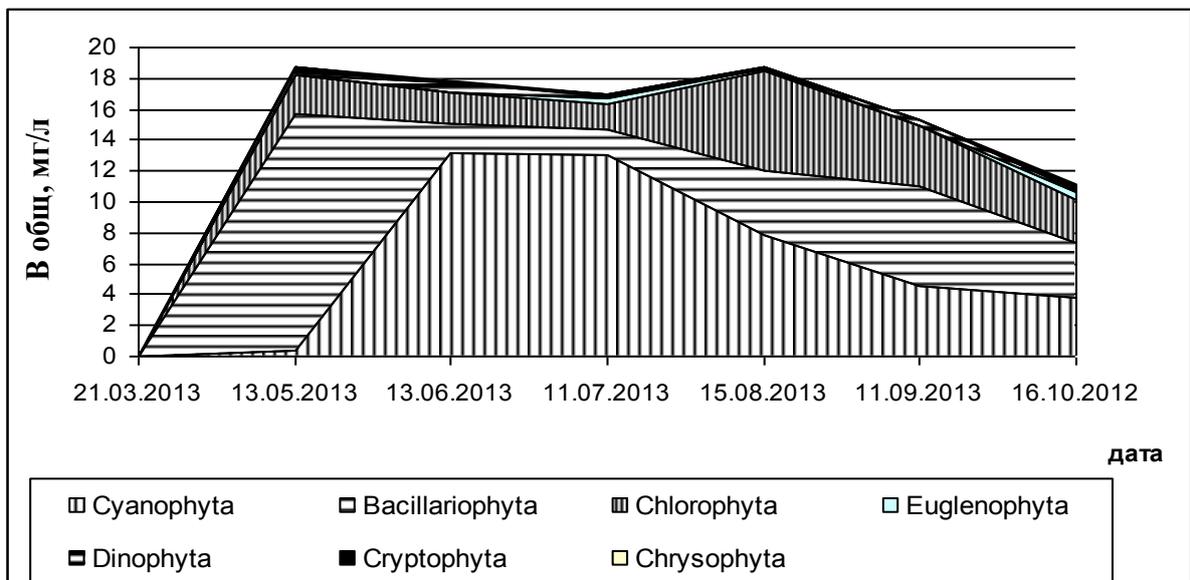


Рис. IV.П.1. А. Сезонная динамика численности (Нобц, тыс. кл./л) и биомассы (Вобц, мг/л) фитопланктона. Б. Сезонная динамика структуры фитопланктона на уровне крупных таксонов.

В октябре структура фитопланктона сохранилась относительно сентября с небольшим уменьшением вклада диатомовых. Уменьшилось развитие *Aulacoseira ambigua* (8,6%) и увеличилось *Synedra berolinensis* (Ehr.) Grun (16,1%). Значительно снизилась вегетация видов рода *Microcystis*. *Scenedesmus opoliensis* (12,4%) доминировал среди зеленых водорослей.

В целом, количественное развитие и структура сообщества с доминированием *Aphanizomenon gracile* ранним летом, *Aulacoseira ambigua* в августе и сентябре, заметным участием видов рода *Microcystis* близки к ценозам 1999-2004 гг. (Babanazarova, Lyashenko, 2007). Только в июле проявилась картина, характерная для озера последних восьми лет наблюдений – доминирование планктотрихетового комплекса (Бабаназарова и др., 2011).

### Пигменты сестона

Пигментные характеристики фитопланктона являются показателями физиологического состояния, продуктивной способности, обилия, таксономического состава микроводорослей и трофического состояния водоемов (см. Отчеты 2011; 2012 гг.).

За весь период наблюдений в 2013 году концентрации хлорофилла “а”, основного фотосинтетического пигмента водорослей, варьировали в диапазоне от 13 до 144 мкг/л, сезонная динамика пигмента в отличие от предыдущих лет исследования носила выровненный характер без резких пиков в содержании пигмента (рис. IV.П.2.), отражая динамику биомассы. Уже начиная с мая, нами фиксировались крайне высокие для данного периода концентрации Хл “а”, в период массового, несколько сдвинутого во времени, развития мелких центрических диатомей.

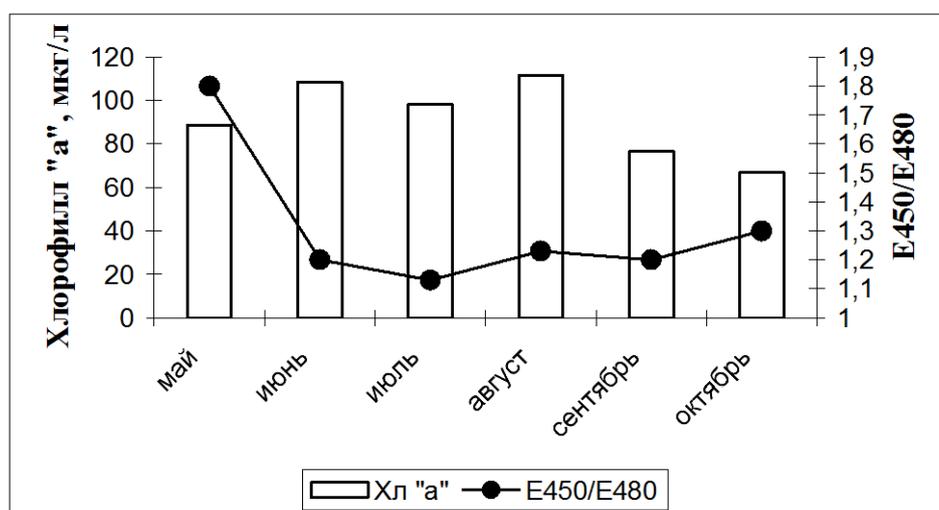


Рис. IV.П. 2. Сезонная динамика концентраций Хл “а” и пигментного индекса E450/E480

В дальнейшем в течение летнего периода концентрации пигмента флуктуировали незначительно около отметки в 100 мкг/л, снизившись лишь осенью (рис. IV.П.2.), соответственно ходу биомассы фитопланктона, что еще раз свидетельствует о правомочности использования содержания хлорофилла “а” в качестве показателя развития фитопланктона оз. Неро.

Параллельно измерялись значения пигментного индекса  $E_{450}/E_{480}$ , который может использоваться для выявления начальных этапов цветения водоёма синезелеными водорослями. Нарастание их вклада в биомассу обнаруживается по уменьшению данного индекса, т.к. индекс  $E_{450}/E_{480}$  имеет максимальные величины почти у всех диатомовых и минимальные, близкие к 1 – у синезеленых, что связано со специфическим набором жёлтых пигментов (каротиноидов) у данных водорослей.

В 2013 году максимальные значения индекса  $E_{450}/E_{480}$  были отмечены в середине мая (рис. IV.П.2.). Далее шло снижение до 1,2 – 1,1, минимальные значения получены для июля, что указывает на доминирование синезеленых водорослей в фитопланктоне в течение летнего периода с пиком в июле и отражает реальное положение дел в 2013 г. Осенью значения индекса несколько повысились, особенно в октябре, что отражало снижение вклада синезеленых водорослей в биомассу фитопланктона и параллельное увеличение доли других отделов водорослей (диатомовых и зеленых). В целом, сезонные изменения индекса  $E_{450}/E_{480}$  в 2013 году были типичны для озера и хорошо согласовались с данными предыдущих лет наблюдений, поскольку для озера характерно развитие диатомовых водорослей весной и осенью и синезеленых в летне-осенний период.

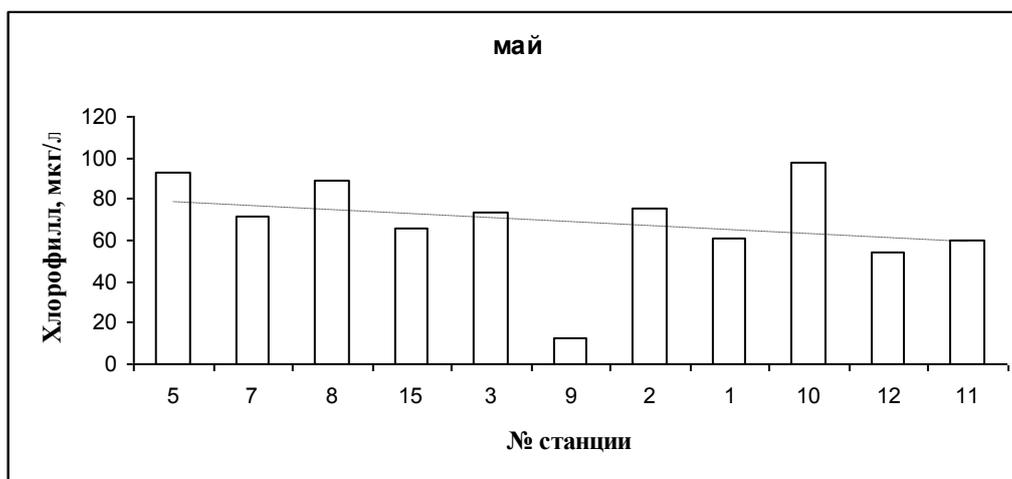


Рис. IV.П.3. Пространственное распределение концентраций Хл “а” в мае (станции слева направо расположены в направлении от центральной части озера к южной, заросшей макрофитами)

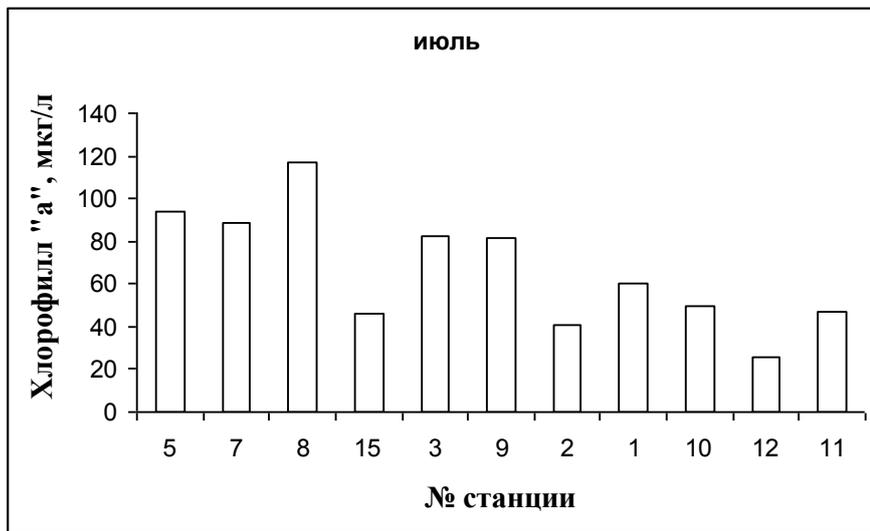


Рис. IV.П.4. Пространственное распределение концентраций Хл "а" в июле (станции слева направо расположены в направлении от центральной части озера к южной, заросшей макрофитами)

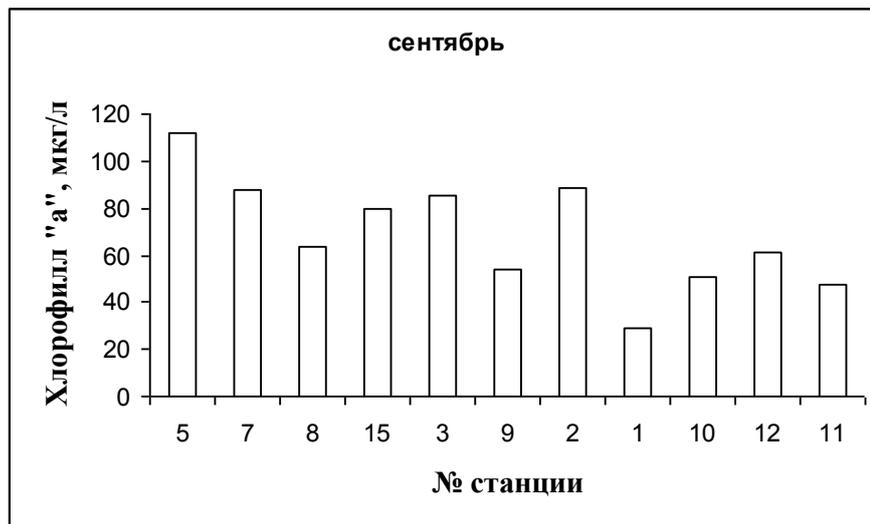


Рис. IV.П.5. Пространственное распределение концентраций Хл "а" в сентябре (станции слева направо расположены в направлении от центральной части озера к южной, заросшей макрофитами)

Пространственное распределение концентраций зеленого пигмента было однородным в мае, за исключением станции № 9, расположенной в месте впадения реки Ишня, влияние вод которой, вероятно, и определяло более низкую степень обилия фитопланктона. Равномерность содержания Chl a на разных участках озера отражает отсутствие сильного влияния на распределение фитопланктона макрофитов, поскольку период интенсивного их прорастания наступает позже. В летний период и осенью различия по концентрации хлорофилла между открытой центральной частью озера и

заросшей южной акваторией стали более выраженными: в целом, можно говорить о закономерном снижении содержания Хл “а” на станциях с наличием зарослей высшей водной растительности (рис. IV.П.5.; IV.П.6.). Подобный факт для озера Неро уже давно отмечен как нами, так и другими исследованиями, что, несомненно, отражает антагонистический характер биотических взаимоотношений 2-х этих растительных сообществ в озере. Однако, следует отметить, что в 2013 году в южной части озера нами регистрировались довольно высокие концентрации Хл “а” (25-60 мкг/л) на тех участках, где в предыдущие годы исследований содержание пигмента едва достигало нескольких мкг/л. Вероятной причиной этого может быть продолжающийся процесс изреживания макрофитов, низкое обилие которых уже не способно сдерживать развитие фитопланктона.

Ещё одной особенностью пространственного распределения хлорофилла в 2013 году были высокие концентрации пигмента на станции № 8 в летний период относительно других участков озера (рис. IV.П.5.; IV.П.6.). Станция № 8 расположена напротив предприятия “РусьКвас”, который имеет в этом месте водозабор, что может влиять на степень развития фитопланктона.

Содержание основного фотосинтетического пигмента фитопланктона – Chl a – является основным индикатором изменения трофического статуса водоема и может быть использовано в прогностических целях. В 2013 году средневегетационная концентрация пигмента (май-октябрь) составила 91,7 мкг/л, среднелетняя – 106 мкг/л, что выше, чем в 2012 году. По известным трофическим шкалам (Минеева, 2004), это соответствует практически переходной границе к гипертрофному состоянию. Данные 2013 года показывают, что по содержанию хлорофилла продуктивность фитопланктона озера Неро, по-прежнему, остаётся самой высокой среди водоемов Верхневолжского региона и Европы в целом.

### **Содержание микроцистинов в воде оз. Неро**

Массовое развитие цианобактерий (сине-зеленых водорослей) в водохранилищах, озерах и прудах приводит к явлению, получившему в литературе название “цветения” воды. Сопутствуют этому явлению продуцирование большого числа опасных для здоровья людей и животных сильнодействующих токсинов, снижение качества воды, нарушение эстетического вида водоема, потеря полезных для человека свойств водной экосистемы.

Распространение токсического «цветения воды» в пресных водах приобретает характер глобальной проблемы. Вследствие этого, проблема массового развития токсичных цианобактерий в водоемах питьевого и рекреационного назначения с точки зрения опасности для здоровья населения отнесена Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) к одной из приоритетных (Sivonen, Jones, 1999).

В странах Западной Европы и США созданы специальные центры и государственные службы мониторинга «вредоносного цветения» цианобактерий. Ведется широкомасштабная работа по оповещению научных организаций и населения, создаются центры по изучению и мониторингу «вредоносных цветений», общепринятой мировой практикой стала проверка рыбы и морепродуктов на наличие токсинов. Однако в Российской Федерации «цветениям воды» как виду экологических катастроф уделяют внимание только на Дальнем Востоке, где зарегистрированы случаи гибели людей на побережье Камчатки (Коновалова, 1992, 1999) и ряде других акваторий региона. К сожалению, в нашей стране государственные органы, отвечающие за качество вод питьевого и хозяйственного назначения и здравоохранительные органы зачастую даже не знают об опасности, возникающей с наступлением периода «цветения» водоемов водохозяйственного и рекреационного назначения.

Микроцистины являются наиболее распространенными токсинами (Mez et al., 1997) и относятся к группе гепатотоксинов (веществ влияющих на печень). Токсичность микроцистинов определяется ингибированием фосфатаз, происходит лизис гепатоцитов, кровоизлияния и застой крови в печени (Honkanen et al., 1990). Кроме того, они нарушают целостность цитоплазматической мембраны и являются канцерогенами.

Отбор проб воды для измерения содержания растворенных форм микроцистинов производили одновременно с отбором проб фитопланктона. В ходе измерения были получены следующие концентрации токсинов – микроцистинов в воде оз. Неро в 2013 г. (табл. IV.П.1).

Таблица IV.П.1

Концентрации микроцистинов – токсинов синезеленых водорослей  
в воде оз. Неро в 2013 г.

Дата	Станция	Конц. микроцистина мкг/л
21.03.13	3	0,094
13.05.2013	3	0,087
13.06.2013	3	0,783
11.07.2013	3	1,861
11.07.2013	2	0,993
11.07.2013	5	4,936
11.07.2013	8	1,869

11.07.2013	9	1,245
11.07.2013	10	0,725
11.07.2013	11	0,484
11.07.2013	12	0,467
11.07.2013	15	1,527
11.07.2013	ст. 3 нагон	>5
15.08.2013	3	>5
11.09.2013	3	1,245
11.10.2013	3	0,07

Концентрации микроцистинов в воде оз. Неро в 2013 г. году в целом были выше таковых в 2012 г. и варьировали от 0,09 до 4,936 мкг/л, а в двух случаях превышали порог метода измерения и составили >5 мкг/л.

Пространственное распределение содержания микроцистина по акватории оз. Неро было исследовано в июле месяце (рис. 1). Концентрации микроцистинов варьировали от 0,47 до значений >5 мкг/л.

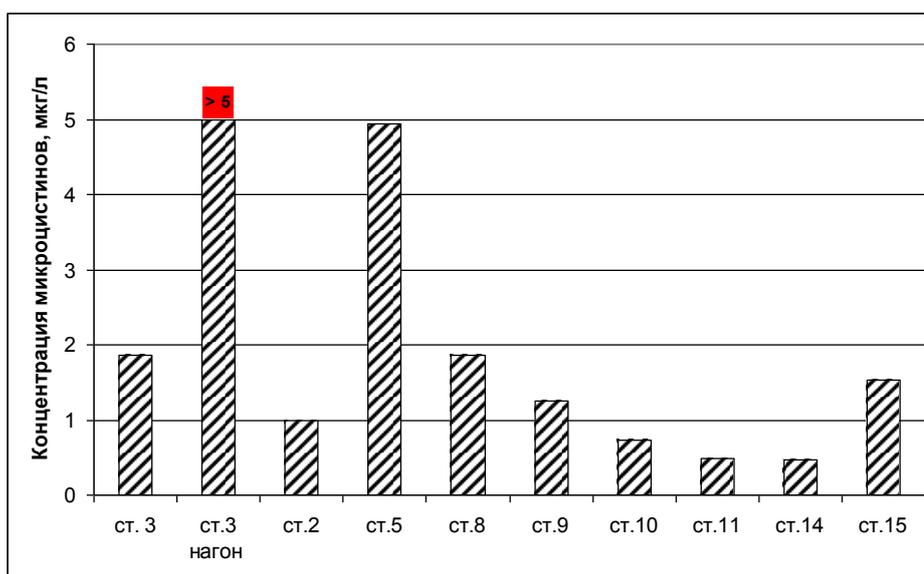


Рис. IV.11.6. Пространственное распределение содержания микроцистина в июле 2013 г. по акватории оз. Неро

Анализ полученных результатов показал неравномерность распределения токсинов по водоему. Наименьшие показатели, не превышающие 1 мкг/л наблюдались в южной «макрофитовой» части озера на ст. 2, 10, 11, 14, более высокие – в его северной «фитопланктонной» части в прибрежье г. Ростова на ст. 8, 9, 3, 5 и у западного берега, напротив с. Угодичи на ст. 15. Кроме того, максимальное значение, превышающее 5 мкг/л было отмечено в зоне нагонных биомасс цианобактерий в районе ст. 3.

Сезонная динамика содержания микроцистинов была прослежена на контрольной ст. 3 (рис. IV.11.7.).

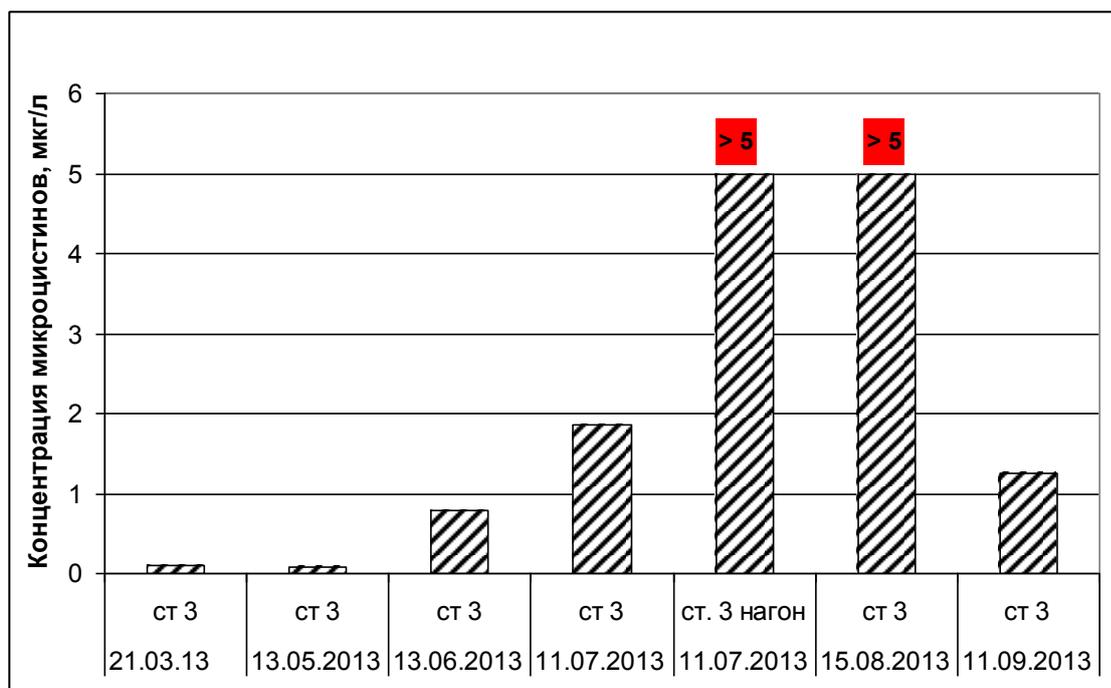


Рис. IV.П.7. Сезонная динамика содержания микроцистинов в воде оз.Неро в 2013г.

