

«УТВЕРЖДАЮ»
Технический директор
ОАО ЕВРАЗ «НТМК»

_____ Н.В.Мухранов

«_____» _____ 2015 г.

О Т Ч Е Т
О ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТАХ ПО
БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ
НИЖНЕТАГИЛЬСКОГО ГОРОДСКОГО ПРУДА И ЛЕНЕВСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА В 2015 ГОДУ МЕТОДОМ КОРРЕКЦИИ
АЛЬГОЦЕНОЗА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Руководитель работ,
Генеральный Директор
ООО Научно-производственное объединение «Альгобиотехнология»

_____ В.Т. Лухтанов

«_____» _____ 2015 г.

г. Воронеж
2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК	8
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	13
2.1. Описание мест отбора проб	13
2.2. Методы гидрохимических исследований	16
2.3. Методы исследования фитопланктона	18
2.4. Методы исследования зоопланктона	21
2.5. Методы биологической оценки качества воды водохранилища.....	22
2.6. Общие методы математической и статистической обработки данных	26
3. ПРОЕКТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ НИЖНЕТАГИЛЬСКОГО ГОРОДСКОГО ПРУДА ПОСРЕДСТВОМ ВСЕЛЕНИЯ ЗЕЛеной МИКРОВОДОРОСЛИ И ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ	29
3.1. Правовое обеспечение и исходный материал для проведения работ	29
3.2. Характеристика штамма <i>Chlorella vulgaris</i> ИФР № С-111	30
3.3. Выделение аборигенного штамма <i>Chlorella vulgaris</i> и сравнительный анализ со штаммом ИФР № С-111.....	32
3.4. Подготовка альголизанта штамма <i>Chlorella vulgaris</i> ИФР № С-111	33
3.4.1. Определение возможности развития хлореллы в условиях Нижнетагильского городского пруда.....	33
3.4.2. Адаптация штамма к воде Нижнетагильского городского пруда.....	36
3.4.3. Расчет нормы вселения в водоем.....	38
3.4.4. Выращивание штамма на воде Нижнетагильского городского пруда	39
3.5. Вселение хлореллы в Нижнетагильский городской пруд	39
3.6. Приживаемость штамма	45
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	46
4.1. Гидрохимическое состояние акватории	
4.1.1. Леновского водохранилища	46
4.1.2. Нижнетагильского городского пруда (НТГП)	67
4.2. Фитопланктон Леновского водохранилища, его разнообразие, динамика.....	109
4.3. Зоопланктон Леновского водохранилища, его разнообразие, динамика ...	129

4.4. Анализ экологического состояния акватории Леновского водохранилища по комплексным гидрохимическим и биологическим показателям	142
4.5. Фитопланктон НТГП, его разнообразие, динамика.	148
4.6. Зоопланктон НТГП, его разнообразие, динамика	172
4.7. Анализ экологического состояния акватории НТГП по комплексным гидрохимическим и биологическим показателям	190
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	200
Список литературных и веб-источников.	213

ТЕКСТОВЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ (отдельный том):

1. Аттестат и область аккредитации лаборатории мониторинга поверхностных вод Воронежского филиала ФБУ «ЦЛАТИ по Центральному федеральному округу».
2. Протоколы испытаний аккредитованной лаборатории мониторинга поверхностных вод Воронежского филиала ФБУ «ЦЛАТИ по Центральному федеральному округу».
3. Графические материалы, отражающие динамику изменения гидрохимического состава Нижнетагильского городского пруда за шестилетний цикл проведения работ по биологической реабилитации методом коррекции альгоценоза с целью снижения концентрации загрязняющих веществ.
4. Видовой состав, обилие и экологическая характеристика фитопланктона: а – Леновского водохранилища; б - Нижнетагильского городского пруда.
5. Видовой состав, обилие и экологическая характеристика зоопланктона: а – Леновского водохранилища; б - Нижнетагильского городского пруда.

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА:

ООО НПО «Альгобиотехнология»

Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, ул. Свободы, 75

тел. +7 (473) 202-25-42 www.algobiotechnologia.com

abt-vrn@yandex.ru

<http://vk.com/algobio>

<http://www.facebook.com/abt.vrn>

<https://twitter.com/algobiotechnolog>

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ:

Руководитель работ, Генеральный директор	Лухтанов В. Т.
Технический директор	Кравченко С. Ф.
Директор по науке, к.г.н	Кульнев В. В.
Микробиолог, к.б.н.	Марченко Е.Е.
Гидробиолог	Киреева Н. В.
Нормоконтроль	Мухина Т.Ф.
Заведующий производством	Брычаева И. Н.
Операторы установок	Балабаева Т. П., Кравченко Ю.И., Палагина Н.И.

Эколого-гидрохимические работы в 2015 г. выполнены Воронежским филиалом ФБУ «ЦЛАТИ по Центральному федеральному округу».

Российская Федерация, 394049, г. Воронеж, Рабочий проспект, 101 Б

тел: +7 (473) 239-23-44 ; факс: +7 (473) 239-23-44;

<http://www.voroneg.clati-cfo.ru>

Эколого-гидробиологические работы в 2015 году выполнены сотрудниками Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук (ИЭВБ РАН);

Российская Федерация, 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10

тел: +7 (8482) 489-977; факс: +7 (8482) 489-504

<http://www.ievbras.ru/>

Эколого-гидробиологические работы: фитопланктон	к.б.н., Тарасова Н.Г.
Эколого-гидробиологические работы: зоопланктон	к.б.н., Мухортова О. В.

ВВЕДЕНИЕ

Создание водохранилищ на равнинных реках существенно изменило комплекс гидрологических, гидрохимических и биологических характеристик экосистем. Уменьшение проточности и водообмена, увеличение прозрачности, прогрева толщи воды, образование обширных мелководий приводит к депонированию поллютантов, в том числе тяжелых металлов, нефтепродуктов, АСПАВ, фенолов, биогенных веществ (неорганические формы азота и фосфора). Каждый водоем обладает специфической микрофлорой, способной к расщиплению сложных углеводов.

Большинство представителей подобных бактерий являются аэробами и обитают в пределах батиаля, поэтому степень их активности напрямую зависит от количества, растворенного в воде кислорода.

Однако в водоемах со значительным вторичным загрязнением, к которым относится и Нижнетагильский городской пруд, и Леновское водохранилище, кислород расходуется на окисление большого количества органических соединений, образующихся при отмирании гидробионтов и попадающих в водоем со сточными водами, промышленными отходами и в результате затопления берегов с отходами производства и потребления [93].

Увеличение содержания растворенного кислорода возможно благодаря усилению роли фотосинтезирующих организмов. Наиболее приемлемой группой являются мелкоклеточные зеленые водоросли планктонных штаммов, в частности *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111, которые в отличие от нитчатых форм синезеленых водорослей активно потребляются водными животными, поэтому явления разложения их биомассы, сопровождаемого потреблением кислорода, не происходит.

Большинство водохранилищ Российской Федерации являются водоемами многоцелевого назначения, и в связи с этим качество воды является важной составляющей нормальной жизнедеятельности всего живого и, прежде всего, человека.

Проблема, требующая решения: необходимость снижения уровня загрязнения Нижнетагильского городского пруда и Леновского водохранилища в

условиях перманентного и все возрастающего техногенного прессинга.

Цель работы: снижение загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами источников технического водоснабжения (Нижнетагильского городского пруда и Леновского водохранилища) основной промплощадки НТМК при проведении биологической реабилитации методом коррекции альгоценоза.

Для выполнения поставленной цели были определены следующие задачи:

- выяснить физико-географические характеристики, исходный режим, основные экологические проблемы Нижнетагильского городского пруда, Леновского водохранилища и сопредельных территорий.
- провести комплексные гидрохимические и гидробиологические исследования состояния Нижнетагильского городского пруда для определения уровня загрязненности и оценки влияния альголизации на качество воды и водные экосистемы в течение вегетационного сезона 2015 г.
- разработать проект биологической реабилитации Нижнетагильского городского пруда на основе гидрохимического и гидробиологического анализа исходного режима, с учетом климатических особенностей.
- вырастить адаптированный штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111.в необходимом объеме в соответствии с ТУ 9291-003-12001826-05 (далее ТУ).
- осуществить альголизацию Нижнетагильского городского пруда и Леновского водохранилища штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. в течение 2015 г.
- снизить общий уровень загрязнения Нижнетагильского городского пруда;
- восстановить рекреационные свойства Нижнетагильского городского пруда;

Работы по биологической реабилитации Нижнетагильского городского пруда и Леновского водохранилища выполнялись в соответствии с техническим заданием в рамках расширенного пролонгированного Договора ДГНТЗ-003612 от 11 февраля 2011 г., заключенного ОАО ЕВРАЗ «Нижнетагильский

металлургический комбинат» с ООО НПО «Альгобиотехнология».

В ходе проводимых исследований ежемесячно отбирались 3 пробы воды на гидрохимический анализ и по 2 пробы на фитопланктон и зоопланктон из Нижнетагильского городского пруда, на акватории Леновского водохранилища отбиралось 5 проб на гидрохимический анализ и по 2 пробы на фитопланктон и зоопланктон.

Уровень загрязнения оценивался в сравнении с СанПиН для рыбохозяйственных водоемов, поскольку оба объекта являются водоемами рыбохозяйственного назначения второй категории [104].

Отчет изложен на 227 страницах, содержит 69 таблиц, 83 рисунка, 5 текстовых и графических приложений, 178 использованных литературных и веб-источника.

Ключевые слова: альголизация, аквакультура, микроводоросль, суспензия хлореллы, фитопланктон, поллютанты, зоопланктон, сапробность, водоем, металлургия.

1. КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Водохранилище принадлежит западной части Свердловской области, климат которой в отличие от восточной имеет сходство с климатом Европейской части России. Климатические условия Свердловской области формируются под влиянием Атлантических воздушных масс. Вместе с тем, эти воздушные массы содержат уже значительно меньшее количество влаги, заметно охлаждаются зимой и перегреваются летом.

По сравнению с Предуральем, в Свердловской области значительно меньшее количество осадков, погода зимой малоснежная. Средняя температура календарной зимы -16 градусов. В самом холодном месяце зимы - январе, средняя температура -19 градусов. В период сильных морозов отмечались температуры до – 50 градусов. Холодный период с температурами ниже нуля градусов длится около полугода. Постоянный снежный покров устанавливается в первой декаде ноября. Максимальная высота снега достигается к концу февраля началу марта. В предгорьях высота снежного покрова 50-60 см, на равнинной части – 40-45 см, в юго-восточной части области менее 40 см. Разрушение снежного покрова начинается в апреле, окончательно снег сходит 20-25 апреля, в горах на севере Свердловской области - в начале мая.

К лету температура воздуха быстро нарастает. На севере равнинного Урала лето теплое, а в юго-восточной зоне Свердловской области лето жаркое. В горах погода прохладнее, чем на равнине. Средняя температура июля в изучаемом регионе +16 °С, января - –17 °С [130]. Среднемесячная температура периода исследований представлена на диаграмме (Рис.1).

Во все сезоны в Свердловской области преобладают ветры западных и юго-западных направлений, реже северные и восточные. Северо-западные и северные ветры летом являются причиной резких похолоданий, зимой же холодную и сухую погоду приносят юго-западные и южные ветры.

Количество осадков определяется особенностями рельефа. На вершинах гор сумма осадков достигает 900 мм в год, в долинах – 600-700 мм, на равнине- 500-600 мм, а наименьшее количество осадков – 400-500 мм – выпадает на юго-востоке Свердловской области.

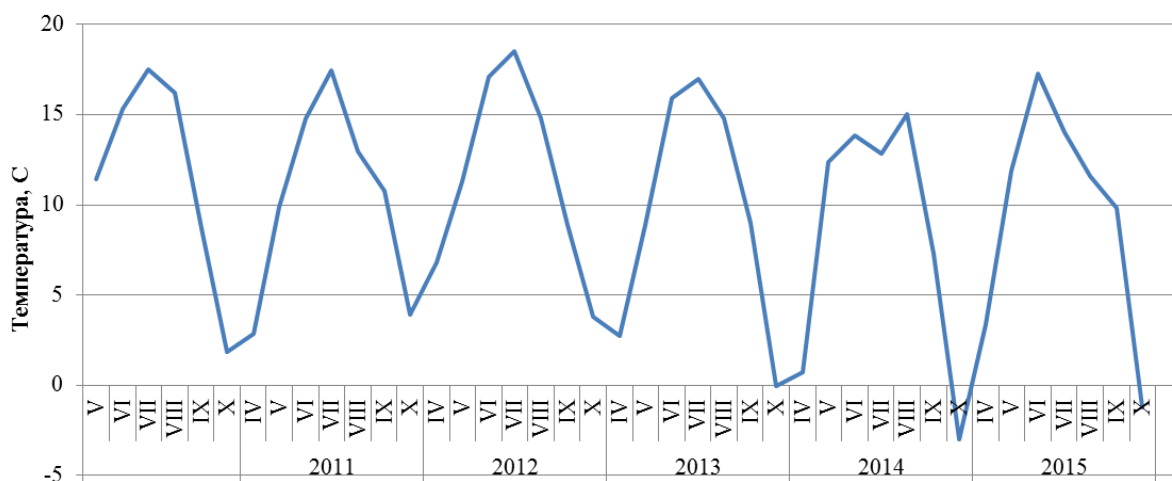


Рис. 1 – средняя температура воздуха метеостанции г. Висим Пригородного района (обобщение данных http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Висиме)

Таблица значений к рисунку 1.

Месяц	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2010	4,2	11,4	15,3	17,5	16,2	8,71	1,83
2011	2,85	9,9	14,81	17,47	12,98	10,79	3,93
2012	6,79	11,3	17,1	18,5	14,8	8,9	3,8
2013	2,75	8,9	15,9	17	14,8	9	-0,02
2014	0,7	12,34	13,84	12,82	15,05	7,28	-3
2015	3,4	11,9	17,3	14	11,6	9,8	-1,2

Леневское водохранилище принадлежит зоне свердловской области со среднегодовыми осадками 450-500. Наибольшее количество осадков (60-70%) приходится на теплый период года (май-сентябрь) [130].

Нижнетагильский городской пруд прилегает с южной стороны к городу Нижний Тагил и принадлежит к числу наиболее загрязненных водоемов Среднего Урала (Рис. 2.). На территории города в водные объекты бассейна реки Тагил более чем в 140 точках сбрасываются сточные воды предприятий металлургической, горнорудной, машиностроительной, химической, автотранспортной, железнодорожной, пищевой промышленности и др.

Наиболее загрязненным притоком городского пруда является река Малая Кушва, в которую сбрасываются хозяйственные стоки жилого массива Дзержинского района, промстоки Уралвагонзавода и Нижнетагильского металлургического комбината.

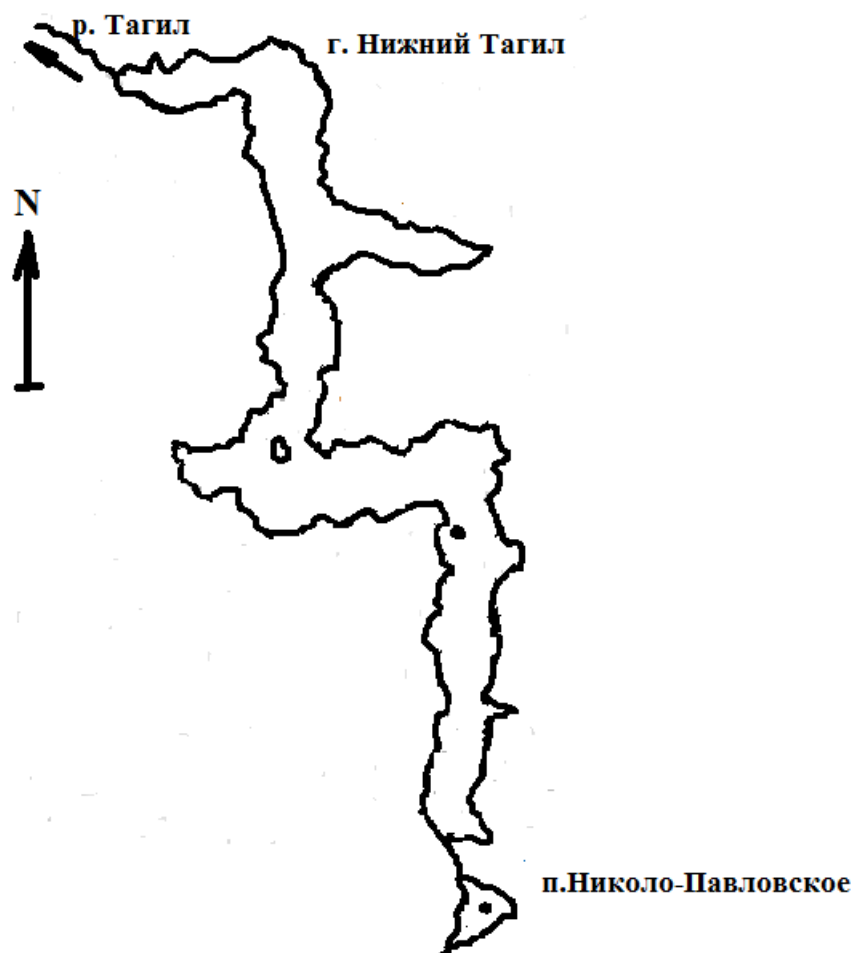


Рис. 2 – схема Нижнетагильского городского пруда

Еще одним притоком является река Вязовка. Истоки ее находятся на территории УХП и УВЗ и принимают промышленные стоки этих предприятий: 2 стока УХП и выпуски промстоков ряда цехов Нижнетагильского металлургического комбината.

Леневское водохранилище располагается в пригороде Нижнего Тагила и образовано в августе 1978 г. в долине р. Тагил, у пос. Леневка (Рис 3). Водохранилище является каскадным с Нижнетагильским городским прудом, располагаясь выше него в 31 км. На больших площадях акватории остался затопленный древостой. Берега водохранилища пологие, водохранилище простирается с юга на север на 16 км, форма вытянутая, от впадения р. Тагил идет постепенное расширение, достигающее у плотины 4 км, глубина у плотины достигает 17 м.

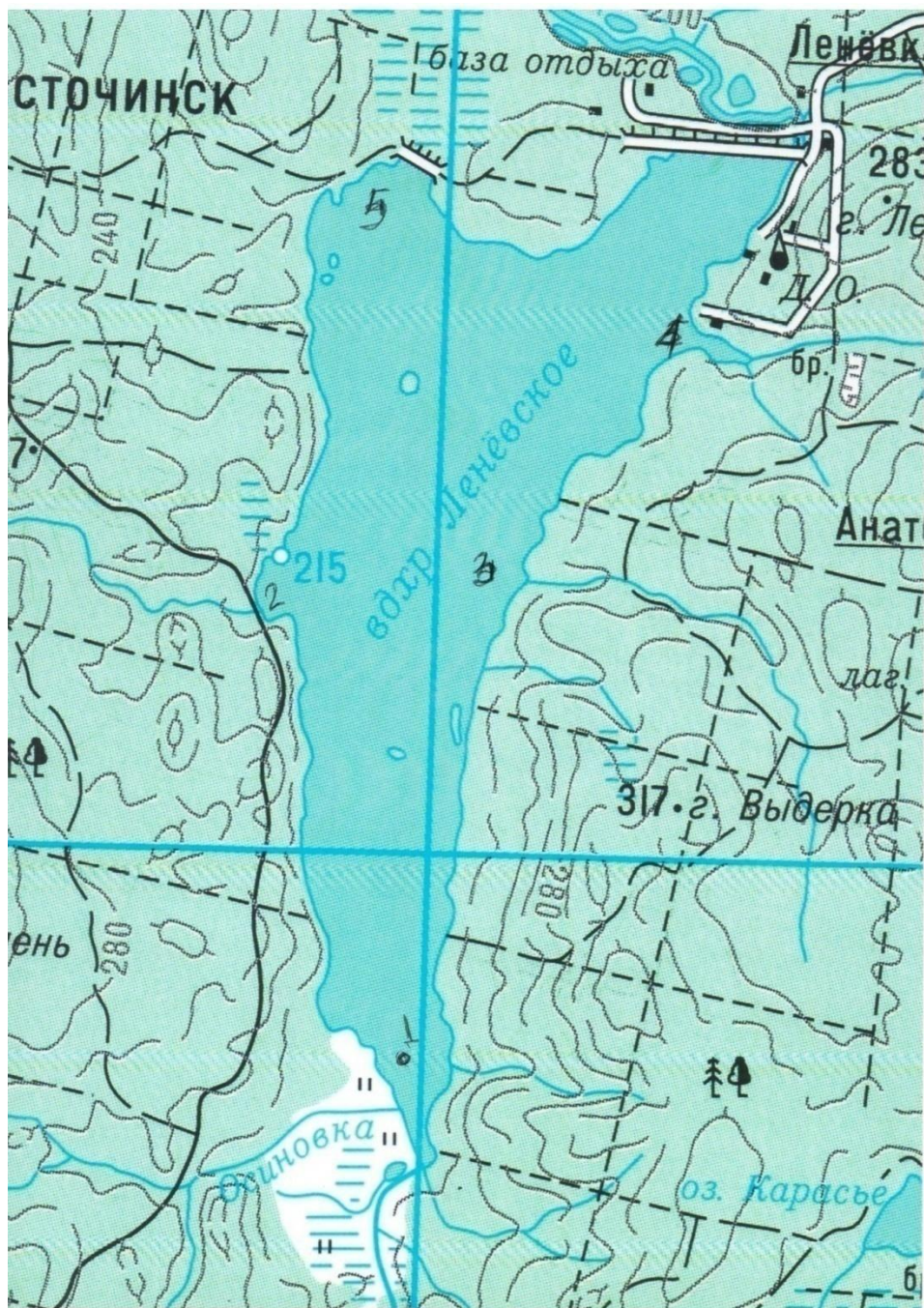


Рис. 3 – схема расположения Ленеvского водохранилища с точками альголизации.

Таблица условных обозначений к рисунку 2

№ точки забора	Координаты
Точка №1 200 м от устья реки Осиновка	N' 57° 38' 531'' E' 59° 59' 944''
Точка №2 Левобережье, залив на отметке 215 м	N' 57° 41' 362'' E' 59° 58' 432''
Точка №3 Правобережье, напротив точки №2	N' 57° 41' 380'' E' 60° 00' 448''
Точка №4 Правобережье, возле базы отдыха «Леневка»	N' 57° 43' 366'' E' 59° 59' 228''
Точка №5 Низовья водохранилища, в районе базы МЧС	N' 57° 42' 750'' E' 60° 02' 595''

С запада водохранилище окружено горами. В водохранилище впадает 7

рек и ручей, имеются 3 острова. В верховье, при впадении Тагила, образовался большой заболоченный участок с коряжником и топляком. К западу возвышается выступ горы «Юрьев камень», на восточном побережье, в 35 км от г. Нижний Тагил, располагается санаторий-профилакторий «Леневка».

На водохранилище сильное влияние оказывает металлургическая промышленность. В апреле 2003 г. произошел аварийный прорыв дамбы Ляхвинского рудника. Кислые медьсодержащие шахтные воды были сброшены выше Леновского водохранилища, где в контрольном створе концентрация меди, цинка и марганца тысячекратно превышала ПДК, pH воды в водохранилище снизилась до значения 5,5. Для раскисления шахтных вод применяется известь. Менее значительные несанкционированные сбросы токсичных металлов происходили неоднократно (www.nr2.ru/ekb/13-58633.html).

В 2015 году альголизация Леновского водохранилища проводилась семь раз в соответствии с техническим заданием к Договору.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Описания мест отбора проб

В ходе проводимых исследований в 2015 г. ежемесячно отбирались пробы воды из Нижнетагильского городского пруда (Рис. 4) для гидрохимического анализа, для качественной и количественной оценки зоо- и фитопланктона.

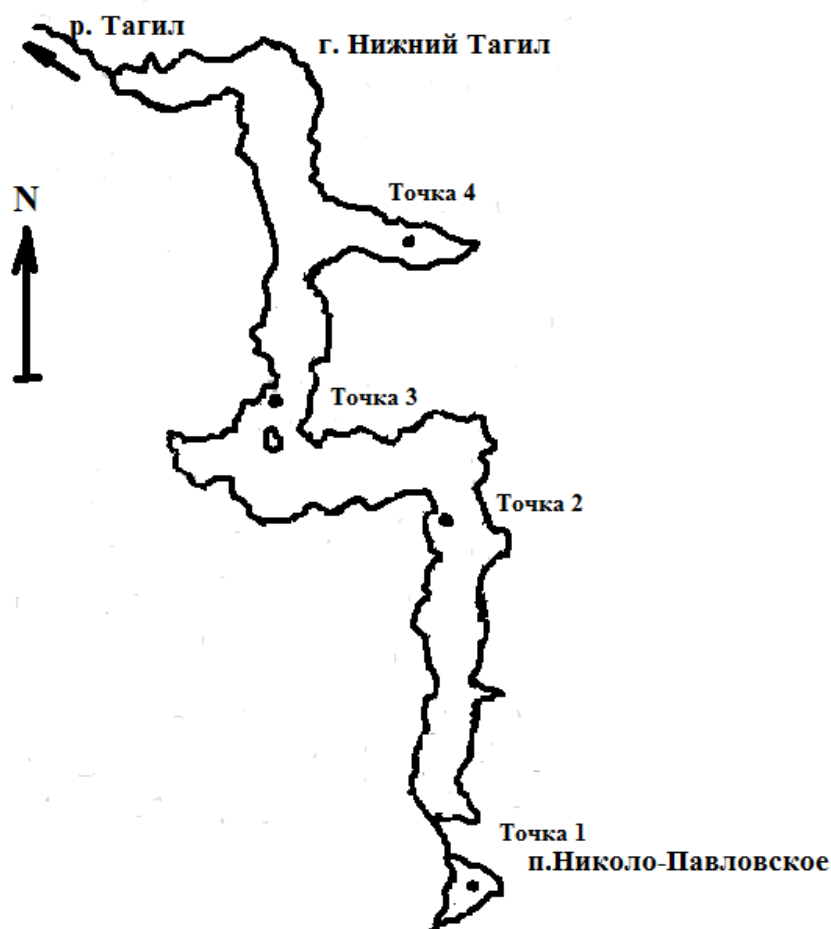


Рис. 4. – схема Нижнетагильского городского пруда с точками альголизации и мониторинга.

Таблица условных обозначений к рисунку 3

№ точки забора	Координаты
Точка №1 20 м от берега напротив села Монзино, правобережье	N' 57° 53' .221'' E' 60° 00' 016''
Точка №2 500 м от берега ниже базы отдыха «Старатель», правобережье	N' 57° 52' 265'' E' 59° 58' 866''
Точка №3. Левобережье 20 м от берега напротив домов №17 и №19 села Фотеево,	N' 57° 51' 267'' E' 60° 00' 853''
Точка №4 100 м от берега напротив устья р. Большая Кушва	N' 57° 48' 257'' E' 60° 00' 709''

Основные характеристики точек пробоотбора приводятся далее (Рис. 5 – 8).

Точка наблюдения №1 расположена на акватории Нижнетагильского городского пруда напротив железнодорожной станции Монзино.



Рис. 5 – точка отбора №1

Точка наблюдения №2 расположена на акватории Нижнетагильского городского пруда напротив спортивной базы «Старатель» ОАО «НТМК».



Рис. 6 – точка отбора №2

Точка наблюдения №3 располагается на акватории Нижнетагильского городского пруда напротив домов №17 и №19 села Фотеево.



Рис. 7 – точка отбора № 3

Точка наблюдения №4 располагается напротив устья реки Большая Кушва, у спортивного комплекса «Форум».



Рис. 8 – точка пробоотбора №4

2.2. Методы гидрохимических исследований

В ходе работ был выполнен отбор проб и проведен гидрохимический анализ качества воды в ключевых точках на акватории Нижнетагильского городского пруда, привязка которых отражена на рисунке 1 и в таблице к этому рисунку.

При этом пробоотбор воды производился в приповерхностной части водоема, с глубины 0,5 метра.

Таблица 1 – привязка точек гидрохимического мониторинга Нижнетагильского городского пруда в 2013 г.

Описание точки мониторинга	Географические координаты
20 м от берега напротив села Монзино, правобережье	N' 57° 53' .221'' E' 60° 00' 016''
500 м от берега ниже базы отдыха «Старатель», правобережье	N' 57° 52' 265'' E' 59° 58' 866''
20 м от берега напротив домов №17 и №19 села Фотеево, левобережье	N' 57° 51' 267'' E' 60° 00' 853''

Отбор проб воды производился в соответствии с рядом нормативных документов [45; 61; 62; 63.].

Всего за 2015 год было отобрано и сделан анализ для 15 проб воды.