Сезонные изменения концентраций токсинов группы микроцистинов в 2013 г. характеризуются низкими значениями в подледный период (март) и вначале вегетационного сезона (мае – июне). В дальнейшем повышение температуры и прогрев водных масс приводят к более активному развитию токсигенных видов цианобактерий и увеличению содержания микроцистинов в воде озера. Причем особенно высокие концентрации, превышающие разрешающую способность метода ИФА (>5 мкг/л) наблюдаются в местах нагона и поверхностного скопления колониальных видов р. *Microcystis*. Нагонные явления на оз. Неро наблюдаются часто в прибрежной зоне в связи с морфометрическими особенностями водоема. В период «цветения» в результате скопления значительных биомасс токсичных синезеленых водорослей представляют опасность для здоровья отдыхающих, туристов и рыбаков. В августе месяце концентрация растворенных токсинов в воде превышает значения 5 мкг/л. В сентябре происходит снижение содержания

Динамика содержания микроцистинов в воде озера отличается от динамики общей биомассы сине-зеленых водорослей (рис. IV.П.8.). Резкий подъем количественных характеристик цианобактерий определялся, прежде всего, развитием видов *Aphanizomenon gracile* (Lemm.)Lemm., *Oscillatoria redekei* Van Goor, *Oscillatoria limnetica* Lemm. в июне и *Oscillatoria limnetica* Lemm. и *Lyngbya circumcreta* G.S.West – в июле.

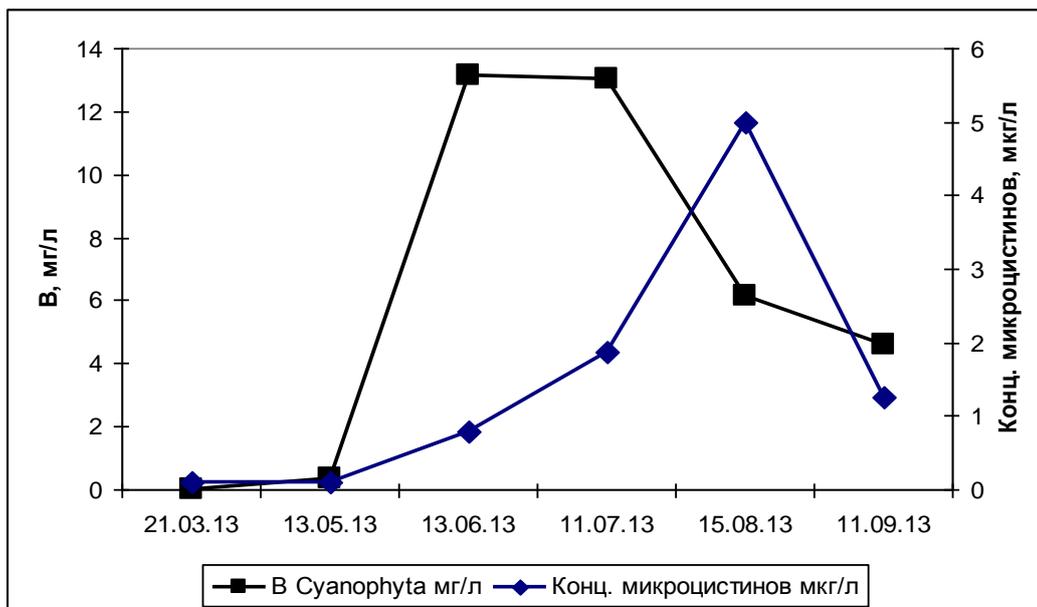


Рис. IV.П.8. Сезонная динамика общей биомассы сине-зеленых водорослей и содержания микроцистинов в оз. Неро в 2013 г.

Динамика концентраций микроцистинов в воде озера лучше всего соотносится с динамикой количественных характеристик р. *Microcystis* (рис. IV.П.9.). Остаточные концентрации микроцистина обнаруженные весной подо льдом и в мае, когда представители этого токсигенного рода не развивались, отражают высокую устойчивость данных токсинов к деградации. Виды р. *Microcystis* появились в пробах только в июне и постепенно повышали свой вклад до августа. В это же время в воде был отмечен пик растворенного микроцистина (рис. IV.П.9.) превышающий 5 мкг/л.

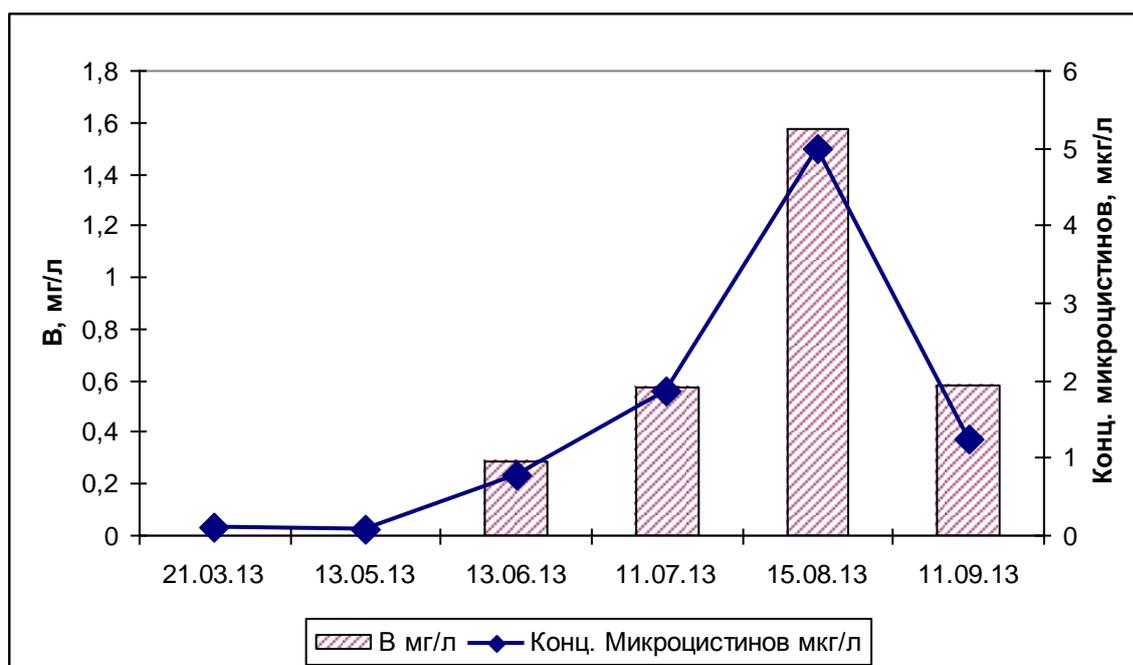


Рис. IV.П.9. Сезонная динамика биомассы р. *Microcystis* и содержания микроцистинов на ст. 3 оз. Неро в 2013 г.

Концентрации растворенных микроцистинов как в сезонной, так и в пространственной динамике наилучшим образом коррелировали с количественными показателями р. *Microcystis* (рис. IV.П.9., рис. IV.П.10.). Корреляция с численностью и биомассой всего отдела Cyanophyta была недостоверной. Статистический анализ показал высокую достоверную положительную связь между концентрацией микроцистинов и биомассой видов р. *Microcystis*, выраженную ранговым показателем корреляции Спирмена равным 0,94 (при  $p < 0,000007$ ). Среди видов р. *Microcystis* наибольшую связь между растворенным микроцистином и биомассой показал вид *M. aeruginosa* Kutzing – показатель Спирмена 0,89 (при  $p = 0,00008$ ). Генетический анализ также показал, что этот вид в оз. Неро является токсигенным.

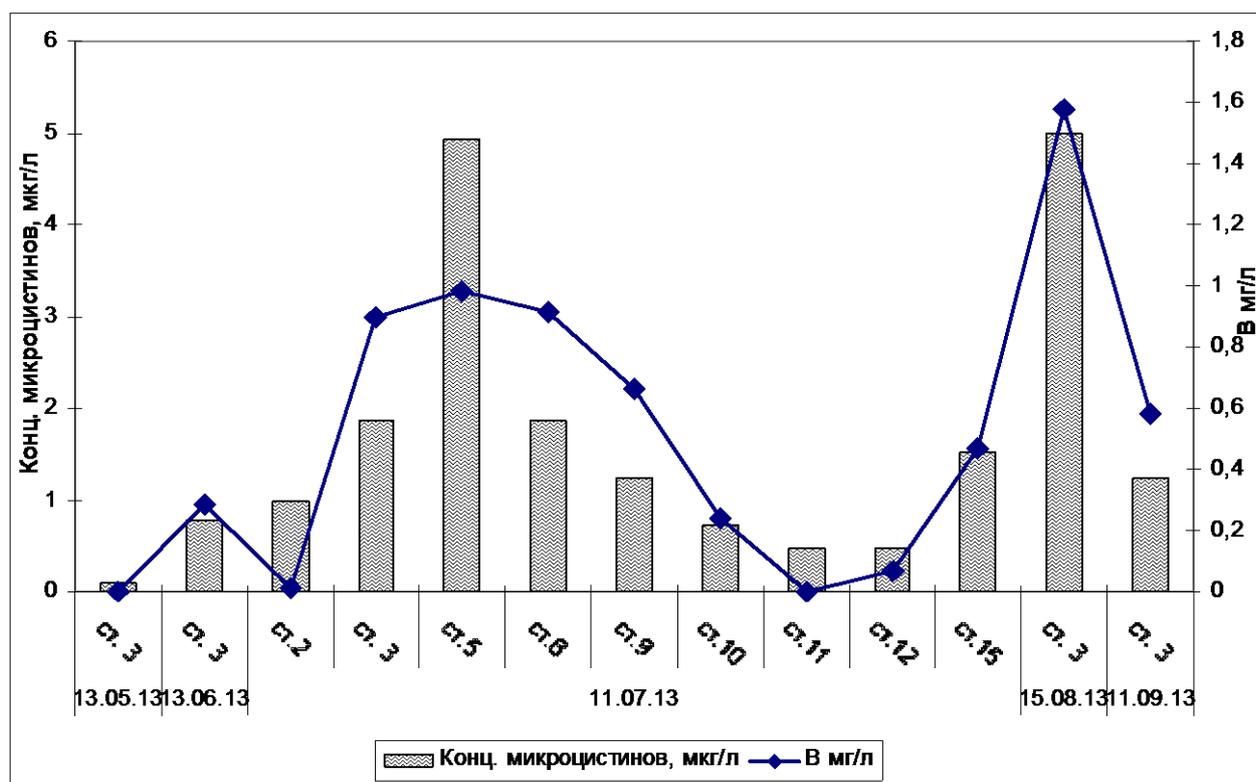


Рис. IV.П.10. Сезонное и пространственное распределение биомассы видов р. *Microcystis* и содержания микроцистинов в оз. Неро в 2013 г.

Таким образом, для оз. Неро было подтверждено, что основными продуцентами токсинов – микроцистинов в водоеме являются виды р. *Microcystis*. Гидрологическая связь оз. Неро с Волгой через р. Векса и Которосль позволяет нам предположить, что в фитопланктоне Верхней Волги эти виды также являются токсигенными и одними из основных производителей микроцистинов. По нашим неопубликованным данным, в водопроводной воде (!) района Брагино г. Ярославля в августе и сентябре отмечено превышение ПДК в 1мкг/л, предложенное ВОЗ (Sivonen, Jones, 1999) по гепатотоксинам

микроцистинам. Причем в сентябре месяце превышение наблюдается как минимум в 5-кратном размере. Это ставит вопрос о безопасности здоровья населения и требует постановки вопроса о принятии мер перед организациями ответственными за качество питьевого водоснабжения г. Ярославля и других городов области с водозабором из р.Волги и её бассейна.

## **V. АНАЛИЗ ЗООПЛАНКТОНА В МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТЕ.**

Зоопланктон играет важную роль в функционировании водных экосистем, служа связующим звеном между фитопланктоном и рыбами. Однако в высокотрофных водоемах связь между зоопланктоном и фитопланктоном ослабевает, поскольку последний представлен в основном нитчатыми и колониальными цианобактериями, слабо потребляемыми организмами метазоопланктона.

Озеро Неро по показателям фитопланктона характеризуется как высокоэвтрофный водоем (Babanazarova, Lyashenko, 2007). Для сообществ планктонных животных водных объектов такого типа характерно преобладание мелкоразмерных видов, низкая общая биомасса, низкое видовое разнообразие и небольшое число доминирующих видов (Андроникова, 1996). Показатели зоопланктона служат дополнительными индикаторами трофического статуса, согласно которым озеро Неро относится к высокоэвтрофным водоемам (Лазарева, Жданова, 2008; Ривьер, Столбунова, 1991).

Первые сведения о зоопланктоне озера Неро приведены в работе, посвященной питанию леща (Кулемин, 1930). В дальнейшем (Монаков, Экзерцев, 1970) показано, что летом 1962 г. биомасса ракообразных и коловраток составляла в июне в среднем  $3 \text{ г/м}^3$ , на отдельных участках – до  $10 \text{ г/м}^3$ , в июле –  $2 \text{ г/м}^3$ . В целом, авторы относили оз. Неро к водоемам, богатым кормовым планктоном. В середине 80-х годов прошлого века зоопланктон озера был подробно описан И.К. Ривьер и В.Н. Столбуновой (1991), В.Н. Столбуновой (2006). Биомасса планктонных животных, указанная в работе (Ривьер, Столбунова, 1991) для июня и июля 1987-1989 гг., близка к таковой зафиксированной ранее (Монаков, Экзерцев, 1970).

С 2002 года Ярославским государственным университетом им. Демидова совместно с Институтом биологии внутренних вод им. Папанина РАН исследования зоопланктона озера были продолжены. В 2002–2005 гг., выявлено значительное снижение количественных показателей (численности и биомассы) зоопланктона относительно предыдущих исследований до уровня олиготрофных водоемов. Состав доминантных

видов коловраток в 2002–2005 гг. изменялся и отличался от такового в 1987–1989 гг. Виды, доминирующие в планктоне оз. Неро из года в год, в 80-х годах XX в. были более многочисленны, чем в 2002–2005 гг. Состав доминантных видов ракообразных в оз. Неро относительно стабилен. Показатели видового разнообразия в сообществе зоопланктона близки к значениям, отмеченным в 1987–1989 гг. и в других эвтрофных водоемах (Лазарева, Смирнова, 2008).

В данной работе представлены результаты исследований зоопланктона, проведенных ежемесячно в период с (апреля) мая по октябрь 2002–2012 гг. на станции, расположенной в центральной части озера Неро, около острова «Городской». Сбор проб осуществляли ведром с поверхности с последующей фильтрацией (объем профильтрованной воды – 50 л) через планктонное сито (размер ячеек 64 мкм) и фиксацией 4%-ым формалином. Обработка проб проводилась по общепринятой в гидробиологии методике (Методические ..., 1984). Всего собрано и обработано 46 количественных проб зоопланктона. Для видовой идентификации планктонных животных использовали работы (Кутикова, 1970; Определитель ..., 2010). Биомассу зоопланктона рассчитывали на основе уравнений размерно-весовой зависимости (Балушкина, Винберг, 1979). Относительное обилие рассчитывали отдельно для коловраток и ракообразных. Классификация сообществ зоопланктона выполнена путем иерархического кластерного анализа методом Варда. Надежность кластерных решений оценивали процедурой бутстрепа: кластеры признавали значимыми при уровне бутструп-поддержки  $\geq 70$ . Анализ структуры сообществ в градиенте абиотических факторов среды проводили с помощью канонического анализа соответствий (ССА). Для оценки различий параметров использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Для оценки связи показателей зоопланктонного сообщества и факторов среды применяли непараметрический коэффициент корреляции Спирмена. Математическую обработку проводили в пакетах статистических программ Excel, Statistica 6.0 и Past 2.09.

#### **Таксономический состав зоопланктона.**

В период с 2002 по 2012 гг. на одной станции, расположенной в центральной части озера, зарегистрировано 49 видов планктонных животных, что составляет 53% от списка видов, указанного ранее для всего озера в 2000–2006 гг. (Лазарева, Смирнова, 2008). Наиболее богаты в видовом отношении коловратки – 28 видов, наименее – ветвистоусые и веслоногие ракообразные – 16 и 5 видов соответственно. Среди коловраток широко представлено сем. Brachionidae – 7 видов, большинство из которых служат индикаторами эвтрофных вод (Андроникова, 1996). В 2007 г. впервые для озера обнаружен ветвистоусый рачок *Diaphanosoma mongolianum* Uedo, характерный для южных регионов

(Коровчинский, 2004). Ежегодно в зоопланктоне озера регистрировали 19–35 видов. Число видов в пробе в среднем составляло  $12 \pm 1$ , минимальные значения (5 видов) характерны для июля 2010 г., максимальные (18) – для августа 2012 г. В период с 2002 по 2012 гг. чаще всего встречались ( $\leq 50\%$  проб) коловратки *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta*, *Brachionus diversicornis* и ракообразные *Mesocyclops leuckarti*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*. Индекс трофности Мяэметса ( $E$ ) в разные годы изменялся от 8.9 до 14.6, что свидетельствует о гипертрофном статусе озера Неро. Однако приведенные значения завышены, поскольку виды, зарегистрированные на одной станции, не отражают весь видовой состав зоопланктона озера.

#### Сезонные изменения зоопланктона в многолетнем аспекте.

Поскольку не во все годы имелся полный ряд наблюдений в течение вегетационного периода, то оценка межгодовых изменений по средним за вегетационный период показателям затруднена. Ниже приведен анализ сообщества зоопланктона по сезонам различных лет.

**Весенний зоопланктон.** Численность зоопланктона в весенний период 2002–2012 гг. колебалась в широких пределах от 2.4 до 908.2 тыс. экз. /м<sup>3</sup> (рис. V.1.). Максимальные значения характерны для 2004 г., а минимальные – для 2011 и 2012 гг. Коловратки вносили основной вклад в общую численность зоопланктона (30–97%), при этом их максимальная доля отмечена в 2003–2010 гг. В мае 2002 г. преобладали клadoцеры (56%), в 2011 и 2012 гг. наряду с коловратками, были многочисленны копеподы (69% и 36% соответственно).

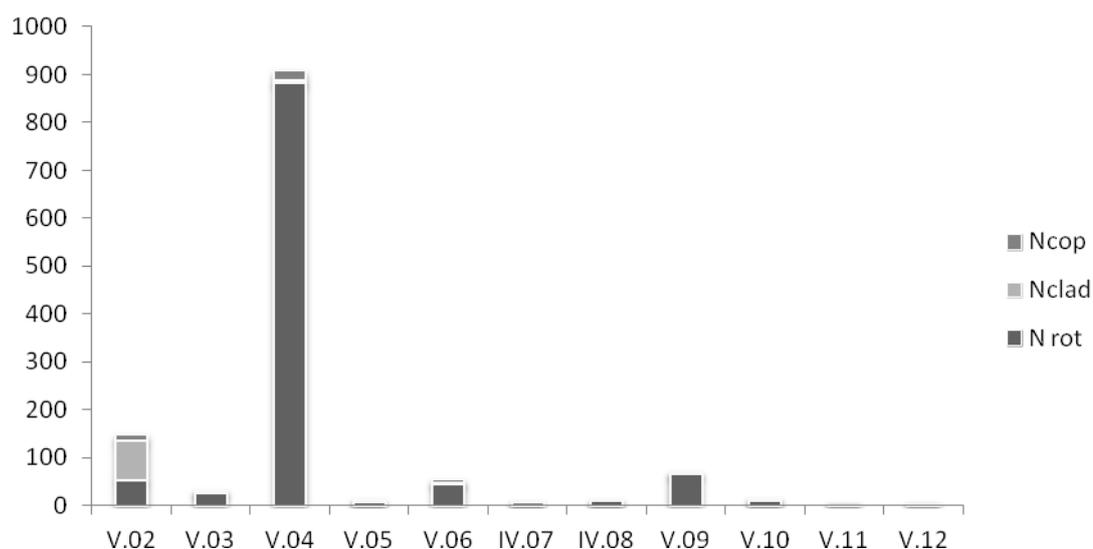


Рис. V.1. Численность зоопланктона весной 2002-2012 гг.

Весной чаще всего доминировали коловратки *Brachionus calyciflorus*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra dolychoptera* и представители рр. *Synchaeta* и *Asplanchna*. Весенние доминантные комплексы коловраток разных лет значимо не различались (рис.V. 2а). Это подтверждается результатами иерархического кластерного анализа, значения бутстреп-поддержки невелики, что свидетельствует о слабом различии выделенных в ходе кластерного анализа групп. Обычно набор видов коловраток одинаков, но различилось распределение обилия между видами.

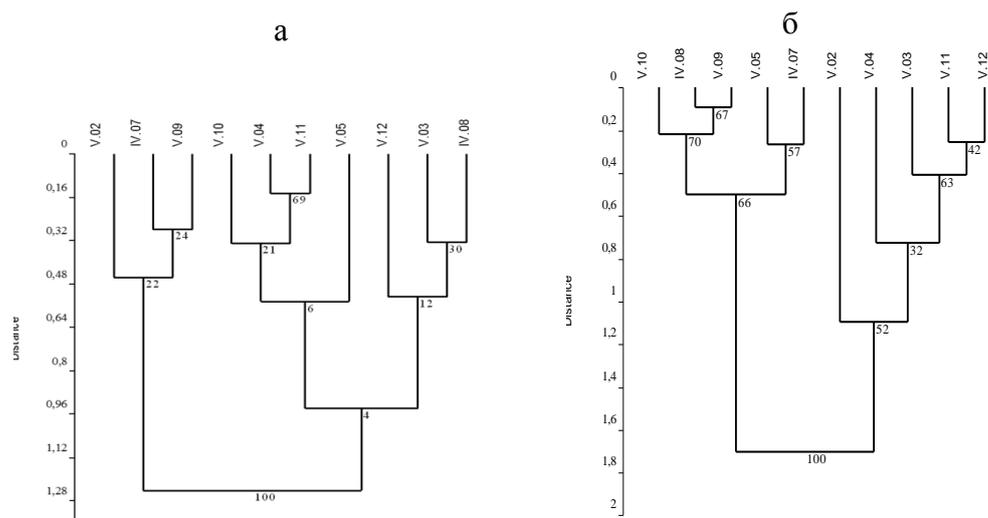


Рис. V.2. Результаты кластерного анализа структуры сообществ коловраток (а) и ракообразных (б) в весенний период 2002–2012 гг.

Результаты кластерного анализа сходства структуры сообщества ракообразных (рис. V.2.б) показывают, что в весенний период 2005–2010 гг. складывались близкие комплексы видов, с преобладанием холодноводных веслоногих ракообразных р. *Cyclops* (47–92% численности ракообразных), в 2002–2004 гг. и 2011–2012 гг. среди ракообразных преобладали летние представители р. *Mesocyclops*, *Thermocyclops* и *Bosmina longirostris*.

**Летний зоопланктон.** В июне наблюдали максимум общей численности зоопланктона в течение вегетационных периодов 2003, 2005 и 2009–2011 гг., только в 2002 и 2004 гг. максимум значений этого показателя зафиксирован весной, а 2012 г. – в июле (рис. 3). Высокие величины численности планктонных животных характерны для 2004 и 2009 гг. (388.8 и 311.5 тыс. экз./м<sup>3</sup>), низкие – для 2002 и 2011 гг. (31.2 и 33.6 тыс. экз./м<sup>3</sup> соответственно). Основу плотности зоопланктона формировали коловратки (37–87%), доля ветвистоусых ракообразных возрастала до 50% (2003–2005 гг. и 2011–2012 гг.), в 2002 г. велика доля веслоногих рачков (46%).

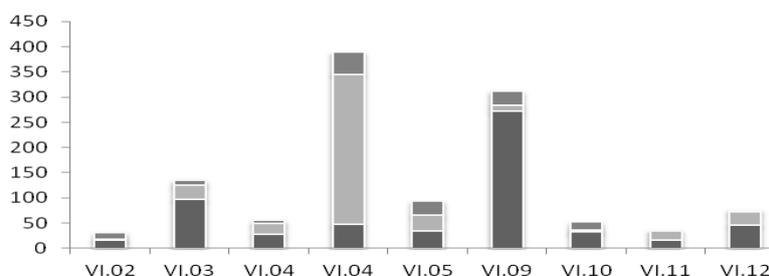


Рис. V.3. Численность зоопланктона в июне 2002–2012 гг.

Среди коловраток в **июне** многочисленны *Conochilus unicornis* (2004–2005, 2009–2010 гг.), представители рода *Asplanchna*, *Brachionus diversicornis* (2003, 2012) и *Trichocerca pussila*, *Filinia longiseta* (2002 г.). В 2002, 2005, 2009–2010 гг. среди ракообразных преобладали веслоногие рачки *Mesocyclops leuckarti* (39–91%), а 2003–2004 гг. и 2011–2012 гг. – *Bosmina longirostris* (53–70%). В 1987–1988 гг. наблюдали картину сходную с таковой в 2003–2004 гг. и 2011–2012 гг.

В **июле** происходило снижение общей численности зоопланктона относительно раннелетних значений (рис. V.4), только в 2012 г. напротив отмечено значительное возрастание плотности зоопланктона (760 тыс. экз./м<sup>3</sup>) за счет массового развития коловраток *Brachionus diversicornis*. Минимальные значения характерны для 2010 г. Основной вклад в общую численность зоопланктона вносили коловратки (2003, 2005–2006, 2012 гг.) – 67–82%, либо веслоногие ракообразные (2002, 2004, 2007–2010 гг.) – 63–88%.

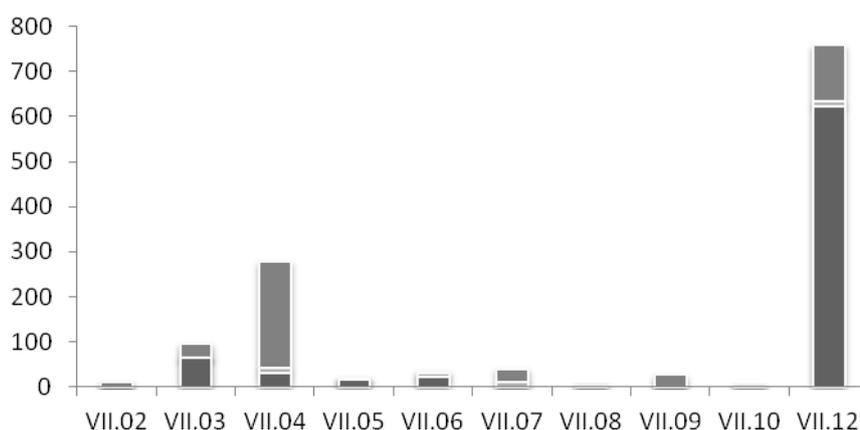


Рис. V.4. Численность зоопланктона в июле 2002–2012 гг. обозначения как на рис.

1.

Среди ракообразных многочисленны веслоногие рачки *Mesocyclops leuckarti* (61–99% численности ракообразных). Коловратки формировали различные комплексы с преобладанием *Brachionus diversicornis* и *Asplanchna* (при низком обилии копепод), либо – с *Trichocerca similis* T. *pussila* и *Keratella cochlearis* (при доминировании копепод).

Снижение общей численности зоопланктона **в августе** относительно июльских значений происходило в 2002, 2004 и 2012 гг., в другие годы концентрация планктонных животных несколько возрастала или оставалась на прежнем уровне (рис.V.5). Минимальные значения численности зоопланктона для этого месяца отмечены в 2002 и 2004 гг. (8.3 и 9.1 тыс. экз./м<sup>3</sup>), а максимальные – в 2012 г. (367.0 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Коловратки доминировали по численности в 2002 и 2012 гг. – 71 и 47% соответственно, при массовом развитии *Brachionus diversicornis* и р. *Asplanchna*, в другие годы преобладали копеподы 43–94%, главным образом *Mesocyclops leuckarti*.

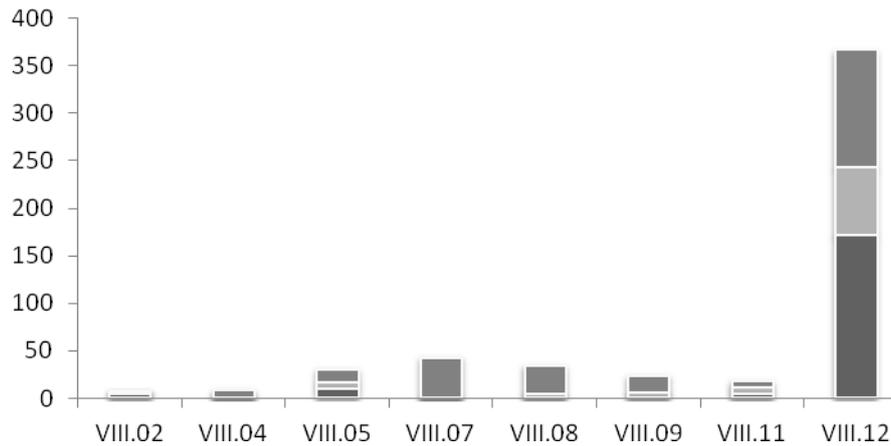
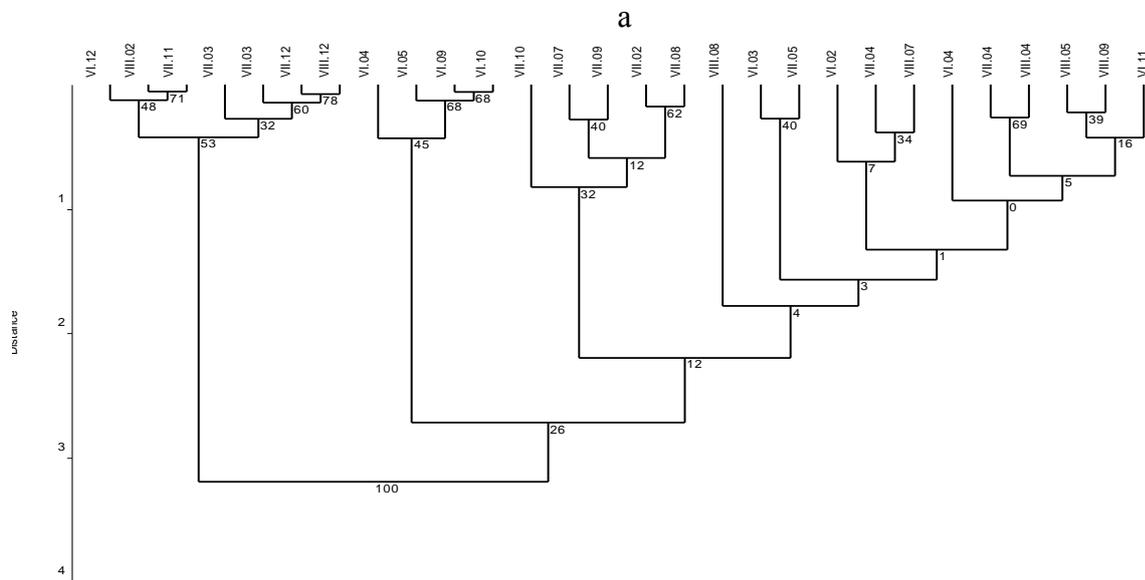


Рис. V.5. Численность зоопланктона в августе 2002–2012 гг.



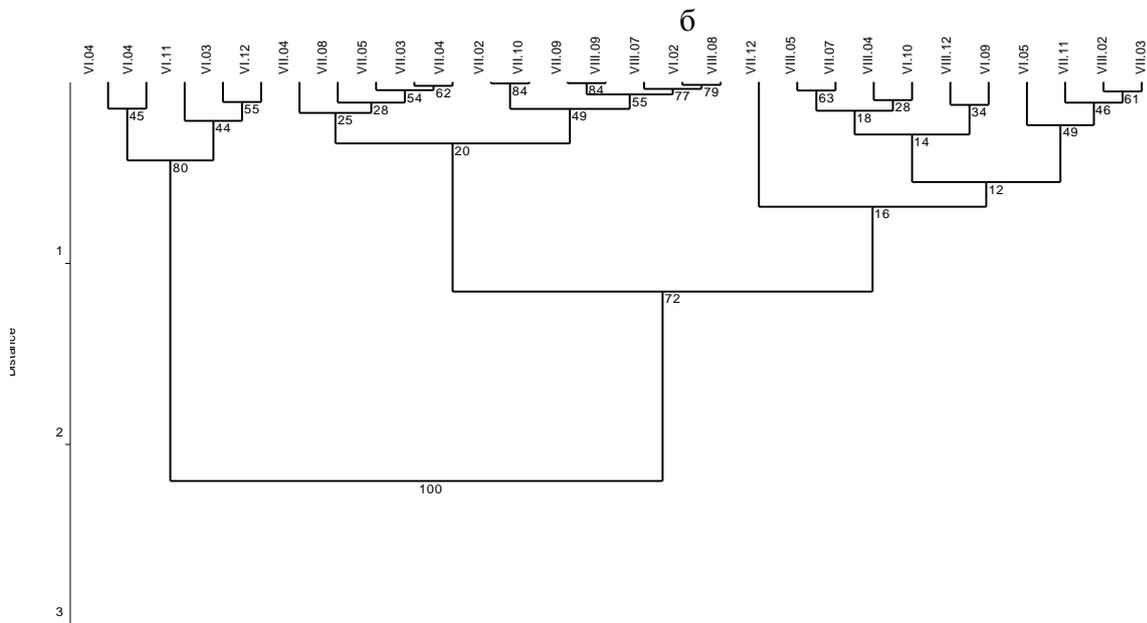


Рис.V.6. Результаты кластерного анализа структуры сообществ коловраток (а) и ракообразных (б) в летний период 2002–2012 гг.

По результатам кластерного анализа сообществ ракообразных и коловраток разных летних месяцев, чаще всего выделяются сообщества, сформированные в июне разных лет, но в некоторые годы раннелетние сообщества близки к позднелетним (рис.V. 6). Значения бутстреп-поддержки выделенных «временных» групп для сообщества коловраток невелики (менее 70%), свидетельствуют об их слабом различии.

**Осенний зоопланктон.** В сентябре численность зоопланктона снижалась относительно летних показателей в 2003, 2005–2007, 2010–2012 гг., в 2004 возрастала, а в 2008 г. оставалась на прежнем уровне. Минимальные значения плотности зоопланктона характерны для 2010 г. (0.8 тыс. экз./м<sup>3</sup>), максимальные – для 2012 г. (296.1 тыс.экз./м<sup>3</sup>). В 2003, 2005 и 2008 гг. коловратки формировали основу численности (47–83%), в 2004 г. – кладоцеры (55%), в 2007, 2010–2011 гг. – копеподы (52–71%), в 2012 г. численность планктонных животных сформирована основными таксономическими группами в равных частях.

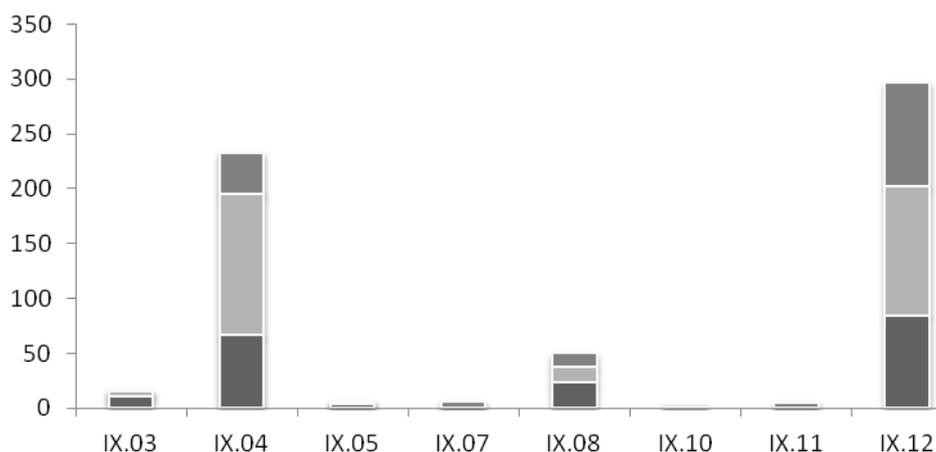


Рис. V. 7. Численность зоопланктона в сентябре 2002–2012 гг.

В октябре наблюдалось возрастание концентрации зоопланктона относительно сентября (рис. 8), при этом чаще всего доминировали ветвистоусые рачки *Bosmina longirostris* и *Chydorus sphaericus* (48–80%).

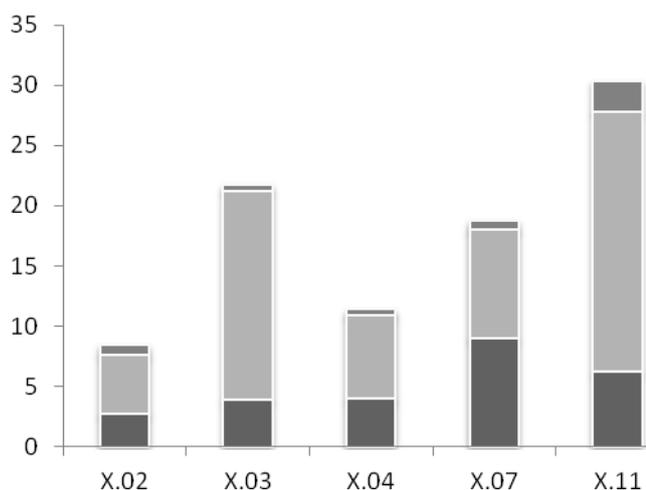


Рис. V.8. Численность зоопланктона в октябре 2002-2012 гг.

Осенью чаще всего доминировали коловратки *Asplanchna priodonta*, *Brachionus calyciflorus*, *Keratella quadrata* и ракообразные *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*. Осенние доминантные комплексы зоопланктона разных лет значимо не различались (рис. 9 а и б). Это подтверждается результатами иерархического кластерного анализа, значения бутстреп-поддержки невелики, что свидетельствует о слабом различии выделенных в ходе кластерного анализа групп.

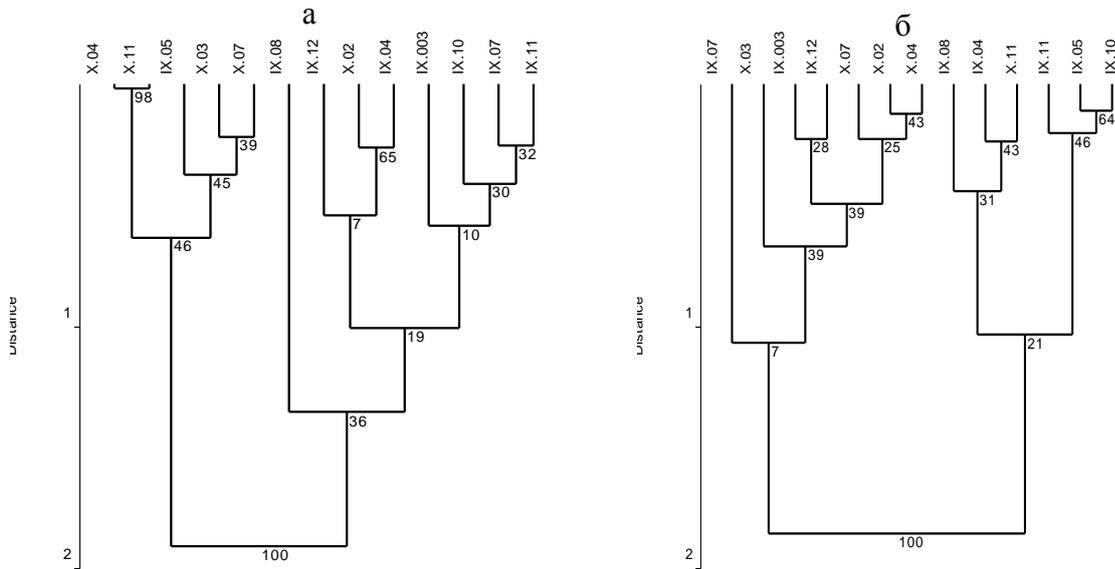
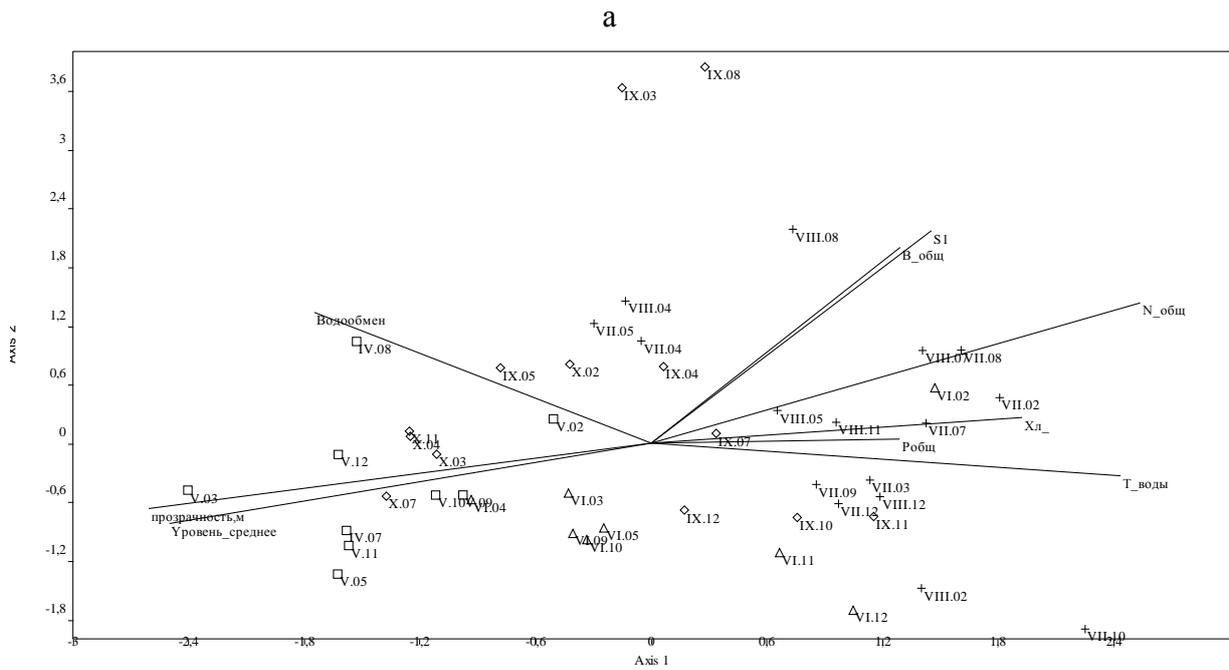


Рис. V. 9. Результаты кластерного анализа структуры сообществ коловраток (а) и ракообразных (б) в осенний период 2002–2012 гг.



б

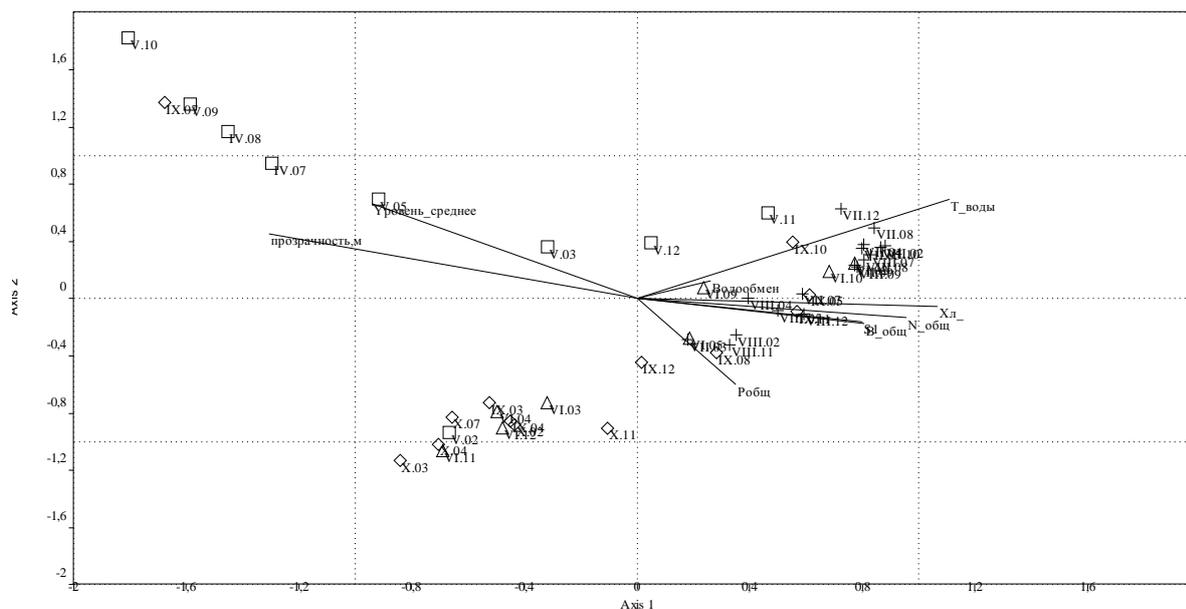


Рис. V. 10. Ординация сообществ коловраток (а) и ракообразных (б) сезонов разных лет в пространстве факторов среды

По результатам канонического анализа соответствий (рис. 10) весной определяющими факторами формирования структуры сообществ ракообразных и коловраток служат прозрачность, коэффициент водообмена и уровень воды в озере, во второй половине лета – температура воды и концентрация хлорофилла *a* (и близко связанные с ней показатели).

Неполный ряд наблюдений в течение вегетационного периода некоторых лет затрудняет анализ многолетних изменений в сообществе зоопланктона и не дает полного представления о ходе сезонной динамики количества зоопланктона. Однако можно отметить, что чаще всего наблюдался весенне-летний пик численности зоопланктона (в мае-июне) и в некоторые годы осенний подъем (в сентябре–октябре). В 2004 зафиксирован летний (в июле) пик численности зоопланктона. В 2012 гг. отмечен только один максимум численности зоопланктона в июле. В 1987–1989 гг. наблюдали один – два максимума количественных показателей зоопланктона – весенне-летний и осенний. В середине лета численность и биомасса планктонных животных снижалась, в этот период преобладали *Asplanchna priodonta*, *Bosmina longirostris* и *Brachionus diversicornis* (Ривьер, Столбунова, 1991). Интересно отметить, что перечисленные виды доминировали в летнем планктоне в 2003, 2005–2006, 2012 гг., а в другие года копеподы – с максимальной долей в 2007–2010 гг. Веслоногие рачки *Mesocyclops* и *Thermocyclops* имеют широкий спектр питания, благодаря различным пищевым предпочтениям возрастных стадий: науплиусы –

мирные фильтраторы, для копеподитов ранних возрастов (I–III стадий) характерно смешанное питание (Крылов, 1989; Монаков, 1998), для взрослых особей и копеподитов IV–V циклопов – хищничество. Коловратки рода *Asplanchna* также, как и копеподиты ранних возрастов, относятся к полифагам. Вероятно, такие перестройки в зоопланктонном сообществе связаны с изменениями в нижнем трофическом уровне. Доминирование мелких циклопов в метазойном планктоне озера может представлять собой следствие развития мощной микробной «петли» (Копылов и др., 2008).