Гидрохимический анализ воды проводился по следующим компонентам и показателям: рН, полифосфаты, железо общее, ионы марганца, меди, цинка, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, химическое потребление кислорода, нефтепродукты, биохимическое потребление кислорода (за пять суток), концентрация растворенного кислорода, а также такие органолептические показатели как запах, цветность и взвешенные вещества.

Анализ проводился в соответствии с методиками, внесенными в государственный реестр методик количественного химического анализа природных вод, почв и отходов и действующими нормативными документами. Нормативные документы на методы испытаний каждого из определяемых компонентов приведены далее в таблице 2.

Таблица 2 – нормативные документы на методы испытаний

№ п/п	Наименование показателя, размерность	Нормативная документация на методы исследований
1	2	3
1	Водородный показатель	ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97
2	Полифосфаты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:112-97
3	Железо общее, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.22-95
4	Марганец, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.188-02
5	Медь, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.22-95
6	Цинк, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.22-95
7	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.1-95
8	Нитриты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.3-95
9	Нитраты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.4-95
10	ХПК, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.100-97
11	Нефтепродукты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.116-97
12	БПК ₅ , мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97
13	Растворенный кислород, мг/дм ³	РД 52.24.419-95
14	Запах, балл	ГОСТ 3351-74
15	Цветность, градус	ГОСТ 3351-74
16	Взвешенные вещества, мг/дм ³	РД 52.24.468-2005

Индекс загрязнения воды

Индекс загрязнения воды, рассчитывают по группе гидрохимических показателей, часть из которых – водородный показатель (рН), биохимическое потребление кислорода БПК₅ и химическое потребление кислорода является обязательной.

В нашем случае при расчете ИЗВ использовались следующие компоненты и показатели: водородный показатель, фосфаты, общее железо, марганец, медь, цинк, ионы аммония, нитраты, нитриты, химическое потребление кислорода, нефтепродукты и биохимическое потребление кислорода (за пять суток).

ИЗВ рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=1}^N \frac{C_i / \text{ПДК}_i}{N} \quad (1)$$

где C_i - концентрация компонента (в ряде случаев – значение параметра);

N - число показателей, используемых для расчета индекса;

ПДК_г – установленная величина для соответствующего типа водного объекта.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов

подразделяют на классы (Табл. 3.)

Таблица 3 – классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	до 0,2	1
Чистые	0,2-1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0-2,0	3
Загрязненные	2,0-4,0	4
Грязные	4,0-6,0	5
Очень грязные	6,0-10,0	6
Чрезвычайно грязные	>10,0	7

2.3. Методы исследования фитопланктона

Основным объектом исследований являются низшие микроскопические водоросли, которые составляют сообщества фитопланктона.

Сбор фактического материала осуществлялся стандартными методами, изложенными в ряде литературных источников [81, 105, 38, 102, 103]. Пробы воды для определения состава фитопланктона отбирались в объеме 1 литр: с поверхности и с глубин одной (1S), двойной (2S), тройной прозрачности (3S). Затем, вся вода сливалась в одну емкость, тщательно перемешивалась и отбиралась средневзвешенная проба объемом 1 литр, которая характеризует средний состав фотического слоя эпилимниона.

Общий объем обработанного материала по Нижнетагильскому городскому пруду составил 56 проб (Табл. 4), что позволяет выявить систематический и экологический состав сообщества низших водорослей и проследить особенности их развития.

Таблица 4 – график сбора проб фитопланктона Нижнетагильского городского пруда

№ точки забора	Периодичность или дата сбора	
	2010	
1,4	Ежемесячно IV-X	
Объем обработанного материала	14 проб объемом 1,5-2 л	
	2011	2012
1,2,3	Ежемесячно VI–VIII	Ежемесячно V-IX
Объем обработанного материала	6 проб объемом 2,0 л	10 проб объемом 2 л
1,2,3	Ежемесячно VI–VIII	Ежемесячно V-IX
	2013	2014, 2015
1, 3	Ежемесячно VI–VIII	Ежемесячно V-IX
Объем обработанного материала	6 проб объемом 2,0 л	По 10 проб объемом 2 л

Общий объем обработанного материала по леновскому водохранилищу составил 26 проб (Табл. 5), что позволяет выявить систематический и экологический состав сообщества низших водорослей и проследить особенности их развития.

Таблица 5 – график сбора проб фитопланктона Леновского водохранилища

№ точки забора	Периодичность или дата сбора		
	2011	2014	2015
1	Ежемесячно VI–VIII	Ежемесячно V-IX	Ежемесячно V-IX
5			
Объем обработанного материала	6 проб объемом 2,0 л	10 проб объемом 2 л	10 проб объемом 2 л

Для таксономического определения низших микроскопических водорослей они изучались с помощью оптического микроскопа при рабочем увеличении $1200^{\times}$ - $600^{\times}$ и $1200^{\times}$. Увеличение определяется путем умножения номера объектива на номер окуляра. Собранный материал просматривался под микроскопом дважды: первоначально, при их поступлении в лабораторию, изучались «живые» пробы. Это позволяет зафиксировать состояние живого

материала до наступления его возможных изменений при хранении проб в течение некоторого времени, пока происходит осаждение осадка.

Количественные пробы фитопланктона фиксировались 40% раствором формалина и ставились на 10 суток на отстаивание в прохладном месте, после чего пробы сгущали осадочным методом.

При изготовлении препарата для просмотра под микроскопом на предметное стекло пипеткой наносили 0,02 мл тщательно перемешанной взвеси осадка-концентрата, она закрывается покровным стеклом (12x12 мм). Далее в каждом препарате в средней части стекла по горизонтальным рядам насчитывали не менее 500 экземпляров низших водорослей с последующим пересчетом процентных содержаний отдельных форм. Для более полного выявления их видового состава просматривался весь препарат.

Определение водорослей проводилось по соответствующим определителям с применением общепринятых методик исследований [54; 41, 48, 49, 58, 66, 71, 80, 84, 87, 88, 89, 91, 94, 119, 120, и др.].

Для учета встречаемости микроскопических водорослей применялась шкала, которая рассчитывает баллы, исходя из полученных значений процентного содержания отдельных таксонов. Значения обилия переводились в балльную шкалу следующим образом: для таксонов, составляющих в общем составе микроскопических водорослей менее 0-1,00 %, - 1 балл, 1,01-3,00% – 2 балла, 3,01-10,00% - 3 балла, 10,01-20,00% - 5 баллов, 20,01-40,00% - 7 баллов и 40,01-100% - 9 баллов [115]. Балльная система показателей встречаемости таксонов необходима при проведении оценки эколого-биологического качества вод.

Подсчитывалась также численность клеток (колоний) в 1 л воды (млн.кл./л) и биомасса (миллиграмм на 1 л (мг/л) на основе измерения размеров клеток в камере Горяева. Расчет численности микроскопических водорослей в 1 л воды производился по формуле:

$$N = n \times k \times \frac{A}{a} \times v \times \frac{1000}{V}, (2)$$

где N – количество микроводорослей в 1 л воды исследуемого образца, k – коэффициент, показывающий во сколько раз объем счетной камеры меньше 1 см³, n – количество организмов, обнаруженных на просмотренных клетках

камеры Горяева, A – количество клеток в камере, a – количество просмотренных клеток камеры, v – первоначальный объем отобранной пробы (см^3), V – объем взвеси-концентрата пробы (см^3) [38, 102, 103].

Подобный учет количественного соотношения при изучении микроскопических водорослей, хотя и не совершенно точен, но дает вполне сравнимые результаты не только по одному, но и по различным местам обитания.

Для определения биомассы производилось измерение размеров клеток микроводорослей, створок или панцирей диатомовых. Оно производилось с помощью окулярного микрометра, содержащего измерительную линейку (предметное стекло с нанесенной на него линейкой, цена каждого деления составляет 10 микрометров, мкм). Так определялись линейные размеры организма. Для каждого вида водоросли отдельно тело приравнивалось к какой-либо геометрической фигуре или комбинации этих фигур, после чего вычислялись их объемы по известным в геометрии формулам на основании линейных размеров вида водоросли. Биомасса рассчитывалась для каждого вида отдельно, затем суммировалась.

Полученные результаты в отчете представлены в виде списков обнаруженных таксонов низших водорослей с указанием средней численности (млн. кл./л) и средней биомассы (мг/л) по каждой пробе и месяцам опробования, а также в виде общего списка.

2.4. Методы исследования зоопланктона

Материалом для исследований послужили количественные пробы зоопланктона, которые отбирались в стандартных станциях, выбранных и утвержденных заказчиком для проведения гидрохимического и гидробиологического анализа (Табл.6, 7).

За отчетный период с 2010 по 2015 гг. на акватории Нижнетагильского городского пруда всего отобрано и проанализировано 64 пробы зоопланктона.

Таблица 6 – график сбора зоопланктона Нижнетагильского городского пруда

№ точки забора	Периодичность или дата сбора	
	2010	
1,4	Ежемесячно VI-IX	
Объем обработанного материала	8 проб объемом 1-1,5 л	
	2011	2012
1,2,3	Ежемесячно V–X	Ежемесячно V-X
Объем обработанного материала	12 проб объемом 0,3 л	12 проб объемом 0,3 л
	2013	2014, 2015
1,2,3	Ежемесячно V–X	Ежемесячно V-IX
Объем обработанного материала	12 проб объемом 0,3 л	По 10 проб объемом 0,3 л

Примечание. * в июне пробы отбирались дважды: в начале и в конце месяца.

За отчетный период в Леновском водохранилище всего отобрано и проанализировано 28 проб зоопланктона (Табл. 7).

№ точки забора	Периодичность или дата сбора		
	2011	2014	2015
1	Ежемесячно V, VI, VIII и IX	Ежемесячно V-IX	Ежемесячно V-IX
5			
Объем обработанного материала	8 проб, объемом 0,3 л	10 проб, объемом 0,3 л	10 проб, объемом 0,3 л

Отбор количественных проб зоопланктона проводился в верхних слоях воды путем процеживания через планктонную сеть Апштейна 50л воды, что соответствует классическому методу [143]. Пробы фиксировались 40% формалином. Камеральная обработка проводилась с использованием кристаллизатора Цееба по общепринятой методике порционного просчета [66]. Определение видового состава организмов зоопланктона проводилось по ряду определителей [75, 87, 88, 89].

Биомасса зоопланктона определялась умножением индивидуальной массы каждого организма на его численность.

2.5 Методы биологической оценки качества воды

Для оценки качества вод по показателям фитопланктона, зоопланктона и макзообентоса использовался сапробиологический анализ Пантле и Бука в

модификации Сладечека [23]. Сапробность – это способность жить в водах, содержащих разлагающиеся органические вещества растительного и животного происхождения при постоянно низком содержании кислорода. Данный метод учитывает относительную частоту встречаемости гидробионтов (h) и их индикаторную значимость (s). Обе величины входят в формулу для вычисления индекса сапробности (S):

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum h}, \quad (3)$$

Определение относительной частоты встречаемости вида производили по шестиступенчатой шкале, которую использовали для оценки обилия фитопланктона (см. пункт 4.2.). Индикаторную значимость и зону сапробности определяют для каждого вида перифитона по спискам сапробных организмов, данным в приложении 1 к "Унифицированным методам исследования качества воды" [113 – 116], а также с использованием показателей сапробности, взятых из различных работ [6; 32, 109, 113]. Для статистической достоверности результатов обращали внимание на то, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных видов с общей суммой встречаемости h равной 30.

Индекс сапробности указывали с точностью до одной сотой. Для ксеносапробной зоны он находился в пределах 0-1,00, олигосапробной – 1,01 – 1,50 (чистые воды), β -мезосапробной зоне – 1,51–2,50 (воды умеренного загрязнения), α -мезосапробной – 2,51–3,50 (загрязненные), полисапробной зоне – 3,51 – 4,50 (очень грязные) [119].

ГОСТ [43, 44] вводит также такое понятие как «токсобность» и предписывает «влияние токсичных веществ на флору и фауну оценивать по наличию в водном объекте видов различной токсобности». Связующим звеном сапробных и токсобных состояний водных экосистем является сапротоксобоный анализ. Дескриптором качества воды является индекс сапротоксобоности:

$$S_T = \frac{\sum_{i=1}^n [S_{Ti} N_i]}{\sum_{i=1}^n N_i}, \text{ балл} \quad (4)$$

где S_T - индекс сапротоксобоности по сообществу;

i – порядковый номер вида;

n – общее количество видов;

St_i - индивидуальная сапротоксность i -го вида;

N_i - численность i -го вида.

Данный индекс представляет собой модификацию биотического индекса по Вудивисса Яковлевым [129] для оценки водоемов Кольско-Беломорского региона [129].

Для выяснения загрязненности водоема по зоопланктону использовали традиционный показатель в относительных величинах, таких как соотношение числа видов или численности ветвистоусых рачков к веслоногим [81]. Изменения в составе ракообразных хорошо коррелируют с количеством NH_4 , показателем органического загрязнения.

По группе коловраток более эффективны в биологическом анализе количественные и качественные показатели в прибрежных зонах в период пиков развития (для умеренных широт – это май-июня и конец августа-начало сентября) [102]. Так как род *Brachionus* связан с эвтрофными водами (за исключением *B. sericus* который, как правило, живет в ацидофильных и *B. plicatilis* в соленой воде), а виды рода *Trichocerca* почти чисто олиготрофные, был предложен коэффициент $Q_{B/T}$:

$$Q_{\frac{B}{T}} = \frac{N_B}{N_T}; \quad (5)$$

где N_B – число видов рода *Brachionus*; N_T – число видов рода *Trichocerca*.

Этот коэффициент может быть установлен для отдельных стоячих или медленно текущих водных объектов характер или даже для отдельных образцов, если представители, по крайней мере, один из этих родов присутствуют. Этот коэффициент часто применяется в лимнологии. Значения $Q_{B/T}$ меньше, чем 1,0 означают гипотрофию (олиготрофность), значения между 1,0 и 2,0 мезотрофию, значения более 2,0 правильную трофность водоема (ксенотрофность), по согласованию с коэффициентами сапробности фитопланктона.

Для установления трофности водоема по фитопланктону вычислялся индекс трофности Миллиус по формуле:

$$I_B = 44,87 + 23,22 \log B, \quad (6)$$

где В – общая биомасса водорослей в пробе. Значения индекса трофности от 0 до 30 соответствуют олиготрофному, от 31 до 59 – мезотрофному, от 60 до 70 – эвтрофному типам [153].

Для выделения трофических типов водоемов по величине биомассы зоопланктона использована классификация С.П.Китаева, в соответствии с которой выделяются следующие трофические типы: меньше 0,5 г/м³ - α-олиготрофный; 0,5-1,0 - β-олиготрофный; 1,0-2,0 - α-мезотрофный; 2,0-4,0 - β-мезотрофный; 4,0-8,0 - α-эвтрофный; 8,0-16,0 - β-эвтрофный; более 16,0 - гиперэвтрофный [88].

Классы качества и степень загрязнения воды определялись согласно стандартным классификаторам [43, 44, 46, 126, 129], которые регламентируют содержание программ контроля гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей (Табл. 8).

Таблица 8 – классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическими и гидрохимическим показателям

Класс качес тва воды	Степень загрязненности воды	Гидробиологические показатели			Гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)	Градации по Яковлеву [129] индекса видового разнообразия Шеннона
		По фито- и зоопланктону, перифитону	По зообентосу			
		Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека)	Отношение общей численности олигохет к общей численности донных организмов %	Биотический индекс по Вудивиссу в модификации Яковлева		
I	Очень чистые	Менее 1,00	1-20	10	Менее 0,3	≥2
II	Чистые	1,00-1,50	21-35	7-9	0,3-1,0	≥2
III	Умеренно загрязненные	1,51-2,50	36-50	5-6	1,0-2,5	≥2
IV	Загрязненные	2,51-3,50	51-65	4	2,5-1,0	1,0-2,0
V	Грязные	3,51-4,00	66-85	2-3	1,0-6,0	0-1,0
VI	Очень грязные	Более 4,00	86-100 или макрозообе нтос отсутствует	0-1	6,0-10,0	0

Примечание. Допускается оценивать класс воды и как промежуточный между вторым и третьим (II-III), третьим и четвертым (III-IV), четвертым и пятым (IV-V).

Анализ макрозообентоса в оценке качества воды носил второстепенный

характер, так как к первому десятилетию XXI века установлено, что отсутствует достоверная корреляция между характеристиками загрязнения воды и грунта, в связи с чем, методы оценки качества воды по показателям зообентоса не достаточно надежны. Поэтому оценивали качество воды, прежде всего, по особенностям планктонных организмов и гидрохимическим показателям (ИЗВ).

2.6 Общие методы математической и статистической обработки данных

Для численности клеток, биомассы и индекса сапробности рассчитывалась средняя арифметическая по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (7)$$

где x_i – значение варьирующего признака для каждого члена совокупности;

n – объем (математический вес, частота), при котором получена данная величина варьирующего признака.

Статистическая ошибка средней арифметической или средняя ошибка с учетом поправки Пирсона для бесконечной генеральной совокупности вычислялась по следующей формуле:

$$m_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (8)$$

где σ – выборочное стандартное отклонение;

n – объем выборки.

Величину средней и её ошибку записывали в общепринятом виде:

$$\bar{x} \pm m_{\bar{x}} \quad (9)$$

Точность ошибки (E) для биологических исследований не должна превышать 5%ного барьера. При необходимости распространения данных выборки на всю генеральную совокупность её находили по следующей формуле:

$$E = \frac{m_{\bar{x}}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (10)$$

Для оценки показателей вариации относительной численности использовалась формула несмещенного квадратического отклонения σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (11)$$

где n – объём выборки (число видов), i – положение варианты в вариационном ряду, x_i – значение конкретной варианты вариационного ряда, $\bar{x}$ – среднее арифметическое значений вариантов.

Для малых выборок:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n}}{n-1}}, \quad (12)$$

Степень достоверности результатов определялась по методу Стьюдента.

Критерий достоверности вычислялся по формуле

$$t_{\bar{x}} = \frac{\bar{x}}{m_{\bar{x}}} \quad (13)$$

с последующим сравнением с табличной величиной t_s .

Все расчеты и построение графиков производили при помощи пакета программ MS Excel 2010.

3. ПРОЕКТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ ПОСРЕДСТВОМ ВСЕЛЕНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МИКРОВОДОРОСЛИ И ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ

3.1. Правовое обеспечение и исходный материал для проведения работ

Проект служит основой проведения работ по биологической реабилитации Леневского водохранилища и Нижнетагильского городского пруда методом коррекции альгоценоза с целью снижения концентрации загрязняющих веществ.

Для восстановления экологической системы водоемов была использована новейшая биотехнология, основанная на альголизации водоема штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111.

Эта биотехнология с 2001 года применяется на Пензенском водохранилище хозяйственно-питьевого назначения и показывает высокую эффективность в сдерживании развития синезеленых водорослей.

С 2006 года эта биотехнология применяется на Волгоградском и Цимлянском водохранилищах. С 2009 года – на Ижевском и Матырском. Внедренные штаммы хлореллы, в отличие от аборигенных видов, постоянно присутствующих в каждом водоеме, обладают хорошо выраженными планктонными свойствами и ингибируют развитие синезеленых водорослей, тем самым предотвращая «цветение» воды. Во всех водоемах, где применяется указанная биотехнология, значительно снизился ИЗВ.

Схема биологической реабилитации водоёмов включает действия, направленные на поглощение загрязняющих веществ, улучшение санитарного состояния, предотвращение «цветения» воды, биологическую мелиорацию высшей водной растительности путем вселения растительноядных рыб (фитофагов) и, наконец, вылов рыбы и прочих биологических объектов. Причем рыба рассматривается не как объект промыслового или любительского лова, а как компонент экосистемы, предназначенный для выноса из водоёма первичной продукции, которая трансформируется в рыбную продукцию, в виде

ихтиомассы [34].

Поскольку Леневское водохранилище и Нижнетальский городской пруд представляют собой единую гидрологическую систему, то целесообразно привести описание адаптационных работ на примере одного водоема.

В целях проведения необходимых работ были отобраны два образца воды Нижнетагильского городского пруда. Первый образец был отобран 06 февраля 2010 г. в количестве 5 л. Температура воды в этот период была 0,5°C.

Второй образец был отобран 22 марта 2010 г. в количестве 60 л. Температура воды была 0,5°C. Вода отбиралась с глубины 1,5 м.

- Образец № 1 - вода для биологической пробы.

- Образец № 2 - вода для выращивания штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, адаптированного к воде Нижнетагильского городского пруда .

В работе использованы патенты Российской Федерации с разрешения их автора Николая Ивановича Богданова:

№ 1751981. Штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № 111 – продуцент биомассы.

№2263141. Способ борьбы с «цветением» водоёмов синезелеными водорослями.

3.2. Характеристика штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111

Исходным материалом для проведения альголизации является суспензия хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 (Рис. 9) произведенная на производственной базе ООО НПО «Альгобиотехнология» по ТУ 9291-003-12001826-05.

Штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 выделен из образцов воды Нурекского водохранилища (Таджикистан) в 1977 году. Для этого были изучены микроводоросли Нурекского водохранилища, где среди фитопланктона была обнаружена *Chlorella vulgaris*. Определение вида проводилось по В.М. Андреевой (1975).

Морфологические признаки. Молодые клетки слабоэллипсоидные, размером от 1,5 до 2,0 мкм. Взрослые – шаровидные, на жидкой питательной среде 6-8 мкм в диаметре, на дно не осаждаются, стенки сосуда не обрастают.

На агаризированной питательной среде на 7 – 10-й день на свету образуются круглые, гладкие и выпуклые колонии с ровными краями. Диаметр колоний 3-4 мм, окрашены в темно-зеленый цвет, размер клеток 5-8 мкм. Хлоропласт широкопоясковидный незамкнутый.

Физиологические признаки. Делится на 2-8, очень редко на 16 автоспор. Штамм автотрофный.

Культуральные свойства. Оптимальные условия культивирования при естественном солнечном освещении в лотках с открытой поверхностью и толщиной слоя суспензии, не превышающей 20 см. Режим освещения соответствует естественной суточной инсоляции в летний период. Штамм обладает способностью свободного парения и равномерного распределения в культуральной среде.



Рис. 9 – штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. Увеличение 1000^x.

3.3.Выделение аборигенного штамма *Chlorella vulgaris* и сравнительный анализ со штаммом ИФР № С-111

Для проведения сравнительного анализа был выделен аборигенный штамм *Chlorella vulgaris*. Сравнительный анализ аборигенного штамма и предполагаемого альголизанта *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 необходим, чтобы определить преимущества того и другого штаммов. Для выделения использовался метод накопительных культур. Накопительной называют культуру, в которой преобладают представители одной физиологической группы или одного вида микроорганизмов. Метод накопительных культур был введен в практику микробиологических исследований С.Н. Виноградским и М. Бейеринком. Сущность его заключается в создании элективных, т.е. избирательных, условий, указанных в пункте 3.2., которые обеспечивают преимущественное развитие зеленых водорослей из смешанной популяции.

Физиологические особенности аборигенного штамма Нижнетагильского городского пруда соотносительно со штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 представлены в таблице 9 .

Таблица 9 – физиологические особенности штаммов

№	Показатели	Аборигенный штамм хлореллы	<i>Chlorella vulgaris</i> ИФР № С-111	Прим.
1	Размер клетки, мкм	4-7	5-8	
2	Рост на питательной среде	Удовлетворительный	Хороший	
3	Способность к осаждению	осаждается	Не осаждается	
4	Прилипание к стенкам сосуда	прилипает	Не прилипает	
5	Отношение к свету	Не светолюбив	светолюбив	

Приведенные показатели свидетельствуют о том, что аборигенная форма хлореллы не имеет планктонных свойств и по основным показателям уступает штамму *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111.

Для определения взаимного влияния аборигенного штамма водохранилища и предполагаемого альголизанта *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 были смешаны культуры одного и другого штаммов в соотношении 1/4, добавлена питательная среда по ТИ, затем произведено культивирование штаммов по ТУ.

Штамм ИФР № С-111 не оказывал отрицательного воздействия на аборигенный штамм. Он находился в активном состоянии и развивался. За

одинаковый промежуток времени культура *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 достигла требуемой плотности в 50 млн. клеток в мл, а аборигенный штамм опустился на дно и прилип к стенкам сосуда.

На основании приведенного сравнительного анализа сделано заключение, что предполагаемый альголизант активнее аборигенного штамма и не снизит его популяции в Нижнетагильском городском пруду.

3.4. Подготовка альголизанта – штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111

3.4.1. Определение возможности развития хлореллы в условиях Нижнетагильского городского пруда

Первоначальной работой по Нижнетагильскому городскому пруду было проведение биологической пробы, которая заключалась в том, чтобы определить возможность развития штамма ИФР № С-111 в данном водоеме. В лаборатории ООО НПО «Альгобиотехнология» образец воды № 1 Нижнетагильского городского пруда, отобранный 06 февраля 2010 года, использовался для приготовления питательной среды.

Из пробы подготовленной таким образом отобрали 0,5 литра и внесли в стеклянную колбу объёмом 10 л. В последнюю внесли 0,5 л суспензии хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, выращенную в соответствии с ТУ. Колбу выставляли на солнечный свет, при отсутствии солнечного света использовали искусственное освещение. Каждый последующий день вливали 0,5 л предварительно размешанной воды из Нижнетагильского городского пруда. После того, как была израсходована вся вода образца, проводилось культивирование биопробы.

Для определения возможности или невозможности развития штамма хлореллы в исследуемом водоеме каждый день, в том числе и в день постановки опыта, в одно и то же время суток производилось измерение ряда параметров (Табл. 10) как визуально, так и с помощью приборов.

Таблица 10 – результаты измерений и наблюдений за развитием популяции хлореллы в биопробе

сутки		Поста- новка опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
дата		13.10.2009	14.10.2009	15.10.2009	16.10.2009	17.10.2009	18.10.2009	19.10.2009	20.10.2009	21.10.2009	22.10.2009
Объем культуры штамма хлореллы, л		0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Объем воды образца, л		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	–	–	–	–
Оптическая плотность	до добавления порции воды водохранилища не размешанная	1,7	0,69	0,5	0,42	0,43	0,45	0,4	0,45	0,52	0,56
	до добавления порции воды водохранилища размешанная	-	-	0,83	0,76	0,67	0,63	0,59	0,68	0,79	0,8
	после добавления порции воды водохранилища	0,93	0,49	0,64	0,6	0,57	0,54	0,59	0,68	0,79	0,8
Цвет биопробы		зелен.	зелен.	зелен.	зелен.	зелен.	зелен.	зелен.	зелен.	зелен.	зелен.
Придонный рост		–	+	+	±	±	±	±	±	±	±
Наличие делящихся клеток при микроскопировании		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Среднее число клеток после добавления порции воды водохранилища, млн. в 1 мл			5,89±0,18	5,95±0,29	6,97±0,256	6,86±0,175	6,353±0,24	6,98±0,204	7,29±0,2156	7,508±0,245	8,466±0,274
Точность среднего числа клеток, %			3,04	4,84	3,67	2,54	3,73	2,92	2,96	3,26	3,23
Общее кол-во клеток во всем объеме биопробы, млрд.		9,433	8,8027	11,892	17,415	20,573	22,235	24,439	25,518	26,277	29,63
Прирост числа клеток, % от числа клеток предыдущего дня		–	-6,68	35,09	46,45	18,134	8,078	9,914	4,42	2,97	12,76

Поскольку плотность суспензии увеличилась, цвет биопробы оставался зеленым, а при микроскопировании штамм хлореллы сохранял свои параметры, то опыт был продолжен. Если бы плотность снизилась, то было бы сделано заключение, что вода этого образца не является пригодной для выращивания хлореллы.

Динамика числа клеток популяции хлореллы в биопробе на основе воды из Нижнетагильского городского пруда для большей наглядности отображена в виде графика (Рис.10).