Следует обратить внимание на динамику количественных показателей доминантных видов зоопланктона. *Mesocyclops leuckarti* (ad.+juv.) – один из самых многочисленных и широко распространенных видов ракообразных, его количество в 1987–1989 гг. и 2002–2005 гг. было близким. Однако доля рачка в планктоне озера значительно возросла (Лазарева, Смирнова, 2008). Анализ ряда наблюдений с 2007 по 2012 гг. показал, что минимальная для летнего периода численность *M. leuckarti* характерна для жарких июля–августа 2010 и 2011 гг., а максимальные – для августа 2012 г. Вклад *Mesocyclops leuckarti* в численность ракообразных положительно связан с температурой воды и отрицательно с прозрачностью и уровнем воды в озере. Это согласуется с данными о биологии вида. Мезоциклоп имеет максимум развития в летний период, когда наблюдается низкие прозрачность воды и её уровень.

Абсолютная и относительная численность видов р. *Brachionus* увеличивается при эвтрофировании водоемов, при этом внутри рода отмечают смены в направлении *Brachionus* spp. → *B. diversicornis* (Мяэметс, 1980; Андроникова, 1996). В 1987–1989 гг., относительная численность не превышала 9% общего количества коловраток (среднее за период 11%), в 2000–2005 гг. она достигала 27% (в среднем 11%) (Лазарева, Смирнова, 2008). Максимальную численность (1330 тыс. экз./м<sup>3</sup>) этого вида отмечали в 1988 г., что связывали с жарким летом (Ривьер, Столбунова, 1991; Столбунова, 2006). Однако в жарком 2010 г. (температура воды в июле – 27<sup>0</sup>С) *B. diversicornis* отсутствовал в июльских пробах, только в сентябре он найден в небольших количествах (>0.1 тыс.экз./м<sup>3</sup>). Максимальная плотность *B. diversicornis* за период 2002–2012 гг. зафиксирована в 2012 г. (до 414.4 тыс. экз./м<sup>3</sup>), кроме того вид был относительно многочислен в 2003 г. (до 47.9 тыс. экз./м<sup>3</sup>), в другие года вид встречался в меньших количествах (до 5 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Вклад брахионуса в численность коловраток положительно связан с концентрацией хлорофилла *a* и численностью фитопланктона, отрицательно – с коэффициентом водообмена.

Встречаемость единственного вида-индикатора олиготрофии *Conochilus unicornis* возросла с 17% в 1987 г. до 44% в 2002–2003 гг., однако средняя за вегетационный период

численность достоверно снизилась (Лазарева, Смирнова, 2008). Анализируя изменение плотности конохилюса по одной станции с 2002 по 2012 гг., максимальные значения характерны для июня 2009 г. (268.2 тыс. экз./м<sup>3</sup>), с 2010 г. вид малочислен в пробах (<1 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Относительное обилие конохилюса положительно связано с прозрачностью воды и уровнем воды в озере, отрицательно – с концентрацией общего фосфора и концентрацией хлорофилла *a*.

Ветвистоусый рачок *Bosmina longirostris* относится к индикаторам эвтрофных вод (Мяэметс, 1980; Андроникова, 1996). Сравнение двух периодов наблюдений показало, что концентрация вида в 2002–2005 гг. снизилась в 5 раз относительно 1987–1989 гг. (Лазарева, Смирнова, 2008). *Bosmina longirostris* имеет один пик численности в июне, в некоторые годы наблюдали подъем в октябре (Ривьер, Столбунова, 1990; Смирнова, 2007). В 2012 гг. в сезонном цикле развития рачка наблюдали два пика плотности: в июне и октябре, причем осенний был выше в 4.5 раза весеннего (17.3 и 75.2 тыс. экз./м<sup>3</sup> соответственно). Относительное обилие босмины положительно связано с прозрачностью воды и отрицательно – с температурой воды.

Другим индикатором эвтрофных условий служит ветвистоусый рачок *Chydorus sphaericus* (Мяэметс, 1980; Андроникова, 1996). Численность вида в 2002–2005 гг. была близка к наблюдаемой в 1987–1989 гг. (Лазарева, Смирнова, 2008). В ряду наблюдений с 2007 по 2012 гг. максимальные значения отмечены в 2012 г. (до 42 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Для относительного обилия хидоруса выявлена отрицательная связь с температурой воды.

**Таблица V. 1.**

Связь относительного обилия (%) видов планктонных животных с факторами среды (n=46).

Параметр	Вид						
	<i>Mesocyclops leuckarti</i>	<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Chydorus sphaericus</i>	<i>Brachionus diversicornis</i>	<i>Conochilus unicornis</i>	<i>Asplanchna priodonta</i>	<i>Asplanchna girodi</i>
Chl a, мг/л	–	–	–	<b>0.31</b>	<b>-0.33</b>	–	–
Численность фитопланктона	<b>0.38</b>	–	–	<b>0.35</b>	<b>-0.45</b>	<b>-0.41</b>	<b>0.39</b>
Р общ,	–	–	–	–	<b>-0.36</b>	–	–
Температура воды	<b>0.63</b>	<b>-0.40</b>	<b>-0.36</b>	–	–	–	–
Прозрачность, м	<b>-0.54</b>	<b>0.31</b>	–	–	<b>0.43</b>	<b>0.39</b>	–
Уровень воды	<b>-0.37</b>	–	–	–	<b>0.43</b>	–	–
Коэффициент водообмена	–	–	–	<b>-0.29</b>	–	–	–

Примечание. Прочерк – отсутствие значимых коэффициентов корреляции.

Таблица V. 2.

Средняя за май-сентябрь численность и биомасса зоопланктона на станции «городской остров» в отдельные годы исследования.

Год	$N$ , тыс.экз./м <sup>3</sup>	$B$ , г/м <sup>3</sup>
1987* (n=5)	464.6±143.1	1.80±1.10
2004 (n=8)	259.9±104.3	0.74±0.19
2012 (n=5)	300.3±133.2	0.76±0.43

Примечание. \* – первичные данные предоставлены И.К. Ривьер

Анализ связи биомассы зоопланктона с биотическими и абиотическими параметрами среды за 2002–2012 гг., показал наличие положительной взаимосвязи только с общим фосфором ( $R=0.31$ ,  $p<0.05$ ). При рассмотрении по отдельности 2002–2004 гг. и 2005–2012 гг. выявлено, что общая биомасса зоопланктона не связана статистически с имеющимися параметрами среды в 2002–2004 гг. В то время как в 2005–2012 гг. биомасса планктонных животных положительно коррелировала с температурой воды ( $R=0.36$ ,  $p<0.05$ ) и общей биомассой фитопланктона ( $R=0.34$ ,  $p<0.05$ ), отрицательно – с концентрацией растворенного кислорода в воде ( $R= -0.40$ ,  $p<0.05$ ). Характер последней связи труднообъяснимо, поскольку влияние перенасыщения воды кислородом на планктонных животных в литературе практически не обсуждается. При анализе зависимости численности и биомассы зоопланктона отдельных сезонов года (весна, первая половина лета, вторая половина лета, осень) от некоторых факторов среды выявлено, что во все выделенные периоды отсутствует связь с показателями фитопланктона. Весной численность зоопланктона отрицательно коррелировала с уровнем воды в озере ( $R= -0.67$ ,  $p<0.05$ ), а в первой половине лета – положительно с коэффициентом водообмена ( $R= 0.90$ ,  $p<0.05$ ). Во второй половине лета и осенью обилие зоопланктона не связано ни с фитопланктоном, ни с выбранными абиотическими параметрами среды.

В настоящее время отмечают значительные изменения в водных экосистемах умеренной зоны, вызванные глобальными изменениями климата. На ряде водоемов Верхней Волги показано, что в жаркое лето 2010 г. происходят перестройки в структуре сообществ планктонных животных (Лазарева и др., 2012; Болотов, 2012). Летний зоопланктон оз. Неро в 2010 г. характеризовался минимальными значениями видового богатства, численности и биомассы рачков и коловраток. Общее количество зоопланктона в 2007–2012 гг., так же как и 2002–2005 гг., оставалось низким относительно 1987–1989 гг. Однако в 2004 и 2012 г. зарегистрированы самые высокие средние за вегетационный период значения численности и биомассы (табл. V. 2), которые значимо не отличались от 1987 г. Биомасса зоопланктона в период 2005–2012 гг. положительно сопряжена с биомассой фитопланктона и температурой.

В 2002–2012 гг. значительно возросла доля копепод, хотя в отдельные годы, как и в 1987–1989 гг. в летнем зоопланктоне преобладали коловратки р. *Asplanchna*. В литературе отмечают доминирование всеядных популяций циклопов и аспланхн при мощно развитой микробной петле (Бульон и др., 1999; Бульон, 2002). Вклад доминантных видов в общую численность сообществ ракообразных и коловраток связан с некоторыми абиотическими и биотическими параметрами среды. При высокой численности водорослей характерно высокое относительное обилие копепод *Mesocyclops leuckarti*, коловраток *Brachionus diversiconis*, *Asplanchna girodi*. Обычно максимум численности этих видов приходится на летний период (июль–август), однако они не питаются непосредственно фитопланктоном. При снижении количества водорослей и повышении прозрачности увеличивается доля видов-фильтраторов *Bosmina longirostris*, *Conochilus unicornis* и всеядных *Asplanchna priodonta* в зоопланктоне. Обычно пик количественных показателей этих видов характерен для начала лета. Высокий вклад летних видов – индикаторов эвтрофирования *Mesocyclops leuckarti* и *Brachionus diversiconis* сопряжены с низким уровнем воды и низкими значениями коэффициента водообмена. Роль единственного представителя олиготрофных вод *Conochilus unicornis* сопряжена с высокой прозрачностью и уровнем воды и низкими показателями фитопланктона. Структуру зоопланктона в весенний период определяют главным образом уровень воды и прозрачность, а в летний – температура воды и показатели фитопланктона.

#### Список использованной литературы к разделу V

- Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука, 1996. 186 с.
- Балушкина Е.В. Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела у планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л., 1979. С 58–79.
- Болотов С.Э. Зоопланктон устьевой области малого притока равнинного водохранилища в период аномально высокой температуры воды летом 2010 года // Международная конференция «Актуальные проблемы планктонологии». Тезисы докладов. Калининград: Изд. АтлантНИРО, 2012. С.50-51.
- Бульон В.В., Никулина В.Н., Павельева Е.Б., Степанова Л.А., Хлебович Т.В. Микробиальная «петля» в трофической сети озерного планктона // Журн. общ. биологии. 1999. Т. 60. № 4. С. 431–444.
- Бульон В.В. Структура и функция микробиальной «петли» в планктоне озерных экосистем // Биология внутр. вод. 2002. № 2. С. 5–14.

Копылов А.И., Лазарева В.И., Косолапов Д.Б. Потоки вещества и энергии в планктонной трофической сети озера // Состояние экосистемы высокопродуктивного оз. Неро в начале XXI века. М.: Наука. 2008. С. 293–325.

Крылов П.И. Питание пресноводного хищного планктона // Итоги науки и техники. Сер. Общ. экология. Биоценология. Гидробиология. М.: Изд-во ВИНТИ, 1989. Т. 7. 145 с.

Кулемин А.А. Исследование озера Неро в гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении. Ч.3. Питание и рост леща // Ростовский краевед. 1930. Вып.2. С. 181–200.

Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.

Лазарева В.И., Минеева Н.М., Жданова С.М. Пространственное распределение планктона в водохранилищах Верхней и Средней Волги в годы с различными термическими условиями // Поволжский экологический журнал. 2012. №4. С.399–412.

Лазарева В.И., Смирнова С.М. Ракообразные и коловратки // Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века. М.: Наука, 2008. С. 175–211.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР, 1984. 34 с.

Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: ИПЭЭ РАН, 1998. 322 с.

Монаков А.В., Экзерцев В.А. Сообщества прибрежных и водных растений озера Неро и их фауна // Озера Ярославской области и перспективы их хозяйственного использования. Ярославль: Изд-во ЯрГПУ, 1970. С. 304–318.

Мяэметс А.Х. Изменения зоопланктона // Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, 1980. С. 54–64

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 1. Зоо-планктон. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 495 с.

Ривьер И.К., Столбунова В.Н. Зоопланктон озера Неро // Современное состояние экосистемы озера Неро. Рыбинск: Изд-во ИБВВ РАН, 1991. С. 74-108.

Babanazarova O.V., Lyashenko O.A. Inferring long-term changes in the physical-chemical environment of the shallow, enriched Lake Nero from statistical and functional analyses of its phytoplankton // J. Plankton Res. 2007. V. 29. № 9. P. 747-756.

## **VI. Рекомендации по регулированию уровня воды в озере Неро.**

Как уже отмечалось ранее (Отчеты, 2011; 2012) уровень воды в оз. Неро на исторической памяти человека был зарегулирован. Мельницы и запруды на Вексе и Которосли, самодельные плотины крестьян. Иначе вода зимой практически бы не менялась и оставалась на низком уровне. Это хорошо демонстрирует график на рисунке П.8. Коэффициент водообмена, рассчитанный по оттоку через Вексу, без учета ГТС, в январе-феврале стремится к нулю. В полемических заметках о трудной судьбе озера Неро Владимира Мельникова (1979) нам удалось узнать интереснейшие детали. В середине 1960-х и позже в котловине озера проводились интенсивные работы по мелиорации и осушению заболоченных земель под руководством института “Росгипроводхоз”. В котловине выделяют три террасы. Первая – заливная, луговая, примыкает непосредственно к озеру, ее высота в меженный период не превышает метра-полтора. Вторая терраса – надлуговая, поднята над первой на пять-семь метров, заболочена, плохо дренирована. На ней располагаются населенные пункты Ростов Великий, Львы, Поречье-Рыбное, Угодичи. Третья терраса – морена высотой 20-30 метров. Здесь расположены древние поселения – Пужбол, Дубник. Мелиорация проводилась на второй и первой террасах. Особенно сложно и практически безрезультатно шли работы на первой. Заблачиваемые территории десятилетиями мелиорировали, густо покрывая керамическими трубками, строя отводящие каналы. Вода из переполненной во время половодья чаши озера по мелиоративным каналам шла в обратную сторону: из озера на поля. В середине же лета, в межень, уровень воды в озере настолько падал, что сельское хозяйство страдало от другой напасти – неоткуда было взять воды для полива. В 1970-е годы прошлого столетия озеро настолько обмелело и заросло высшей водной растительностью, что стоял вопрос о создании вокруг него сети накопительных водоемов.

Сейчас мы знаем, что эти годы пришлись на климатический минимум осадков, на маловодную фазу (Отчет, 2012). Остро стоял вопрос о спасении водоема. Проектов было несколько. Наиболее удачный, совмещал добычу сапропеля - углубление водоема, и поднятие уровня за счет регулируемой плотины. Пошли только по половине пути. Строительство регулируемой плотины. К тому времени уровень воды в озере регулировался свайной насыпной невысокой плотиной на реке Вексе, по сути, переливаемой дамбой. Ее высота была обусловлена проведением сельскохозяйственных работ на первой, содержанием в порядке земель на второй террасах. А вот рыбохозяйственной роли она уже выполнять не могла. К осени озеро сильно мелело, зимой практически каждый год происходили сильнейшие заморы рыб. Правда, заморы рыбы фиксировались и в начале века, но рыбы по историческим источникам оставалось в

озере много (Отчет, 2011). Старожилы в 60-х еще помнили старую небольшую плотину со шлюзами, ею вполне успешно пользовались до дамбы. Нужно сбросить воду на покосах – шлюзы открывали, нужно поднакопить для поддержания судоходства – закрывали. В 80-е годы новая регулируемая плотина (ГТС) на спрямленном канале из озера начала строиться, в 1989г ее запустили, соединив с рекой Вексой. Поднятие уровня озера произошло достаточно быстро. Опасались, что озеро, увеличив зеркало, еще больше будет зарастать высшей водной растительностью, что приведет опять же к усилению заморозов.

С вводом в эксплуатацию ГТС был утвержден его график работы по поддержанию уровня воды в озере (Рис. II.7.) С последней декады июня и по первую декаду августа, рекомендовано было удерживать уровень на отметке 93,5 мБс. Эта отметка была близка в среднемноголетним значениям летнего уровня воды в озере (Отчет, 2012). Как говорилось выше, во многом это было обусловлено интенсивным сельским хозяйством в котловине, необходимостью осушать земли, давать возможность косить траву. В 1997 г. этот режим был пересмотрен Ростовской городской Администрацией, целевой летний уровень был поднят на 20 см до 93,7 мБс. В 2004 г. распоряжением администрации г. Ростова было принято решение поддерживать уровень озера не ниже отметки 94,1 мБс (постановление главы N351р от 11.08.2004). Уровень держался до 2010 г., а затем был понижен на 10 см распоряжением ФГУ “Ярмелиоводхоз”.

Основная задача, поставленная для ГТС – регулирование объема воды в озере в сезонной динамике успешно была решена. Повысился и среднегодовой уровень водоема. В отчете 2012г нами проанализированы ряды данных с 1999 по 2012гг и показано достоверное повышение среднегодового уровня в 2004-2012гг на 10 см (критерий Манна-Уитни). Приведем еще раз полученные графики (Рис. VI. 1.).

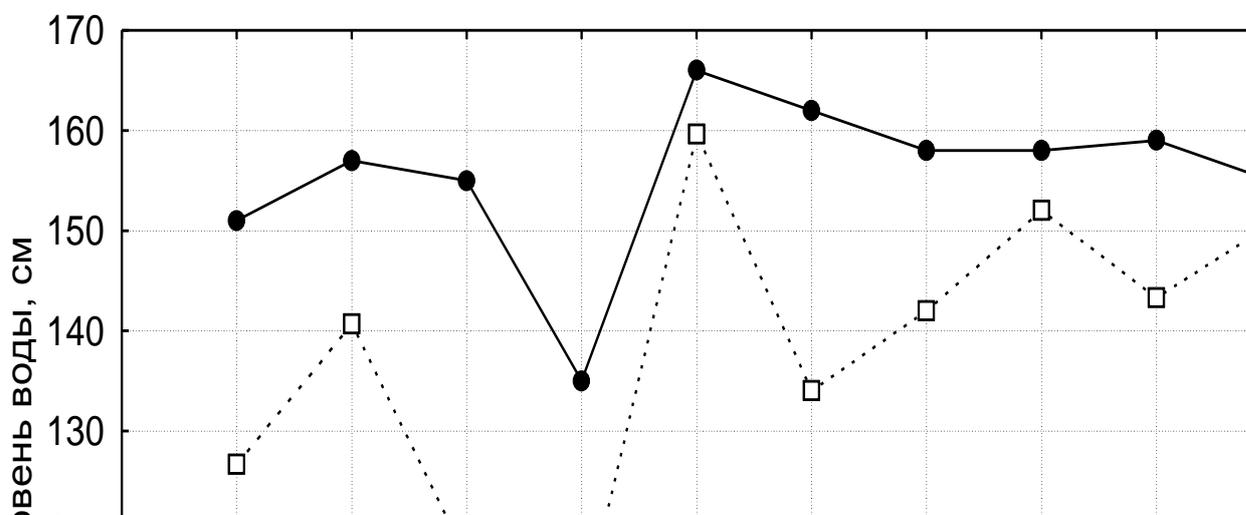


Рис. VI. 1. Изменение среднегодового и среднелетнего уровня воды озера Неро за период 1999-2012 гг.

Повышение уровня в среднем, и особенно в летние месяцы произошло с 2003г. В этот год было много осадков, отмечался рекордно высокий среднегодовой уровень воды за всю 100 летнюю историю наблюдений – 94,38 метра. С 2004г уровень воды в течение года не падает ниже 94 мБс (Таблица II.3, Отчет 2012). В приложении 5 настоящего отчета приведен график слежения за уровнем воды в озере на ГТС (любезно предоставлен начальником Ростовского участка Ярославльмелиоводхоза И.И. Рудановой).

Изменился и водообмен озера. Снижение водообмена в последние пятнадцать лет хорошо демонстрирует график во втором разделе (Рис. II.6.) Методами непараметрической статистики по критерию Манна-Уитни показаны значимые различия между среднегодовыми коэффициентами водообмена за период 1989-1996гг и за 1997-2010гг (2,7 и 2,2 соответственно). Это означает, что в последний период вода в озере задерживалась более месяца дольше, чем в предыдущий. Из приведенных выше рассуждений, очевидно, что это замедление приходится на летний период. С возрастанием уровня в летний период, снижением водообмена стали в массе развиваться тонкие нитчатые синезеленые водоросли планктотрихетового типа, значительно снижающие прозрачность воды в озере. В последние годы, при увеличении осадков, снижении уровня с 94,1 до 94 мБс, а значит и увеличении водообмена, их развитие снизилось. Методами множественного регрессионного анализа показана обратная связь прозрачности воды в озере с содержанием хлорофилла (развитием фитопланктона) и прямая, еще более тесная связь с величиной водообмена. Именно эти две характеристики объясняют 80% вариабельности прозрачности воды в оз. Неро (раздел III).

Таким образом, в целом, за счет работы плотины был перераспределен сток озера, повышен уровень водоема с конца 1980-х гг, сглажен годовой ход уровня, понижен водообмен. Еще раз подчеркнем, что положительная роль плотины очевидна, без нее мы бы уже рассуждали о заболоченной территории, а не об озере Неро.

Оценим изменения уровня в многолетней ретроспективе. За последние 100 лет наблюдений за уровнем воды в озере можно выделить 2 основные составляющие. Это циклические колебания, образующие периоды, и четко проявляющиеся тренды как природного, так и антропогенного генезиса (приводим рисунок VI. 2 по Отчету 2012). Циклические изменения хорошо выражены на всем ряде данных, с 2004 г. отмечена сглаженность межгодовых колебаний уровня водоема. Можно выделить четыре периода и два тренда. В первый период с 1930 до начала 50-х годов уровень варьировал около

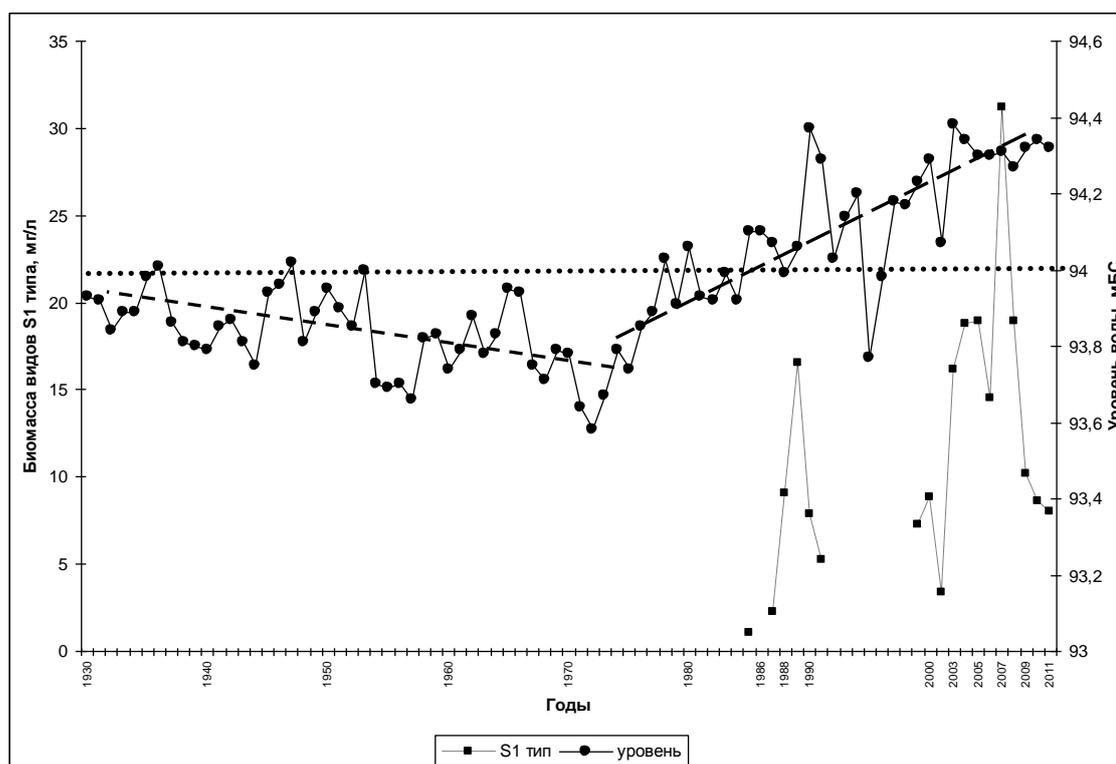


Рис. VI. 2. Многолетние изменения уровня воды в оз. Неро (1930-2011) и биомасс нитчатых синезеленых водорослей S<sub>1</sub> типа (1985, 1987-1991 [9]; 1999-2011 (наши результаты)).

93,9 м. Во второй период с середины 50-х до середины 1970-х годов - характеризовался понижением до 93,7 м. В целом эти два периода образуют тренд на понижение и не превышают отметку 94 метра по Балтийской системе. Третий период совпадает с началом глобального потепления в Европе (1976 г.). До середины 1980-х годов, уровень повышался, но редко превышал отметку в 94 метра. Во время четвертого периода после 90-ых, с вводом ГТС, уровень уже стабильно выше 94 метров. Последние два периода формируют тренд на повышение, с конца 90-х озеро практически преобразовано в водохранилище.

В соответствии с выделенными периодами по литературным данным хорошо вырисовывается картина смены макрофитно-фитопланктонного типа функционирования. Еще в 1871г 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» (Отчет 2011г). В 1925-1927 гг., Б.С. Грезе сообщал, что в открытом пространстве повсюду были распространены рдесты – “тарнава”, которые образовывали на отдельных участках сплошные подводные луга (Отчет 2012). К началу 50-х происходит изреживание рдестовых зарослей, что совпадает с циклом небольшого повышения уровня воды в водоеме в первом периоде. Второй период понижения уровня характеризовался возвратным массовым развитием рдестов. На положительном тренде к

концу третьего периода (1989 г.), отмечают сокращение зарослей рдеста по сравнению с 1962 годом. Современные исследования, проведенные в 2002-2004 гг., и изучение макрофитов в 2012 году подтверждают тенденции уменьшения вплоть до исчезновения рдестовых зарослей. Коэффициент зарастаемости в первый период составлял 25,6 %, в 2012г – 21,8 20% (Отчет 2012). В 2013г макрофитовые заросли еще более изредились. Нет погруженной растительности, рдестов. В Львовском заливе к июлю не сформировались и заросли роголистника, вода была мутной. Местные рыбаки сетовали, что подводной охоты никак не начать. Фитопланктонная часть озера еще больше расширилась.

Таким образом, с поднятием уровня воды зарастаемость воды макрофитами значительно уменьшилась. Мы в своих работах давно выявили механизм конкурентного исключения планктотрихетовым комплексом других видов водорослей и макрофитов. Через уменьшение прозрачности, затенение, это сообщество вытесняет другие, оставаясь само устойчивым к самозатенению. В настоящем исследовании удалось впервые объяснить пусковой механизм процесса изреживания макрофитов. Важно не только снижение прозрачности, а соотношение прозрачности к средней глубине водоема. Подробно этот вопрос изложен в разделе III настоящего отчета. При высоком уровне воды, несмотря на высокую прозрачность, коэффициент относительной прозрачности значительно понижается. Это продемонстрировано на графике хода параметров в 2013г (Рис. IV.I.3.). На графике VI. 3 приведены сезонные изменения коэффициента относительной прозрачности с 2003 по 2013гг.

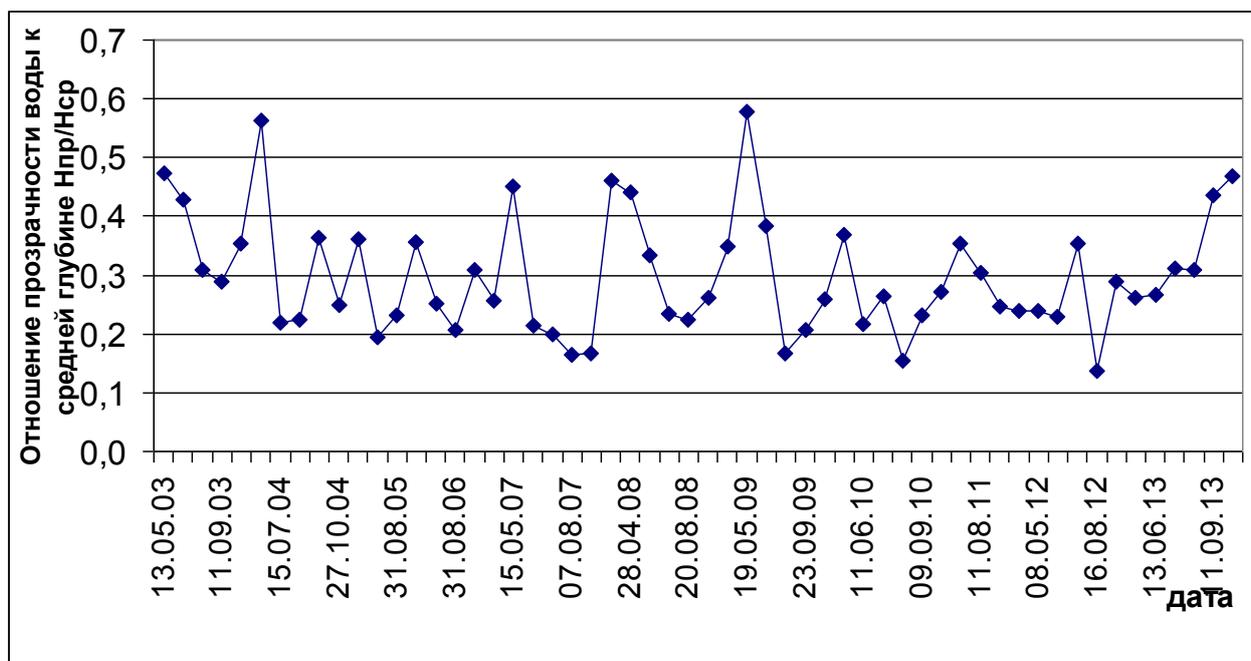


Рис. VI.3. Коэффициент относительной прозрачности Нпр/Нср 2003-2-13гг.

Используя формулу В.В. Бульона (2001), полученную на основании анализа большого количества мелководных зарастаемых водоемов с учетом географической широты расположения последних, можно рассчитать процент зарастаемости.

$q\% = 48,2 + 32,9 \cdot \text{Нпр}/\text{Нср} - 16,9 \cdot (90 - \text{lat})$ , где

$q\%$  - процент зарастаемости водоема макрофитами,

$\text{Нпр}/\text{Нср}$  – коэффициент относительной прозрачности исчисляемый как отношение величины прозрачности воды по диску Секки ( $\text{Нпр}$ ) к средней глубине водоема ( $\text{Нср}$ ).

В среднем коэффициент относительной прозрачности за май-сентябрь 2003 -2013гг составил 0,3. Используя формулу, получаем процент зарастаемости макрофитами - 11,9%. Макрофиты прорастают и конкурируют с фитопланктоном за площади в начале биологического лета – май-июнь месяцы. Коэффициент относительной прозрачности в июне составил 0,25, соответственно, площадь прогнозируемой зарастаемости 8%. То есть, в сложившихся условиях мы можем прогнозировать дальнейшее снижение зарастаемости водоема.

До летнего повышения уровня воды, при отметке 93,5 мБс и средней прозрачности воды в июне 0,6 м зарастаемость озера должна была составлять 22 %. Что и соответствовало действительности (Довбня, 1991; Отчет 2012). Таким образом, ключевым пусковым механизмом в конкуренции макрофиты-фитопланктон является показатель освещенности водной толщи. Именно повышение уровня в первой половине лета (июнь – начало июля) существенно снижает относительную освещенность. Погруженная растительность не может конкурировать с фитопланктоном за свет, ее заросли изреживаются и сходят на нет. Что и произошло в оз. Неро. Практически полное исчезновение к настоящему времени рдестов повлияло и на распределение надводной высшей растительности. Исчезло механическое препятствие. Оторванные при вскрытии ото льда купки тростника, рогоза и камыша ветром беспрепятственно перемещаются по водоему, высокий уровень воды не позволяет укорениться им на мелководьях, отсутствие рдестов в центральной части водоема позволяет оторвавшимся макрофитам перемещаться по всей акватории водоема, забивая и канал, ведущий к ГТС.

Таким образом, результаты, полученные в настоящем исследовании, вскрывают важнейшие механизмы функционирования водоема. Продолжительный ряд гидрометеорологических наблюдений позволил не только оценить динамику уровня воды озера, но и рассчитать среднемесячные коэффициенты водообмена, вычленив климатическую и антропогенную составляющие в динамике водной массы озера. Наличие ежемесячных наблюдений на водоеме, проводимых кафедрой экологии и зоологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова, и поддержанных более чем 30 различными федеральными и

региональными научными проектами позволило определить важнейшие закономерности. Впервые в отечественной и даже мировой практике гидробиологических наблюдений получены высоко значимые уравнения зависимости между прозрачностью воды, содержанием хлорофилла в сестоне и коэффициентом водообмена. Мониторинг простого инструментального параметра – прозрачности воды, позволяет, используя полученные модели, судить о развитии фитопланктона. Необходимо отметить роль и внимание Департамента охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области. С 2002 по 2008гг департамент поддерживал проведение студенческих экспедиций, проявлял интерес к результатам наблюдений. Последние три года отработаны по конкретным задачам, поставленным практикой (Отчеты 2011; 2012 и настоящее исследование).

Как общество, так и органы власти, принимающие конкретные управленческие решения, должны четко понимать, что отдельные решения, к примеру, только регулирование работы ГТС не могут разрешить всего комплекса проблем, связанных с озером Неро. Пытаясь решить одну, мы неизбежно будем создавать другую проблему. Здесь необходим разумный баланс в зависимости от цели природопользования. Что нужно решить? Стабилизировать ли состояние озера Неро, избавиться ли от проблемы заторов, повысить ли рыбопродуктивность и рекреационную привлекательность водоема. Придется выбирать. Что можно сказать на сегодня? Имея хороший инструмент в регулировании уровня воды (ГТС), понимая механизм его воздействия в системе макрофиты – фитопланктон, мы можем предвидеть некоторые последствия. В краткой форме, в общем виде мы приводим их в таблице VI.1.

Возвращение к ранее утвержденному графику работы ГТС может положительно сказаться на развитии туризма, рекреации, рыболовства. Ожидаемый отклик опосредован возвратом к развитию погруженных макрофитов. Укоренение воздушно-водных макрофитов, оторванных льдом, на мелководьях будет проходить эффективнее. Снижение летнего уровня будет способствовать и сельскому хозяйству. Правда первая терраса озера, интенсивно мелиорируемая в Советское время, в настоящее время заболотилась, а в некоторых местах покрылась кустарником и осоками. Что с одной стороны перехватывает биогенные элементы с водосбора, а с другой сжимает “тиски” болот вокруг озера, увеличивает сплавинообразование, особенно, в южной части.

Таблица VI. 1.

Оценка возможных эффектов от регулирования работы ГТС в зависимости от целей природопользования на с оз.Неро

Цели природопользования	Вероятные последствия	
	<i>Сохранение существующего режима работы ГТС, с удержанием уровня воды на отметке 94 мБс и выше в летний период</i>	<i>Возвращение к графику работы ГТС, утвержденному в 1997 г. (с уровнем воды с 20 июня по 10 августа на отметке 93.7 мБс)</i>
1. Развитие туристическо-рекреационного использования	—	+
2. Рыбохозяйственное использование	—?	+?
3. Сельскохозяйственная деятельность на прилегающих к озеру территориях	—?	+?
4. Затопы из макрофитов на вытекающем из озера канале	—	+
5. Качество воды в р. Которосль – источнике питьевого водоснабжения г. Гаврилов-Ям	+	—

Примечание: «+» - положительный эффект; «-» - отрицательный эффект; «?» - требуются дополнительные исследования.

Осенью 2013г на кафедру пришло письмо от главы администрации г. Ростова В.М. Гончарова. Суть сводится к оценке возможности возобновления рыбной ловли в промышленных масштабах. Кратко состояние ихтиофауны и ее кормовой базы мы приводили по трудам сотрудников ИБВВ РАН (Отчет 2011). Это комплексные исследования 1987-89гг и частичное их повторение в 2002-2004гг. Как было показано выше, водоем за последние 10 лет значительно изменился. И если в исследуемых периодах кормовая база бентоса была оценена как достаточная для имеющихся запасов рыбы, то в настоящее время, с исчезновением погруженной растительности, ее необходимо оценить заново. Возникнут вопросы и о заморах. С введением плотины их частота уменьшилась. На протяжении наших наблюдений за 15 лет массовые заморы происходили только в очень суровые зимы 2003, 2005 и 2010гг. Высокий уровень воды в озере способствовал этому улучшению. Сказалось, скорее всего, и уменьшение высшей водной растительности, уходящей под лед, и забирающей кислород при своем

разложении. Следует ожидать, что увеличение макрофитовых зарослей скажется на кислородном режиме. Хотя основным потребителем кислорода в зимний период являются толщи сапропелей.

Сохранение действующего в настоящее время режима на уровне 94 мБс и выше в течение практически всего года, функционирование водоема как водохранилища-накопителя благоприятно с позиций водопользователей на реке Которосль (г. Гаврилов-Ям и другие поселения). В 2005-2008гг нами проводились исследования по заданию МУП ЯРОСЛАВЛЬВОДОКАНАЛ в связи с появлением запахов в питьевой воде г. Ярославля. Все зафиксированные случаи появления неприятных запахов в питьевой воде совпадали по времени с периодами спуска воды из оз. Неро. При этом в реке в районе водозабора г. Ярославля отмечалось резкое повышение обилия фитопланктона, а состав водорослей был идентичен таковому в оз. Неро. В периоды, когда плотина на озере Неро была закрыта, обилие водорослей в районе водозабора было незначительным, а состав резко отличался от фитопланктонного сообщества оз. Неро. Залповые сбросы воды из оз. Неро будут приводить к повторению проблем с качеством воды в р. Которосль.

Важным практическим вопросом является и проблема забивания канала, ведущего к ГТС весной и летом макрофитами. Уравнения регрессии и прогностические модели, полученные в настоящем исследовании, свидетельствуют в пользу дальнейшего изреживания макрофитов, вплоть до сохранения 8-10% зарослей. Этот процесс при сохранении действующего режима ГТС будет продолжаться. Макрофиты, оторванные при вскрытии ледового покрова на озере, при высоком уровне водоема ранним летом не смогут укорениться, их будет долго носить по всей акватории. Вероятность захода их в канал при соответствующих ветрах остается высока. Как долго это будет продолжаться сказать трудно. Работа водохранилищ проходит несколько стадий развития. Сейчас оз. Неро находится на стадии снижения продуктивности. Как предотвратить заход макрофитов в канал? Не изменяя режима работы ГТС, можно установить перед каналом «заградительную сетку», которая будет препятствовать попаданию оторванных макрофитов в канал. Можно весной с использованием мобильных плавсредств буксировать оторванные купки тростника и рогоза на берег, не допуская их попадания в канал или механическим способом весной с лодок закреплять оторванные «острова» макрофитов шестами. Последний метод в своё время был предложен доктором биологических наук, специалистом по высшим водным растениям В.Г. Папченковым.

Возвращаясь к началу данного раздела, к решению о спасении озера Неро в двух направлениях: поднятие уровня озера и добыча сапропеля. На сегодня можно заключить,

что первое направление успешно реализовано. Ко второму приступали несколько раз. Наибольший объем добычи сапропеля в 60-70гг прошлого столетия был проведен в Левском заливе. В настоящее время в нем, как кислородный режим, так и развитие макрофитов гораздо более благоприятны относительно Воржского залива. Положительно на экосистеме отразилась и добыча сапропеля в северной части озера, проводимая ООО Сапропель-Неро в конце 90-х прошлого столетия. Мы уже акцентировали роль добычи сапропеля в жизни водоема, рекомендовали как наиболее эффективную в улучшении жизни гидробионтов (Отчет, 2011). Хотелось завершить этот раздел словами д.б.н. М.А. Фортунатова, сказанными еще в середине XX века и сохранившим свою актуальность сегодня. “Наиболее перспективное мероприятие для повышения народно-хозяйственного использования этого водоема заключается в усилении добычи донных отложений (сапропеля) в возможно большем количестве. Чем больше его будет добываться, тем больше будет сделано для предотвращения полного отмирания озера Неро”.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работы в рамках реализации задачи 7 ведомственной целевой программы «Управление охраной окружающей среды и рациональным природопользованием в Ярославской области» на 2012-2014 годы, утвержденной приказом департамента охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области от 24.08.2011 № 41 по заказу департамента охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области от 24.08.2011 № 41н по построению регрессионных моделей состояния озера Неро и выработке рекомендаций по сохранению его экосистемы выполнены в полном объеме согласно техническому заданию 2013г.

На основании гидрометеорологических данных с 1930 по 2013гг рассчитаны коэффициенты водообмена оз.Неро по месяцам и годам. Проанализированы многолетние результаты наблюдений 1999-2013гг, проводимые на кафедре экологии и биологии ЯрГУ им. П.Г.Демидова в аспекте изменений водного режима озера. Построены регрессионные модели оценки биомассы фитопланктона от содержания хлорофилла а в сезонной динамике с высоким коэффициентом детерминации.

$$\text{Вобщ} = 0,22 \text{ Chl a}^{1,05}$$

Проведена верификация модели по результатам 2013г, получены близкие кривые. Некоторые различия в моделях, для отдельных периодов функционирования озера, сопряжены с изменением структуры фитопланктона и различием содержания хлорофилла в доминирующих таксонах. При проведении мониторинга экосистемы необходимо уточнять доминирующий комплекс и вносить поправки в соответствии с полученными результатами. Подтверждено значение индекса оптической плотности E450/E480 в прогнозе цветения сине-зелёными водорослями. Использование модели позволяет использовать более простые инструментальные методы в оценке функционирования ключевого звена первичного продуцирования органического вещества – фитопланктона.

Показана определяющая роль светового режима в конкурентном исключении фитопланктон-макрофиты. Построены регрессионные модели оценки содержания хлорофилла по прозрачности воды, измеряемой диском Секки в сезонной динамике на центральной станции в р-не Городского острова:

$$\text{Нпр} = 2,76 \text{ Chl a}^{-0,44}; (\text{R}^2 = 0,72; \text{n}=74)$$

и пространственном распределении по всей акватории в июле, в период максимального формирования макрофитового сообщества водоема:

$$\text{Chl a} = 16,5 \text{ Нпр}^{-1,7}; (\text{R}^2 = 0,93)$$

Верификация полученных моделей в сезонной динамике и в пространственном распределении в июле по изучаемым параметрам 2013г., подтвердила их высокую

прогностическую возможность. Использование данных моделей в практике, при проведении мониторинга, природохозяйственной деятельности позволит перейти от просто измеряемого параметра – прозрачности воды к ее функциональным – содержание хлорофилла и биотическим – биомасса фитопланктона показателям.

Был выполнен пошаговый регрессионный анализ по целому ряду абиотических (прозрачность воды, pH, T°, электропроводность, содержание кислорода) и биотических показателей (биомасса фитопланктона, биомассы отдельных таксонов водорослей, содержанию хлорофилла а в сестоне, общему фосфору). Определено, что на 80% ( $R^2=80,1$ ) прозрачность воды в озере Неро зависит прямо и в наибольшей мере от водообмена и обратно от концентрации хлорофилла в сестоне.

**Нпр = 0,41 – 0,48 Chl a + 0,58 Водообмен. (n=74)**

Данное уравнение имеет большое значение в отечественной и мировой практике гидробиологических исследований.

Результаты наблюдений 2013г показали, что по содержанию общего фосфора в воде озера порядок величин остается неизменным с конца 80-х прошлого столетия и составляет около 0,1 мг/л. Прозрачность воды озера в 2013г несколько повысилась относительно последних лет наблюдений и варьировала в пределах, характерных для водоема в конце 80-х, 1999-2004гг.. Это обусловлено высоким паводком и большим количеством осадков в 2013г. Ход температуры был близок к среднесезонным данным, особенностью являлась затяжная зима, короткий период “биологической весны” чуть более прохладный конец августа и сентябрь месяцы. Величины pH и содержание кислорода в воде свидетельствует о высоких скоростях фотосинтеза в течение всего вегетационного сезона. Падения насыщения воды кислородом в августе в 2013г мы не отмечали.

В 2013 г. количественные показатели развития фитопланктона вернулись к таковым 1999 - 2004гг. Количественное развитие и структура сообщества с доминированием *Aphanizomenon gracile* ранним летом, *Aulacoseira ambigua* в августе сентябре, заметным участием видов рода *Microcystis* близки к ценозам 1999-2004гг. Только в июле, пиково, проявилась картина, характерная для озера последних восьми лет наблюдений – доминирование планктотрихетового комплекса.

Содержание основного фотосинтетического пигмента фитопланктона – Chl a несколько снизились по среднесезонным значениям и остались высокими по вредневегетационным в 2013г. По содержанию хлорофилла продуктивность фитопланктона озера Неро, по-прежнему, остаётся самой высокой среди водоемов

Верхневолжского региона и Европы на переходной границе к гипертрофному состоянию.