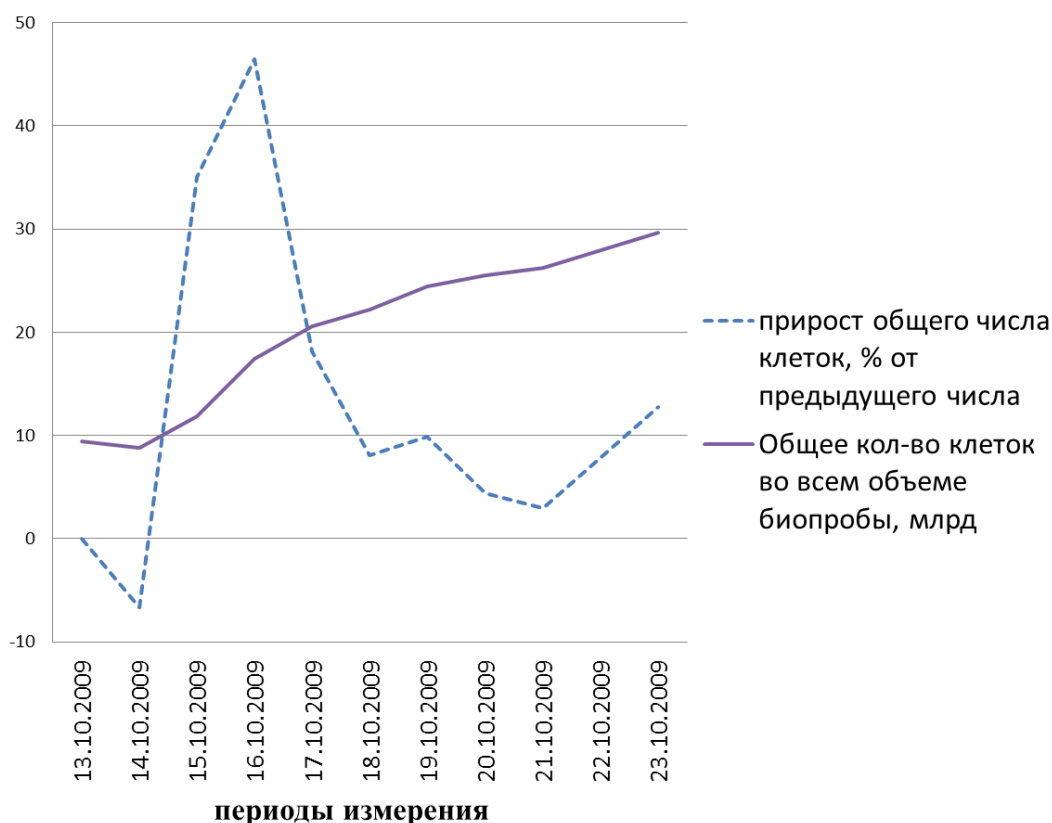


Рис. 10 – динамика популяции хлореллы в биопробе.

Отрицательные показатели роста численности популяции хлореллы в первые сутки может быть результатом испытываемого стресса в связи с новыми для популяции гидрохимическими условиями. В последующие дни наблюдается стабильное увеличение общего числа клеток в популяции при сохранении жизнеспособности и физиологических особенностей штамма. Наибольший прирост числа клеток хлореллы может быть объяснен наличием прямой пропорциональной зависимости между долей приливаемой воды, а, соответственно, и питательных веществ (минеральных солей с биогенными химическими элементами) относительно общего объема биопробы. В первые дни (после привыкания к особенностям воды водохранилища), когда доли приливаемой воды были наибольшими, прирост также был наибольшим. По мере снижения процента поступления биогенных элементов наблюдается и снижение темпов прироста. При микроскопировании было выяснено, что в пробе практически отсутствовали сгустки слипшихся клеток хлорелл, а также

не были или присутствовали во фрагментарном состоянии иные микроводоросли, то есть штамм способен поддерживать свою культуральную чистоту. Кроме того, по истечении 15 суток проба оставалась зеленой, не наблюдалось осаждения микроводоросли.

По истечении 9 суток суспензия хлореллы соответствовала требованиям ТУ. Идентификация штамма проводилась при микроскопическом исследовании по параметрам, указанным ТУ. В поле зрения было не менее 90% клеток хлореллы рассматриваемого временного микропрепарата биопробы.

Таким образом, особенности роста штамма хлореллы в биопробе позволяют сделать вывод о потенциальной возможности длительного положительного роста и размножения хлореллы в условиях Нижнетагильского городского пруда.

Именно на основе положительной биологической пробы, которая характеризует работоспособность штамма в конкретном водоеме, ООО НПО «Альгобиотехнология» приняло решение о возможности проведения работ по биологической реабилитации Нижнетагильского городского пруда методом коррекции альгоценоза.

3.4.2. Адаптация штамма к воде Нижнетагильского городского пруда

Адаптация штамма является необходимым условием, так как использование неадаптированного штамма не гарантирует получения положительного результата предотвращения «цветения» водоёма.

Адаптация штамма преследует цель закрепить на клеточном уровне физико-химические условия водоёма, на котором будет использоваться штамм для предотвращения «цветения» воды.

Проба воды из Нижнетагильского городского пруда профильтрована через мембранный фильтр с порами 0,1 микрона. На основе фильтрата выращена адаптированная суспензия *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 с целью создания музейной культуры и для дальнейшей альголизации Нижнетагильского городского пруда в 2010 и последующих годах.

Адаптация штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 к воде водохранилища проводилась в соответствии с ТУ.

Визуально рост определился на вторые сутки. В процессе работы отмечалось изменение процентного соотношения различных форм микроводорослей. Так в первый день наблюдений в планктонной части пробы *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 обнаруживалась в единичных экземплярах в поле зрения микроскопа, а процент синезеленых водорослей составлял от 30% до 40% от общего числа клеток. К 4-му дню наблюдений рост хлореллы был значительный - от 30% до 40% от числа клеток 3 дня. Изменение плотности суспензии представлено в таблице 11.

Таблица 11 – изменение плотности хлореллы

Сутки	1	2	3	4
Среднее количество клеток в образце, млн./мл	10	28	45	50
Оптическая плотность	0,9	1,7	2,1	2,4

Подсчет осуществлялся при помощи камеры Горьева.

Синезеленые водоросли к 4 дню встречались единично, чувствовали себя угнетенно и осели на дно сосуда. В поле зрения микроскопа было отмечено появление рыхлой разлагающейся массы синезелёных водорослей.

Затем хлорелла заняла ведущее место и фактически стала монокультурой. В результате был получен адаптированный к воде Нижнетагильского городского пруда штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. Адаптированный к воде Нижнетагильского городского пруда штамм хранится как музейная культура в виде суспензии хлореллы, и используется только для этого водоема.

Всего было произведено 50 литров суспензии, которая была переведена в архив для хранения и в 2010 году использовалась в качестве маточной культуры при выращивании всего объема альголизанта Нижнетагильского городского пруда. При выращивании последней промышленной партии в июле 2013 года 50 литров суспензии хлореллы осталось в архиве. На момент окончания Договора 2015 года в архиве ООО НПО «Альгобиотехнология»

содержится необходимое количество адаптированного штамма хлореллы для продолжения работ по Нижнетагильскому городскому пруду.

3.4.3. Расчет нормы вселения в водоем

По п.2.2 был произведен расчет нормы вселения с точки зрения поддержания достаточной численности клеток альголизанта в единице объема для выполнения, возложенной на него миссии за весь вегетационный период.

Экспериментально нами доказано, что при численности *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 800-1000 клеток в одном миллилитре (в весовом выражении- 0,2 г/м³) через 4 дня происходит угнетение развития синезеленых водорослей, вызванное её экзометаболитами. Такую численность НПО «Альгобиотехнология» считает верхним пределом достаточности концентрации альголизанта для предотвращения «цветения» водоема синезелеными водорослями.

Гидрохимические показатели Нижнетагильского городского пруда, полученные в ходе ранее проведенных исследований, не являются сдерживающим фактором роста численности *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. Тогда как зоопланктон и личинки ихтиофауны в период своего массового развития (июнь – август) использующие хлореллу в своём рационе, существенно снижают её популяцию. Основываясь на результатах исследований, масса зоопланктона, питающаяся фитопланктоном в среднем по водоему, составит 0,5 г/м³. При этом суточное потребление хлореллы может составить 0,1г/м³, что соизмеримо с верхним пределом достаточности концентрации альголизанта для предотвращения «цветения» водоема синезелеными водорослями. В весенние месяцы влияние зоопланктона значительно ослабевает, а при температуре воды водохранилища ниже +12°C, он не учитывается. При достаточно высокой температуре и хорошей солнечной инсоляции в период весенне-летних месяцев, в гидрохимических условиях Нижнетагильского городского пруда *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 может ежедневно удваивать свою численность. Учитывая, что таких комфортных условий обитания до массового развития зоопланктона, у хлореллы 8 – 10 дней,

объем альголизанта вносимого на всю акваторию Нижнетагильского городского пруда был определен по формуле 13:

$$M_a = \frac{V_B \times m_{\text{дк}}}{2^n}, \quad (14)$$

где M_a – масса альголизанта (живой водоросли) (кг.);

V_B – объем метрового слоя водохранилища (м³);

$m_{\text{дк}}$ – удельная масса достаточной концентрации альголизанта (кг.);

n – минимальное число дней комфортных условий обитания.

Рассчитанная по формуле величина составляет 40 кг, что соответствует 1000 кг суспензии хлореллы, выращенной по ТУ, плотностью 10^9 кл./мл или 400 кг суспензии хлореллы плотностью $2,5 \times 10^9$. Для Леновского водохранилища рассчитанная по формуле величина составляет 118 кг, что соответствует 2950 кг суспензии хлореллы, выращенной по ТУ, плотностью 10^9 кл./мл или 1180 кг суспензии хлореллы плотностью $2,5 \times 10^9$.

3.4.4. Выращивание штамма на воде Нижнетагильского городского пруда

Производство (культивирование) хлореллы производилось согласно ТУ из архивного материала в производственных условиях ООО НПО «Альгобиотехнология». Производство организовано с использованием последних достижений в биотехнологии, сертифицировано по безопасности и имеет всю необходимую разрешительную документацию.

Доставка суспензии к местам вселения

Доставка суспензии хлореллы плотностью 10^9 и $2,5 \times 10^9$ клеток в мл к местам вселения осуществлялась специализированным транспортом НПО «Альгобиотехнология» в пластиковых емкостях. Сроки доставки от места производства до места назначения составлял не более трех суток, что обеспечивает сохранность функциональных качеств суспензии.

3.5. Вселение хлореллы в Нижнетагильский городской пруд

На основании анализа отчета о проведенных исследованиях акватории Нижнетагильского городского пруда были определены точки вселения

хлореллы с позиции равномерного распределения штамма по акватории с учетом преобладающего течения и расположения застойных и мелководных зон (Рис.4). Вселение производилось с участием представителя заказчика и оформлено актами о вселении, один экземпляр каждого из них предоставлен заказчику сразу же после выполнения вселения.

Вселение суспензии хлореллы *Chlorella vulgaris* штамма ИФР № С-111 производилось n-кратно в течение 2010 – 2015 гг., график которого представлен в виде таблицы 12.

Таблица 12 – график альголизации Нижнетагильского городского пруда и Леновского водохранилища

Год	Дата	Нижнетагильский городской пруд		Леновское водохранилище	
		Вес суспензии, кг	Плотность кл/см ³	Вес суспензии, кг	Плотность кл/см ³
2010	Начало апреля (подледная)	1000	50-60 млн.	-	-
	Май	1000	50-60 млн.	-	-
	Конец июля	1000	50-60 млн.	-	-
2011	Март (подледная)	1000	50-60 млн.	341	10 ⁹
	Май	1000	50-60 млн.	420	10 ⁹
	Конец июля	1000	50-60 млн.	420	10 ⁹
2012	Март (подледная)	64	2,5*10 ⁹	-	-
	Май	64	2,5*10 ⁹	-	-
	Конец июля	64	2,5*10 ⁹	-	-
2013	Март (подледная)	64	2,5*10 ⁹		
	Май	64	2,5*10 ⁹	384	2,5*10 ⁹
	Конец июня	64	2,5*10 ⁹	384	2,5*10 ⁹
	Конец июля	64	2,5*10 ⁹		
	Конец августа	64	2,5*10 ⁹		
2014	Март (подледная)	64	2,5*10 ⁹	384	2,5*10 ⁹

	Апрель (подледная дополнительная)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Май (послепаводковая)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Июнь (послепаводковая дополнительная)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Июль (летняя)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Август (летняя дополнительная)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
2015	Март (подледная)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Апрель (подледная дополнительная)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Май (послепаводковая)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Июнь (послепаводковая дополнительная)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Июль (летняя)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Август (летняя дополнительная)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$
	Сентябрь (осенняя)	64	$2,5 \cdot 10^9$	384	$2,5 \cdot 10^9$



Рис. 11 – подледная альголизация Нижнетагильского городского пруда.



Рис. 12 – послепагодковая альголизация Леновского водохранилища.



Рис. 13 – послепаводковая дополнительная альголизация Леновского водохранилища.



Рис. 14 – летняя альголизация Нижнетагильского городского пруда



Рис. 15 – летняя дополнительная альголизация Леновского водохранилища



Рис. 16 – осенняя альголизация Нижнетагильского городского пруда

Таким образом, общий вес альголизанта, вселенного в Нижнетагильской городской пруд и Леновское водохранилище за 2015 год составил 3136 кг альголизанта плотностью 2,5 млрд.кл./мл.

3.6. Приживаемость штамма

Отобранные пробы воды Нижнетагильского городского пруда в кратчайшие сроки доставляли в лабораторию НПО «Альгобиотехнология», где после предварительной оценки видового состава и обилия планктона производили посев образцов проб воды из водохранилища на элективной для хлореллы питательной среде. Для того чтобы не допустить попадания спор хлореллы извне емкости с культивируемыми образцами затыкались ватными тампонами. Образцы культивировались в течение 4 суток. Подлинность штамма контролировалась по ТУ (см. пункт 3.2.). Начальная плотность хлореллы в образцах составляло от 20 до 1224 тыс. кл. в 1 л (Прил.4). Ежедневный прирост плотности хлореллы на элективной среде составлял 50-100%, что свидетельствует о хорошей приживаемости.

Таблица 13 – результаты контрольного этапа проекта по числу клеток *Chlorella vulgaris* ИФР-111.

Дата сбора	2010	2010	2010	2011	2011	2011	2012	2012	2012	2013	2013	2013	2014	2015	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$
Кол-во клеток, тыс./1 мл	4,51	4,66	5,89	2,3	2,7	3,5	4,08	4,92	6,49	6,52	4,31	5,65	86,0	11,6	4,63±0,4

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1. Гидрохимическое состояние акватории

4.1.1. Леновского водохранилища

Информация о химическом составе вод Леновского водохранилища представлена за вегетационные сезоны 2011, 2014 и 2015 гг, так как в 2012 и 2013 годах мониторинг экологического состояния данного водоема не проводился.

Таблица 14 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за июнь 2011г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах		1	1	1	1	1
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		11,24	9,75	10,24	10,31	11,34
3	Водородный показатель	6.5-8.5	7,47	6,75	6,65	6,38	6,14
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,055	0,027	0,025	0,031	Сл.
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,061	0,031	0,034	0,034	0,038
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,022	0,015	0,020	0,026	0,024
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,008	0,008	0,006	0,006	0,006
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,054	0,676	0,542	0,722	0,638
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,15	Сл.	0,24	0,06	0,29
10	Нитраты, мг/дм ³	40	2,15	2,16	1,99	1,92	1,85
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,009	0,012	0,013	0,011	0,010
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		23,79	22,05	22,75	20,74	20,29
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	0,01	Сл.	Сл.	Сл.
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,56	2,46	1,93	1,92	1,25
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,52	7,85	7,05	5,65	6,02

Таблица 15 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за июль 2011г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах		1	1	1	1	1
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		9,60	8,48	8,42	8,26	9,37
3	Водородный показатель	6.5-8.5	6,04	5,54	6,18	5,81	5,74
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,049	0,026	0,023	-	0,013
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,052	0,025	0,032	0,031	0,033
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,019	0,013	0,016	0,023	0,020
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,007	0,007	0,005	0,006	0,005
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,047	0,580	0,444	0,596	0,536
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,12	0,21	Сл.	0,06	0,27
10	Нитраты, мг/дм ³	40	1,91	1,75	1,84	1,68	1,63
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,008	0,011	0,012	0,009	0,008
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		20,85	19,35	20,43	18,08	19,15
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,41	2,14	1,59	1,70	1,13
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,40	6,90	6,47	5,36	4,97

Таблица 16 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за август 2011г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах		1,00	1,00	2,00	1,00	1,00
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		16,9	22,5	16,5	16,5	19,5
3	Водородный показатель	6.5-8.5	7,68	7,6	7,76	7,83	7,73
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,038	0,028	0,031	0,011	0,013
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,050	0,064	0,026	0,020	0,028
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,047	0,014	0,014	0,010	0,014
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,008	0,008	0,006	0,006	0,006
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,570	0,240	0,210	0,250	0,240
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,25	0,13	0,15	0,23	0,19
10	Нитраты, мг/дм ³	40	0,78	0,74	0,74	0,74	0,75
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08		0,053	0,042	0,04	0,022
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		22,6	25,4	24,7	25,7	22,3
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	2,15	1,78	2,92	3,15	2,86
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,85	7,15	6,85	6,12	5,89

Таблица 17 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за сентябрь 2011г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		15,45	19,04	15,10	13,29	17,25
3	Водородный показатель	6.5-8.5	7,22	6,53	6,63	6,96	7,28
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,039	0,026	0,025	0,009	0,010
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,042	0,058	0,023	0,019	0,025
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,040	0,013	0,012	0,009	0,013
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,007	0,007	0,005	0,005	0,005
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,468	0,214	0,186	0,231	0,203
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,24	0,11	0,13	0,20	0,16
10	Нитраты, мг/дм ³	40	0,69	0,60	0,70	0,67	0,71
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08	Сл.	0,046	0,039	0,032	0,018
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		20,97	22,91	20,58	23,99	20,29
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	2,00	1,67	2,46	2,64	2,55
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,12	7,35	6,98	7,26	7,35

Таблица 18 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за июнь 2014г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах		41	7	7	8	50
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		14	10	6	3	5
3	Водородный показатель	6.5-8.5	7,8	7,9	7,6	7,6	7,6
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,31	0,09	0,1	0,09	0,08
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,323	0,017	0,005	0,005
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	2,249	0,301	1,962	2,192	2,851
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,58	0,58	0,71	0,71	0,65
10	Нитраты, мг/дм ³	40	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		5	5	5	10,5	5
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	5,4	4,9	4,6	4,7	4,5

Таблица 19 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за июль 2014г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах		100	35	34	40	36
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		3	10	14	16	5
3	Водородный показатель	6.5-8.5	9,2	8,7	8,5	8,3	8,2
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	1,03	0,28	0,54	0,21	0,18
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,699	0,03	0,005	0,005	0,005
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	1,21	0,518	0,24	0,254	0,4
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,12	0,08	0,06	0,06	0,08
10	Нитраты, мг/дм ³	40	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,35	0,28	0,31	0,27	0,12
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		35,2	5	32,7	13,4	15
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,013	0,007	0,007	0,005	0,014
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	7	3,5	5,8	1,1	2
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,69	6	6,6	7,2	6,8

Таблица 20 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за август 2014г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах			34	32	32	33
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		72	50	19	25	376
3	Водородный показатель	6.5-8.5	8,7	7,9	7,6	7,6	7,6
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,26	0,21	0,3	0,21	0,32
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,169	0,092	0,126	0,108	0,119
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,65	0,58	0,26	0,39	0,26
10	Нитраты, мг/дм ³	40	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		16,6	16,9	12,5	13,3	5,0
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,011	0,016	0,029	0,029	0,026
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,4	3,2	1,4	1	0,5
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,5	6,7	6,7	6,6	6,8

Таблица 21 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за сентябрь 2014г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Цветность в градусах		34	37	34	33	30
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³		3	3	3	16	3
3	Водородный показатель	6.5-8.5	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1
4	Фосфаты, мг/дм ³		0,05	0,01	0,01	0,05	0,01
5	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,07	0,14	0,12	0,31	0,11
6	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,005	0,005	2,514	2,514
7	Медь, мг/дм ³	0,001	0,025	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
8	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,089	0,051	0,24	12,08	0,428
9	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,46	0,58	0,58	0,06	0,26
10	Нитраты, мг/дм ³	40	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,31	0,02	0,02
12	ХПК, мгО ₂ /дм ³		12,6	12,3	32,7	5	14,4
13	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
14	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1	0,5	0,5	1,1	0,5
15	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,4	7,9	6,6	7,8	7,6

Таблица 22 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за май 2015г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³		6,5	5,9	6,1	5,5	5,8
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,18	0,06	0,12	0,08	0,05
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,01	0,007	0,008	0,009	0,008
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0018	0,002	0,002	0,002	0,002
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,005	0,006	0,0045	0,0075	0,0065
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,59	0,2	0,33	0,31	0,29
9	Нитраты, мг/дм ³	40	1,11	0,43	0,75	0,71	0,66
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³	15	36,6	30,7	25,7	28,7	27,7
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,037	0,033	0,036	0,042	0,039
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	3,51	3,00	2,58	2,76	2,65
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10	>10	>10

Таблица 23 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за июнь 2015г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³		6,1	7,1	6,5	6,8	6,4
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,9	8,3	8,2	8,1	8,4
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,03	0,06	0,03	0,03	0,03
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,013	0,015	0,01	0,015	0,020
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0024	0,0020	0,0018	0,0090	0,0031
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,025	0,028	0,022	0,015	0,020
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,51	0,39	0,34	0,33	0,31
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,94	0,1	0,1	0,79	0,1
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,036	0,02	0,02	0,032	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³	15	39,6	36,6	35,6	52,5	41,6
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,035	0,036	0,038	0,033	0,038
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	3,63	3,34	3,24	4,20	4,26
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10	>10	>10

Таблица 24 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за июль 2015 г.

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³		7,2	7,6	7,3	7,3	7,5
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,7	8,2	7,9	8,1	7,8
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,020	0,024	0,022	0,018	0,028
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0041	0,0045	0,0040	0,0038	0,0043
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,052	0,047	0,040	0,031	0,035
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,18	0,29	0,20	0,16	0,15
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,79	0,61	0,65	0,64	0,62
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³	15	30,3	28,4	32,2	28,1	30,5
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,040	0,038	0,041	0,039	0,041
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	2,98	2,91	3,30	2,86	3,14
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10	>10	>10

Таблица 25 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за август 2015г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³		7,5	8,1	7,7	8,2	7,7
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,3	7,9	8,2	8,1	8,4
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,18	0,12	0,12	0,11	0,12
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,327	0,044	0,035	0,030	0,022
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,065	0,018	0,014	0,016	0,012
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,757	0,180	0,110	0,150	0,080
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,33	0,23	0,26	0,25	0,2
9	Нитраты, мг/дм ³	40	3,35	2,80	3,06	2,66	2,39
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		27,0	25,8	25,2	26,8	25,2
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,041	0,037	0,040	0,040	0,042
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	2,67	2,62	2,54	2,64	2,46
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10	>10	>10

Таблица 26 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Леновского водохранилища за сентябрь 2015г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³		5,3	7,1	6,9	6,5	6,3
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,4	8,1	8,3	7,7	8,0
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,48	0,13	0,14	0,1	0,11
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,72	0,138	0,184	0,122	0,1
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,057	0,024	0,023	0,122	0,100
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	1,1	0,45	0,112	0,097	0,080
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,25	0,40	0,24	0,42	0,26
9	Нитраты, мг/дм ³	40	1,77	1,71	1,82	1,68	1,58
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		26,1	27,8	27,1	28,1	27,4
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,052	0,047	0,043	0,045	0,045
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	2,52	2,60	2,64	2,79	2,64
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10	>10	>10

Сравнительная динамика изменения концентрации загрязняющих веществ за время проведения работ по биологической реабилитации Леновского водохранилища методом коррекции альгоценоза (2011, 2014 и 2015 гг) представлена в виде графиков в приложении 3.

В таблице 27 приведены данные по относительному снижению концентрации загрязняющих веществ в ключевых точках мониторинга (рис. 3).

Проведем анализ динамики изменения концентрации наблюдаемых поллютантов и показателей в течение вегетационного сезона 2015 года по сравнению с тем же периодом 2011 и 2014 года.

Водородный показатель. Значение pH в течение всего периода работ колеблется в пределах установленной нормы. Мы связываем увеличение данного показателя с тем, что водоросли забирают из воды углекислоту, необходимую для фотосинтеза, и среда подщелачивается.

Фосфаты. В отдельные месяцы в приплотинной части водохранилища происходит повышение содержания поллютанта, связанное с разложением сравнительно (с верховьями) большего количества органики.

Общее железо. Содержание данного сидерофильного поллютанта испытывало в 2011 году перманентное повышение (за исключением третьей точки в августе). Вследствие увеличения числа вселений хлореллы снижение данного поллютанта в 2015 году проходило более интенсивно и на большей площади.

Марганец. Продолжая описание поллютантов сидерофильной группы, несколько слов хотелось бы сказать о марганце. Ежемесячный характер альголизации наложил свой положительный отпечаток в улучшении качества воды по данному компоненту.

Медь. Содержание данного халькофильного элемента в 2011 году перманентно снижалось, вследствие проведения биологической реабилитации. В 2015 году вследствие строительства набережной в г. Нижний Тагил в Леновском

водохранилище происходила задержка воды, после того как открыли шлюзы (конец августа) произошел приток воды из затопленных шахт, расположенных в верховьях водоема. А вследствие того, что в 2014 году ремонтировали дамбу Леновского водохранилища общий уровень содержания данного компонента обусловил перманентное повышение концентрации меди.

Цинк. Как известно, цинк является геохимическим спутником меди. Поэтому его повышение в 3 и 4 точке обусловлено теми же причинами. Следует отметить, что концентрация цинка достигает 100 ПДК.

Аммонийный, нитритный и нитратный азот. Повышение содержания аммонийного азота свидетельствует о свежем поступлении азотного загрязнения, связанного с вымыванием органического материала при обмелении литоральной зоны водохранилища из-за понижения его вследствие спуска воды.

Содержание нитритного азота то повышается, то понижается в пределах естественного уровня колебаний. Повышение концентрации связано с относительно большим поступлением органического материала подверженного окислению и нитрификации, снижение с обратным процессом.

Кроме того эта форма азота является самой нестойкой и самой токсичной.

В дальнейшем, вследствие интенсивной денитрификации, инициируемой относительно большим количеством зеленых фотосинтезирующих водорослей, происходит образование нитратов, которые являются конечной формой азота. Затем нитраты вовлекаются в биологические цепочки, реализуя этап круговорота азота в природе.

Химическое и биохимическое потребление кислорода. Эти показатели демонстрируют повышение значений, обусловленное окислением органического и неорганического материала на фоне расходуемого **растворенного кислорода**. Повышенные концентрации меди и цинка оказали свое влияние на значения данных показателей.

Нефтепродукты. Данный поллютант имеет исключительно техногенный

характер поступления в водоемы. Его содержание в 2015 году возрастает за счет относительно меньшего объема воды в водохранилище.

Таблица 27 – сравнение значений гидрохимических показателей Леневого водохранилища в 2015 г и 2011 г.

Компоненты	Точка 1				Точка 2				Точка 3				Точка 4				Точка 5			
Месяц 2011/2014	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9
Водородный показатель	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Фосфаты	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Железо общее	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Марганец	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+
Медь	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
Цинк	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-
Аммоний	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Нитраты	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+
Нитриты	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
ХПК	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
БПК ₅	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Нефтепродукты	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Растворенный кислород	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Взвешенные вещества	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: + повышение концентрации загрязнителя в 2015 году по отношению к содержанию данного компонента в тот же временной период 2011 года

- понижение концентрации загрязнителя в 2015 году по отношению к содержанию данного компонента в тот же временной период 2011 года

= концентрация загрязнителя не претерпела изменений

6 – июнь; 7 – июль; 8 – август; 9 - сентябрь

Таблица 28 – сравнение значений гидрохимических показателей Леневого водохранилища в 2015 г и 2014 г.

Компоненты	Точка 1				Точка 2				Точка 3				Точка 4				Точка 5			
Месяц 2011/2014	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9
Водородный показатель	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фосфаты	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Железо общее	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Марганец	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Медь	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Цинк	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Аммоний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нитраты	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Нитриты	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-
ХПК	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
БПК ₅	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Нефтепродукты	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
Растворенный кислород	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Взвешенные вещества	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+

Примечание: + повышение концентрации загрязнителя в 2015 году по отношению к содержанию данного компонента в тот же временной период 2014 года

- понижение концентрации загрязнителя в 2015 году по отношению к содержанию данного компонента в тот же временной период 2014 года

= концентрация загрязнителя не претерпела изменений

6 – июнь; 7 – июль; 8 – август; 9 - сентябрь

Для комплексной характеристики эколого-гидрохимического состояния Леневого водохранилища приведем гистограммы, отражающие месячную динамику изменения индекса загрязнения воды (рис. 17–20).

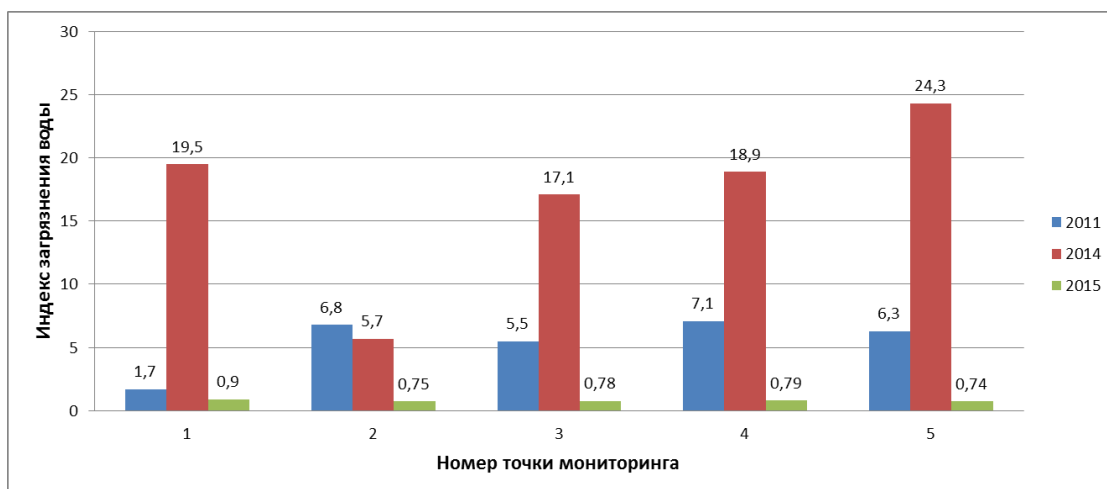


Рис.17 – сезонная динамика изменения ИЗВ Леневого водохранилища в 2011, 2014 и 2015 годах

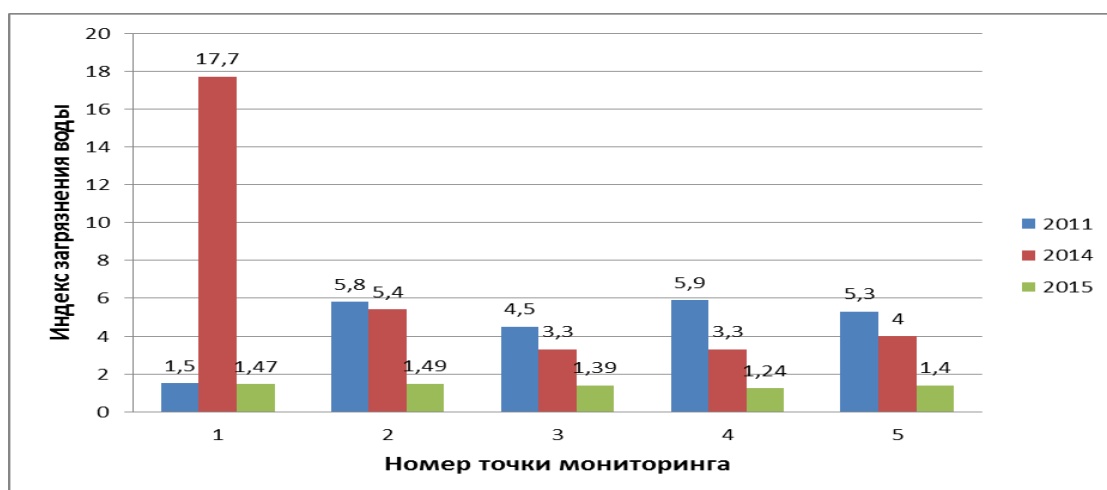


Рис.18 – сезонная динамика изменения ИЗВ Леневого водохранилища в 2011, 2014 и 2015 годах.

В 2011 году снижение индекса загрязнения воды начало снижением в августе. В 2014 году резкое снижение ИЗВ наблюдалось в июле, менее выраженное в августе.

В сентябре тенденция не сохранилась из-за залповых значений индекса загрязнения воды, обусловленных завершением сброса части воды из Леневого водохранилища.

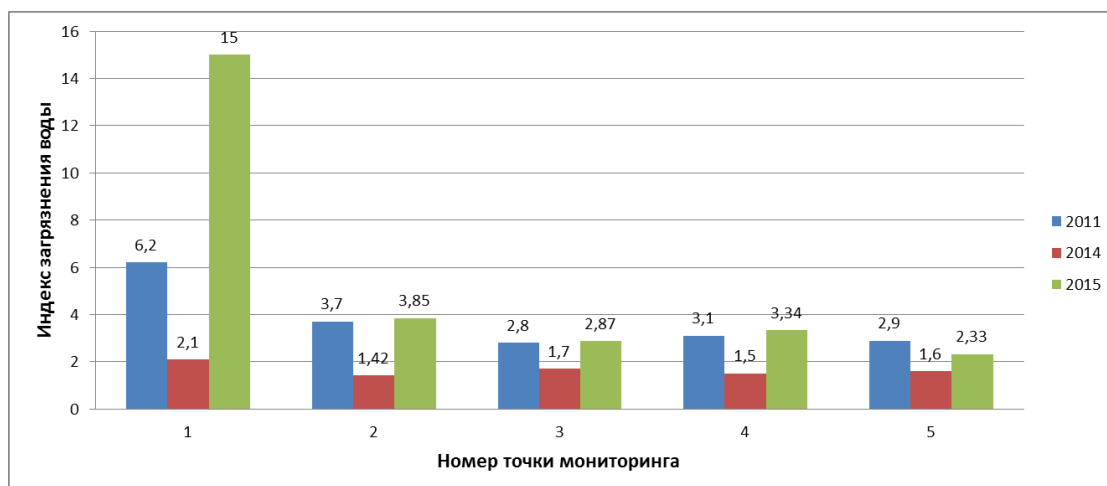


Рис.19 – сезонная динамика изменения ИЗВ Ленеvского водохранилища в 2011, 2014 и 2015 годах

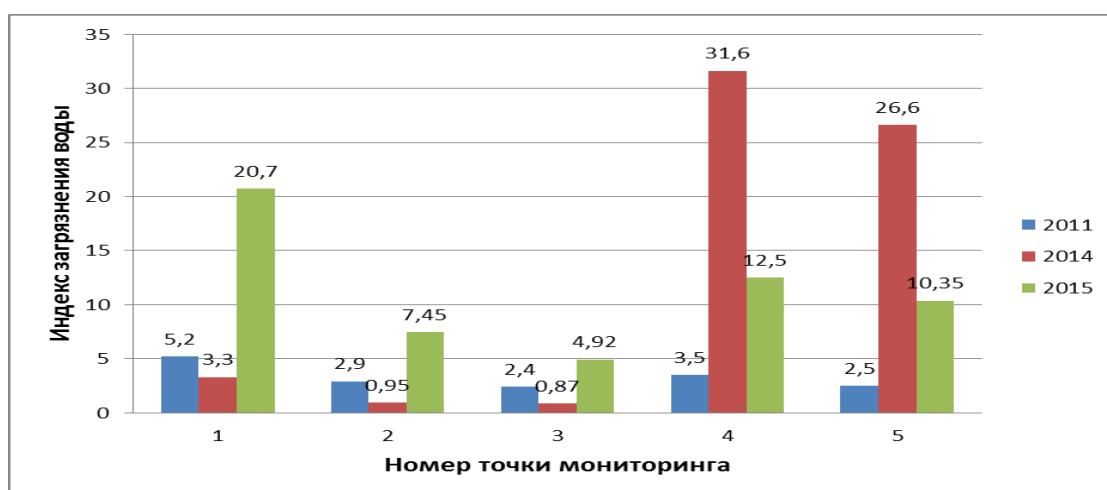


Рис.20 – сезонная динамика изменения ИЗВ Ленеvского водохранилища в 2011, 2014 и 2015 годах

Следует отметить, что максимальные значения ИЗВ в 2014 году в 4 и 5 точках обусловлены ремонтом плотины водохранилища, когда для этих целей пришлось существенно снизить уровень воды в водоеме, а в 2015 году, в первой точке – ремонтом набережной в г. Нижний Тагил, когда происходило накопление воды с последующим ее сбросом по реке Тагил.

Надо сказать, что проведенные комплексные исследования являются самыми масштабными исследованиями за всю историю Нижнетагильского городского пруда.

ООО НПО «Альгобиотехнология» с 2010 года ежегодно представляло

отчет по биологической реабилитации Нижнетагильского городского пруда методом коррекции альгоценоза, и основной упор в них был сделан на анализ изменения химического состава поверхностных вод Нижнетагильского городского пруда в соответствии с целью проводимых работ.

Для описания гидрохимического состояния акватории Нижнетагильского городского пруда было проанализировано изменение содержания ряда химических веществ в пробах воды из ключевых точек опробования (таблицы 29 – 53).

4.1.2. Нижнетагильского городского пруда

Для описания гидрохимического состояния акватории Нижнетагильского городского пруда было проанализировано изменение содержания ряда загрязнителей в пробах воды из ключевых точек опробования. Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ [61 – 63]. Исходные данные за 2010– 2015 гг. сведены в таблицы 11 –30.

Таблица 29 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июнь 2010г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
	Водородный показатель	6.5-8.5	7,30	7,16	7,11
	Фосфаты, мг/дм ³		0,268	0,100	0,120
	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,170	0,170	0,200
	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,110	0,236	0,160
	Медь, мг/дм ³	0,001	0,005	0,007	0,008
	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,141	0,392	0,561
	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,30	Сл.	0,29
	Нитраты, мг/дм ³	40	4,870	1,060	0,930
	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,157	0,013	0,032
	ХПК, мгО ₂ /дм ³		29,43	19,64	9,81
	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.
	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	2,68	1,02	0,53
	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,8	8,3	7,3

Таблица 30 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июль 2010г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	7,5	7,0	7,73
2	Водородный показатель	6.5-8.5	0,026	0,037	0,020
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,11	0,17	0,20
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,09	0,05	0,05
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,007	0,007
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,139	0,388	0,543
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,30	0,03	0,29
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	4,79	1,05	0,92
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,159	0,01	0,037
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	39,2	39,2	29,4
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		Сл.	Сл.	Сл.
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	1,67	1,16	0,57
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	6,5	8,1	7,2
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,5	7,0	7,73

Таблица 31 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за август 2010г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	7,84	7,45	7,52
2	Водородный показатель	6.5-8.5	0,12	0,15	0,09
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,29	0,13	0,15
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,054	0,035	0,060
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,006	0,008	0,008
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,159	0,488	0,609
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,35	0,03	0,34
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	5,31	1,34	1,15
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,203	0,012	0,045
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	19,34	18,41	18,07
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		Сл.	Сл.	Сл.
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	4,6	1,9	0,9
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	6,3	8,1	7,8
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,84	7,45	7,52

Таблица 32 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за сентябрь 2010г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	7,5	7,5	7,5
2	Водородный показатель	6.5-8.5	0,06	0,06	0,09
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,23	0,20	0,17
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,190	0,200	0,035
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,007	0,007	0,005
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,056	0,060	0,160
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,05	0,14	0,10
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	3,45	2,43	2,04
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,047	0,018	0,006
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	21,63	20,92	21,67
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		Сл.	Сл.	Сл.
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	2,9	2,3	1,8
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	6,4	8,5	7,8
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,5	7,5	7,5

Таблица 33 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июнь 2011 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	7,35	7,27	7,67
2	Водородный показатель	6.5-8.5	0,15	0,00	0,00
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,495	0,303	0,466
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,094	0,197	0,153
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,006	0,006	0,003
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,357	0,026	0,013
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,22	0,31	0,08
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	2,62	2,05	1,94
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,000	0,000	0,013
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	19,40	29,96	22,17
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		Сл.	Сл.	Сл.
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	1,37	2,41	2,09
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	5,26	8,58	7,83
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,35	7,27	7,67

Таблица 34 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июль 2011г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	16	15	17
2	Водородный показатель	6.5-8.5	6,85	7,45	8,43
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,12	0,00	0,00
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,403	0,266	0,431
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,083	0,165	0,145
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,005	0,005	0,003
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,29	0,02	0,01
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,19	0,28	0,07
9	Нитраты, мг/дм ³	40	2,35	1,79	1,80
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,000	0,000	0,012
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		16,85	28,99	19,92
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,57	2,75	2,42
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	5,36	8,98	7,61

Таблица 35 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за август 2011г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	16	18	21
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,1	8,03	8,02
3	Фосфаты, мг/дм ³			0,05	0,08
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,040	0,050	0,100
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,015	0,033	0,082
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,006	0,006	0,006
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,200	0,021	0,032
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,2	0,22	0,3
9	Нитраты, мг/дм ³	40	1,09	0,75	0,85
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,020	0,086	0,135
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		27,3	27	26,1
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	0,03	0,02
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	2,35	2,71	2,86
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,35	7,85	7,12

Таблица 36 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за сентябрь 2011г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	14,69	17,18	20,32
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,83	7,45	7,49
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,00	0,05	0,07
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,068	0,087	0,171
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,014	0,031	0,078
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,006	0,006	0,006
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,227	0,024	0,038
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,20	0,21	0,28
9	Нитраты, мг/дм ³	40	1,25	0,83	1,00
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,009	0,070	0,080
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		26,41	27,00	25,96
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	0,03	0,02
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	2,17	2,64	2,57
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,08	7,39	7,23

Таблица 37 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июнь 2012 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	29	15,6	10,4
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,6	7,86	7,9
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,08	0,05	0,05
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,67	0,29	0,169
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,38	0,28	0,13
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,051	0,023	0,11
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,22	0,246	0,232
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,23	0,37	0,48
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,5	0,42	0,022
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,3
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		18	15,8	16,4
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,049	0,11	0,056
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	3,4	2,4	2,2
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	8,52	8,41	7,81

Таблица 38 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июль 2012 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	3	5,0	5,0
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,7	7,8	7,93
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,05	0,05	0,05
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,193	0,22	0,2
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,153	0,181	0,42
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,015	0,0131	0,01
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,28	0,176	0,06
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,087	0,07	0,05
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,94	0,79	0,41
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		17	18	12,2
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,015	0,012	0,028
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	2,8	3,2	2,8
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,91	7,04	7,16

Таблица 39 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за август 2012 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	3	3,2	3
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,61	7,51	7,9
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,05	0,05	0,05
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,116	0,103	0,115
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,085	0,127	0,31
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,013	0,014	0,014
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,31	0,24	0,056
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,37	0,35	0,36
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,72	0,24	0,42
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		13,0	12,5	14
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,009	0,011	0,031
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,7	3,2	3,0
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	7,16	6,98	7,64

Таблица 40 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за сентябрь 2012 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	3	18,8	3
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,57	7,75	7,81
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,069	0,066	0,053
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,104	0,26	0,198
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,25	0,35	0,25
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,012	0,015	0,0116
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,19	0,13	0,069
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,052	0,05	0,092
9	Нитраты, мг/дм ³	40	1,05	0,37	0,49
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		11,4	10,6	14,6
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,015	0,074	0,028
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,7	2,2	2,6
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	8,01	8,52	7,56

Таблица 41 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июнь 2013 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	0,4	2,8	0,4
2	Водородный показатель	6.5-8.5	9,01	9,19	9,21
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,063	0,034	0,069
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,043	0,049	0,179
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,024	0,029	0,033
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,007	0,006	0,006
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,011	0,017	0,013
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,03	0,03	0,04
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,18	0,16	0,19
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,007	0,005	0,005
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		26,8	29,4	26,8
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,03	0,02	0,06
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,82	2,69	2,81
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	н/д	н/д	н/д

Таблица 42 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июль 2013 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	2,4	2,4	0,8
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,42	8,26	8,16
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,032	0,013	0,012
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,11	0,097	0,086
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,027	0,008	0,223
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,007	0,007	0,005
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,047	0,022	0,023
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,11	0,12	0,22
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,52	0,34	0,35
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,025	0,018	0,019
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		28,6	34,2	36
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,08	0,12	0,11
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	4,85	4,39	3,53
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	н/д	н/д	н/д

Таблица 43 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за август 2013 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	2,0	12	3,2
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,18	7,89	7,75
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,028	0,013	0,017
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,11	0,093	0,079
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,013	0,025	0,177
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,007	0,006	0,009
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,026	0,014	0,009
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,1	0,1	0,17
9	Нитраты, мг/дм ³	40	1,28	0,67	0,76
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,016	0,014	0,014
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		42,7	42,7	44,6
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,09	0,04	0,03
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	2,09	1,79	1,49
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	н/д	н/д	н/д

Таблица 44 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за сентябрь 2013 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	2,8	1,2	4,0
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,58	7,49	7,6
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,018	0,006	0,003
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,022	0,033	0,04
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,02	0,024	0,86
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,009	0,009	0,008
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,051	0,056	0,032
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,09	0,06	0,34
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,67	0,8	0,83
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,002	0,002	0,003
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		6,6	10,1	21
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,04	0,04	0,04
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	1,45	1,03	2,36
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	н/д	н/д	н/д

Таблица 45 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июнь 2014 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	н/д	н/д	н/д
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,8	8,2	8,3
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,01	0,01	0,01
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,08	0,09	0,1
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,005	0,005
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0006	0,0006	0,0006
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,48	0,386	0,072
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	1,35	0,9	0,71
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,6	0,6	0,6
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,1	0,1	0,15
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		16,8	5	7
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,005	0,005	0,005
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	0,9	0,5	0,5
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	н/д	н/д	н/д

Таблица 46 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июль 2014 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	6,0	27	14
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,1	8	8
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,01	0,001	0,01
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,27	0,26	0,27
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,005	0,005
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0006	0,0006	0,0006
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,285	0,259	0,158
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,06	0,08	0,15
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,1	0,1	0,1
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,17	0,11	0,16
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		25,8	25,3	14,3
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,005	0,005	0,005
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	6,3	4,9	1,9
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,1	5,8	5,8

Таблица 47 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за август 2014 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	3	23	25
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,7	8,5	8,3
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,01	0,001	0,01
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,41	0,24	0,25
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,005	0,005
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0006	0,0006	0,0006
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,028	0,029	0,042
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,39	0,52	0,39
9	Нитраты, мг/дм ³	40	2,1	0,7	0,6
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		14,8	5	58,7
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,013	0,015	0,012
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	0,9	0,5	5,1
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	6,2	7,3	6,2

Таблица 48 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за сентябрь 2014 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	3	н/д	н/д
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,1	8	8,1
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,01	0,05	0,05
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,04	0,04	0,04
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,005	0,005	0,05
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,028	0,027	0,047
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,62	0,281	0,563
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,33	0,26	0,26
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,1	0,1	0,1
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		11,6	13,7	20,6
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,005	0,005	0,005
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3	0,5	0,5	1,1
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	н/д	н/д	н/д

Таблица 49 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за май 2015 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	5,7	5,9	5,4
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,4	8,1	7,9
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,04	0,02	0,03
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,18	0,06	0,12
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,0080	0,0070	0,0060
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0015	0,0020	0,0018
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,010	0,0080	0,0050
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,42	0,29	0,18
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,15	0,93	0,26
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		37,6	32,7	25,7
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,048	0,039	0,043
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	3,7	3,51	2,60
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10

Таблица 50 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июнь 2015 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	6,8	7,1	7,3
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,4	7,8	8,0
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,04	0,03	0,04
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,16	0,14	0,08
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,010	0,0080	0,0030
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0040	0,0033	0,0030
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,024	0,022	0,0085
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,042	0,40	0,61
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,98	0,1	0,1
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,096	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		38,9	38,6	40,6
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,040	0,033	0,035
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	3,35	3,46	3,91
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10

Таблица 51 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за июль 2015 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	7,4	7,6	7,8
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,2	8,6	8,0
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,03	0,09	0,03
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,27	0,30	0,15
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,0095	0,020	0,010
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,0018	0,0025	0,0015
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,020	0,024	0,018
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,24	0,24	0,20
9	Нитраты, мг/дм ³	40	0,62	0,55	0,63
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³	15	34,2	31,1	29,9
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,044	0,038	0,040
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	3,52	3,36	3,14
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10

Таблица 52 - сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за август 2015 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	7,7	7,9	7,9
2	Водородный показатель	6.5-8.5	8,4	8,2	7,9
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,02	0,02	0,04
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,16	0,16	0,17
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,018	0,015	0,0050
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,013	0,0070	0,028
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,084	0,050	0,037
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,26	0,23	0,23
9	Нитраты, мг/дм ³	40	3,06	2,77	2,45
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³	15	26,0	26,8	25,6
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,043	0,041	0,041
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	2,54	2,58	2,48
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10

Таблица 53 – сводная ведомость результатов химического анализа проб воды из Нижнетагильского городского пруда за сентябрь 2015 г

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3
1	Взвешенные вещества, мг/дм ³	1000	6,7	5,9	6,1
2	Водородный показатель	6.5-8.5	7,9	8,0	8,3
3	Фосфаты, мг/дм ³		0,06	0,07	0,09
4	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,16	0,11	0,12
5	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,071	0,052	0,070
6	Медь, мг/дм ³	0,001	0,037	0,011	0,020
7	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,25	0,211	0,240
8	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,32	0,31	0,42
9	Нитраты, мг/дм ³	40	1,5	1,58	1,60
10	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,02	0,02
11	ХПК, мгО ₂ /дм ³		29,0	32,4	33,0
12	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,051	0,050	0,047
13	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2	2,79	3,06	3,24
14	Растворенный кислород мг/дм ³	< 6	>10	>10	>10

Сравнительная динамика изменения концентрации загрязняющих веществ за время проведения работ по биологической реабилитации Нижнетагильского городского пруда методом коррекции альгоценоза (2010 – 2015 гг.) представлена в виде графиков в приложении 3.

В таблице 54 приведены данные по относительному снижению концентрации загрязняющих веществ в ключевых точках мониторинга.

Таблица 54 – снижение значений гидрохимических показателей Нижнетагильского городского пруда в 2015 г по сравнению с 2014 г.

компоненты	Монзино						Старатель						Фотеево					
	Май*	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Фосфаты	н/д	-	-	-	-	н/д	н/д	-	-	-	-	н/д	н/д	-	-	-	-	н/д
Железо общее	н/д	-	+	+	-	н/д	н/д	+	-	-	+	н/д	н/д	+	+	+	+	н/д
Марганец	н/д	-	-	-	-	н/д	н/д	+	-	-	-	н/д	н/д	+	+	-	-	н/д
Медь	н/д	-	+	-	-	н/д	н/д	-	-	+	-	н/д	н/д	-	-	-	-	н/д
Цинк	н/д	+	+	+	+	н/д	н/д	-	+	+	+	н/д	н/д	-	+	+	+	н/д
Аммоний	н/д	+	-	+	-	н/д	н/д	+	-	+	-	н/д	н/д	+	-	+	-	н/д
Нитраты	н/д	-	-	-	-	н/д	н/д	+	-	-	-	н/д	н/д	-	+	-	-	н/д
Нитриты	н/д	+	+	+-	+-	н/д	н/д	+-	+	+	+-	н/д	н/д	+-	+	+	+-	н/д
ХПК	н/д	-	-	-	-	н/д	н/д	-	-	-	-	н/д	н/д	-	-	+	-	н/д
Нефтепродукты	н/д	-	-	-	-	н/д	н/д	+-	-	-	-	н/д	н/д	+-	-	-	-	н/д
БПК ₅	н/д	-	+	-	-	н/д	н/д	+-	-	+	-	н/д	н/д	+-	-	-	+	н/д

* в мае 2014 года в верховьях пруда пробоотбор не был осуществлен по объективным

причинам (наличие ледяного покрова).

По результатам биологической реабилитации пруда в 2015 году нами выделены три группы поллютантов по частоте снижения в пробах (Табл. 54). Наиболее часто наблюдалось снижение показателей таких гидрохимических параметров как цинк, медь, нитриты, полифосфаты. Следовательно, биологическая реабилитация оказывает на данные показатели наиболее сильное влияние.

Снижение халькофильных тяжелых металлов можно объяснить частичным поглощением клетками хлореллы, а частично химическим осаждением под действием атомарного кислорода. Известно, что кислород, находящийся в атомарном состоянии обладает высокой химической активностью и способен переводить ионы металлов, в том числе тяжелых, в формы с высшей валентностью.

В частности, соли одновалентной меди в воде практически нерастворимы и легко окисляются до соединений 2-валентной меди; соли 2-валентной меди, напротив, хорошо растворимы в воде, и в разбавленных растворах полностью диссоциированы. Следовательно, в подобном состоянии медь легко усваивается гидробионтами, в том числе хлореллой. Снижение содержания цинка обусловлено выпадением его в осадок в виде нерастворимого оксида.

Снижение концентрации биогенов также обусловлено поглощением миксотрофными видами водорослей, в том числе хлореллой, доля которых в видовом разнообразии и биомассе альгоценоза в 2015 г. увеличена вследствие биологической реабилитации.

В состав второй группы поллютатов внесены компоненты, частота снижения которых находится в интервалах от 80 до 50% (взвешенные вещества, железо общее, марганец и аммонийный азот). Снижение концентрации сидерофильных тяжелых металлов и других компонентов этой группы обусловлено теми же причинами, что и снижение концентрации поллютантов первой группы за исключением взвешенных веществ. Понятие природы этого процесса требует дополнительных исследований.

Наименее подвержены влиянию биологической реабилитации путем коррекции альгоценоза такие поллютаты как нитраты, нефтепродукты, биохимическое и химическое потребление кислорода.

Выделение данных групп поллютантов весьма условное, поскольку их концентрации зависят не только биологических факторов, но и от абиотических (температура, давление, инсоляция, количество осадков и их распределение по сезонам и т.п.).

Для того чтобы показать кратность изменений концентраций поллютантов составлена сравнительная таблица 55.

Таблица 55 – сравнение значений гидрохимических показателей Нижнетагильского городского пруда в 2015 г. и в 2014г.

компоненты	1	Фосфаты**	Железо	Марганец**	Медь**	Цинк**	компоненты
Монзино	2	0,14	0,18	0,008	0,002	0,01	Май*
июнь	3	0,11	0,16	0,01	0,004	0,02	июнь
июль	4	0,09	0,27	0,009	0,001	0,02	июль
август	5	0,05	0,16	0,018	0,013	0,08	август
сентябрь	6	0,2	0,16	0,071	0,037	0,25	сентябрь
октябрь	7	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	октябрь
Старатель	8	0,06	0,06	0,007	0,002	0,008	май
июнь	9	0,08	0,14	0,008	0,003	0,02	июнь
июль	10	0,29	0,3	0,02	0,003	0,02	июль
август	11	0,06	0,16	0,015	0,007	0,05	август
сентябрь	12	0,21	0,11	0,052	0,011	0,21	сентябрь
октябрь	13	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	октябрь
Фотеево	14	0,09	0,12	0,005	0,002	0,005	май
июнь	15	0,14	0,08	0,003	0,003	0,008	июнь
июль	16	0,1	0,15	0,01	0,002	0,02	июль
август	17	0,14	0,17	0,005	0,003	0,04	август
сентябрь	18	0,27	0,12	0,07	0,12	0,24	сентябрь
октябрь	19	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	октябрь
Сред.знач.	20	0,14	0,16	0,02	0,013	0,08	Сред.знач.
Кратность	21	7	1,06	2,2	1,4	3,33	Кратность

БПК ₅	Нефтепродукты**		ХПК**		Нитриты**		Нитраты**		Аммоний**		1	Компоненты	
	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д			
н/д	5,29	н/д	0,048	н/д	37,6	0,02	0,15	н/д	0,42	н/д	2	Май*	Монзино
0,9	3,35	0,005	0,04	16,8	38,6	0,09	0,98	1,35	0,042	0,042	3	июнь	Монзино
6,3	3,52	0,005	0,044	25,8	34,2	0,02	0,62	0,06	0,24	0,24	4	июль	Монзино
0,9	2,54	0,013	0,043	14,8	26,0	0,02	3,06	0,39	0,34	0,34	5	август	Монзино
0,5	2,79	0,005	0,051	11,6	29,0	0,02	1,5	0,33	0,41	0,41	6	сентябрь	Монзино
н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	7	октябрь	Монзино
н/д	5,02	н/д	0,039	н/д	32,7	0,02	0,93	н/д	0,29	н/д	8	май	Старатель
0,5	3,46	0,005	0,033	5,0	38,6	0,02	0,1	0,9	0,4	0,4	9	июнь	Старатель
4,9	3,36	0,005	0,038	25,3	31,1	0,02	0,55	0,08	0,24	0,24	10	июль	Старатель
0,5	2,58	0,015	0,041	5	26,8	0,02	2,77	0,52	0,29	0,29	11	август	Старатель
0,5	3,06	0,005	0,05	13,7	32,4	0,02	1,58	0,26	0,40	0,40	12	сентябрь	Старатель
н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	13	октябрь	Старатель
н/д	3,72	н/д	0,043	н/д	25,7	0,02	0,26	н/д	0,18	н/д	14	май	Фотеево
0,5	3,91	0,005	0,035	7,0	40,6	0,02	0,1	0,71	0,61	0,61	15	июнь	Фотеево
1,9	3,14	0,005	0,04	14,3	29,9	0,02	0,63	0,15	0,20	0,20	16	июль	Фотеево
5,1	2,48	0,012	0,041	58,7	25,6	0,02	2,45	0,39	0,3	0,3	17	август	Фотеево
1,1	3,24	0,005	0,047	20,6	33,0	0,02	1,60	0,26	0,54	0,54	18	сентябрь	Фотеево
н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	19	октябрь	Фотеево
1,97	3,43	0,007	0,04	18,22	32,12	0,08	1,152	0,45	0,327	0,327	20	Сред.знач.	Фотеево
1,74	5,7		1,76		0,3		2,57		1,38		21	Кратность	

* в мае 2014 года в верховьях пруда пробоотбор не был осуществлен по объективным причинам (наличие ледяного покрова).