Концентрации микроцистинов в воде оз. Неро в 2013 г. году в целом были выше таковых в 2012 г. и в двух случаях превышали порог метода измерения и составили >5 мкг/л. Подтверждено, что основными продуцентами токсинов – микроцистинов в водоеме являются виды р. *Microcystis*. Гидрологическая связь оз. Неро с Волгой через р. Векса и Которосль позволяет экстраполировать полученные результаты на весь Волжский бассейн и требует постановки вопроса о принятии мер перед организациями ответственными за качество питьевого водоснабжения г. Ярославля и других городов области с водозабором из р. Волги и её бассейна.

За период 2002-2012 гг. отмечены более низкие значения количественных показателей зоопланктона, чем в 1987-1989 гг. Только в отдельные годы (2004, 2012 гг.) численность и биомасса планктонных животных достигала величин, характерных для 1987 г. В многолетнем аспекте перестройки в структуре зоопланктона наблюдаются главным образом в летний период и связаны с изменениями вкладов двух близких трофических групп планктонных животных: всеядных популяций веслоногих раков и всеядных коловраток. Уровень воды и её прозрачность определяют структуру зоопланктона в весенний период, а температура воды и показатели фитопланктона – в летний

Несмотря на то, что в структуре зоопланктона зафиксированы изменения по сравнению с предыдущими исследованиями, в целом по показателям зоопланктона озеро Неро относится к гипертрофным водоемам. Зафиксированные в настоящее время (2002-2012 гг.) низкая численность и биомасса зоопланктона, преобладание мелкоразмерных (<1мм) видов коловраток и ракообразных указывают на небольшую ценность зоопланктона открытой части оз. Неро в качестве корма для взрослых рыб.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, выявили важнейшие механизмы функционирования водоема. Определены связи между изменением уровня озера, водообменом и коэффициентом относительной прозрачности с развитием фитопланктона и зарастаемостью макрофитами. На основе этого выработан ряд рекомендаций по регулированию уровня воды в озере Неро в зависимости от конкретных целей природопользования. Сохранение действующего в настоящее время режима на уровне 94 мБс и выше в течение практически всего года, благоприятно с позиций водопользователей, расположенных на реке Которосль (г. Гаврилов-Ям и другие поселения). Возвращение к ранее утвержденному в 1997 г. графику работы ГТС с понижением уровня до 93,5 – 93,7 мБс с конца июня до начала августа положительно

скажется на развитии туризма, рекреации, рыболовстве. Ожидаемый отклик опосредован возвратом к развитию погруженных макрофитов. Снижение летнего уровня будет способствовать ведению сельского хозяйства на прилегающих территориях, и укоренению воздушно-водных макрофитов, оторванных льдом, на мелководьях. Увеличение зарослей погруженных макрофитов окажет положительный эффект и на воспроизводство рыбы в озере. В исследованиях конца 1980-х гг. и 2002-2004 гг. кормовая база по бентосу была оценена как достаточная для имеющихся запасов рыбы, однако в настоящее время, в связи с исчезновением погруженной растительности, ее необходимо оценить заново. Как общество, так и органы власти, принимающие конкретные управленческие решения, должны четко понимать, что отдельные решения, к примеру, только регулирование работы ГТС, не могут разрешить всего комплекса проблем, связанных с озером Неро. Пытаясь решить одну, мы неизбежно будем усугублять другую проблему. Здесь необходим разумный баланс в зависимости от цели природопользования.

**Список использованной литературы к разделу III; IV; VI**

- Бабаназарова О.В. Структура фитопланктона и динамика содержания биогенных элементов в озере Неро. // Биология внутренних вод. 2003. № 1 С. 33-39
- Бабаназарова О.В., Ляшенко О.А., Лазарева В.И., Сигарёва Л.Е., Зубишина А.А., Холт Д., Смирнова С.М., Сиделев С.И., Калинина О.Е. Результаты мониторинга планктонного сообщества озера Неро. // Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ярославль, ЯрГУ, 2004. С. 88-98
- Бабаназарова О.В. Кармайер Р., Сиделев С.И., Александрина Е.М. Александрина Е.М. Сахарова Е.Г. Структура фитопланктона и содержание микроцистинов в высокоэвтрофном озере Неро. // Водные ресурсы. 2011. № 2. С. 223-231.
- 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.
- Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоёмов. Л.: Наука, 1983. 150 с.
- Елизарова В.А. Содержание фотосинтетических пигментов в единице биомассы фитопланктона Рыбинского водохранилища. Флора, фауна и микроорганизмы Волги. / Рыбинск, ИБВВ АН СССР, 1974. С. 46-66
- Елизарова В.А. Хлорофилл как показатель биомассы фитопланктона. Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоёмов. / Спб.: Гидрометеиздат, 1993. С. 126-131
- Изместьева Л.Р. Связь между биомассой фитопланктона и концентрацией хлорофилла. Экология фитопланктона Куйбышевского водохранилища. Л.: Наука, 1989. С. 199-202
- Изместьева Л.Р., Паутова В.Н. Биомасса водорослей и содержание хлорофилла "а". Первичная продукция в Братском водохранилище. / М.: Наука, 1983. С. 138-141
- Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. / Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, РАН, 2007. 395 с.
- Коновалова Г.В. «Красные приливы» в морях (некоторые итоги изучения проблемы) Альгология. 1992. Т.2. №3. С. 96-102.
- Коновалова Г.В. «Красные приливы» и «цветение» воды в Дальневосточных морях России и прилегающих акваториях Тихого океана // Биология моря. 1999. Т. 25. №4. С. 263-273
- Ляшенко О.А. Растительные пигменты как показатели биомассы фитопланктона в мелководном эвтрофном озере. // Проблемы региональной экологии. 2004. №5. С. 6-14
- Мельников В. Трудная судьба озера Неро. Полемические заметки. Наш современник, 1979, 12, 101-140с.

- Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ. М.: Наука, 2004. 156 с.
- Михеева Т.М. Оценка продукционных возможностей единицы биомассы фитопланктона. Биологическая продуктивность эвтрофного озера. М.: Наука, 1970. С. 50-70
- Отчет о научно-исследовательской работе «Оценка современного состояния озера Неро в Ростовском муниципальном округе Ярославской области», 2011. 103 с.
- Отчет о научно-исследовательской работе «Изучение гидрохимических и гидробиологических особенностей озера Неро», 2012. 82с.
- Сиделев С.И., Бабаназарова О.В. Зависимость сезонной динамики хлорофилла “а” от некоторых факторов водной среды в северной части озера Неро. // Современные проблемы биологии, экологии, химии. Ярославль, ЯрГУ, 2005. С. 137-142
- Сиделев С.И., Бабаназарова О.В. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона высокоэвтрофного озера // Журнал Сибирского федерального университета. Биология, 2008. № 2. С. 153-168.
- Современное состояние экосистемы озера Неро / Рыбинск, ИБВВ АН СССР, 1991. 176 с.
- Состояние экосистемы озера Неро в начале XXI века. / М.: Наука, 2008. 406 с.
- Трифонова И.С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озёр Карельского перешейка. / Л.: Наука, 1979. 168 с.
- Трифонова И.С., Десортова Б. Хлорофилл как мера биомассы фитопланктона в водоёмах разного типа. / Гидробиологические процессы в водоёмах. Л.: Наука, 1983. С. 58-80
- Babanazarova O.V., Lyashenko O.A. Inferring long-term changes in the physical-chemical environment of the shallow, enriched lake Nero from statistical and functional analyses of its phytoplankton. // J. Plankton Res. 2007. № 9. P. 747-756
- Canfield D.E.Jr., Linda SB., Hodgson L.M. Chlorophyll-biomass-nutrient relationships for natural assemblages of Florida phytoplankton. // J. AWRA. 1985. № 3 P. 381-391
- Desortova B. Relationship between chlorophyll-a concentration and phytoplankton biomass in several reservoirs in Czechoslovakia. // Int. Revue ges. Hydrobiol. 1981. № 2. P. 153-169
- Felip M., Catalan J. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. // J. Plankton Res. 2000. № 1. P. 91-106
- Granberg K., Harjula H. On the relation of chlorophyll-a to phytoplankton biomass in some Finnish freshwater lakes. // Arch. Hydrobiol. Beih. 1982. №16. P. 63-75

- Hallegraeff G.M. A comparison of different methods used for the quantitative evaluation of biomass of freshwater phytoplankton. // *Hydrobiologia*. 1977. №55. P. 145-165
- Javornicky P. The relationship between productivity and biomass of phytoplankton in some oligotrophic waterbodies in the German Democratic Republic. // *Limnologica* 1974. № 9. P. 181-195
- Honkanen R.E. et al. Characterization of microcystin-LR, a potent inhibitor of type 1 and type 2a protein phosphatases. // *Journal of biological chemistry*, 1990 265:19401-19404. Kalchev R.K., Beshkova M.B., Boumbarova C.S., Tsvetkova R.L., Sais D. Some allometric and non-allometric relationship between chlorophyll-a and abundance variables of phytoplankton. // *Hydrobiologia*. 1996. № 341. P. 235-245
- Mez K., Beattie K.A., Codd G.A. et al. Identification of a microcystin in benthic cyanobacteria linked to cattle deaths on alpine pastures in Switzerland // *Eur. J. Phycol.* 1997. Vol. 32. P. 111-117.
- Nicholls K.H., Dillon P.J. An evaluation of phosphorus-chlorophyll-phytoplankton relationships for lakes. // *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 1978. № 2. P. 141-154
- Riemann B., Simonsen P., Stensgaard L. The carbon and chlorophyll content of phytoplankton from various nutrient regimes. // *J. Plankton Res.* 1989. № 5. P. 1037-1045
- Sivonen K., Jones G. Cyanobacterial toxins. Toxic cyanobacteria in water – a guide to their public health consequences, monitoring and management. – London: E. & F.N. Spon, 1999. – P. 41–111.
- Tolstoy A. Chlorophyll a in relation to phytoplankton volume in some Swedish lakes. // *Arch. Hydrobiol.* 1979. № 2. P. 133-151
- Voros L., Padisak J. Phytoplankton biomass and chlorophyll-a in some shallow lakes in central Europe. // *Hydrobiologia*. 1991. № 215. P. 111-119

## Протоколы результатов анализов на содержание общего фосфора оз. Неро 2013г.

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ «СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «ЯрТЕСТ»  
 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБЪЕКТОВ  
 ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (АИЦ ОХТОС)  
 Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510956 действителен до 21 октября 2016 г.  
 150040, г. Ярославль, ГСП, пр. Октября, 88, тел. (4852) 275556, 275688, 275608, тел./ факс (4852) 575224, e-mail: yar-test1@mail.yar.ru

### ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КХА ПРОБ ПРИРОДНЫХ ВОД

дата выдачи «20» 05 2013 г.

рег. № 7/58-1 от 16.05.2013  
 количество экземпляров 3  
 лист 1 листов 1

Наименование предприятия-заказчика: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (ЯрГУ)

Адрес предприятия-заказчика: 150000, г. Ярославль, ул. Советская, 14

Пробы предоставлены представителем Заказчика

Дата поступления проб: 15.05.2013

Дата анализа: 15.05.2013

Договор № 7/31-13

Сведения об использованных средствах измерений: в соответствии с Паспортом АИЦ ОХТОС АНО ЦС «ЯрТЕСТ»

Погрешности результатов КХА соответствуют установленным в нормативной документации, включённой в Паспорт АИЦ ОХТОС

№ п/п	Наименование определяемого показателя	Результат количественного химического анализа, мг/дм <sup>3</sup>										НД на методику измерений
		поверхностная вода озера Неро										
		станция 1	станция 2	станция 3	станция 5	станция 8	станция 9	станция 10	станция 11	станция 12	станция 15	
1.	Фосфор общий	0,080	0,13	0,080	0,12	0,085	0,033	0,13	0,10	0,036	0,080	РД 52.24.387-2006

Руководитель АИЦ ОХТОС к.х.н., с.н.с.  Е.А. Сапунов

Частичная перепечатка или копирование протокола без разрешения АИЦ ОХТОС запрещены



**АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ**  
**«СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «ЯрТЕСТ»**  
**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБЪЕКТОВ**  
**ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (АИЦ ОХТОС)**  
 Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510956 действителен до 21 октября 2016 г.  
 150040, г. Ярославль, ГСП, пр. Октября, 88, тел. (4852) 275556, 275688, 275608, тел./ факс (4852) 575224,  
 e-mail: yar-test1@mail.yar.ru

### ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КХА ПРОБ ПРИРОДНЫХ ВОД

дата выдачи «11» 06 2013 г.

рег. № 7/81 от 17.06.2013  
 количество экземпляров 3  
 лист 1 листов 1

Наименование предприятия-заказчика: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (ЯрГУ)

Адрес предприятия-заказчика: 150000, г. Ярославль, ул. Советская, 14

Пробы предоставлены представителем Заказчика

Дата поступления проб: 14.06.2013

Договор № 7/31-13

Сведения об использованных средствах измерений: в соответствии с Паспортом АИЦ ОХТОС АНО СЦ «ЯрТЕСТ»

Погрешности результатов КХА соответствуют установленным в нормативной документации, включённой в Паспорт АИЦ ОХТОС

№ п/п	Наименование определяемого показателя	Результат количественного химического анализа, мг/дм <sup>3</sup>			НД на методику измерений
		<i>поверхностная вода озера Неро</i>			
		<i>станция 3</i>	<i>станция 5</i>	<i>станция 8</i>	
1.	Фосфор общий	0,117	0,095	0,326	РД 52.24.387-2006

Руководитель АИЦ ОХТОС к.х.н., с.н.с.  Е.А. Сапунов

Частичная перепечатка или копирование протокола без разрешения АИЦ ОХТОС запрещены



АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ «СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «ЯрТЕСТ»  
 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБЪЕКТОВ  
 ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (АИЦ ОХТОС)  
 Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510956 действителен до 21 октября 2016 г.  
 150040, г. Ярославль, ГСП, пр. Октября, 88, тел. (4852) 275556, 275688, 275608, тел./ факс (4852) 575224, e-mail: yar-test1@mail.yar.ru

ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КХА ПРОБ ПРИРОДНЫХ ВОД

дата выдачи « 19 » 07 2013 г.

рег. № 7/96 от 15.07.2013  
 количество экземпляров 3  
 лист 1 листов 1

Наименование предприятия-заказчика: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (ЯрГУ)

Адрес предприятия-заказчика: 150000, г. Ярославль, ул. Советская, 14

Пробы предоставлены представителем Заказчика

Дата поступления проб: 11.07.2013

Дата анализа: 11.07.2013

Договор № 7/31-13

Сведения об использованных средствах измерений: в соответствии с Паспортом АИЦ ОХТОС АНО СЦ «ЯрТЕСТ»

Погрешности результатов КХА соответствуют установленным в нормативной документации, включённой в Паспорт АИЦ ОХТОС

№ п/п	Наименование определяемого показателя	Результат количественного химического анализа, мг/дм <sup>3</sup>										НД на методику измерений
		<i>поверхностная вода озера Неро</i>										
		<i>станция 1</i>	<i>станция 2</i>	<i>станция 3</i>	<i>станция 5</i>	<i>станция 8</i>	<i>станция 9</i>	<i>станция 10</i>	<i>станция 11</i>	<i>станция 12</i>	<i>станция 15</i>	
1.	Фосфор общий	0,129	0,085	0,112	0,116	0,204	0,182	0,129	0,147	0,091	0,091	РД 52.24.387-2006

Руководитель АИЦ ОХТОС к.х.н., с.н.с.  Е.А. Сапунов

Частичная перепечатка или копирование протокола без разрешения АИЦ ОХТОС запрещены



**АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «ЯрТЕСТ»  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБЪЕКТОВ  
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (АИЦ ОХТОС)**

Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510956 действителен до 21 октября 2016 г.  
150040, г. Ярославль, ГСП, пр. Октября, 88, тел. (4852) 275556, 275688, 275608, тел./ факс (4852) 575224  
e-mail: yar-test1@mail.yar.ru

**ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КХА ПРОБ ПРИРОДНЫХ ВОД**

дата выдачи «22» 08 2013 г.

рег. № 7/121 от 19.08.2013  
количество экземпляров 3  
лист 1 листов 1

Наименование предприятия-заказчика: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (ЯрГУ)

Адрес предприятия-заказчика: 150000, г. Ярославль, ул. Советская, 14

Пробы предоставлены представителем Заказчика

Дата поступления проб: 15.08.2013

Договор № 7/31-13

Сведения об использованных средствах измерений: в соответствии с Паспортом АИЦ ОХТОС АНО СЦ «ЯрТЕСТ»

Погрешности результатов КХА соответствуют установленным в нормативной документации, включённой в Паспорт АИЦ ОХТОС

№ п/п	Наименование определяемого показателя	Результат количественного химического анализа, мг/дм <sup>3</sup>			НД на методику измерений
		<i>поверхностная вода озера Неро</i>			
		<i>станция 3</i>	<i>станция 5</i>	<i>станция 8</i>	
1.	Фосфор общий	0,143	0,147	0,226	РД 52.24.387-2006

Руководитель АИЦ ОХТОС к.х.н., с.н.с.  Е.А. Сапунов

Частичная перепечатка или копирование протокола без разрешения АИЦ ОХТОС запрещены



АВТНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ «СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «ЯрТЕСТ»  
 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБЪЕКТОВ  
 ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (АИЦ ОХТОС)  
 Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510956 действителен до 21 октября 2016 г.  
 150040, г. Ярославль, ГСП, пр. Октября, 88, тел. (4852) 275556, 275688, 275608, тел./ факс (4852) 575224, e-mail: yar-test1@mail.yar.ru

ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КХА ПРОБ ПРИРОДНЫХ ВОД

дата выдачи «10» 09 2013 г.

рег. № 7/130 от 13.09.2013  
 количество экземпляров 3  
 лист 1 листов 1

Наименование предприятия-заказчика: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова» (ЯрГУ)

Адрес предприятия-заказчика: 150000, г. Ярославль, ул. Советская, 14

Пробы предоставлены представителем Заказчика

Дата поступления проб: 11.09.2013

Дата анализа: 11.09.2013

Договор № 7/31-13

Сведения об использованных средствах измерений: в соответствии с Паспортом АИЦ ОХТОС АНО ЦЦ «ЯрТЕСТ»

Погрешности результатов КХА соответствуют установленным в нормативной документации, включённой в Паспорт АИЦ ОХТОС

№ п/п	Наименование определяемого показателя	Результат количественного химического анализа, мг/дм <sup>3</sup>										НД на методику измерений
		<i>поверхностная вода озера Неро</i>										
		<i>станция 1</i>	<i>станция 2</i>	<i>станция 3</i>	<i>станция 5</i>	<i>станция 8</i>	<i>станция 9</i>	<i>станция 10</i>	<i>станция 11</i>	<i>станция 12</i>	<i>станция 15</i>	
1.	Фосфор общий	0,095	0,117	0,124	0,156	0,121	0,108	0,104	0,095	0,120	0,121	РД 52.24.387-2006

Руководитель АИЦ ОХТОС к.х.н., с.н.с.  Е.А.Сапунов

Частичная перепечатка или копирование протокола без разрешения АИЦ ОХТОС запрещены



АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
 «СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «ЯрТЕСТ»  
 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОБЪЕКТОВ  
 ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (АИЦ ОХТОС)  
 Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510956 действителен до 21 октября 2016 г.  
 150040, г. Ярославль, ГСП, пр. Октября, 88, тел. (4852) 275556, 275688, 275608, тел./ факс (4852) 575224  
 e-mail: yar-test1@mail.yar.ru

### ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КХА ПРОБ ПРИРОДНЫХ ВОД

дата выдачи «11» 10 2013 г.

рег. № 7/157 от 18.10.2013  
 количество экземпляров 3  
 лист 1 листов 1

Наименование предприятия-заказчика: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова» (ЯрГУ)

Адрес предприятия-заказчика: 150000, г. Ярославль, ул. Советская, 14

Пробы предоставлены представителем Заказчика

Дата поступления проб: 17.10.2013

Дата анализа: 17.10.2013

Договор № 7/31-13

Сведения об использованных средствах измерений: в соответствии с Паспортом АИЦ ОХТОС АНО СЦ «ЯрТЕСТ»

Погрешности результатов КХА соответствуют установленным в нормативной документации, включённой в Паспорт АИЦ ОХТОС

№ п/п	Наименование определяемого показателя	Результат количественного химического анализа, мг/дм <sup>3</sup>			НД на методику измерений
		<i>поверхностная вода озера Неро</i>			
		<i>станция 3</i>	<i>станция 5</i>	<i>станция 8</i>	
1.	Фосфор общий	0,121	0,121	0,124	РД 52.24.387-2006

Руководитель АИЦ ОХТОС к.х.н., с.п.с.  Е.А.Сапунов

Частичная перепечатка или копирование протокола без разрешения АИЦ ОХТОС запрещены



## Приложение 2

## Данные по уровню воды, стоку р. Сары и осадкам в г. Ростове 2013г

**Ярославский центр**  
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей  
среды

Начальнику  
Управления научных  
исследований и инноваций  
А.Л. Мазалецкой

- а. Филиал Федерального  
государственного
- б. бюджетного учреждения  
«Центральное управление по гидрометеорологии и  
мониторингу окружающей среды»

**(Ярославский ЦГМС – филиал ФГБУ  
«Центральное УГМС»)**

150000 г. Ярославль ул. Кирова д. 5/23  
Тел. (4852) 72 – 87 – 88, Факс (4852) 30 – 30 – 93  
E-mail: [yacgms@mail.ru](mailto:yacgms@mail.ru)

16.10.2013 г. № 16/67

Отметка нуля графика водомерного поста оз. Неро – г. Ростов равна 92.72 м  
БС.

Среднемесячный уровень воды оз. Неро – г. Ростов, см.

Год	Месяц												Средний уровень за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2013	<b>179</b>	<b>165</b>	<b>154</b>	<b>210</b>	<b>257</b>	<b>187</b>	<b>144</b>	<b>129</b>	<b>126</b>				

Средний расход воды  
р. Сара – пгт. Петровское

Год	Месяц												Средний расход за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2013	<b>2.63</b>	<b>2.39</b>	<b>2.01</b>	<b>18.7</b>	<b>7.09</b>	<b>2.31</b>	<b>2.25</b>						

Уровень воды на 8-00час. оз. Неро – г. Ростов, см.

Год 2013	Число/месяц						
	14.03	6.05	6.06	4.07	8.08	4.09	9.10
Уровень	154	288	207	150	132	121	149

Среднее количество осадков  
по данным метеостанции – г. Ростов

Год	Месяц												Среднее значение за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2013	<b>34.8</b>	<b>34.5</b>	<b>73.6</b>	<b>28.3</b>	<b>51.5</b>	<b>30.2</b>	<b>27.3</b>	<b>45.0</b>	<b>83.4</b>				

*Начальник Ярославского ЦГМС*

*Л.В. Задворнова*

72-91-89 Виноградова

## Приложение 3

Количественные показатели развития фитопланктона в оз. Неро в 2013г по ст. 3.

Дата	вид	N тыс.кл/л	B мг/л	% от N	% от B
21.03.2013	<i>Oscillatoria redekei</i> Van Goor	33,18	0,00	33,39	11,99
21.03.2013	<i>Oscillatoria limnetica</i> f.brevis Nyg.	12,20	0,00	12,28	3,31
21.03.2013	всего	45,38	0,00	45,67	15,30
21.03.2013	<i>Synura</i> sp.	2,21	0,00	2,23	35,97
21.03.2013	всего	2,21	0,00	2,23	35,97
21.03.2013	<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	51,77	0,00	52,10	48,72
21.03.2013	всего	51,77	0,00	52,10	48,72
21.03.2013	общий фитопланктон	99,36	0,01	100,00	100,00
дата	вид	N тыс.кл/л	B мг/л	% от N	% от B
13.06.2012	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.	5270,72	0,13	6,83	0,71
13.05.2013	<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm.	9412,00	0,15	12,20	0,79
13.05.2013	<i>Lyngbya</i> sp.	31341,96	0,04	40,63	0,20
13.05.2013	<i>Merismopedia</i> sp.	2258,88	0,00	2,93	0,02
13.05.2013	всего	48283,56	0,32	62,60	1,71
13.05.2013	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim.	235,30	0,45	0,31	2,39
13.05.2013	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.	156,87	0,12	0,20	0,66
13.05.2013	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	1317,68	1,13	1,71	6,03
13.05.2013	<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kutz.) Cleve et Moller	8000,20	2,39	10,37	12,76
13.05.2013	<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kutz.) Cleve et Moller	15153,32	10,08	19,65	53,75
13.05.2013	<i>Nitzschia palea</i>	70,59	0,01	0,09	0,06
13.05.2013	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsh. var. <i>gracilis</i>	23,53	0,01	0,03	0,04
13.05.2013	<i>Synedra acus</i> Kütz. var. <i>acus</i>	70,59	0,15	0,09	0,78
13.05.2013	<i>Synedra ulna</i> var. <i>ulna</i>	117,65	0,69	0,15	3,66
13.05.2013	<i>Synedra berlinensis</i> Lemm.	941,20	0,21	1,22	1,13
13.05.2013	<i>Nitzschia sublinearis</i> Hust	47,06	0,16	0,06	0,84
13.05.2013	<i>Asterionella formosa</i> Hass.	37,65	0,04	0,05	0,19
13.05.2013	всего	26171,63	15,43	33,93	82,29
13.05.2013	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	78,43	1,33	0,10	7,07
13.05.2013	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.	23,53	0,00	0,03	0,02
13.05.2013	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	188,24	0,01	0,24	0,07
13.05.2013	<i>Koliella longiseta</i>	70,59	0,01	0,09	0,03
13.05.2013	<i>Koliella</i> sp.	94,12	0,03	0,12	0,14
13.05.2013	<i>Micractinium pusillum</i>	219,61	0,08	0,28	0,45
13.05.2013	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schroed.) Lemm.	94,12	0,01	0,12	0,03
13.05.2013	<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.	235,30	0,11	0,31	0,58
13.05.2013	<i>Scenedesmus</i> sp.	188,24	0,02	0,24	0,08
13.05.2013	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richt. var. <i>opoliensis</i>	188,24	0,04	0,24	0,23
13.05.2013	<i>Scenedesmus spinosus</i> Chod.	141,18	0,01	0,18	0,03
13.05.2013	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerg.) Chod. var. <i>acuminatus</i>	94,12	0,04	0,12	0,20
13.05.2013	<i>Scenedesmus gutwinskii</i> Chod. var. <i>gutwinskii</i>	47,06	0,01	0,06	0,04
13.05.2013	<i>Tetrademus major</i>	94,12	0,05	0,12	0,25
13.05.2013	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerg. var. <i>hantzschii</i>	94,12	0,01	0,12	0,03
13.05.2013	<i>Chlamydomonas kvildensis</i> Ettl	324,71	0,37	0,42	1,99
13.05.2013	<i>Chlamydomonas</i> sp.	23,53	0,02	0,03	0,11
13.05.2013	<i>Chlorococcum</i> sp.	235,30	0,21	0,31	1,14

13.05.2013	cyst	23,53	0,10	0,03	0,53
13.05.2013	zoospora	94,12	0,01	0,12	0,06
13.05.2013	всего	2552,22	2,45	3,31	13,09
13.05.2013	<i>Phacus pyrum</i> (Ehr.) Sein.	35,30	0,05	0,05	0,25
13.05.2013	<i>Trachelomonas oblonga</i>	11,77	0,01	0,02	0,04
13.05.2013	всего	47,06	0,05	0,06	0,29
13.05.2013	<i>Cryptomonas</i> sp.	70,59	0,49	0,09	2,60
13.05.2013	<i>Chroomonas caudata</i>	9,41	0,00	0,01	0,02
13.05.2013	всего	80,00	0,49	0,10	2,62
13.05.2013	общий фитопланктон	77134,48	18,75	100,00	100,00
Дата	вид	N тыс.кл/л	B мг/л	% от N	% от B
13.06.2013	<i>Oscillatoria redekei</i> Van Goor	63531,00	1,60	12,25	9,00
13.06.2013	<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.	17647,50	1,33	3,40	7,50
13.06.2013	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.	66589,90	1,67	12,84	9,44
13.06.2013	<i>Lyngbya</i> sp.	1176,50	0,01	0,23	0,06
13.06.2013	<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm.	51766,00	0,37	9,98	2,06
13.06.2013	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S.West	5882,50	0,00	1,13	0,02
13.06.2013	<i>Aphanothece</i> sp.	117650,00	0,12	22,68	0,69
13.06.2013	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutzing	441,19	0,03	0,09	0,16
13.06.2013	<i>Microcystis smithii</i> Komarek et Anagnostidis	1470,63	0,02	0,28	0,12
13.06.2013	<i>Microcystis novacekii</i> (J.Komarek) Compere	735,31	0,03	0,14	0,16
13.06.2013	<i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner	367,66	0,00	0,07	0,01
13.06.2013	<i>Microcystis wesenbergii</i> Komarek in Kondrateva	6164,86	0,21	1,19	1,17
13.06.2013	cf <i>Microcystis</i> (plate)	8,82	0,00	0,00	0,00
13.06.2013	<i>Coeloshphaerium punctiferum</i>	61178,00	0,03	11,79	0,18
13.06.2013	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	235,30	0,03	0,05	0,15
13.06.2013	<i>Anabaena flos-aquae</i>	1176,50	0,18	0,23	1,02
13.06.2013	<i>Anabaena sphaerica</i> f. <i>conoidea</i>	8235,50	0,93	1,59	5,25
13.06.2013	<i>Anabaena scheremetievi</i>	988,26	0,18	0,19	1,00
13.06.2013	<i>Aphanizomenon gracile</i> (Lemm.)Lemm.	86119,80	5,80	16,60	32,71
13.06.2013	<i>Aphanizomenon issatschenkoj</i> (Issatch.) Pr.–Lavr.	8823,75	0,44	1,70	2,46
13.06.2013	<i>Aphanizomenon flexuozum</i> Kom et Kov.	347,07	0,02	0,07	0,13
13.06.2013	<i>Gloeocapsa minutulus</i> (Kutz)Hollerbach in Elenkiy	1411,80	0,03	0,27	0,15
13.06.2013	<i>Gloeocapsa magma</i>	1411,80	0,11	0,27	0,63
13.06.2013	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	205,89	0,00	0,04	0,03
13.06.2013	всего	503565,53	13,13	97,08	74,10
13.06.2013	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	235,30	0,02	0,05	0,13
13.06.2013	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh. var <i>boryanum</i>	294,13	0,07	0,06	0,38
13.06.2013	<i>Pediastrum simplex</i>	94,12	0,04	0,02	0,20
13.06.2013	<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.	58,83	0,02	0,01	0,08
13.06.2013	<i>Tetraedron incus</i>	117,65	0,01	0,02	0,07
13.06.2013	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerg.	470,60	0,07	0,09	0,40
13.06.2013	<i>Coelastrum astroideum</i> De-Not	94,12	0,00	0,02	0,03
13.06.2013	<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.	941,20	0,28	0,18	1,60
13.06.2013	<i>Scenedesmus falcatus</i> Chod.	235,30	0,05	0,05	0,26
13.06.2013	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	470,60	0,24	0,09	1,35
13.06.2013	<i>Scenedesmus</i> sp.	235,30	0,01	0,05	0,07
13.06.2013	<i>Scenedesmus spinosus</i> Chod.	470,60	0,02	0,09	0,10
13.06.2013	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richt. var. <i>opoliensis</i>	5647,20	1,07	1,09	6,06
13.06.2013	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	352,95	0,03	0,07	0,18
13.06.2013	<i>Koliella longiseta</i> (Visch.) Hind.	58,83	0,01	0,01	0,08
13.06.2013	<i>Staurostrum paradoxum</i> var. <i>parvum</i> W.West	3,92	0,02	0,00	0,12

13.06.2013	Schroederia setigera (Shroed.)Lemm.	29,41	0,00	0,01	0,03
13.06.2013	Closterium acutum (Lyngb.)Breb. Var.acutum	2,94	0,00	0,00	0,01
13.06.2013	Cosmarium sp.	2,94	0,02	0,00	0,13
13.06.2013	всего	9815,93	2,00	1,89	11,26
13.06.2013	Aulacoseira ambigua (Grun.) Sim.	1264,74	0,52	0,24	2,94
13.06.2013	Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim.	235,30	0,27	0,05	1,53
13.06.2013	Nitzschia gracilis	176,48	0,10	0,03	0,56
13.06.2013	Nitzschia acicularis (Kutz.) W.Sm.	176,48	0,09	0,03	0,49
13.06.2013	Nitzschia sublinearis Hust.	58,83	0,03	0,01	0,16
13.06.2013	Nitzschia sp.	58,83	0,03	0,01	0,16
13.06.2013	Stephanodiscus hantzschii Grun.	117,65	0,02	0,02	0,11
13.06.2013	Stephanodiscus minutulus (Kutz.) Cleve et Moller	117,65	0,08	0,02	0,44
13.06.2013	Synedra acus Kütz. var. acus	35,30	0,07	0,01	0,38
13.06.2013	Synedra berlinensis (Ehr.) Grun.	2235,35	0,67	0,43	3,80
13.06.2013	Fragilaria construens f. binodis (Ehr.) Hust.	58,83	0,03	0,01	0,20
13.06.2013	Surirella biseriata Bréb	1,47	0,03	0,00	0,16
13.06.2013	всего	4536,88	1,94	0,87	10,94
13.06.2013	Mallomonas tonsurata.	5,88	0,02	0,00	0,10
13.06.2013	Chrysococcus biporus Skuja	705,90	0,01	0,14	0,08
13.06.2013	Dinobryon sp.	29,41	0,00	0,01	0,02
13.06.2013	всего	741,20	0,03	0,14	0,19
13.06.2013	Phacus arnoldii	5,88	0,01	0,00	0,06
13.06.2013	Trachelomonas hispida (Perty) Stein emend. Defl.	2,94	0,01	0,00	0,05
13.06.2013	Euglena sp.	5,88	0,02	0,00	0,13
13.06.2013	всего	14,71	0,04	0,00	0,24
13.06.2013	Dinosphaera palustris	44,12	0,58	0,01	3,27
13.06.2013	всего	44,12	0,58	0,01	3,27
				0,00	0,00
				0,00	0,00
13.06.2013	общий фитопланктон	518718,36	17,72	100,00	100,00
Дата	вид	N тыс.кл/л	B мг/л	% от N	% от B
11.07.2013	Oscillatoria redekei Van Goor	2414,18	0,06	0,43	0,39
11.07.2013	Oscillatoria agardhii Gom.	21092,29	1,59	3,76	10,27
11.07.2013	Oscillatoria limnetica Lemm.	349420,50	8,78	62,35	56,70
11.07.2013	Lyngbya sp.	1270,62	0,01	0,23	0,08
11.07.2013	Lyngbya limnetica Lemm.	136718,71	0,97	24,40	6,24
11.07.2013	Aphanocapsa delicatissima W. et G.S.West	3176,55	0,00	0,57	0,01
11.07.2013	Microcystis aeruginosa Kutzing	3176,55	0,21	0,57	1,34
11.07.2013	Microcystis smithii Komarek et Anagnostidis	1588,28	0,02	0,28	0,14
11.07.2013	Microcystis novacekii (J.Komarek) Compere	2271,23	0,09	0,41	0,57
11.07.2013	Microcystis wesenbergii Komarek in Kondrateva	7623,72	0,26	1,36	1,65
11.07.2013	cfMicrocystis (plate)	95,30	0,00	0,02	0,01
11.07.2013	Coeloshphaerium punctiferum	10164,96	0,01	1,81	0,03
11.07.2013	Anabaenopsis elenkinii	540,01	0,10	0,10	0,66
11.07.2013	Anabaena sphaerica f. conoidea	2922,43	0,33	0,52	2,13
11.07.2013	Anabaena scheremetievi	536,84	0,10	0,10	0,62
11.07.2013	Aphanizomenon gracile (Lemm.)Lemm.	4002,45	0,27	0,71	1,74
11.07.2013	Aphanizomenon issatschenkoj (Issatch.) Pr.–Lavr.	5304,84	0,26	0,95	1,69
11.07.2013	Gloeocapsa magma	508,25	0,04	0,09	0,26
11.07.2013	Cyanophyta sp	79,41	0,00	0,01	0,00
11.07.2013	всего	552907,12	13,09	98,67	84,55
11.07.2013	Monoraphidium contortum (Thur.) Kom.-Legn.	63,53	0,01	0,01	0,04
11.07.2013	Monoraphidium minutum (Näg.)	31,77	0,01	0,01	0,07

11.07.2013	Pediastrum duplex Meyen var.duplex	317,66	0,17	0,06	1,08
11.07.2013	Pediastrum simplex	254,12	0,10	0,05	0,62
11.07.2013	Tetraedron minimum (A. Br.) Hansg.	63,53	0,02	0,01	0,11
11.07.2013	Tetraedron incus	127,06	0,01	0,02	0,08
11.07.2013	Actinastrum hantzschii Lagerg.	254,12	0,04	0,05	0,25
11.07.2013	Coelastrum astroideum De-Not	12,71	0,00	0,00	0,02
11.07.2013	Scenedesmus communis Hegew.	127,06	0,16	0,02	1,03
11.07.2013	Scenedesmus falcatus Chod.	127,06	0,02	0,02	0,16
11.07.2013	Scenedesmus acuminatus	254,12	0,04	0,05	0,27
11.07.2013	Scenedesmus sp.	762,37	0,04	0,14	0,25
11.07.2013	Scenedesmus spinosus Chod.	127,06	0,00	0,02	0,03
11.07.2013	Scenedesmus opoliensis P. Richt. var. opoliensis	2287,12	0,44	0,41	2,81
11.07.2013	Dictyosphaerium pulchellum Wood	317,66	0,03	0,06	0,19
11.07.2013	Binuclearia lauterbornii (Schimidle) Pr.-Lavr.	76,24	0,06	0,01	0,39
11.07.2013	Staurastrum paradoxum var. parvum W.West	12,71	0,08	0,00	0,52
11.07.2013	Staurastrum sp.	12,71	0,07	0,00	0,43
11.07.2013	Micractinium pusillum	127,06	0,02	0,02	0,12
11.07.2013	Closterium acutum (Lyngb.)Breb. Var.acutum	31,77	0,02	0,01	0,14
11.07.2013	Franceia tenuispina Korschik	190,59	0,05	0,03	0,33
11.07.2013	Franceia tenuispina Korschik	190,59	0,34	0,03	2,17
11.07.2013	Oocystis lacustris Chod.	63,53	0,02	0,01	0,13
11.07.2013	Chlorophyta sp.	25,41	0,01	0,00	0,08
11.07.2013	всего	5857,56	1,75	1,05	11,30
11.07.2013	Aulacoseira ambigua (Grun.) Sim.	1048,26	0,85	0,19	5,47
11.07.2013	Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim.	254,12	0,10	0,05	0,64
11.07.2013	Nitzschia gracilis	63,53	0,03	0,01	0,20
11.07.2013	Nitzschia acicularis (Kutz.) W.Sm.	15,88	0,01	0,00	0,05
11.07.2013	Amphora sp.	31,77	0,01	0,01	0,05
11.07.2013	Synedra berlinensis (Ehr.) Grun.	381,19	0,11	0,07	0,74
11.07.2013	Fragilaria construens f. binodis (Ehr.) Hust.	730,61	0,43	0,13	2,78
11.07.2013	всего	2525,36	1,54	0,45	9,93
11.07.2013	Mallomonas tonsurata.	3,18	0,01	0,00	0,06
11.07.2013	Chrysococcus biporus Skuja	3430,67	0,06	0,61	0,42
11.07.2013	Chrysophyta sp.	1143,56	0,05	0,20	0,31
11.07.2013	всего	4577,41	0,12	0,82	0,79
11.07.2013	Monomorphina pyrum	63,53	0,26	0,01	1,68
11.07.2013	Trachelomonas hispida (Perty) Stein emend. Defl.	15,88	0,05	0,00	0,30
11.07.2013	Euglena sp.	6,35	0,02	0,00	0,15
11.07.2013	Euglena pisciformis	12,71	0,01	0,00	0,07
11.07.2013	всего	85,77	0,33	0,02	2,14
11.07.2013	Peridinium aciculiferum	21,18	0,11	0,00	0,70
11.07.2013	Dinosphaera palustris	6,35	0,08	0,00	0,54
11.07.2013	всего	27,53	0,19	0,00	1,23
11.07.2013	Cryptomonas sp.	31,77	0,06	0,01	0,41
11.07.2013	Cryptomonas marssonii Skuja	31,77	0,01	0,01	0,06
11.07.2013	Cryptomonas lucens	31,77	0,01	0,01	0,05
	всего	95,30	0,08	0,02	0,52
	общий фитопланктон	563550,68	15,56	100,57	100,53
15.08.2013	Oscillatoria redekei Van Goor	8470,80	0,21	1,55	1,13
15.08.2013	Oscillatoria agardhii Gom.	9741,42	0,73	1,78	3,91
15.08.2013	Oscillatoria limnetica Lemm.	44048,16	1,11	8,04	5,89
15.08.2013	Lyngbya limnetica Lemm.	152474,40	1,44	27,82	7,65
15.08.2013	Lyngbya sp.	50824,80	0,32	9,27	1,70

15.08.2013	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutzing	10906,16	0,71	1,99	3,80
15.08.2013	<i>Microcystis novacekii</i> (J.Komarek) Compere	10588,50	0,41	1,93	2,19
15.08.2013	<i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner	5294,25	0,02	0,97	0,12
15.08.2013	<i>Microcystis wesenbergii</i> Komarek in Kondrateva	12917,97	0,43	2,36	2,31
15.08.2013	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S.West	169416,00	0,09	30,91	0,47
15.08.2013	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	1482,39	0,17	0,27	0,89
15.08.2013	<i>Anabaena sphaerica</i> f. <i>conoidea</i>	5294,25	0,60	0,97	3,19
15.08.2013	<i>Anabaena scheremetievi</i>	338,83	0,06	0,06	0,32
15.08.2013	<i>Aphanizomenon gracile</i> (Lemm.)Lemm.	14823,90	1,00	2,70	5,32
15.08.2013	<i>Aphanizomenon issatschenkoj</i> (Issatch.) Pr.–Lavr.	9953,19	0,49	1,82	2,62
15.08.2013	Cyanophyta sp.	2117,70	0,02	0,39	0,09
15.08.2013	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	4235,40	0,10	0,77	0,53
15.08.2013	bcero	512928,12	7,91	93,59	42,15
15.08.2013	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	423,54	0,01	0,08	0,07
15.08.2013	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh. var <i>boryanum</i>	2258,88	0,51	0,41	2,72
15.08.2013	<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.	42,35	0,01	0,01	0,06
15.08.2013	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb. sensu Chod.	1694,16	0,27	0,31	1,42
15.08.2013	<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.	1976,52	0,60	0,36	3,17
15.08.2013	<i>Scenedesmus</i> sp.	423,54	0,02	0,08	0,11
15.08.2013	<i>Scenedesmus spinosus</i> Chod.	423,54	0,02	0,08	0,09
15.08.2013	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richt. var. <i>opoliensis</i>	13553,28	2,58	2,47	13,73
15.08.2013	<i>Lagergeimia subsalsa</i> Lemm.	423,54	0,12	0,08	0,64
15.08.2013	<i>Franceia tenuispina</i> Korschik	423,54	0,38	0,08	2,04
15.08.2013	<i>Golenkinia radiata</i> Chod.	63,53	0,03	0,01	0,18
15.08.2013	<i>Coelastrum astroideum</i> De-Not	1694,16	0,09	0,31	0,45
15.08.2013	<i>Micractinium</i> sp.	635,31	0,07	0,12	0,38
15.08.2013	<i>Sphaerellopsis cylindrica</i> Skuja	105,89	0,96	0,02	5,10
15.08.2013	<i>Chlamydomonas</i> sp.	211,77	0,01	0,04	0,06
15.08.2013	<i>Chlamydomonas kvildensis</i> Ettl	324,71	0,37	0,06	1,99
15.08.2013	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	1694,16	0,26	0,31	1,36
15.08.2013	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Naeg.	423,54	0,02	0,08	0,11
15.08.2013	<i>Schroederia setigera</i> (Shroed.)Lemm.	423,54	0,07	0,08	0,37
15.08.2013	<i>Schroederia lacustris</i> .	84,71	0,01	0,02	0,07
15.08.2013	<i>Ankistrodesmus densus</i> Kors, 1953	550,60	0,08	0,10	0,42
15.08.2013	<i>Closterium acutum</i> (Lyngb.)Breb. Var. <i>acutum</i>	14,12	0,01	0,00	0,05
15.08.2013	bcero	27868,93	6,49	5,08	34,60
15.08.2013	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim.	2541,24	1,25	0,46	6,64
15.08.2013	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.	423,54	0,25	0,08	1,33
15.08.2013	<i>Nitzschia gracilis</i>	635,31	0,41	0,12	2,17
15.08.2013	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kutz.) W.Sm.	635,31	0,31	0,12	1,67
15.08.2013	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	21,18	0,06	0,00	0,32
15.08.2013	<i>Nitzschia</i> sp.	423,54	0,12	0,08	0,64
15.08.2013	<i>Synedra acus</i> Kütz. var. <i>acus</i>	211,77	0,44	0,04	2,35
15.08.2013	<i>Synedra berolinensis</i> (Ehr.) Grun.	2258,88	0,68	0,41	3,63
15.08.2013	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr. var. <i>ulna</i>	84,71	0,34	0,02	1,81
15.08.2013	<i>Surirella biseriata</i> Bréb	10,59	0,21	0,00	1,10
15.08.2013	bcero	7246,06	4,06	1,32	21,64
15.08.2013	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein emend. Defl.	21,18	0,06	0,00	0,32
15.08.2013	<i>Euglena</i> sp.	21,18	0,06	0,00	0,33
15.08.2013	bcero	42,35	0,12	0,01	0,66
15.08.2013	<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	84,71	0,03	0,02	0,14
15.08.2013	<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	1270,62	0,16	0,23	0,83