** - в верхней части ячейки указано значение концентрации определенного компонента в

2015 году, а в нижней – 2014 года и зеленым цветом показано меньшее значение, а красным – большее.

Судя по данным таблицы наибольшей кратностью изменения характеризуются концентрации следующих поллютантов: нефтепродукты (в 5,7 раз), цинк (в 3,3 раза), фосфаты (в 7 раз), аммонийный азот и нитриты (в 1,38 и 2,57 раза). Следует отметить, что все остальные химические показатели также демонстрируют понижение концентраций, но кратность их небольшая. При сравнении показателей 2010 и 2015 гг. среднестатистическое повышение величин также наблюдалось.

Таблица 56 – сравнение значений гидрохимических показателей Нижнетагильского городского пруда в 2015 г. и в 2010 г.

компоненты	Монзино						Старатель						Фотеево						Сред.знач.	Кратность
	Май*	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Фосфаты**	0,038	0,138	0,097	0,09	0,09	0,11	0,07	0,12	0,02	0,09	0,09	0,1	Сл	0,1	0,04	0,15	0,06	0,06	0,09	2,25
	0,04	0,04	0,03	0,02	0,06	н\д	0,02	0,03	0,09	0,02	0,07	н\д	0,03	0,04	0,03	0,04	0,09	н\д	0,04	
Железо общее**	0,06	0,164	0,18	0,13	0,17	0,17	0,1	0,2	0,2	0,2	0,17	0,17	0,7	0,17	0,2	0,13	0,2	0,22	0,19	1,22
	0,18	0,16	0,27	0,16	0,16	н\д	0,06	0,14	0,3	0,16	0,11	н\д	0,12	0,08	0,15	0,17	0,12	н\д	0,16	
Марганец**	0,036	0,39	0,03	0,024	0,035	0,04	0,03	0,16	0,05	0,06	0,04	0,03	0,9	0,24	0,05	0,04	0,2	0,25	0,14	11,6
	0,008	0,01	0,009	0,018	0,071	н\д	0,007	0,008	0,02	0,015	0,052	н\д	0,006	0,003	0,01	0,01	0,070	н\д	0,012	
Медь**	0,007	0,012	0,012	0,014	0,005	0,007	0,01	0,008	0,01	0,008	0,01	0,006	0,02	0,007	0,007	0,008	0,007	0,009	0,009	1,28
		0,007	0,007	0,007	0,009	н\д	0,01	0,006	0,01	0,006	0,01	н\д	0,01	0,006	0,005	0,009	0,008	н\д	0,007	
Цинк**	0,2	1,698	1,661	1,896	0,16	0,14	0,22	0,561	0,54	0,61	0,16	0,17	2,4	0,39	0,38	0,49	0,06	0,068	0,65	21,7
		0,011	0,047	0,026	0,051	н\д	0,03	0,017	0,02	0,01	0,06	н\д	0,05	0,01	0,02	0,01	0,03	н\д	0,03	
Аммоний**	0,03	Сл	0,03	0,03	0,1	0,12	0,29	0,29	0,29	0,34	0,1	0,12	0,08	Сл	0,03	0,03	0,14	0,18	0,14	1,22
		0,03	0,11	0,1	0,09	н\д	0,11	0,03	0,12	0,1	0,06	н\д	0,09	0,04	0,22	0,17	0,34	н\д	0,115	
Нитраты**	3,76	0,86	0,85	0,98	2,04	2,32	7,12	0,93	0,92	1,15	2,04	2,44	6,82	1,06	1,05	1,34	2,43	3,1	2,289	4,3
		0,18	0,52	1,28	0,67	н\д	0,3	0,16	0,34	0,67	0,8	н\д	0,37	0,19	0,35	0,76	0,83	н\д	0,53	
Нитриты**	Сл	Сл	Сл	Сл	0,006	0,007	Сл	0,032	0,04	0,045	0,01	0,01	0,09	0,013	0,01	0,012	0,02	0,02	0,024	2,4
		0,007	0,025	0,016	0,002	н\д	0,01	0,005	0,02	0,014	0,002	н\д	0,01	0,005	0,02	0,014	0,003	н\д	0,01	
ХПК**	29,42	39,21	19,6	19,22	18,94	19,66	45,9	9,81	29,4	18,1	21,67	20,3	48,64	19,64	39,2	18,41	20,92	19,7	25,43	1,06
		26,8	28,6	42,7	6,6	н\д	14,9	29,4	34,2	42,7	10,1	н\д	11,6	26,8	36	44,6	21	н\д	26,86	

** - в верхней части ячейки указано значение концентрации определенного компонента в 2010 году, а в нижней – 2015 года голубым цветом показано меньшее значение, а красным - большее.

Наибольшей кратностью снижения характеризуются концентрации следующих загрязнителей: цинк (в 21,7 раза), марганец (в 11,6 раза), нитраты (в

4,3 раза), железо общее (в 1,22 раза) (Табл. 56).

Следует отметить, что остальные химические показатели также демонстрируют понижение концентраций, но кратность их небольшая. Исключением являются нитраты, так как в 2010 году их измерения не проводилось. При сравнении показателей 2010 и 2013 гг. среднестатистического повышения величин не наблюдалось.

Следует отметить, что кратность уменьшения гидрохимических показателей шестого года (2015 г.) биологической реабилитации путем структурной перестройки фитопланктонного сообщества значительно выше по сравнению с годом начала работ (2010 г.) по сравнению с предыдущим (2014 г.), следовательно, можно говорить о наличии тренда на снижение показателей в течение всех шести лет проведения биореабилитации.

В Приложении 3 в графическом виде представлена динамика изменения всех 14 показателей, во всех ключевых точках мониторинга, за все шесть лет проведения исследований, и за три года на Леновском водохранилище. Для удобства восприятия качественных изменений на графики нанесен уровень ПДК. Всего на графиках изображено 1848 точек, каждую из которых детерминирует состояние определенного показателя, в зависимости от десятков других параметров (температура, инсоляция, загрязнение, метеорные осадки и. т. д), что делает весьма затруднительным выявление погодных закономерностей.

Для комплексной характеристики эколого-гидрохимического состояния Нижнетагильского городского пруда приведем гистограммы, отражающие месячную динамику изменения индекса загрязнения воды (рис. 7 – 18).

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в июне 2010-2015 гг.

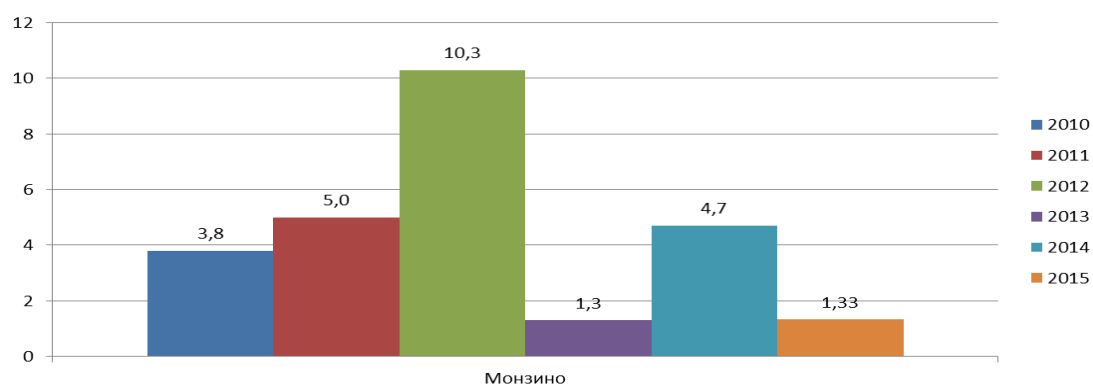


Рис.21

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в июле 2010-2015 гг.

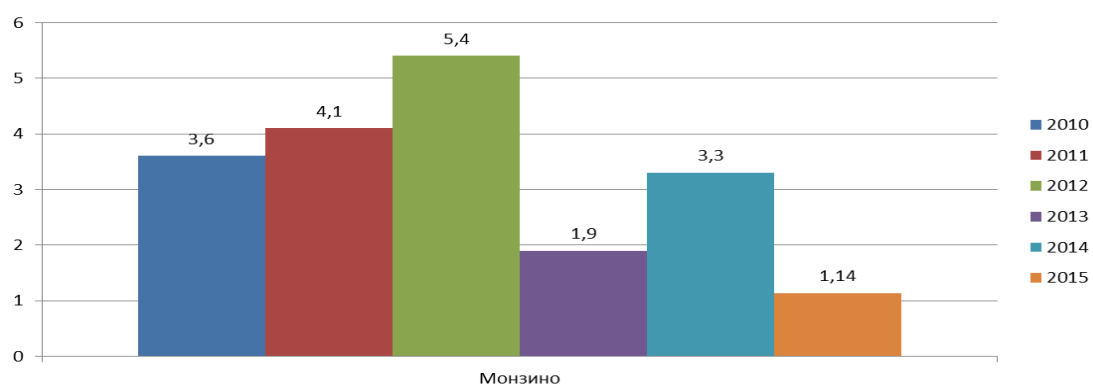


Рис.22

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в августе 2010-2015 гг.

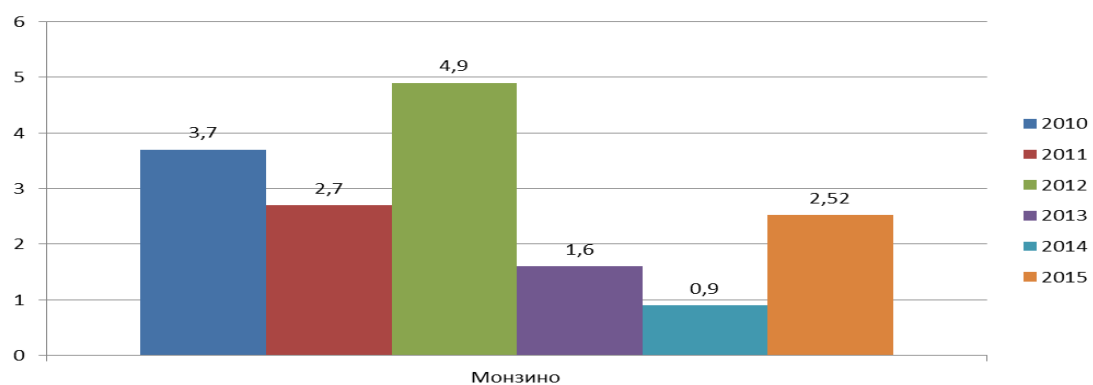


Рис.23

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в сентябре 2010-2015 гг.

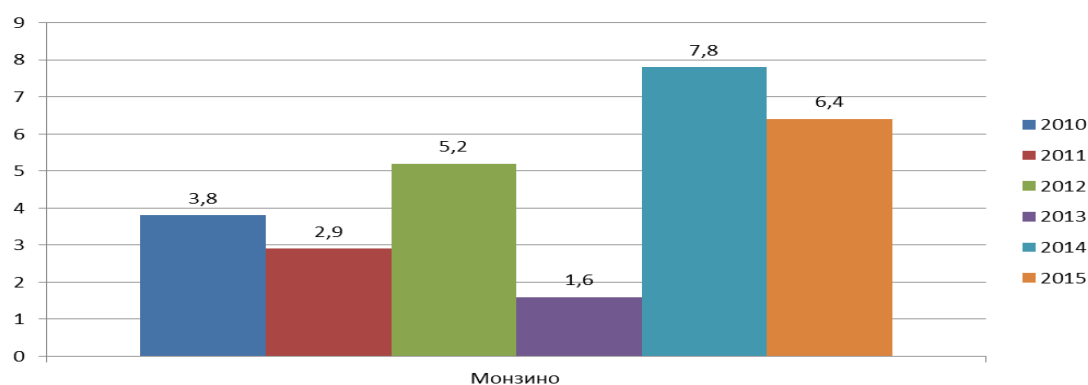


Рис.24

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в июне 2010-2015 гг.

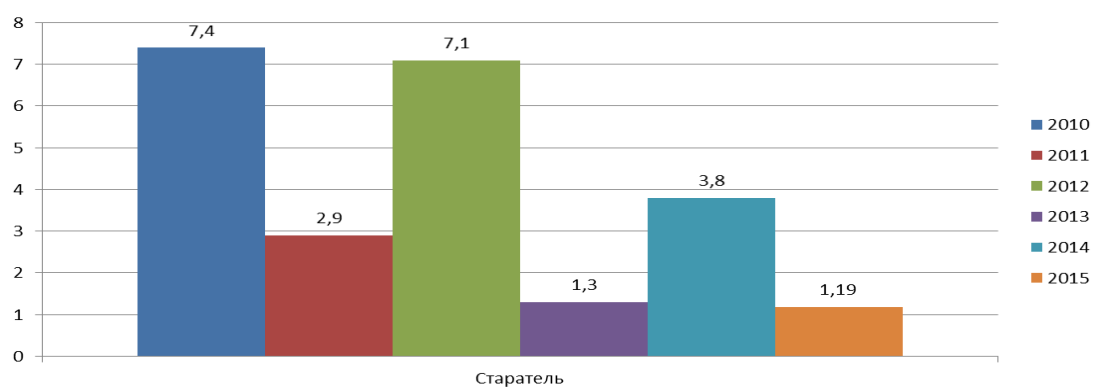


Рис.25

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в июле 2010-2015 гг.

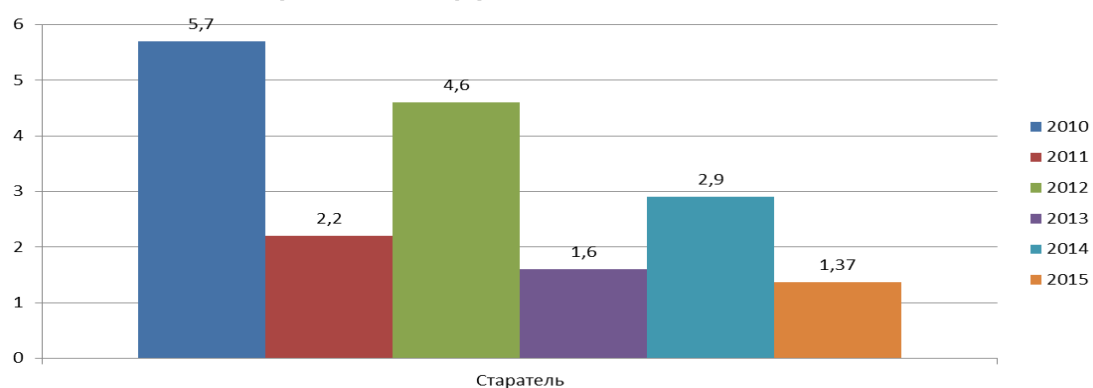


Рис.26

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в августе 2010-2015 гг.

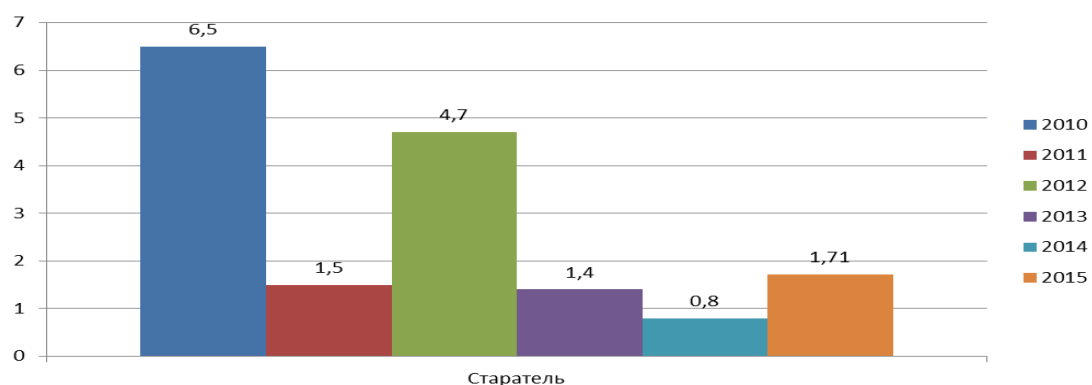


Рис.27

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в сентябре 2010-2015 гг.

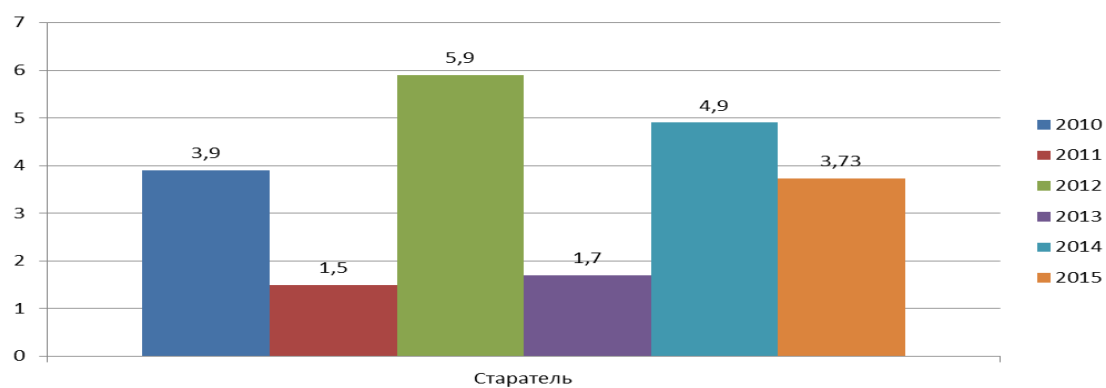


Рис.28

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в июне 2010-2015 гг.

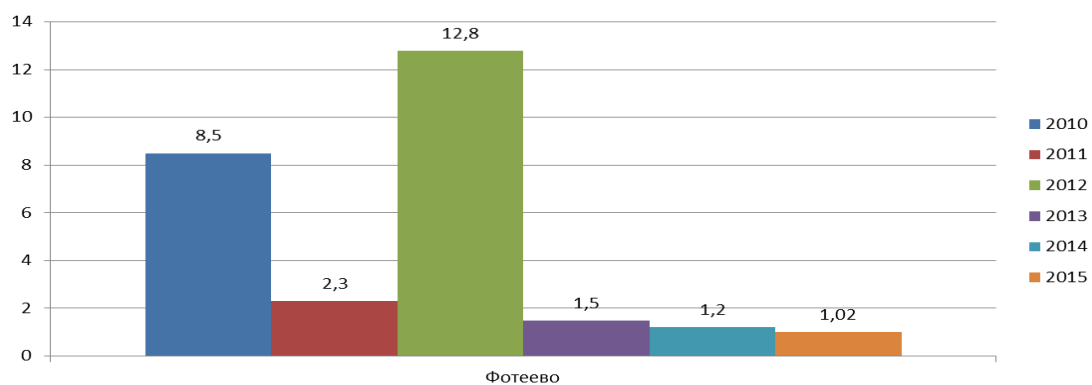


Рис.29

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в июле 2010-2015 гг.

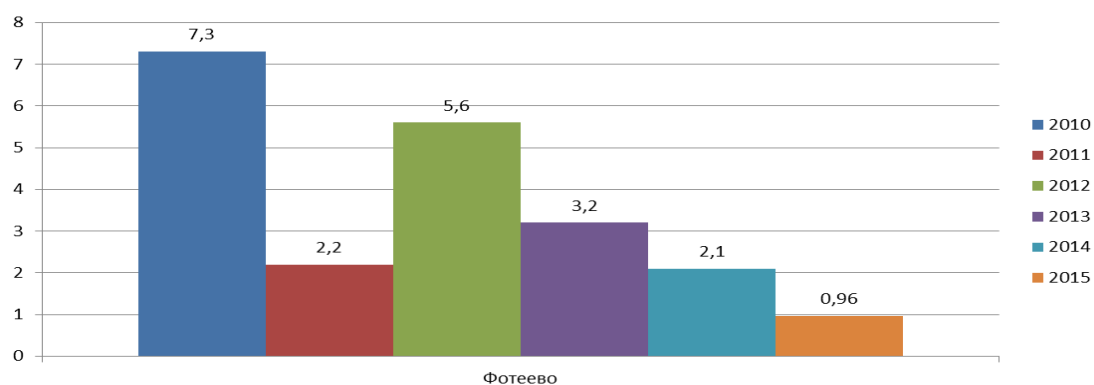


Рис.30

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в августе 2010-2015 гг.

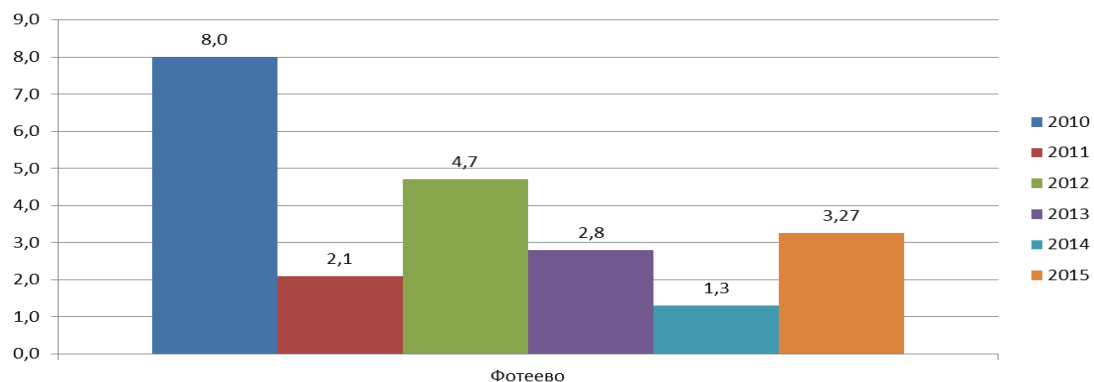


Рис.31

Динамика изменения ИЗВ Нижнетагильского городского пруда в сентябре 2010-2015 гг.

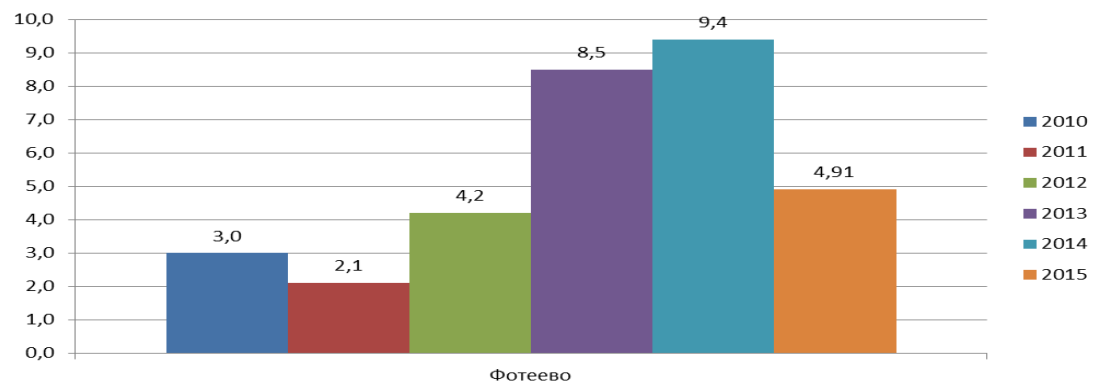


Рис.32

Гистограммы динамики изменения индекса загрязнения воды позволили выявить, что, во-первых, относительно высокие значения данного показателя в

2012 году обусловлены рядом причин, зависящих от совести и профессионализма исполнителей химических анализов.

Во вторых, обнаружены залповые значения ИЗВ в отдельных точках мониторинга.

В-третьих, в каждой точке наблюдения прослеживается тенденция на снижение ИЗВ, за исключением низовьев водоема в сентябре месяце. В этот период был отмечен минимум уровня воды, обеспеченный спуском водоема в 2014 году в связи с ремонтом плотины.

В-четвертых, ведущими поллютантами, как и в Леновском водохранилище, являются сидерофильные и халькофильные тяжелые металлы, нефтепродукты, и в меньшей степени биогенные компоненты.

В-пятых, максимальное значение ИЗВ, отмеченное в сентябре 2015 года в верховьях водоема составляет 6,4 и соответствует шестому классу качества вод – очень грязные. Это обусловлено задержкой воды в Леновском водохранилище в целях ремонта набережной в городе Нижний Тагил.

В-шестых, на фоне значительного вклада в ухудшение качества воды тяжелых металлов и нефтепродуктов, выявлены процессы самоочищения, обусловленные интенсивным расходом кислорода, генерируемого большей биомассой фотосинтезирующих хлорококковых водорослей.

Таблица 57 –значения индекса загрязнения и оценка качества воды Нижнетагильского городского пруда в 2010– 2015гг.

ИЗВ	Монзино				Старатель				Фотеево			
Год/Месяц	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9
2010	3,8	3,6	3,7	3,8	7,4	5,7	6,5	3,9	8,5	7,3	8,0	3,0
2011	5,0	4,1	2,7	2,9	2,9	2,2	1,5	1,5	2,3	2,2	2,1	2,1
2012	10,3	5,4	4,9	5,2	7,1	4,6	4,7	5,9	12,8	5,6	4,7	4,2
2013	1,3	1,9	1,6	1,6	1,3	1,6	1,4	1,7	1,5	3,2	2,8	8,5
2014	4,7	3,3	3,3	7,8	3,8	2,9	0,8	4,9	1,2	2,1	1,3	9,4
2015	1,3	1,1	2,5	6,4	1,2	1,4	1,7	3,7	1,0	0,9	3,3	4,9
Год	Класс качества вод											
2010	ЗАГ	ЗАГ	ЗАГ	ЗАГ	ОГ	Г	ОГ	ЗАГ	ОГ	ОГ	ОГ	ЗАГ
2011	Г	Г	ЗАГ	ЗАГ	ЗАГ	ЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	ЗАГ	ЗАГ	ЗАГ	ЗАГ
2012	ЧГ	Г	Г	Г	ОГ	Г	Г	Г	ЧГ	Г	Г	Г
2013	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	ЗАГ	ЗАГ	ОГ
2014	Г	ЗАГ	Ч	ОГ	ЗАГ	ЗАГ	Ч	Г	УЗАГ	ЗАГ	УЗАГ	ОГ
2015	УЗАГ	УЗАГ	ЗАГ	ОГ	УЗАГ	УЗАГ	УЗАГ	ЗАГ	Ч	Ч	ЗАГ	Г

Примечание: 6 – июнь; 7 – июль; 8 – август; 9 - сентябрь

1 класс качества вод – ОЧ – очень чистые; 2 класс качества вод – Ч – чистые; 3 класс качества вод – УЗАГ – умеренно загрязненные

4 класс качества вод – ЗАГ – загрязненные; 5 класс качества вод – Г – грязные; 6 класс качества вод – ОГ – очень грязные

7 класс качества вод – ЧГ – чрезвычайно грязные

Для наглядной эколого-гидрохимической характеристики водоема, приведем гистограммы, отражающие состояние каждой ключевой точки мониторинга (рис.33 – 22).



Рис.33



Рис.34



Рис.35



Рис.36

Из приведенных гистограмм видно, что самая неблагоприятная эколого-гидрохимическая ситуация складывается в низовьях водоема. Поэтому, в будущем, необходимо увеличить объем вселяемой суспензии хлореллы в данную часть водоема.

4.2. Фитопланктон Леновского водохранилища, его разнообразие, динамика

Загрязнение поверхностных вод является в настоящее время глобальной экологической проблемой, в связи с чем особое значение приобретает их мониторинг. Из всех видов мониторинга, проводимых на водных объектах, наибольшей информативностью обладает контроль качества воды по гидробиологическим показателям, который позволяет не только определить качество воды как среды обитания живых организмов, но и установить направление идущих в водной экосистеме процессов. В то же время, гидробиологические исследования требуют высокой квалификации специалистов и весьма трудоемки. Существенно облегчают работу гидробиологов сведения по видовому составу изучаемых групп водных организмов, поскольку большинство изменений, происходящих в водных экосистемах, наиболее отчетливо проявляются в видовой структуре биоценозов, составе доминирующих видов и других показателях связанных с биоразнообразием. Особую ценность имеют сведения о видовом составе водорослей, так как они являются первым звеном трофической цепи в водоемах и быстро реагируют на изменение среды обитания.