15.08.2013	всего	1355,33	0,18	0,25	0,96
15.08.2013	общий фитопланктон	548085,47	18,77	100,00	100,01
Дата	вид	N тыс.кл/л	B мг/л	% от N	% от B
11.09.2013	<i>Oscillatoria redekei</i> Van Goor	9910,84	0,25	1,58	1,62
11.09.2013	<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.	8748,45	0,66	1,39	4,30
11.09.2013	<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm.	46495,28	1,17	7,40	7,61
11.09.2013	<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm.	122356,00	1,15	19,47	7,51
11.09.2013	<i>Lyngbya</i> sp.	77818,42	0,18	12,38	1,19
11.09.2013	<i>Oscillatoria tenuis</i> 70	88,71	0,03	0,01	0,17
11.09.2013	<i>Achronema</i> sp	12235,60	0,12	1,95	0,75
11.09.2013	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutzing	2141,23	0,14	0,34	0,91
11.09.2013	<i>Microcystis novacekii</i> (J.Komarek) Compere	458,84	0,02	0,07	0,12
11.09.2013	<i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner	382,36	0,00	0,06	0,01
11.09.2013	<i>Microcystis viridis</i> Lemmermann	823,55	0,05	0,13	0,35
11.09.2013	<i>Microcystis wesenbergii</i> Komarek in Kondrateva	11012,04	0,37	1,75	2,40
11.09.2013	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S.West	18353,40	0,01	2,92	0,06
11.09.2013	<i>Aphanoteche clathrata</i>	195769,60	0,03	31,16	0,17
11.09.2013	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>	91,77	0,01	0,01	0,07
11.09.2013	<i>Anabaena sphaerica</i> f. <i>conoidea</i>	382,36	0,04	0,06	0,28
11.09.2013	<i>Anabaena flos-aquae</i>	183,53	0,03	0,03	0,18
11.09.2013	<i>Anabaena scheremetievi</i>	122,36	0,02	0,02	0,14
11.09.2013	<i>Aphanizomenon gracile</i> (Lemm.)Lemm.	2294,18	0,15	0,37	1,01
11.09.2013	<i>Aphanizomenon issatschenkoj</i> (Issatch.) Pr.–Lavr.	611,78	0,03	0,10	0,20
11.09.2013	<i>Cyanophyta</i> sp.	305,89	0,00	0,05	0,02
11.09.2013	<i>Gloeocapsa</i> sp.	825,90	0,06	0,13	0,42
11.09.2013	<i>Coeloshphaerium punctiferum</i>	97884,80	0,05	15,58	0,33
11.09.2013	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	978,85	0,02	0,16	0,15
11.09.2013	всего	610275,73	4,60	97,12	30,00
11.09.2013	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	183,53	0,01	0,03	0,04
11.09.2013	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.	122,36	0,01	0,02	0,04
11.09.2013	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>duplex</i>	489,42	0,46	0,08	3,01
11.09.2013	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh. var. <i>boryanum</i>	1957,70	0,44	0,31	2,89
11.09.2013	<i>Tetraedron incus</i>	61,18	0,02	0,01	0,10
11.09.2013	<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.	6,12	0,00	0,00	0,01
11.09.2013	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerg.) Chod. var. <i>Acuminatus</i>	1223,56	0,16	0,19	1,04
11.09.2013	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerg.) Chod. var. <i>tortuosus</i>	489,42	0,08	0,08	0,52
11.09.2013	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb. sensu Chod.	244,71	0,04	0,04	0,25
11.09.2013	<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.	856,49	0,26	0,14	1,68
11.09.2013	<i>Scenedesmus obliquus</i>	489,42	0,64	0,08	4,17
11.09.2013	<i>Scenedesmus</i> sp.	61,18	0,00	0,01	0,02
11.09.2013	<i>Scenedesmus falcatus</i> Chod.	978,85	0,05	0,16	0,32
11.09.2013	<i>Scenedesmus spinosus</i> Chod.	122,36	0,00	0,02	0,03
11.09.2013	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richt. var. <i>opoliensis</i>	1223,56	0,55	0,19	3,61
11.09.2013	<i>Lagergeimia subsalsa</i> Lemm.	122,36	0,03	0,02	0,23
11.09.2013	<i>Franceia tenuispina</i> Korschik	61,18	0,06	0,01	0,36
11.09.2013	<i>Coelastrum astroideum</i> De-Not	244,71	0,01	0,04	0,08
11.09.2013	<i>Tetraselmis cordiformis</i>	30,59	0,01	0,00	0,05
11.09.2013	<i>Sphaerellopsis cylindrica</i> Skuja	12,24	0,01	0,00	0,04
11.09.2013	<i>Chlamydomonas</i> sp.	61,18	0,01	0,01	0,06
11.09.2013	<i>Chlamydomonas kvildensis</i> Ettl	324,71	0,37	0,05	2,43

11.09.2013	Dictyosphaerium pulchellum Wood	244,71	0,04	0,04	0,24
11.09.2013	Chlorococcum sp.	61,18	0,03	0,01	0,21
11.09.2013	Schroederia setigera (Shroed.)Lemm.	61,18	0,01	0,01	0,08
11.09.2013	Schroederia lacustris.	12,24	0,00	0,00	0,01
11.09.2013	Binuclearia lauterbornii (Schmidle) Pr.-Lavr.	384,01	0,30	0,06	1,97
11.09.2013	Kirchneriella aperta Teiling	91,77	0,05	0,01	0,30
11.09.2013	Raphidocelis contorta (Schmidle), Marvan, Comas	285,50	0,02	0,05	0,14
11.09.2013	Staurastrum paradoxum var. parvum W.West	23,53	0,24	0,00	1,53
11.09.2013	Closterium acutum (Lyngb.)Breb. Var.acutum	15,29	0,01	0,00	0,07
11.09.2013	всего	10546,22	3,92	1,68	25,53
11.09.2013	Aulacoseira ambigua (Grun.) Sim.	3976,57	4,99	0,63	32,56
11.09.2013	Aulacoseira ambigua (Grun.) Sim.	91,77	0,16	0,01	1,03
11.09.2013	Aulacoseira ambigua (Grun.) Sim.	336,48	0,19	0,05	1,24
11.09.2013	Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim.	336,48	0,20	0,05	1,29
08.05.2012	Stephanodiscus minutulus (Kutz.) Cleve et Moller	428,25	0,06	0,07	0,42
11.09.2013	Stephanodiscus invisitatus Hohn et Helleman	61,18	0,01	0,01	0,06
11.09.2013	Nitzschia gracilis	183,53	0,09	0,03	0,57
11.09.2013	Nitzschia acicularis (Kutz.) W.Sm.	183,53	0,09	0,03	0,59
11.09.2013	Nitzschia sigmaidea	3,06	0,01	0,00	0,06
11.09.2013	Nitzschia sp.	61,18	0,01	0,01	0,08
11.09.2013	Synedra acus Kütz. var. acus	30,59	0,06	0,00	0,41
11.09.2013	Synedra berolinensis (Ehr.) Grun.	1468,27	0,44	0,23	2,89
11.09.2013	Synedra ulna (Nitzsch.) Ehr. var. ulna	20,39	0,06	0,00	0,40
11.09.2013	Surirella biseriata Bréb	3,06	0,06	0,00	0,39
11.09.2013	всего	7184,34	6,44	1,14	42,00
11.09.2013	Trachelomonas oblonga Lemm. v.oblonga	15,29	0,01	0,00	0,06
11.09.2013	Euglena limnophila	3,06	0,01	0,00	0,05
11.09.2013	Euglena acus	3,06	0,01	0,00	0,08
11.09.2013	Trachelomonas hispida (Perty) Stein emend. Defl.	3,06	0,01	0,00	0,06
11.09.2013	Euglena sp.	3,06	0,01	0,00	0,06
11.09.2013	Monomorphina sp.	30,59	0,09	0,00	0,60
11.09.2013	всего	6,12	0,02	0,00	0,12
11.09.2013	Cryptomonas lucens	61,18	0,02	0,01	0,12
11.09.2013	Chroomonas acuta Uterm.	244,71	0,03	0,04	0,19
11.09.2013	всего	305,89	0,05	0,05	0,31
11.09.2013	Peridiniopsis shpaeroideum	91,77	0,28	0,01	1,80
11.09.2013	Woloszynskia ordinata	20,39	0,04	0,00	0,28
11.09.2013	всего	112,16	0,32	0,02	2,08
11.09.2013	общий фитопланктон	628343,42	15,35	100,00	100,04
Дата	вид	N тыс.кл/л	В мг/л		
16.10.2012	Oscillatoria redekei Van Goor	8960,22	0,23	1,43	2,03
16.10.2012	Oscillatoria agardhii Gom.	7010,06	0,53	1,12	4,76
16.10.2012	Oscillatoria limnetica Lemm.	45802,56	1,15	7,31	10,38
16.10.2012	Oscillatoria planctonica	8907,52	0,22	1,42	2,02
16.10.2012	Lyngbya limnetica Lemm.	86228,98	0,46	13,76	4,12
16.10.2012	Lyngbya circumcreta G.S.West	2635,36	0,02	0,42	0,22
16.10.2012	Lyngbya contorta	1581,22	0,01	0,25	0,08
16.10.2012	Lyngbya sp.	30359,35	0,28	4,85	2,48
16.10.2012	Microcystis aeruginosa Kutzing	1317,68	0,09	0,21	0,78
16.10.2012	Microcystis wesenbergii Komarek in Kondrateva	790,61	0,05	0,13	0,47
16.10.2012	Microcystis viridis Lemmermann	758,98	0,05	0,12	0,45
16.10.2012	Aphanizomenon gracile (Lemm.)Lemm.	2635,36	0,18	0,42	1,60
16.10.2012	Aphanizomenon flexuozum Kom et Kov.	790,61	0,05	0,13	0,46

16.10.2012	Aphanizomenon issatschenkoj (Issatch.) Pr.–Lavr.	263,54	0,01	0,04	0,13
16.10.2012	Anabenopsis Elenkinii	527,07	0,08	0,08	0,75
16.10.2012	Anabaena sphaerica f. conoidea	263,54	0,03	0,04	0,27
16.10.2012	Anabaena flos-aquae	52,71	0,01	0,01	0,10
16.10.2012	Anabaena Scheremetievi Elenk.	10,54	0,02	0,00	0,21
16.10.2012	Gomphosphaeria lacustris	843,32	0,01	0,13	0,12
16.10.2012	Aphanocapsa delicatissima W. et G.S.West общее	231911,68	0,06	37,02	0,56
16.10.2012	Aphanothece sp.	177096,19	0,19	28,27	1,67
16.10.2012	Gloeocapsa sp.	158,12	0,03	0,03	0,29
16.10.2012	Synechocystis sp..	527,07	0,03	0,08	0,31
16.10.2012	Synechocystis salina	52,71	0,01	0,01	0,10
16.10.2012	всего	609484,98	3,81	97,28	34,35
16.10.2012	Aulacoseira ambigua (Grun.) Sim.	685,19	0,96	0,11	8,64
16.10.2012	Aulacoseira granulata var. angustissima	31,62	0,01	0,01	0,09
16.10.2012	Nitzschia acicularis (Kutz.) W.Sm.	316,24	0,18	0,05	1,61
16.10.2012	Nitzschia gracilis	52,71	0,02	0,01	0,19
16.10.2012	Nitzschia longissima f. parva	26,35	0,01	0,00	0,10
16.10.2012	Stephanodiscus hantzschii Grun.	289,89	0,16	0,05	1,48
16.10.2012	Synedra berlinensis (Ehr.) Grun.	6324,86	1,79	1,01	16,12
16.10.2012	Synedra acus Kütz. var. acus	15,81	0,06	0,00	0,53
16.10.2012	Synedra ulna var. amphirinthus	70,28	0,21	0,01	1,90
16.10.2012	Synedra ulna (Nitzsch.) Ehr. var. ulna	1,32	0,02	0,00	0,14
16.10.2012	Fragilaria construens f. binodis (Ehr.) Hust.	131,77	0,03	0,02	0,28
16.10.2012	Cymatopleura solea (Breb.) W.Sm.	1,32	0,14	0,00	1,29
16.10.2012	всего	7947,37	3,59	1,27	32,38
16.10.2012				0,00	0,00
16.10.2012	Monoraphidium contortum (Thur.) Kom.-Legn. Общее количество	527,07	0,01	0,08	0,11
16.10.2012	Monoraphidium griffithii (Berk.) Kom.-Legn.	421,66	0,08	0,07	0,72
16.10.2012	Franceia tenuispina	131,77	0,07	0,02	0,62
16.10.2012	Tetrastrum staurogeniaeforme (Schroed.) Lemm. Общее количество	105,41	0,03	0,02	0,25
16.10.2012	Shroederia setigera	26,35	0,00	0,00	0,04
16.10.2012	Scenedesmus falcatus Chod.	843,32	0,20	0,13	1,81
16.10.2012	Scenedesmus ellipticus Corda	210,83	0,06	0,03	0,57
16.10.2012	Scenedesmus acuminatus (Lagerg.) Chod. var. acuminatus	105,41	0,02	0,02	0,16
16.10.2012	Scenedesmus spinosus Chod.	316,24	0,01	0,05	0,11
16.10.2012	Scenedesmus opoliensis P. Richt. var. opoliensis	1686,63	1,41	0,27	12,74
16.10.2012	Scenedesmus communis Hegew.	210,83	0,03	0,03	0,30
16.10.2012	Binuclearia lauterbornii (Schimidle) Pr.-Lavr.	316,24	0,16	0,05	1,43
16.10.2012	Scenedesmus quadricauda (Turp.) Breb. sensu Chod.	52,71	0,02	0,01	0,18
16.10.2012	Actinastrum hantzschii Lagerg. var.hantzschii	52,71	0,01	0,01	0,07
16.10.2012	Closterium sp. cf exiquum	122,98	0,17	0,02	1,50
16.10.2012	Closterium acutum (Lyngb.)Breb. Var.acutum	2,64	0,00	0,00	0,02
16.10.2012	Pediastrum duplex Meyen var.duplex Общее количество	579,78	0,16	0,09	1,42
16.10.2012	Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh. var boryanum	395,30	0,07	0,06	0,60
16.10.2012	Dictyosphaerium pulchellum Wood.	421,66	0,02	0,07	0,19
16.10.2012	Lagergeimia subsalsa Lemm.	105,41	0,02	0,02	0,14
16.10.2012	K. irregularis (G.M. Smith) Korsch.	52,71	0,00	0,01	0,01
16.10.2012	Tetraedron caudatum (Corda) Hansg.	26,35	0,01	0,00	0,07
16.10.2012	Staurostrum tetracerum Ralfs var. tetracerum f.	35,14	0,07	0,01	0,65

	tetracerum				
16.10.2012	Oocystis lacustris Chod.	42,17	0,01	0,01	0,12
16.10.2012	Nephrochlamys subsolitaria (G.S.West) Korsch.	42,17	0,03	0,01	0,26
16.10.2012	Elakatothrix lacustris Korsch.	52,71	0,02	0,01	0,16
16.10.2012	Chlamydomonas kvildensis Ettl	324,71	0,37	0,05	3,37
16.10.2012	всего	6833,49	2,67	1,09	24,10
16.10.2012	Chroomonas acuta Uterm.	421,66	0,05	0,07	0,46
16.10.2012	Rhodomonas pusilla	158,12	0,02	0,03	0,15
16.10.2012	Cryptomonas marssonii Skuja	17,57	0,01	0,00	0,08
16.10.2012	Cryptomonas lucens Skuja	158,12	0,12	0,03	1,09
16.10.2012	всего	755,47	0,20	0,12	1,79
16.10.2012	Gymnodinium sp.	13,18	0,08	0,00	0,77
16.10.2012	всего	16,00	0,10	0,00	0,93
16.10.2012	Phacus pyrum (Ehr.) Sein.	13,18	0,02	0,00	0,19
16.10.2012	Trachelomonas oblonga Lemm. v.oblonga	13,18	0,04	0,00	0,32
16.10.2012	Trachelomonas Manginii Defl.	2,64	0,01	0,00	0,08
16.10.2012	Trachelomonas hispida (Perty) Stein emend. Defl.	2,64	0,01	0,00	0,11
16.10.2012	Phacus striatus France	13,18	0,05	0,00	0,43
16.10.2012	Euglena obtusa	5,27	0,26	0,00	2,33
16.10.2012	Euglena caudata	5,27	0,20	0,00	1,79
16.10.2012	всего	55,34	0,58	0,01	5,25
16.10.2012	zoospora	421,66	0,02	0,07	0,22
16.10.2012	Mallomonas sp.	17,57	0,01	0,00	0,07
16.10.2012	Chrysococcus biporus Skuja	527,07	0,01	0,08	0,09
16.10.2012	Dinobryon sp.	210,83	0,02	0,03	0,20
16.10.2012	Ochromonas Wyss. sp.	210,83	0,06	0,03	0,51
16.10.2012	Synura sp.	52,71	0,01	0,01	0,10
16.10.2012	всего	1440,66	0,13	0,23	1,19
16.10.2012	общий фитопланктон	626533,31	11,09	100,00	99,99

## Приложение 4

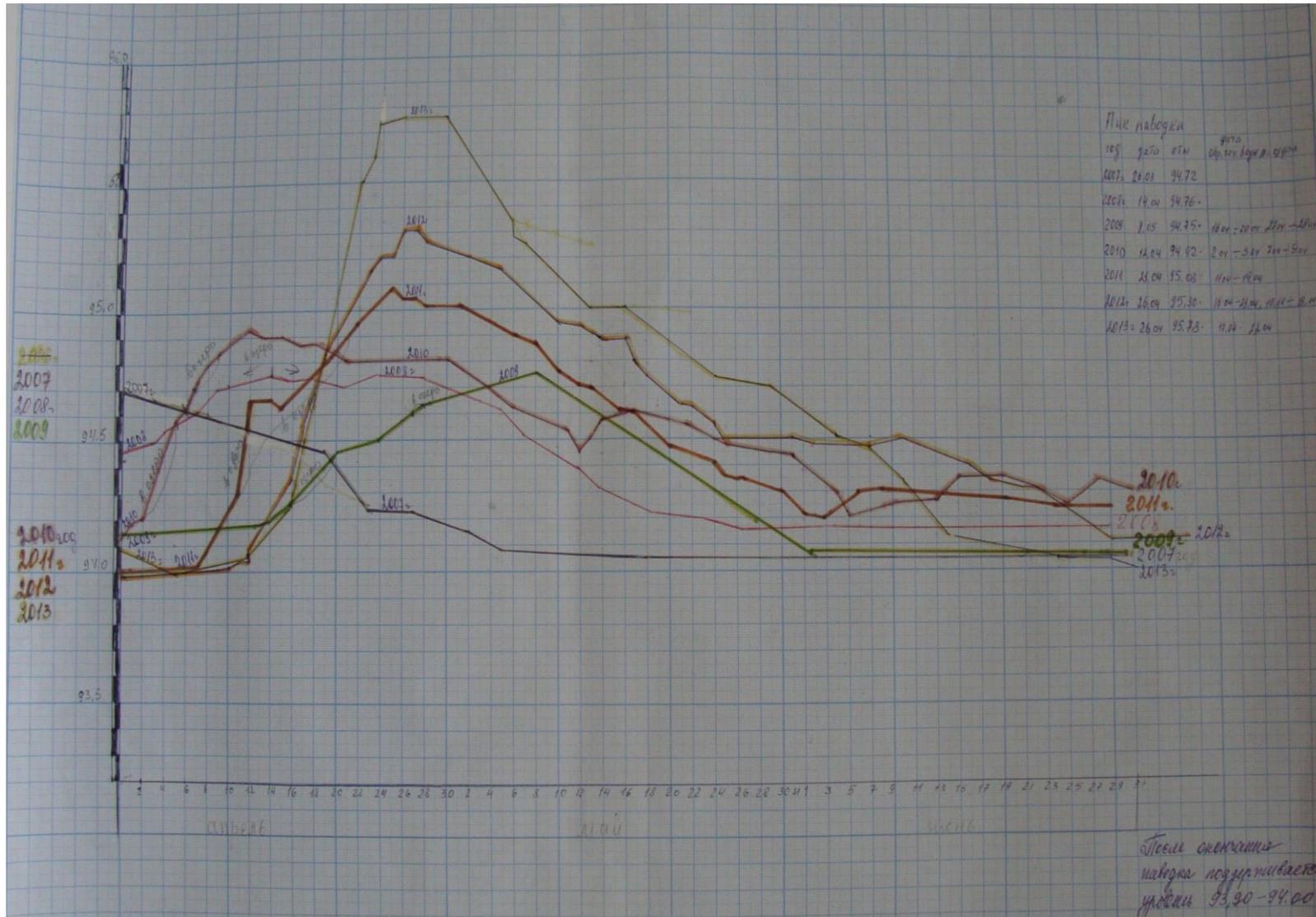
## Абиотические и биотические показатели оз.Неро в 2013г.

Станция	Дата	Хлорофилл а, мкг/л	Робщ мг/л	глубина, м	прозрачность, м	Т°С воды	Электропроводность, мкС/см	рН	Кислород мг/л
1	13.05.2013	63,0	0,08	3	0,85	15	252	7,7	19,5
2	13.05.2013	75,90	0,13	2,8	0,83	15,6	232	7,98	18,5
3	13.05.2013	74,00	0,08	2,7	0,67	14,5	222	8,04	16,7
5	13.05.2013	93,00	0,12	3	0,65	13,8	232	7,98	18,1
7	13.05.2013	72,0	0,07	2,5	0,65	14,4	223	7,73	18,1
8	13.05.2013	88,60	0,085	2,5	0,63	15,4	232	8,08	19,7
9	13.05.2013	12,90	0,033	2,55	0,85	16,5	263	7,99	17,3
10	13.05.2013	97,00	0,13	2,2	0,75	17,3	277	8,32	19,2
11	13.05.2013	60,0	0,1	2,2	0,85	17,5	210	8,1	19,2
12	13.05.2013	54,00	0,036	2,85	0,85	15,2	207	7,88	17,9
15	13.05.2013	66,00	0,08	2,85	0,85	15,2	207	7,88	17,9
3	13.06.2013	92,40	0,117	1,8	0,5	21,2	238	8,3	10,2
5	13.06.2013	88,50	0,095	2,4	0,48	21	243	8,4	10,8
8	13.06.2013	144,50	0,326	1,8	0,42	21,5	275	8,08	10,6
1	11.07.2013	60,00	0,129	1,7	0,6	24,5	263	7,93	10
2	11.07.2013	40,50	0,085	1,6	0,55	23,8	290	8,29	10
3	11.07.2013	82,80	0,112	1,5	0,45	22,9	232	8,4	10
5	11.07.2013	94,30	0,116	1,88	0,51	24	223	8,65	10
7	11.07.2013	88,5	0,114	1,69	0,48	23	227	8,5	10
8	11.07.2013	117,20	0,204	1,31	0,4	22,7	237	8,24	10
9	11.07.2013	81,90	0,182	1,1	0,45	22,8	278	7,92	10
10	11.07.2013	50,00	0,129	1,11	0,7	23,2	332	6,94	10



**Приложение 5**

**График уровней оз. Неро по ГТС 2007-2013гг.(фото)**





# График регулирования оз. Неро в квартал.