Фитопланктон Леновского водохранилища по результатам исследований 2011 и 2014 гг. насчитывает 195 таксонов рангом ниже рода, относящихся к 191 виду из царства прокариот – цианобактерий и восьми отделов царства растений (Прил. 4, Табл. 4.1).

Ведущее место в Леновском фитопланктоне принадлежит водорослям четырех отделов – зеленым, диатомовым, синезеленым и эвгленовым (Рис.37).

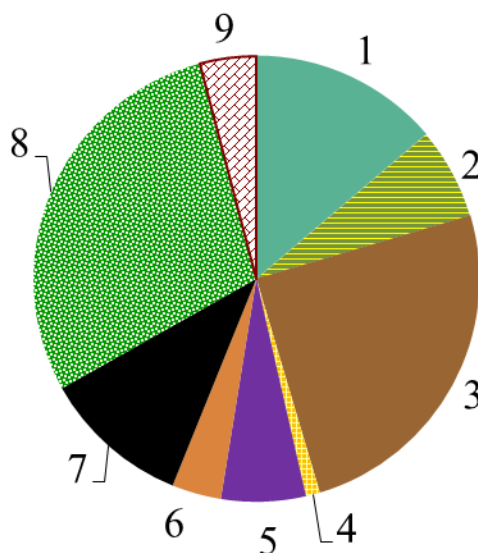


Рис. 37 - соотношение отделов альгофлоры Ленеvского водохранилища по видовому разнообразию

Таблица значений и условных обозначений

№	Кол-во видов Отдел	Абс.	Доля, %
1.	Цуанопрокариота	27	13,85
2.	Chrysophyta	13	6,67
3.	Bacillariophyta	48	24,6
4.	Xanthophyta	2	1,03
5.	Cryptophyta	12	6,15
6.	Dinophyta	7	3,6
7.	Euglenophyta	21	10,77
8.	Chlorophyta	57	29,23
9.	Streptophyta	8	4,1
Итого		195	100

Водоросли других отделов не играют заметной роли в структуре фитопланктона, они не создают высокой численности и представлены небольшим количеством видов. Невысокое разнообразие динофитовых и золотистых водорослей может быть связано с тем, что исследования проводились с мая по сентябрь, тогда как большинство видов этого отдела холодолюбивы и их вклад значителен в осенне-зимнее время [152].

Результаты исследований альгофлоры Ленеvского водохранилища разных лет значительно отличаются друг от друга (Рис.38).

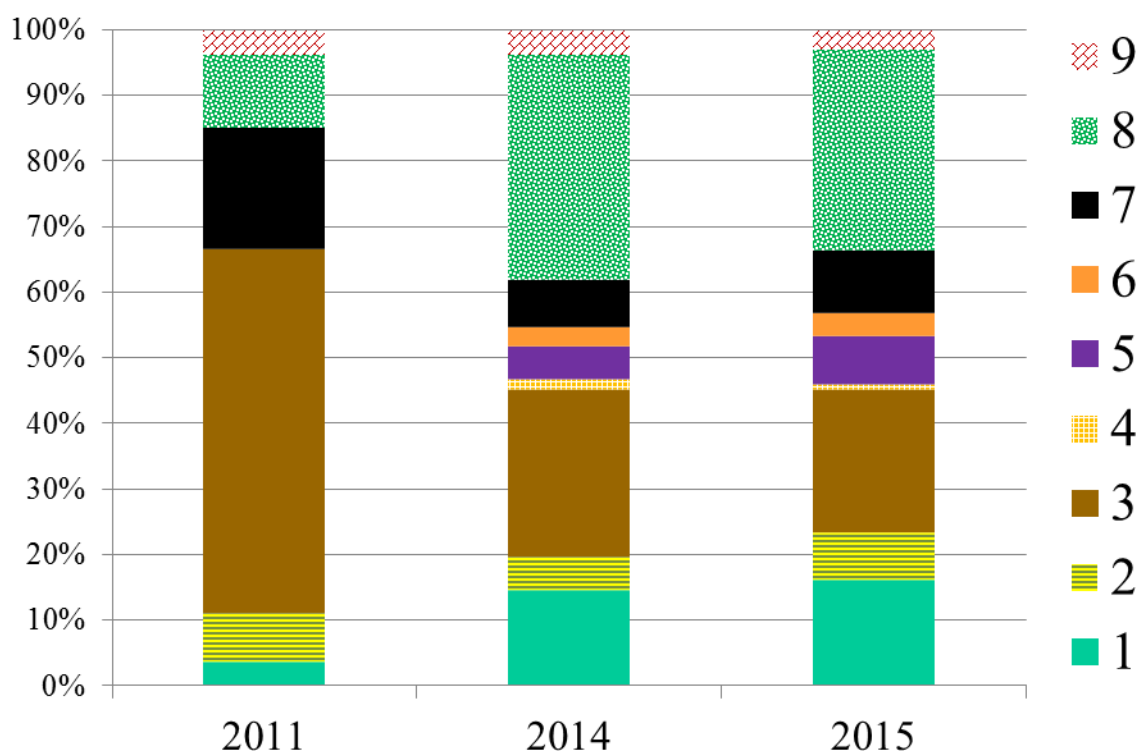


Рис. 38 - соотношение отделов альгофлоры Ленеvского водохранилища по видовому разнообразию за годы исследования

Таблица значений и условных обозначений

№	Отдел	Кол-во видов		А - 2011		Б - 2014		В- 2015	
		Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %
1.	Cyanoprokariota	1	3,57	20	14,6	22	16,06		
2.	Chrysophyta	2	7,14	7	5,11	10	7,3		
3.	Bacillariophyta	16	57,14	35	25,55	30	21,9		
4.	Xanthophyta	0	0	2	1,46	1	0,73		
5.	Cryptophyta	0	0	7	5,11	10	7,3		
6.	Dinophyta	0	0	4	2,92	5	3,65		
7.	Euglenophyta	5	17,87	10	7,3	13	9,5		
8.	Chlorophyta	3	10,71	47	34,3	42	30,66		
9.	Streptophyta	1	3,57	5	3,65	4	2,9		
Итого		28	100	137	100	137	100		

В первый год исследований основу видового разнообразия составляют диатомовые водоросли, доля которых в три раза больше доли эвгленовых и в 5 раз больше зеленых водорослей. Подобное соотношение обычно регистрируется для водоемов умеренной зоны осенью или весной [53], или же для водоемов бореальных или арктических широт [141, 91,92], или для рек [43, 90] или для водоемов с явным техногенным загрязнением [92]. Соотношение видового разнообразия 2014 и 2015 годов является более

типичным для зоны смешанных лесов Западной Сибири [47] – преобладают по числу видов зеленые и диатомовые водоросли. Поскольку видовое разнообразие последних лет исследования значительно выше (Табл. к рис.38), то соотношение таксонов по трем годам в целом повторяет его структуру.

Значительная разница видового разнообразия альгофлоры 2011 и двух последних годов исследований заметна и при рассмотрении его показателей в динамике (Табл. 58).

Таблица динамика количества видов отделов фитопланктона

Период отбора проб Таксон	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Цианопрокариота	0	1	0	12	13	14	13	13	11	8	14	12	13
Chrysophyta	1	0	1	1	5	4	5	3	7	4	5	1	6
Bacillariophyta	9	3	8	18	16	21	25	18	19	16	11	17	13
Xanthophyta	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	1	1
Cryptophyta	0	0	0	2	5	5	6	6	5	9	5	4	5
Dinophyta	0	0	0	2	3	3	1	2	1	2	1	1	4
Euglenophyta	3	0	2	5	4	2	3	2	4	3	3	3	7
Chlorophyta	1	2	1	27	25	29	36	30	21	22	22	20	16
Streptophyta	0	0	1	1	2	3	4	0	2	2	2	0	1
Итого	14	6	13	68	73	83	95	75	70	66	63	59	66

Весной наибольшее число видов характерно для эвгленовых. В летние месяцы увеличивается число видов диатомовых, зеленых и стрептофитовых. Динофитовые, напротив, уменьшают число видов в периоды с высокими температурами.

Для удобства анализа вклада каждого отдела в суммарное видовое разнообразие данные таблицы 58 представлены в виде нормированной диаграммы (Рис. 39)

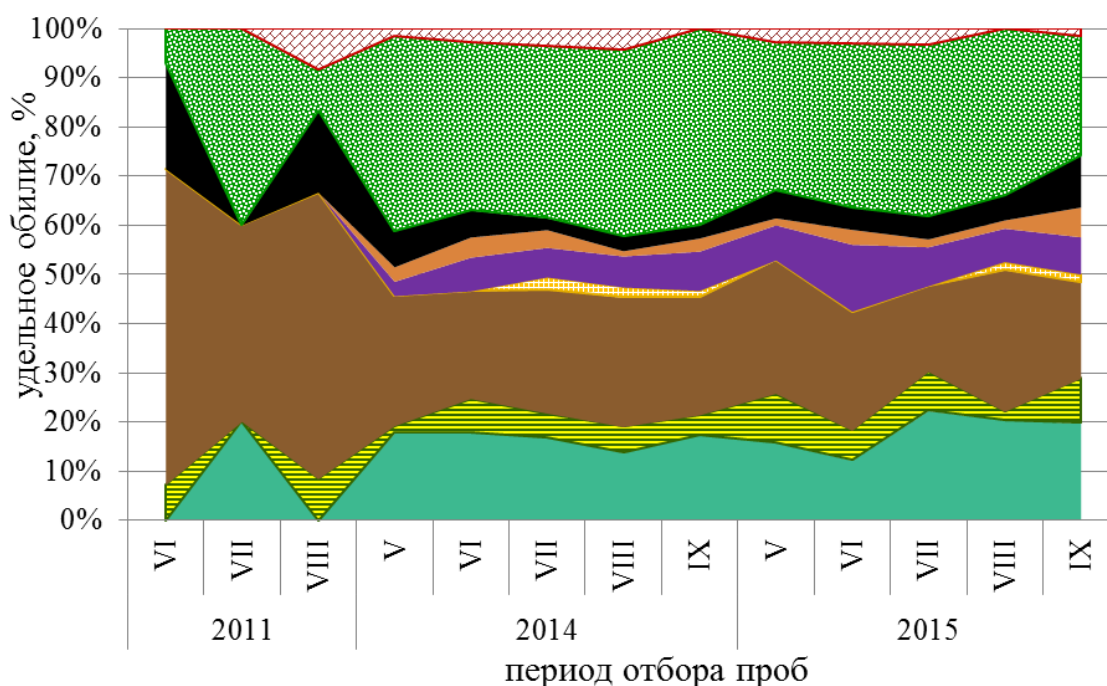


Рис. 39 - динамика соотношения видового разнообразия основных таксонов фитопланктона Леновского водохранилища

Таблица значений и уловных обозначений

Период отбора проб Таксон	Количество видов, %												
	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
■ Cyanoprokariota	0	16,7	0	17,6 5	17,8	16,9	13,6 8	17,3 3	15,7 1	12,1	22,2 2	20,3 4	19,7
▨ Chrysophyta	7,14	0	7,7	1,47	6,85	4,82	5,26	4	10	6,1	7,94	1,7	9,1
■ Bacillariophyta	64,29	50	61,5	26,4 7	21,9 2	25,3	26,3 2	24	27,1 4	24,2	17,4 6	28,8 1	19,7
▨ Xanthophyta	0	0	0	0	0	2,4	2,11	1,33	0	0	0	1,69	1,52
■ Cryptophyta	0	0	0	2,94	6,85	6,02	6,32	8	7,14	13,6 4	7,94	6,78	7,58
■ Dinophyta	0	0	0	2,94	4,11	3,61	1,05	2,67	1,4	3,03	1,59	1,7	6,06
■ Euglenophyta	21,43	0	15,4	7,35	5,48	2,4	3,16	2,67	5,71	4,6	4,76	5,08	10,6
■ Chlorophyta	7,14	33,3	7,7	39,7 1	34,2 5	34,9 4	37,8 9	40	30	33,3	34,9 2	33,9	24,2 4
▨ Streptophyta	0	0	7,7	1,47	2,74	3,61	4,21	0	2,9	3,03	3,17	0	1,52
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Кроме явного преобладания диатомовых и эвгленовых в видовом разнообразии фитопланктона 2011 года, о чем было уже сказано ранее, фитопланктон данного года отличается более резкими колебаниями долей

отделов в данном году, чем в 2014 г. Весной и осенью увеличиваются доли диатомовых и зеленых водорослей. Желто-зелёные водоросли отсутствуют в весеннем фитопланктоне. Для августовской альгофлоры характерно снижение видового разнообразия цианобактерий. За последние два года увеличивается доля видов эвгленовых и синезеленых водорослей, тогда как вклад зеленых в общее видовое разнообразие несколько уменьшается.

Изучение динамики показателей общего разнообразия видов фитопланктона (Рис.40) позволяют сделать ряд выводов.

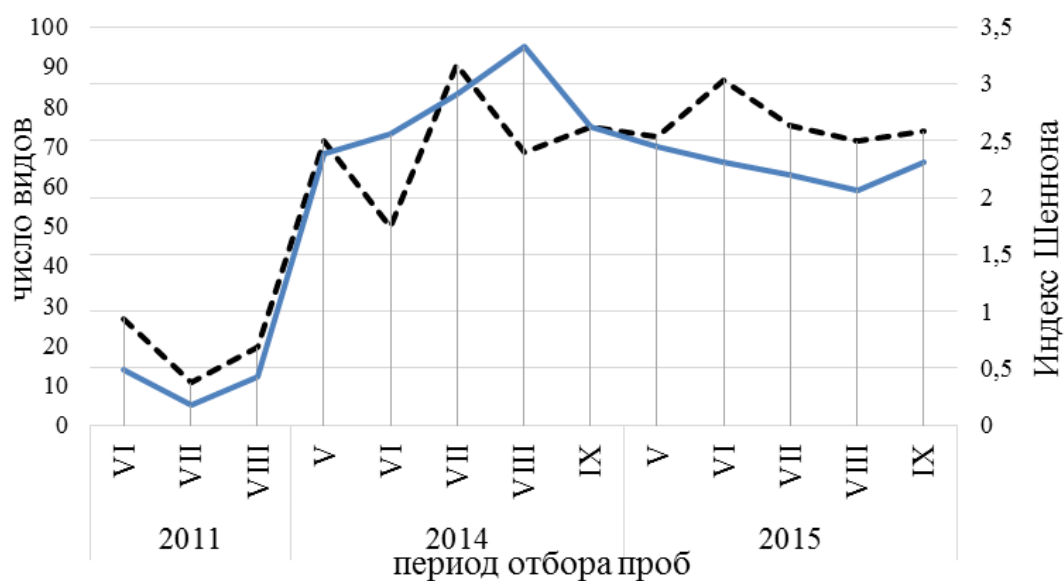


Рис. 40 - Динамика видового разнообразия планктонной альгофлоры Леневого водохранилища

Критерии \ Период отбора проб	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
— Число видов	14	6	13	68	73	83	95	75	70	66	63	59	66
--- индекс Шеннона*	0,94	0,37	0,68	2,5	1,74	3,17	2,4	2,6	2,54	3,03	2,64	2,5	2,6

* Примечание. Вычислены средние арифметические индекса за месяц. Индексы каждой пробы с вкладами отдельных видов помещены в приложении 4, таблицах 4.3., 4.5.,

Практически на порядок отличается число обнаруживаемых видов: в первый год исследования обнаруживалось от 6 до 14 видов, за последние два — от 59 до 95. Индекс неопределенности (Шеннона) в 2011 в среднем за месяц меньше единицы (Рис.40), а в июльской пробе, взятой в низовьях водохранилища, даже равен нулю (Прил. 4, табл. 4.3), так как обнаружен

всего один вид *Synedra tenera* W.Sm. (Прил.4, табл. 4.2). Значительно выше индекс в 2014 и 2015 годах исследований (Рис. и прил.4, Табл. 4.5). В июне 2014 года снижение обусловлено массовым развитием небольшого числа видов, например, таких как цианобактерий *Geitlerinema amphibia* (Ag. ex Gom.) Anag., *Limnotrix planctonica* (Wolosz.) Meff. и вида диатомовых *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., на долю которых в сумме приходится около 75% от общей численности фитопланктона. В августе 2014 года около 56,5% от общего обилия приходится на цианобактерии *Geitlerinema amphibia* (Ag. ex Gom.) Anag., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Leg. et Gron и ту же, что и в июне, диатомовую водоросль *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz. (Прил. 4, Табл. 4.4). Результаты 2015 года отличаются большей стабильностью индекса H' и меньшим числом видов в пробе. Если наибольшие показатели индекса Шеннона также приходятся на летний период, то число видов напротив – в весенний и осенний период.

Кроме того, результаты исследований разных лет демонстрируют различную зависимость от температуры (Рис.1). Так, например, в 2011 году наименьшее число видов зарегистрировано в период максимальных температур, а кривая числа видов 2014 практически повторяет температурную кривую, то есть по мере возрастания температур возрастает и число обнаруживаемых таксонов. Однако следует учесть, что в первый год пробы отбирались не весь вегетативный сезон, соответственно, влияние температуры в мае и сентябре 2011 года на фитопланктон не известно.

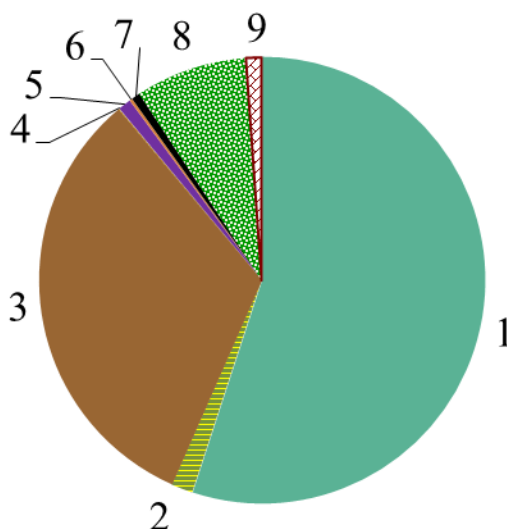


Рис. 41 - соотношение отделов фитопланктона Ленеvского водохранилища по численности

Таблица значений и условных обозначений

№	Отдел	Обилие	Абс.*, тыс. кл./л	Доля, %
1.	Цyanoprokariota		16016,67	55,04
2.	Chrysophyta		455,33	1,56
3.	Bacillariophyta		9400,83	32,31
4.	Xanthophyta		7,33	0,03
5.	Cryptophyta		272	0,93
6.	Dinophyta		59	0,2
7.	Euglenophyta		194,33	0,67
8.	Chlorophyta		2365,17	8,13
9.	Streptophyta		327,5	1,13
Итого			29098,16	100

Примечание. * приведены среднеарифметические данные численности за 1 год.

Соотношение таксонов по численности фитопланктона в разные года также отчетливо различаются, а обобщённые результаты обоих лет из-за значительного превышения обилия фитопланктона в 2014 году также повторяют его структуру (Рис. 42).

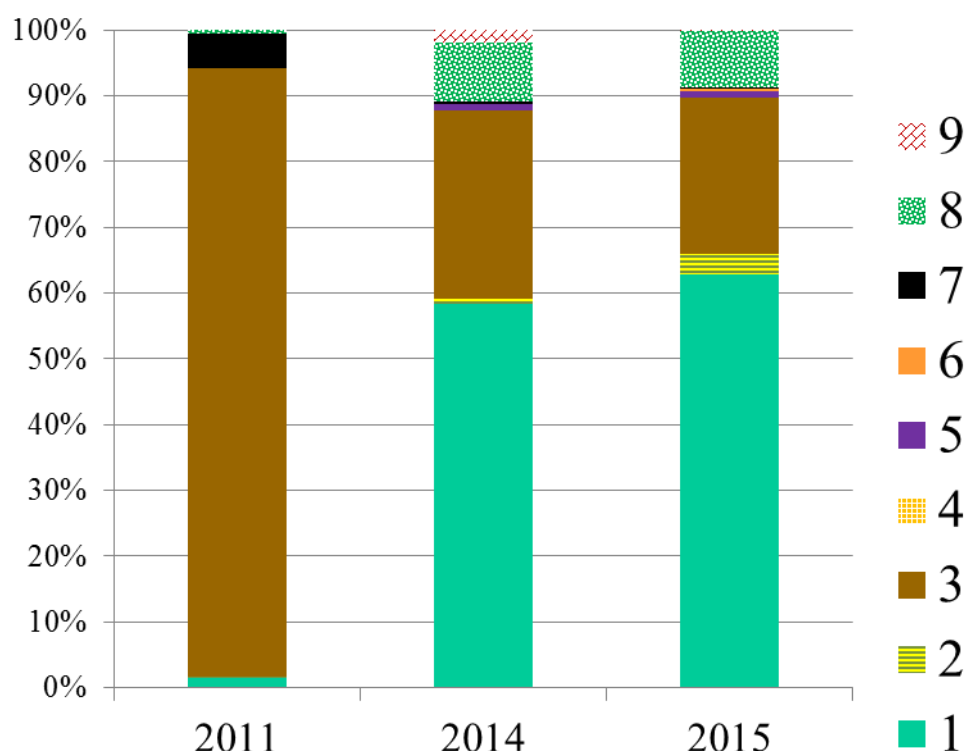


Рис. 42 - соотношение отделов фитопланктона Ленеvского водохранилища по численности для отдельных лет исследований

Таблица значений и условных обозначений

№	Обилие Отдел	2011		2014		2015	
		Абс., тыс. кл./л	Доля, %	Абс., тыс. кл./л	Доля, %	Абс., тыс. кл./л	Доля, %
1.	Цyanoprokariota	105	1,39	27883	58,33	20062	62,77
2.	Chrysophyta	15	0,2	329	0,69	1022	3,2
3.	Bacillariophyta	6988	92,64	13677,5	28,61	7546	23,61
4.	Xanthophyta	0	0	18	0,04	4	0,01
5.	Cryptophyta	0	0	474	0,99	342	1,07
6.	Dinophyta	0	0	49	0,1	128	0,4
7.	Euglenophyta	386	5,12	123	0,26	74	0,23
8.	Chlorophyta	47,5	0,63	4310	9,02	2738	8,57
9.	Streptophyta	1,5	0,02	937	1,96	44	0,14
Итого		7543	100	47800,5	100	31960	100

Подавляющее большинство, более 90%, обнаруженных экземпляров фитопланктона 2011 года относятся к диатомовым. Из остальных отделов заметный вклад в суммарное обилие растительного планктона делают эвгленовые (Рис.42). Основной вклад в общее обилие фитопланктона 2014 и 2015 годов вносят три таксона: цианобактерии, диатомовые и зеленые.

Значительная разница относительной численности альгофлоры 2011 и последних двух лет исследований заметна и при рассмотрении его показателей в динамике (Табл. 59).

Таблица 59 - динамика обилия отделов фитопланктона, тыс.кл./л

Период отбора проб Таксон	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Цианопрокариота	0	105	0	4098	10365	4790	4366	4264	3174	400	6950	5034	4504
Chrysophyta	7,5	0	7,5	16	185	30	72	26	872	18	80	4	48
Bacillariophyta	1231,5	4216	1540	3639,5	2546	3744	2898	850	1872	896	3986	510	282
Xanthophyta	0	0	0	0	0	10	6	2	0	0	0	2	2
Cryptophyta	0	0	0	54	34	240	28	118	72	52	48	116	54
Dinophyta	0	0	0	18	13	12	2	4	4	80	2	2	40
Euglenophyta	233	0	153	66	11	34	6	6	24	8	6	18	18
Chlorophyta	30	10	7,5	656	485	1001	1230	938	500	208	502	1258	270
Streptophyta	0	0	1,5	4	9	388	536	0	16	6	20	0	2
Итого	1502	4330	1702	8551,5	13648	10249	9144	6208	6534	1668	11594	6944	5220

Судя по данным таблицы 59, в летний период увеличивают свою численность цианобактерии, зеленые и стрептофитовые водоросли. Максимальная численность эвгленовых и золотистых сдвинута на весенний период, желто-зеленых – на осенний. Каких-либо закономерностей динамики обилия остальных отделов водорослей в связи с их малой численностью и небольшим количеством проб выявить не удастся.

Для удобства анализа структуры относительного обилия таксонов на протяжении всего периода исследований данные таблицы 59 представлены в виде нормированной диаграммы (Рис.43)

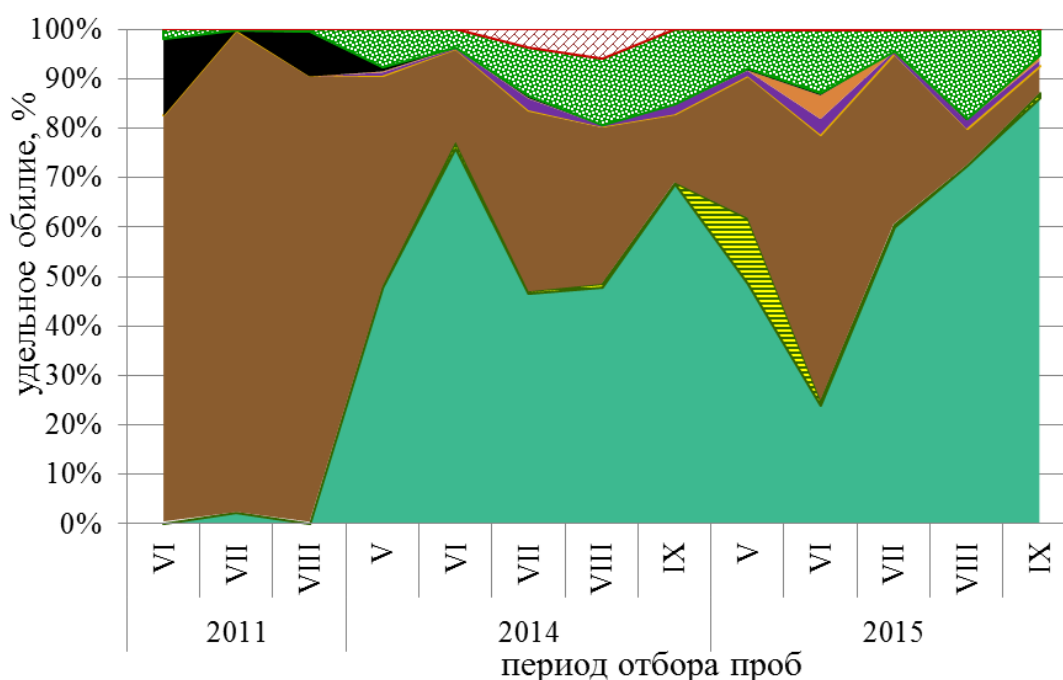


Рис. 43 - динамика удельного обилия основных таксонов фитопланктона
Леневского водохранилища

Таблица значений и уловных обозначений

Период отбора проб Таксон	Удельное обилие, %												
	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
■ Cyanoprokariota	0	2,4	0	47,92	75,94	46,73	47,75	68,69	48,58	23,98	59,9	72,5	86,3
■ Chrysophyta	0,5	0	0,44	0,19	1,36	0,29	0,79	0,42	13,35	1,1	0,7	0,1	0,9
■ Bacillariophyta	82	97,4	90,08	42,56	18,65	36,53	31,69	13,69	28,65	53,71	34,4	7,3	5,41
■ Xanthophyta	0	0	0	0	0	0,1	0,07	0,03	0	0	0	0	0,04
■ Cryptophyta	0	0	0	0,63	0,25	2,34	0,3	1,9	1,1	3,1	0,4	1,7	1,03
■ Dinophyta	0	0	0	0,21	0,1	0,12	0,02	0,06	0,06	4,8	0	0	0,77
■ Euglenophyta	15,5	0	8,95	0,77	0,08	0,33	0,07	0,1	0,37	0,48	0,1	0,3	0,34
■ Chlorophyta	2	0,2	0,44	7,67	3,55	9,77	13,45	15,11	7,65	12,47	4,3	18,1	5,17
■ Streptophyta	0	0	0,09	0,05	0,07	3,79	5,86	0	0,24	0,36	0,2	0	0,04
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

На протяжении всего летнего сезона 2011 года преобладают диатомовые, их доля близка к 90%, в 2014 и в 2015 годах их обилие хотя и по абсолютным показателям выше, но уступает обилию Cyanoprokariota. Синезеленые в 2011 году в июль - месяц максимальных температур – увеличивали свою относительную численность, в 2014, напротив, уменьшали.

Динамика численности и биомассы фитопланктона и его величины в верховьях и низовьях водохранилища в 2015 году значительно отличаются (Прил.4, Табл.4.8-4.12). В целом, абсолютные показатели численности и биомассы верховий гораздо ниже. Минимум их приходится на конец июня, после которого численность микроводорослей постепенно возрастает к сентябрю. В низовьях водохранилища численность и биомасса альгофлоры практически весь сезон является высокой, особенно в июле, резко снижаясь осенью.

Наиболее высокая среднеарифметическая численность фитопланктона проб одного месяца зарегистрирована для альгоценозов 2014 года (Рис.44).

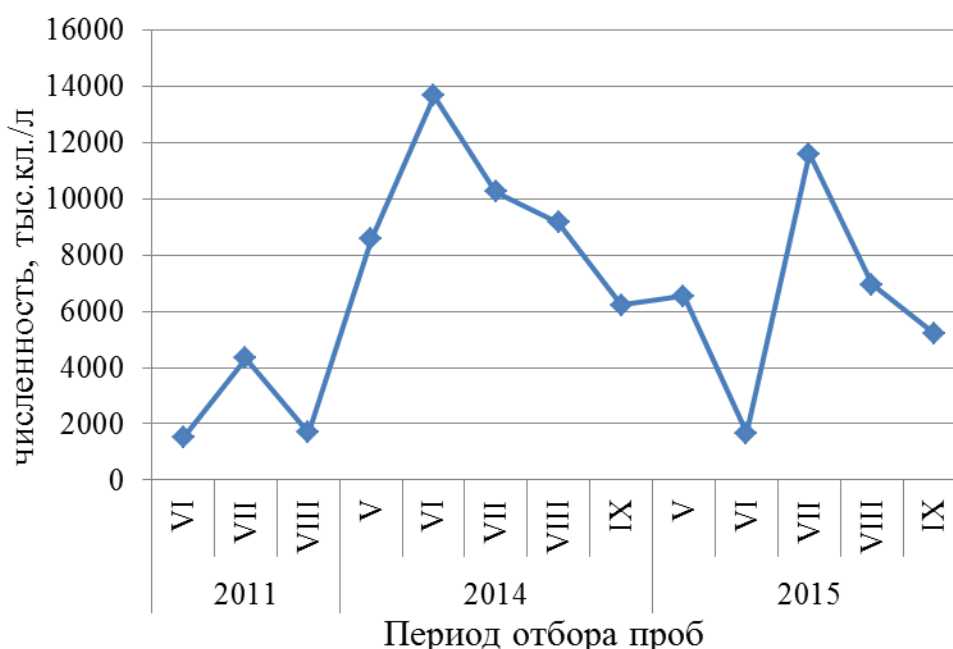


Рис. 44 - динамика среднеарифметической численности фитопланктона Леновского водохранилища

2011			2014					2015				
VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
1502	4330	1702	8551,5	13648	10249	9144	6208	6534	1668	11594	6944	5220

Августовское снижение общей численности фитопланктона, вероятно, связано с истощением запаса биогенных элементов и частичным выеданием водорослей зоопланктоном, значительный подъем численности которого наблюдался в этот период (Рис.44).

По шестиступенчатой шкале (п.п. 2.3.) в альгофлоре были выделены шесть групп видов по относительному обилию, из которых три с

наибольшими показателями обилия (более 10% от суммарного обилия за месяц, то есть с балльными характеристиками «5», «7» и «9») внесены в состав доминирующего комплекса (Табл. 60)

Таблица 60 - динамика видового состава доминирующего комплекса фитопланктона Леневого водохранилища

Период отбора проб Вид	Балльная характеристика												
	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Aphanozomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs.	–	–	–	1*	1*	1*	1*	1*	1*	2*	5	1*	2*
<i>Geitlerinema amphibia</i> (Ag. ex Gom.) Anag.	–	–	–	3*	9	3*	3*	5	1*	1*	2*	3*	5
<i>Limnotrix planctonica</i> (Wolosz.) Meff.	–	–	–	–	5	1*	3*	2*	1*	3*	1*	5	7
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.	–	–	–	2*	1*	1*	3*	1*	–	–	–	2*	5
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	–	–	–	7	3*	3*	5	3*	7	3*	2*	7	5
<i>Planktolethyra limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Leg. et Gron.	–	–	–	2*	3*	3*	5	2*	5	2*	5	7	3*
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagn. et Kom.	–	–	–	1*	1*	1*	1*	1*	–	–	5	–	–
<i>Synedra acus</i> (Kütz.) Hust. var. <i>acus</i>	–	–	–	2*	1*	2*	2*	1*	2	5	5	1*	1*
<i>Synedra acus</i> var. <i>radians</i> (Kütz.) Hust.	–	–	–	5	1*	2*	1*	1*	1	2*	–	1*	1*
<i>S. tabulata</i> (Ag.) Kütz.	7	–	–	7	5	5	7	2*	5	7	5	1*	1*
<i>S. tenera</i> W.Sm.	7	9	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.	5	–	–	–	–	–	1*	–	–	1*	–	–	1*
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thurn.) Kom.-Legn.	–	–	–	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	5	1*

*Примечание. Данные приведены по факту наличия.

Доминирующий комплекс фитопланктона составляют 12 видов из четырех таксонов: цианобактерий, диатомовых, зеленых и эвгленовых водорослей. Наиболее постоянным компонентом комплекса является вид

диатомовых *Synedra tabulata*, предпочитающий α -мезосапробные воды. Следует отметить, что среди преобладающих по численности видов он предпочитает самые загрязненные воды (Прил.4, табл. 4.1).

Наиболее сходны комплексы доминирующих видов микроводорослей последних двух лет исследования. В 2015 году впервые за три года мониторинга уровня доминирования достигают такие виды как *Aphanozomenon flos-aquae*, *Merismopedia tenuissima*, *Planktothrix agardhii*, *Synedra acus* var. *acus* и *Monoraphidium contortum*.

Для оценки биологической значимости фитопланктона в гидробиологии стандартным является использование такого показателя как биомасса. Практически две третьих годовой суммарной биомассы составляют диатомовые водоросли (Рис. 46).

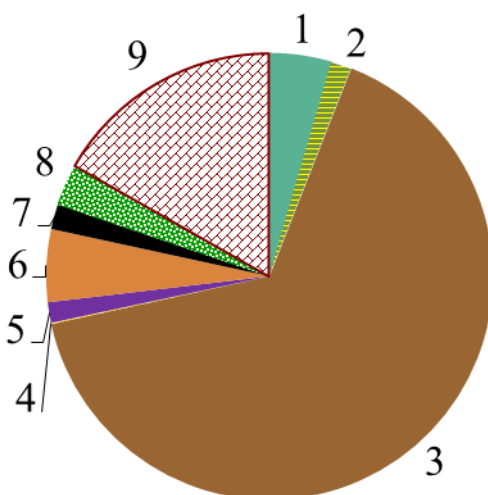


Рис. 46 - соотношение отделов фитопланктона Ленеvского водохранилища по биомассе

Таблица значений и условных обозначений

№	Биомасса Отдел	Абс. *, мг/л	Доля, %
1.	Сyanoprokariota	0,832	4,5
2.	Chrysophyta	0,273	1,47
3.	Bacillariophyta	12,166	65,6
4.	Xanthophyta	0,016	0,08
5.	Cryptophyta	0,276	1,49
6.	Dinophyta	0,976	5,26
7.	Euglenophyta	0,337	1,82
8.	Chlorophyta	0,563	3,03
9.	Streptophyta	3,107	16,75
Итого		18,545	100

Примечание. * приведены среднеарифметические данные биомассы за 1 год.

Второй по величине вклад в среднегодовую биомассу составляют стрептофитовые виды. Приблизительно сходные показатели среднегодовой биомассы имеют динофитовые водоросли и цианокариоты. Остальные отделы водоросли занимают ощутимо меньшие доли.

Общая картина соотношения биомасс отдельных крупных таксонов альгофлоры разных лет хоть и различна (Рис. 46), но сходной чертой является преобладание диатомовых. Отличительной чертой структуры отделов по вкладу в суммарную биомассу 2011 года является максимальная доля диатомовых, в 2014 году – высокие показатели стрептофитовых, занимающих второе место после диатомовых в этом году. Результаты исследования альгофлоры 2015 года отличаются максимальной долей цианокариот, золотистых и динофитовых водорослей. Повышение долей двух последних отделов, вероятно, связано с более низкими температурами вегетационного периода 2015 года.

В 2011 году основу биомассы отдела обеспечивали крупноклеточными одиночные виды, такие как *Synedra tenera* S. *tabulata*, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz. и колониальный вид *Melosira varians* Ag. (Прил. 4, Табл. 4.6), в 2014 – прежде всего *S. tabulata*, который доминировал в течение всего вегетативного сезона, и только в сентябре в группу доминантов с балльной оценкой «5» входит *Cyclotella radiosa* (Grun.) Lemm. (Прил. 4, табл. 4.7).

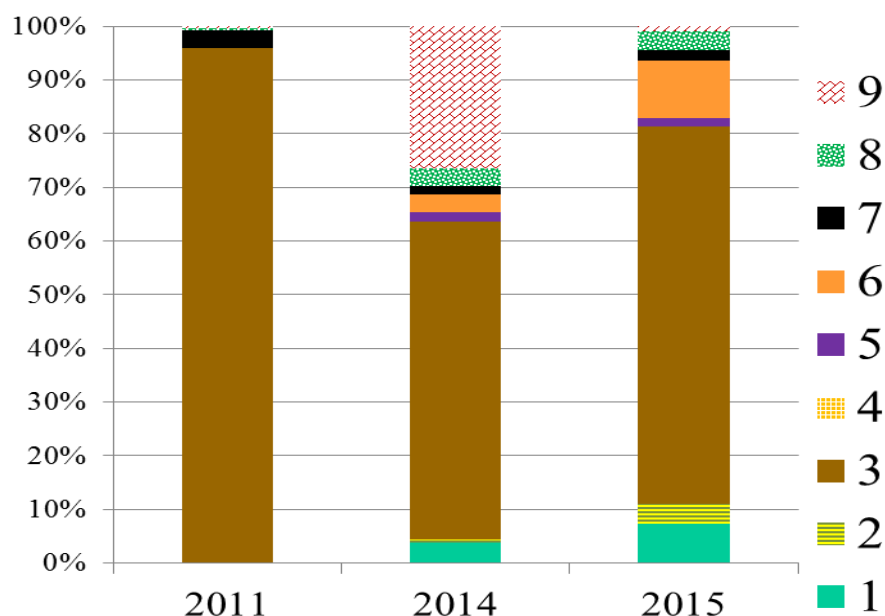


Рис. 46 - соотношение отделов альгофлоры Ленеvского водохранилища по биомассе

Таблица значений и условных обозначений

№	Отдел	Биомасса		2011		2014		2015	
				Абс., мг/л	Доля, %	Абс., мг/л	Доля, %	Абс., мг/л	Доля, %
1.	Cyanoprokariota			0,00063	0,01	1,300408	3,8	1,1962412	7,22
2.	Chrysophyta			0,00474	0,1	0,180435	0,52	0,634934	3,83
3.	Bacillariophyta			4,676665	95,89	20,348965	59,2	11,65313	70,33
4.	Xanthophyta			0	0	0,04482	0,13	0,00168	0,01
5.	Cryptophyta			0	0	0,57368	1,67	0,2539	1,53
6.	Dinophyta			0	0	1,16265	3,38	1,7641	10,65
7.	Euglenophyta			0,1594525	3,27	0,53413	1,55	0,3163	1,91
8.	Chlorophyta			0,014125	0,29	1,097363	3,2	0,57642	3,48
9.	Streptophyta			0,02157	0,44	9,12626	26,55	0,17266	1,04
Итого				4,8771825	100	34,368711	100	16,569365	100

Максимальное развитие диатомовых водорослей обычно отмечается при относительно низких температурах (16–18°C) и при наличии в воде железа в количестве не менее 0.1 мг/л (Петрова, 1990; Трифонова, 1990). В исследованный период, когда температура воды достигала уже 22–24°C, высокие показатели обилия диатомей, вероятно, связаны с достаточным содержанием соединений железа, средняя концентрация которого составила 0.92 мг/л, а максимальная — 8.65 мг/л (Прил.). Кроме того данные гидрохимии подтверждает и тот факт, что преимущественно диатомеи развиваются в воде, богатой нитратами, фосфатами и силикатами [160].

Заметной долей в создании биомассы из оставшихся таксонов фитопланктона 2011 года обладали эвгленовые. Представители эвгленовых

интенсивно развиваются в водоемах замедленного стока с умеренной минерализацией и повышенным содержанием органических веществ и биогенных элементов [50].

Второй по величине вклад в суммарную биомассу фитопланктона 2014 года вносят стрептофитовые водоросли, которые всего несколько лет назад были выделены систематиками из отдела зеленых водорослей, где составляли порядки десмидиевых и зигнемовых. Биомасса этого отдела создавалась за счет активной вегетации *Staurastrum tetracerum* Ralfs в июле и *S. chaetoceros* (Schrod.) G.M. Smith в августе. Развитие водорослей этого отдела обусловлено их способностью к активной вегетации в ацидофильных условиях [3; 4], характерных для водохранилища в связи с попаданием в него кислых вод заброшенных рудников. Виды остальных отделов не преодолевают 10% порога доминантного комплекса видов. (Прил. 4, табл. 4.7). Отмеченное нами высокое содержание органики и биогенных элементов в водах исследованных рек – причина повышенного уровня вегетации водорослей из отдела эвгленовых и слабого развития золотистых.

Особенностью структуры биомассы в 2015 году является расположение на втором месте динофитовых, которое обеспечивает в основном *Peridiniopsis kevei* Grig. в июне в низовьях водохранилища и *P. elpatiewsky* (Ostenfeld) Bourrelly, *Peridinium umbonatum* Stein в сентябре в верховьях.

Максимальными показателями биомассы (сравниваются данные одного года) фитопланктон характеризовался в летний период, а именно в периоды с максимальными температурами (в 2011 г. – июль, в 2014 г. – август) (Рис. 47).

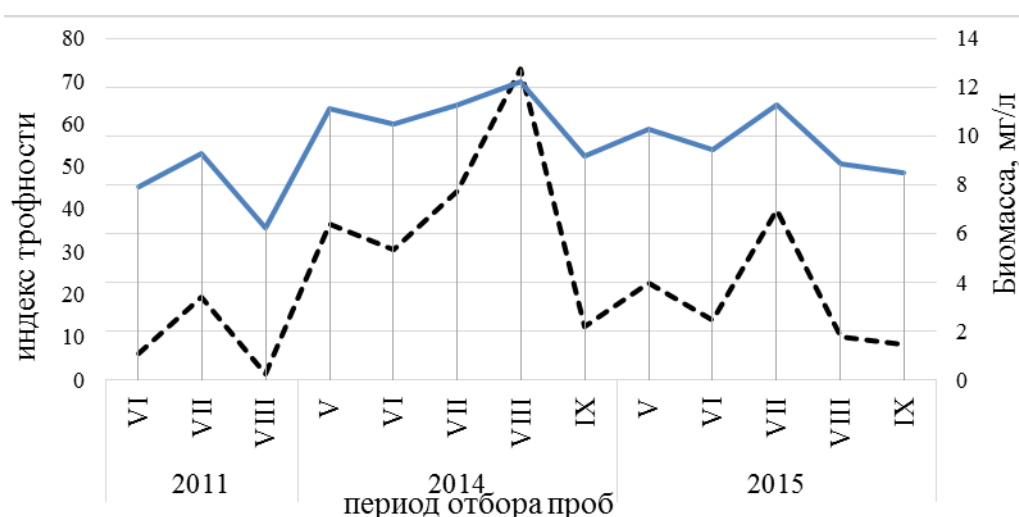


Рис. 47 - динамика средней суммарной биомассы фитопланктона Леновского водохранилища.

Период отбора проб \ Критерии	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
— биомасса, мг/л	1,056	3,41	0,413	6,364	5,32	7,77	12,74	2,18	3,95	2,46	6,96	1,75	1,45
--- индекс трофности Миллиуса	45,2	52,9	35,7	63,5	60,02	64,4	69,68	52,54	58,73	53,95	64,43	50,5	48,62

В течение исследуемого периода цветение водоемов являлось преимущественно умеренным. Исключение составляют показатели августа 2011, когда значения биомассы соответствуют низкому уровню цветения (<1 0.99 мг/л) и августа 2014 года, когда цветение может считаться интенсивным (>10 мг/л). Однако явление интенсивного цветения достигалось не за счет токсичных видов цианобактерий, а благодаря стрептофитовым и диатомовым водорослям (Рис.46), что как кратковременное явление, способствовало улучшению кормовой базы для зоопланктона и, косвенно, для ихтиофауны. Кроме того, при таких показателях биомассы фитопланктон (до 40 мг/л) еще способствует самоочищению воды; при более высокой биомассе роль водорослей становится резко отрицательной в результате массового отмирания и разложения водорослей.

Абсолютные показатели биомассы 2014 заметно выше, чем в 2011 и 2015 годах (Рис. 48). В связи с чем выше и индекс трофности вод: если в 2011

и 2015 он в основном характерен для мезотрофных водоемов, то в 2014 году – эвтрофных.

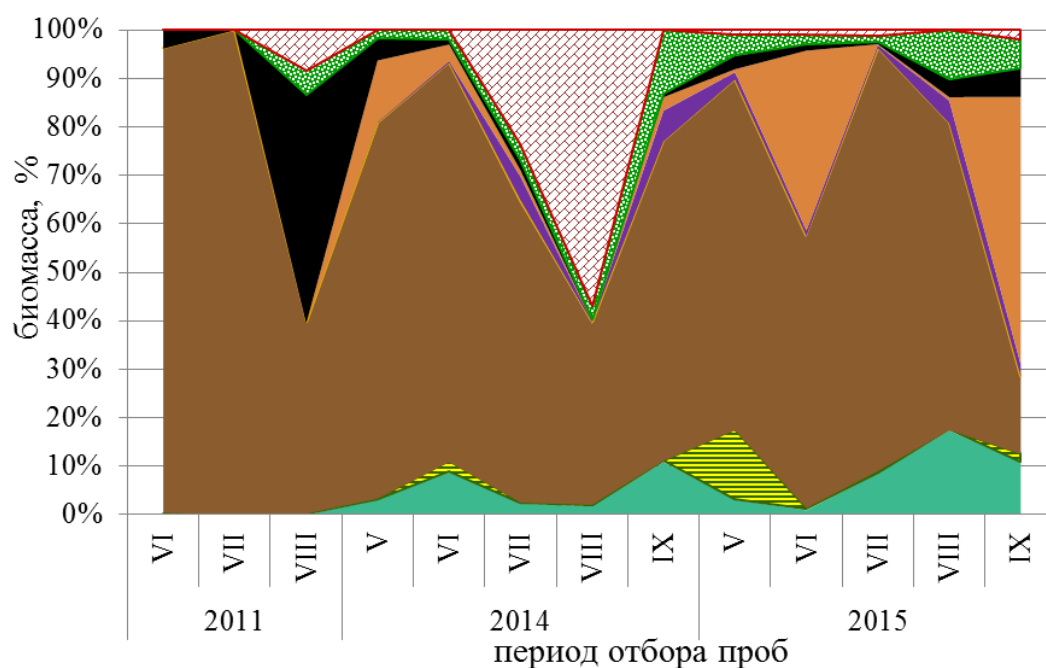


Рис. 48 - динамика относительного вклада основных таксонов фитопланктона в суммарную биомассу.

Таблица значений и условных обозначений

Период отбора проб Таксон	Биомасса, %												
	2011			2014					2015				
	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
■ Cyanoprokariota	0	0,02	0	3,11	8,74	2,29	1,76	10,85	3,06	0,9	8,5	17,3	10,8
■ Chrysophyta	0,4	0	0,13	0,2	2,11	0,2	0,27	0,24	14,3	0,4	0,4	0,12	1,67
■ Bacillariophyta	95,78	99,95	62,62	77,56	82,35	62,18	37,41	65,91	72,4	56,14	87,3	63,26	15,9
■ Xanthophyta	0	0	0	0	0	0,21	0,21	0,04	0	0	0	0,05	0,06
■ Cryptophyta	0	0	0	0,2	0,42	4,87	0,17	6,35	1,53	1,17	0,6	4,71	2,55
■ Dinophyta	0	0	0	12,67	3,41	1,3	0,1	2,78	0,63	37,13	0,1	0,71	55,24
■ Euglenophyta	3,76	0	28,97	4,51	0,95	2,04	0,18	0,69	2,74	1,33	0,4	3,57	5,9
■ Chlorophyta	0,06	0,03	3,06	1,74	2	3,17	2,73	13,14	4,3	2	1,3	10,2	5,91
■ Streptophyta	0	0	5,22	0,01	0,02	23,74	57,17	0	1,04	0,93	1,1	0	1,94
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Мониторинг относительной биомассы за три года исследований позволил выявить ряд тенденций данного параметра альгоценоза Леновского водохранилища. Во-первых характерной черной динамики клада отделов в суммарную биомассу является снижение доли диатомовых, криптофитовых и сиснезёных водорослей к середине лета, увеличение доли в мае-июне золотистых водорослей, в августе – стрептофитовых.

Различные результаты разных лет могут объясняться рядом причин, как объективными, так и субъективными. К числу первых можно отнести естественные колебания численности, столь характерные для мелких и быстро размножающихся организмов, таких как большинство видов фитопланктона или охватом разных этапов процессов самоочищения водохранилища. В 2011 году процессы вселения политрофного вида *Chlorella vulgaris* только были начаты, тогда как к 2014 году процесс самоочищения с помощью данной водоросли насчитывал четыре года. Среди субъективных можно отнести тот факт, что отбор проб, определение видового состава, его численности и биомассы производился разными специалистами, а соответственно сумма таких качеств как квалификация специалистов, место отбора проб (расстояние от берега, глубина и т.п.), соответствие стандартам методик сбора и определения ряда показателей фитопланктона могла также повлиять на полученные результаты.

4.3. Зоопланктон Леневого водохранилища, его разнообразие, динамика

Видовое богатство зоопланктона Леневого водохранилища по итогам двухлетних исследований составило 77 видов: пять видов простейших (Protozoa), 33 вида коловраток (Rotifera), 20 видов ветвистоусых раков (Cladocera), 18 видов веслоногих раков (Copepoda) и один вид из отряда карпоедов Arguloidea (Прил. 5, Табл. 5.1). За последний год исследования обнаружено 15 новых для водоема видов. Основу таксономического состава во все года исследования составляют коловратки (Rotifera), ветвистоусые раки (Cladocera), и веслоногие раки (Copepoda). Следует отметить, что представители Arguloidea относятся к экологической группе пелагобентоса, виды остальных таксонов – к группе собственно-планктонных организмов.

В течение трех лет исследования увеличивается доля коловраток и ветвистоусых рачков (Рис. 49).

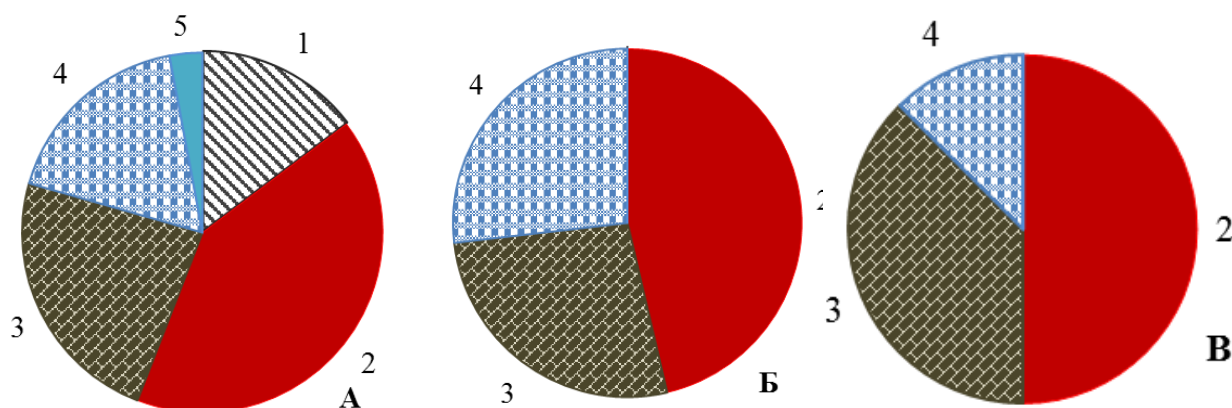


Рис. 49 - соотношение видового разнообразия зоопланктона по годам исследований.

Таблица значений и условных обозначений

№	Год Таксон	Кол-во видов					
		А - 2011		Б - 2014		В- 2015	
		Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %
1	Protozoa	5	14,7	0	0	0	0
2	Rotifera	14	41,18	19	46,34	16	50

3	Cladocera	8	23,53	11	26,83	12	37,5
4	Copepoda	6	17,65	11	26,83	4	12,5
5	Arguloidea	1	2,94	0	0	0	0
Сумма		34	100	41	100	32	100

Преобладание коловраток в видовом разнообразии косвенно указывает на наличие органического загрязнения в водоеме. Несмотря на отсутствие в 2014 году простейших и карпоедов, видовой состав последнего года исследований представлен большим числом видов. Отсутствие простейших в списках видов 2014 и 2015 годов объясняется тем, что их определение не входило в задачи ООО «Экогеосистема». Появление в массе паразитических рачков *Argulus foliaceus* L. может являться отражением вспышки численности этого вида, а также его способностью к активной поисковой миграции. Именно у этого вида взрослые особи способны переживать зимний период, чем объясняется их появление уже в мае.

В течение вегетационного периода вклад таксонов зоопланктона Леневого водохранилища в общее видовое богатство неравнозначен (Табл. 61).

Таблица 61 - видовой состав таксонов зоопланктона

Период Таксон	2011				2014					2015				
	V	VI	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Protozoa	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotifera	8	3	4	7	3	8	6	4	7	5	3	8	9	7
Cladocera	5	4	3	2	3	5	5	8	7	4	4	8	8	4
Copepoda	5	2	3	4	9	5	9	9	8	4	5	6	5	4
Arguloidea	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма	20	9	11	15	15	18	20	21	22	13	12	22	22	15

Для удобства анализа данные таблицы представлены в виде нормированной диаграммы (Рис.50).

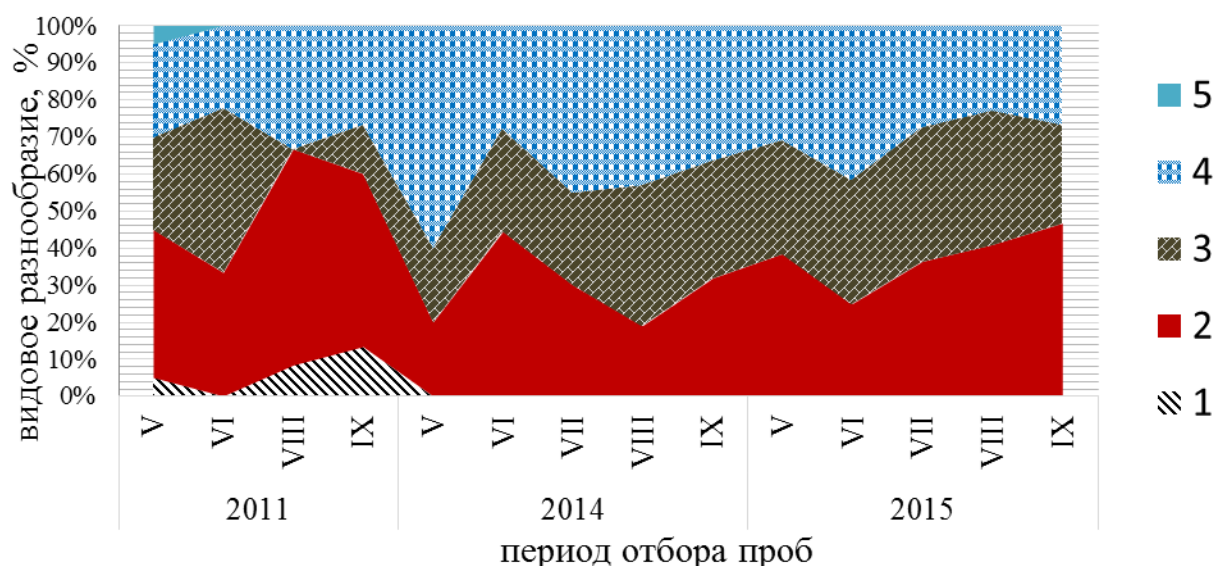


Рис. 50 - Динамика видового разнообразия (%) отдельных таксонов зоопланктона.

Таблица значений и условных обозначений

Период Таксон	2011				2014					2015				
	V	VI	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
1. Protozoa	5	0	9,1	13,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Rotifera	40	33,33	36,36	46,67	20	44,44	30	19,04	31,82	38,46	25	36,36	40,91	46,(6)
3. Cladocera	25	44,45	27,27	13,33	20	27,78	25	38,1	31,82	30,77	33,(3)	36,36	36,36	26,(6)
4. Copepoda	25	22,22	27,27	26,67	60	27,78	45	42,86	36,36	30,77	41,(6)	27,27	22,73	26,(6)
5. Arguloidea	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Если 2011 и 2015 года в фауне планктона в большинстве проб преобладали виды коловраток, то в 2014 году – виды веслоногих рачков. Доля ветвистоусых увеличивается в летний период. Какую-либо закономерность в динамике долей веслоногих и коловраток выявить по имеющимся результатам пока невозможно.

Общими для фауны трех лет исследований являются шесть видов (Прил.5, Табл. 5.1.), из которых стабильно в группы субдоминантов и доминантов входят только два вида: коловратки *Asplanchna priodonta* и *Keratella quadrata quadrata* (Табл. 62).

По шестиступенчатой шкале (п.п. 2.3.) в планктонной фауне были выделены шесть групп видов по относительному обилию, из которых три с

наибольшими показателями обилия (более 10% от суммарного обилия за месяц, то есть с балльными характеристиками «5», «7» и «9») внесены в состав доминирующего комплекса (Табл. 62).

Таблица 62 - динамика видового состава доминирующего комплекса зоопланктона Леневого водохранилища

Период отбора проб Вид	Балльная характеристика														
	2011				2014					2015					
	V	VI	VII I	IX	V	VI	VII	VIII		V	VI	VII	VIII	IX	
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	7	9	1*	2*	1*	5	0	2*	3*	9	1*	1*	1*	0	
<i>Brachionus diversicornis diversicornis</i> (Daday)	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Brachionus calyciflorus calyciflorus</i> Pallas	0	0	0	0	5	1*	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)	1*	0	0	5	0	0	0	0	0	1*	0	1*	1*	0	
<i>Keratella quadrata quadrata</i> (O.F. Müller)	7	0	1*	9	7	3*	0	0	1*	3*	3*	1*	1*	1*	
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller)	5	0	0	0	3*	2*	1*	5	2*	2*	3*	9	3*	3*	
<i>Bosmina coregoni</i> Baird, 1857	0	0	0	0	3*	1*	1*	5	5	3*	1*	1*	7	5	
<i>Bosmina longispina</i> Leydig, 1860	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)	1*	1*	0	0	1*	2*	2*	5	1*	1*	1*	1*	1*	1*	
<i>Cyclops furcifer</i> Claus	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Mesocyclops leucarti</i> (Claus)	3*	0	1*	0	0	0	5	2*	1*	2*	5	5	3*	7	
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	0	5	5	3*	0	0	0	0	0	0	1*	2*	3*	3*	
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars)	0	0	0	0	0	1*	7	2*	0	0	0	0	0	0	
Copepodit Cyclopoida	5	5	5	0	5	7	5	5	7	3*	9	3*	7	7	
Nauplii Cyclopoida	0	0	7	0	5	7	5	5	3*	2*	3*	1*	2*	1*	

* Примечание. Данные приведены по факту наличия.

Доминирующий комплекс составляют 13 видов зоопланктона, а также личиночные стадии Cyclopoida. Наиболее стабильным компонентом в течение трех лет исследования являются такие виды как *Asplanchna priodonta*, *Bosmina longirostris*, а также личиночные стадии веслоногих рачков. Самый массовый вид 2011 года *Brachionus diversicornis diversicornis* в фауне 2014 был очень редким, в 2015 году вообще не встречен. Следует

отметить, что в отличие от 2011 года в комплекс преобладающих видов 2014 года входят виды ветвистоусых раков из рода *Bosmina*.

На протяжении всего вегетационного сезона наблюдалась смена доминирующих видов. Большинство видов в массе встречаются в летний период. Сезонная приуроченность выявлена для коловратки *Asplanchna priodonta*, а именно, вид достигает большей численности в мае-июне. Весенний комплекс доминирующих видов в отдельные годы дополняют *Brachionus calyciflorus calyciflorus* и *Cyclops furcifer*. *Bosmina longirostris*, встречаясь на протяжении всего теплого сезона, может достигать массового развития в разные его периоды. Относительно холодолюбивой можно считать коловратку *Keratella quadrata quadrata*, поскольку пики её численности приходятся на май и сентябрь.

Сходной чертой комплекса доминирующих видов разных стаций является присутствие двух олиго-β-мезосапробных видов коловраток (*Asplanchna priodonta* и *Keratella quadrata quadrata*), одного β-мезосапробного вида *Brachionus diversicornis diversicornis* и молоди Cyclopoida. Комплексы стаций отличаются представленностью планктонных ракообразных, а именно в состав преобладающих видов первой стации (низовья водохранилища) входят ветвистоусые раки, а веслоногие обладают невысокой численностью. Напротив, отличительной чертой фауны стации Л-5 (верховья) является наличие массовых видов веслоногих, из ветвистоусых в комплексе доминантов присутствует только *Chydorus sphaericus*, остальные Cladocera малочисленны.

В целом комплекс видов, преобладающих по числу экземпляров в фауне Леновского водохранилища, образуют представители всех основных таксонов зоопланктона и насчитывает 13 видов, большинство из которых являются индикаторами эвтрофных вод [33, Мязмэс, 118].

Для оценки изменчивости видового богатства данные приложения 5, (табл. 5.3, 5.4, 5.6 и 5.7) представлены в виде диаграммы двух показателей: числа видов и индекса неопределенности (H') (Рис.51).

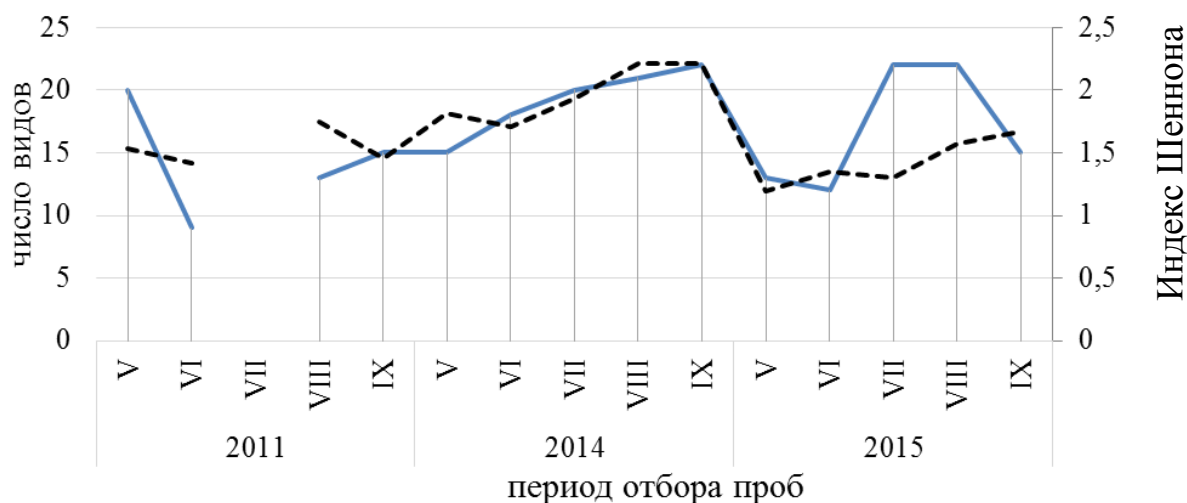


Рис. 51 - динамика видового разнообразия зоопланктона Леневого водохранилища

Период отбора проб Критерии	2011					2014					2015				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
—●— Число видов	20	9	—	13	15	15	18	20	21	22	13	12	22	22	15
--- индекс Шеннона*	1,55	1,43	—	1,74	1,46	1,82	1,7	1,94	2,2	2,2	1,2	1,35	1,3	1,57	1,67

Оба показателя отражают сходные изменения, а именно в 2011 году снижение характерно для летнего периода, а в 2014 и 2015 году видовое богатство увеличивается в течение всего периода исследований (Рис.51).

Суммарная численность по результатам исследований 2011 и 2014 годов неравнозначно распределена между таксонами зоопланктона (Рис.52).

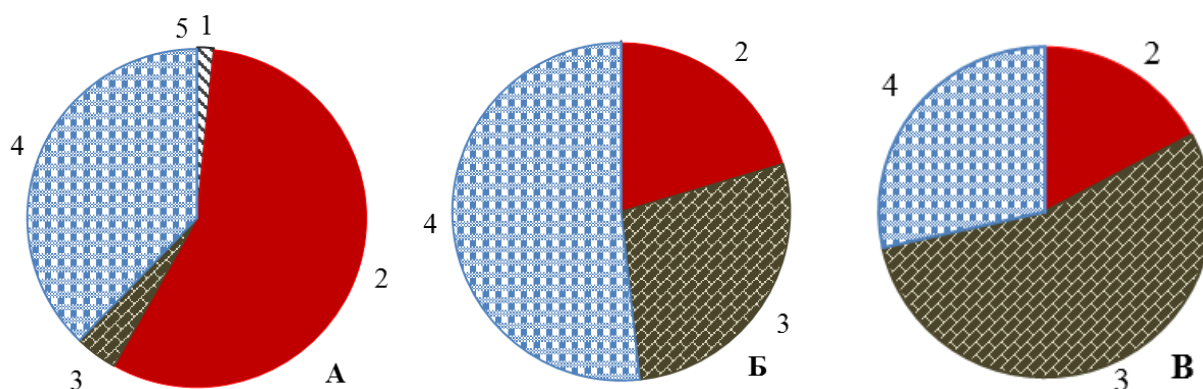


Рис. 52 - соотношение обилия основных групп зоопланктона по годам исследований.

Таблица значений и условных обозначений

№	Год Таксон	Численность, экз./м ³					
		А - 2011		Б - 2014		В- 2015	
		Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %
1	Protozoa	850	1,59	0	0	0	0
2	Rotifera	30280	56,55	47289,17	20,43	20173,(3)	17,3
3	Cladocera	2170	4,05	64402,5	27,82	63273,(3)	54,25
4	Copepoda	20240	37,8	119810,8	51,75	33186,(6)	28,45
5	Arguloidea	10	0,02	0	0	0	0
Сумма		53550	100	231502,5	100	116633,(3)	100

Примечание. Жирным шрифтом выделены максимальные значения.

В первый год наблюдений более 90% приходится на две группы: коловратки и веслоногие раки. Структура относительной численности 2014 года характеризуется преимуществом ракообразных: в первую очередь веслоногих, и в меньшей степени – ветвистоусых. В последний год исследования сохраняется преимущество ракообразных, но среди них значительно более многочисленны виды ветвистоусых. Коловратки, преобладавшие в фауне 2011 года, в последние два года исследований составляют наименьшую часть обилия животного планктона.

Абсолютная численность всех групп в 2014 году выше, чем в 2011 и 2015 гг. Особенно резкое увеличение зафиксировано для ветвистоусых, абсолютная численность которых сохраняется и в 2015 году. Так как известно, что с повышением трофического уровня происходит увеличение численности Rotifera, снижение биомассы веслоногих, а ветвистоусые максимума достигают при средних показателях трофности, практически выпадая при очень высоком загрязнении органическими веществами, можно предположить, что трофический уровень Леновского водохранилища снижается. А именно соотношение таксонов по численности в 2011 году близко к политрофному, а в 2014 и 2015 гг. – к мезотрофному [100].

Общая численность зоопланктона в 2011 года демонстрирует весьма низкие показатели по сравнению с результатами измерений 2014 и 2015 гг. (Рис.53).

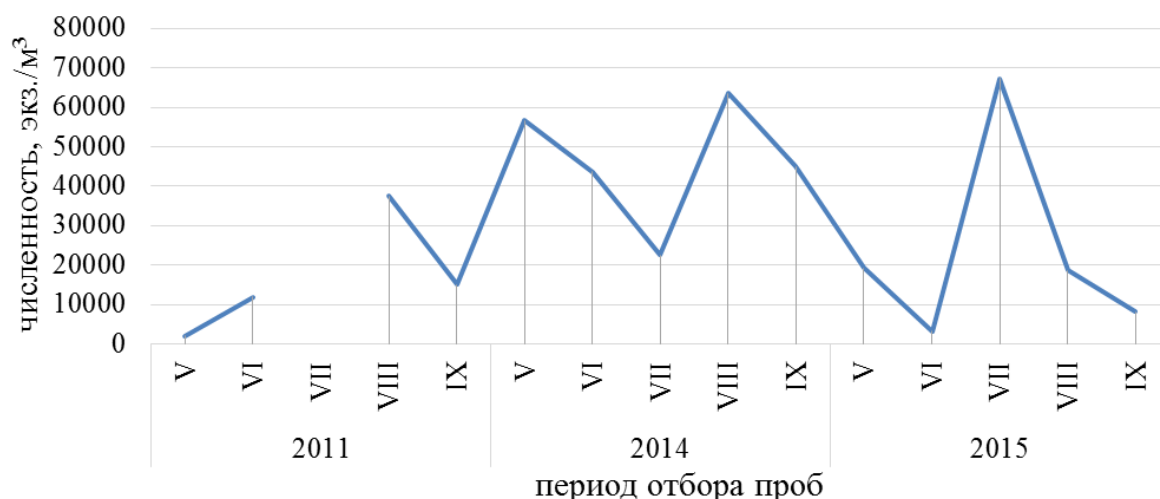


Рис. 53 - динамика общей численности зоопланктона Леновского водохранилища

Таблица значений

Год	2011					2014					2015				
Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Обилие, экз.	1990	11980	*	37500	15000	56645,83	43666, (6)	22570	63580	45040	19280	3180	67340	18706,(6)	8126,(6)

Примечание. * сборы зоопланктона не проводились.

Аномально низкие значения численности зарегистрированы для проб зоопланктона - это проба №5 (май) и проба №1 (июнь) в 2011 году (Прил. 5, табл. 5.3). Наибольшая абсолютная численность зафиксирована в 2014 году для майской пробы станции №1 в основном за счет *Copepodit Calanoida* и августовской пробы станции №5 с более равномерным распределением численности между видами фауны (Прил.5. табл. 5.4). Таким образом, в динамике суммарного обилия зоопланктона наблюдалось два пика массового развития. В 2015 году был зарегистрирован всего один значительный максимум численности — в июле, особенно заметный в низовьях водохранилища (Прил.5).

Несмотря на различные абсолютные показатели обилия видов зоопланктона двух лет исследования общая картина её динамики сходна и сопряжена с температурной кривой (Рис.1). А именно при температуре ниже

11°C (май и сентябрь 2011, сентябрь 2014) численность зоопланктона относительно невысокая. Повышение температуры вызывает массовое развитие зоопланктона.

Так как биологическая роль зоопланктона в экосистеме зависит не только от числа, но и от размера особей, в гидробиологии используется анализ биомассы живых организмов. Так как данные за 2011 год, предоставленные ООО «Экогеосистема», не позволяют проанализировать этот показатель для отдельных таксонов, рангом выше вида (тип Rotifera, надотряд Cladocera, подотряд Copepoda), на рисунке 54 отображены результаты исследований только последних двух лет.

По суммарной биомассе за вегетационный период 2014 и 2015 года можно сказать, что зоопланктон является рачковым с преобладанием ветвистоусых, однако биомасса, абсолютные показатели которых держатся на одном уровне. Последний год исследования отличается возрастанием биомассы коловраток и снижением веслоногих биомассы рачков.

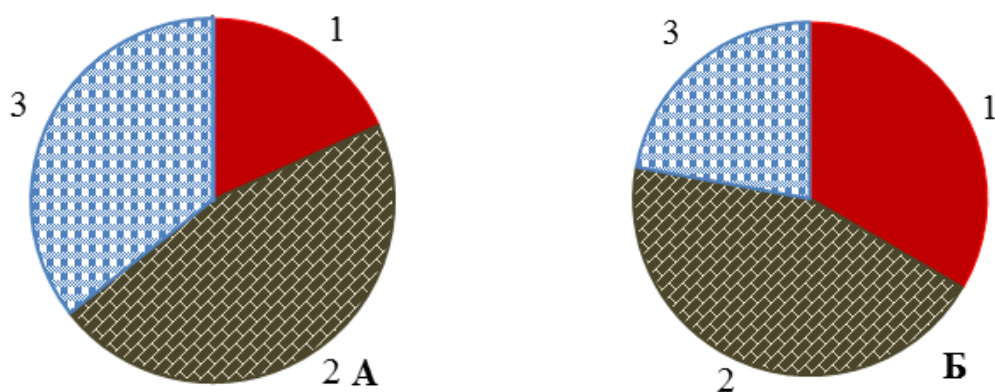


Рис. 54 - соотношение биомассы отдельных крупных таксонов зоопланктона

Таблица значений и условных обозначений

№	Биомасса Таксон	Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %
1	Rotifera	377,45	18,26	274,0774	33,38
2	Cladocera	953,24	46,12	365,3521	44,49
3	Copepoda	736,32	35,62	181,7477	22,13
Сумма		2067,01	100	821,1772	100

Динамика биомассы таксонов в течение вегетационного сезона характеризуется резкой сменой таксона-доминанта (Рис.55).

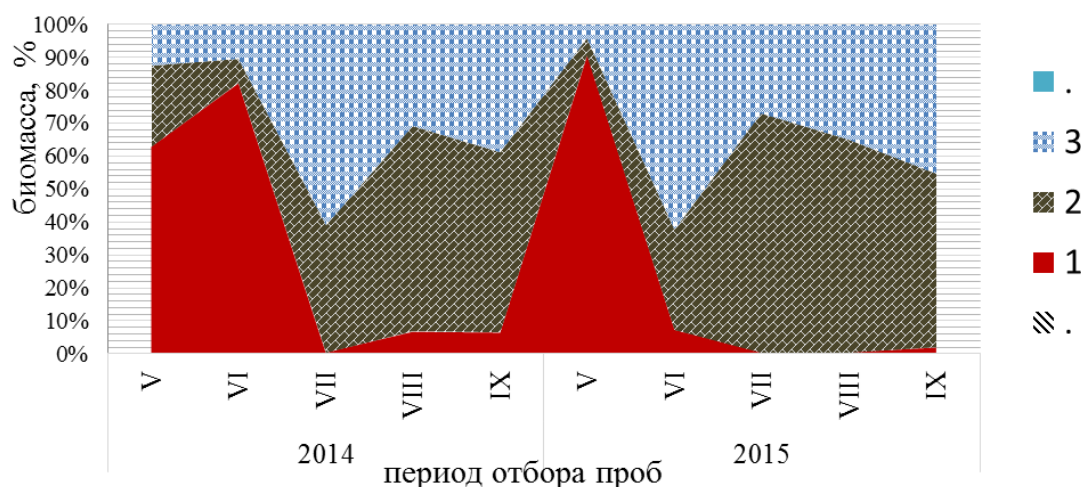


Рис. 55 - динамика структуры биомассы зоопланктона 2014-2015 гг.
Таблица значений и условных обозначений

№	Период Таксон	Биомасса									
		V		VI		VII		VIII		IX	
		Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %
1	Rotifera	39,89	62,9	250,74	82,17	1,77	0,44	43,7	6,7	41,36	6,44
2	Cladocera	15,69	24,74	22,29	7,3	156,56	38,75	407,7	62,51	351,12	54,66
3	Copepoda	7,84	12,36	32,13	10,53	245,65	60,81	200,8	30,79	249,91	38,9
Сумма		63,42	100	305,16	100	403,98	100	652,2	100	642,39	100

Примечание. Жирным шрифтом отмечены значения преобладающей группы.

В начале сезона планктон преимущественно коловраточный. В мае его основу составляют мелкие, но очень многочисленные виды, такие как *Brachionus calyciflorus calyciflorus*, *Keratella quadrata quadrata* (Прил. 5. Табл.5.5). В июне коловраточный планктон представлен крупным видом *Asplanchna priodonta* и мелким *Asplanchna girodi* De Geurne. Из ракообразных в этот период весомую долю в общей биомассе имеет представитель ветвистоусых раков *Bosmina coregoni* Baird.

В июле картина соотношения биомасс отдельных таксонов зоопланктона резко меняется: доля коловраток близка к нулю, планктон представлен преимущественно веслоногими раками. Последние набирают биомассу в основном за счет теплолюбивых видов *Thermocyclops oithonoides* (Sars), *Mesocyclops leucarti* (Claus) и *Metacyclops gracilis* (Lilljeborg). Ветвистоусые обладают значительной долей, начиная со второй половины

лета и до сентября включительно. Основной вклад в суммарную биомассу в июле осуществляется в основном за счет среднего по размерам вида *Daphnia cucullata* Sars, *Bosmina longirostri* (O.F. Müller), а также представителя веслоногих *Mesocyclops leucarti* (Claus) (Прил. 5. Табл.5.5).

В последующие месяцы зоопланктон остается рачковым, но уже с некоторым преимуществом ветвистоусых (Рис.55). К преобладавшему ранее *Daphnia cucullata* Sars в августе и сентябре присоединяется *Daphnia galeata* Sars, *Bosmina coregoni* Baird. Среди веслоногих в августе преобладают те же виды, что и в июле, но значения их абсолютных биомасс снижаются. В сентябре из них относительно большую биомассу обнаруживает в 2014 году только *Metacyclops gracilis* (Lilljeborg), в 2015 - *Mesocyclops leucarti* (Claus).

Если общая численность зоопланктона 2011 года значительно отличалась, иногда на порядок, от результатов 2014 года (Рис.52, 53), то абсолютные показатели биомассы и её динамика сходны (Рис.56). С мая по август наблюдается заметное увеличение общей биомассы, тогда как в сентябре наблюдается снижение абсолютных значений, причем в 2011 гораздо более значительное, чем в 2014 году. В августе показатели биомассы наибольшие, так как она складывается не только из взрослых особей первой генерации, но и молоди второй.



Рис. 56 - динамика суммарной биомассы зоопланктона Леновского водохранилища.

Таблица значений

Год	2011					2014					2015				
Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Средняя арифметическая биомасса, мг/м ³	48,485	139	* –	588,3	148,35	63,425	305,14	403,98	652,085	642,41	295,8234	14,1087	299,3092	156,1722	55,76377

Примечание. * сборы зоопланктона не проводились.

Биомасса зоопланктона последнего года исследований значительно меньше. Кроме того в июне зафиксирован спад биомассы, а максимум приходится не на август, как в предыдущие годы, а на июль.

Численность и биомасса зоопланктона за 2015 год в верховьях водохранилища значительно меньше, по сравнению с аналогичными показателями низовий. Динамика численности и биомассы различных мест отбора проб имеют сходную картину: резкое уменьшение в конце июня через месяц сменяется резким возрастанием, затем плавно снижается к осени (Рис.56). Основной причиной подобной динамики является резкий спуск воды в водоеме в июне, в результате которого попадают воды из заброшенных, затопленных шахт.

В целом результаты исследований зоопланктона 2014 и 2015 гг. являются более типичными, закономерными показателями по сравнению с данными 2011 года.

4.4. Анализ экологического состояния акватории по комплексным гидрохимическим и биологическим показателям

Общепринятым методом анализа степени загрязненности является вычисление индекса сапробности по Пантле-Букку. Всего было зарегистрировано среди фитопланктона 117 видов и форм – индикаторов сапробности (Прил.4., Табл.4.1.) и 56 видов и форм этой группы среди зоопланктона (Прил.5, Табл.5.1.). Среди фитопланктона преобладают β - и α - β -мезосапробы: 79 видов или 40,5% (Прил. 4, табл. 4.1), среди зоопланктона α - и α - β -мезосапробы - 44 вида или 57,1% (Прил. 5, табл. 5.1).

Для общего представления об экологическом состоянии Леновского водохранилища за весь период работы вычислен данный индекс для планктонной флоры и фауны (Рис.57). Так как доминантный комплекс видов по численности и биомассе несколько отличался, индексы вычислены по обоим показателям.

Количество видов-индикаторов сапробности в одной пробе Леновского водохранилища варьирует от 50 до 86% от общего числа водорослей (Прил.4, табл. 4.2 и табл. 4.4), от 44 до 100 % от общего числа зоопланктеров (Прил.5, табл.5.3 и табл.5.4). Несмотря на то, пробы в большинстве своем характеризуются значительной долей видов-индикаторов, некоторые из них не обладают необходимым числом видов для вычисления достоверного индекса, то есть число видов-индикаторов сапробности меньше 12 и сумма баллов относительного обилия меньше 30. Это наиболее характерно для данных 2011 года и весенне-осенних данных по зоопланктону 2014 и 2015 гг., поэтому эти индексы выделены на диаграмме в виде штрих-пунктирной линии (Рис.57). Причиной недостаточного количества видов-индикаторов является невысокое общее число обнаруженных видов, что для весенних и осенних показателей является нормальным, в отличие от летних показателей 2011 года.

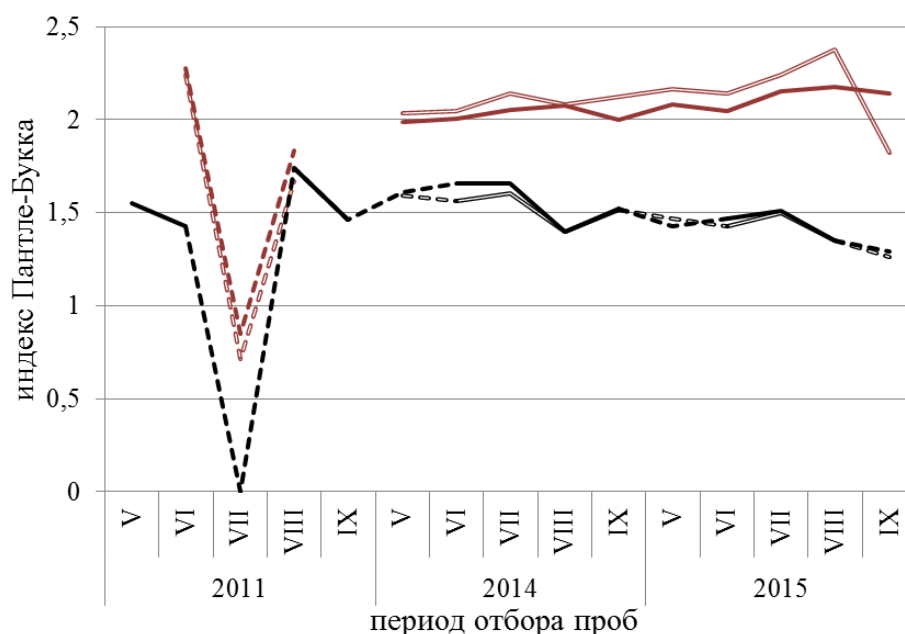


Рис. 57 - динамика индекса Пантле-Букка Леновского водохранилища

Период Таксон	2011					2014					2015				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
индекс Пантле-Букка по численности фитопланктона	— *	2,28	0,85	1,83	— *	1,99	2,01	2,06	2,1	2,00	2,09	2,05	2,16	2,18	2,14
индекс Пантле-Букка по биомассе фитопланктона	— *	2,24	0,71	1,67	— *	2,03	2,05	2,14	2,11	2,13	2,17	2,14	2,24	2,38	1,83
индекс Пантле-Букка по численности зоопланктона	1,55	1,43	— *	1,74	1,46	1,61	1,66	1,66	1,4	1,52	1,43	1,47	1,51	1,35	1,29
индекс Пантле-Букка по биомассе зоопланктона	— **	— **	— **	— **	— **	1,59	1,56	1,61	1,4	1,52	1,47	1,43	1,5	1,35	1,26

Примечание.

Пунктирными линиями показаны индексы, достоверность которых недостаточна.

* индекс не вычислялся, так как пробы не отбирались.

** пробы отбирались, но данные недостаточны для вычисления индекса.

Значения индексов, вычисленные по биомассе незначительно отличаются от индексов, вычисленных по численности (Рис.), поэтому в принципе достаточно вычисления одного из них. Значения достоверных индексов сапробности, вычисленные по фитопланктону, выше (от 1,99 до

2,28), чем таковые по зоопланктону (от 1,4 до 1,74). Так как чувствительность фитопланктона, а также число видов-индикаторов среди альгофлоры выше, наиболее реально отражающими степень загрязнения водоема следует считать его индексы сапробности Пантле-Букка.

В целом наиболее высокие индексы характерны для летнего периода, а именно июля и августа. Значения индекса Пантле-Букка на протяжении всего периода исследований (Рис.57) и в целом (среднее значение достоверных показателей по фитопланктону – $2,1 \pm 0,025$, по зоопланктону – $1,5 \pm 0,03$) и не выходят за пределы β -мезосапробной зоны, что соответствует III классу качества вод и позволяет отнести их к категории умеренно загрязненных. Ошибка среднего арифметического индекса сапробности как для фитопланктона, так и для зоопланктона не превышает 5%, что является достаточным для биологических исследований.

Следует отметить, что индекс Пантле-Букка за последние два года по фитопланктону несколько повышается, по зоопланктону напротив - снижается (учитывались достоверные значения индекса).

Биомасса фитопланктона является мерой оценки уровня трофности, то есть органического загрязнения, водоема (Рис.58).

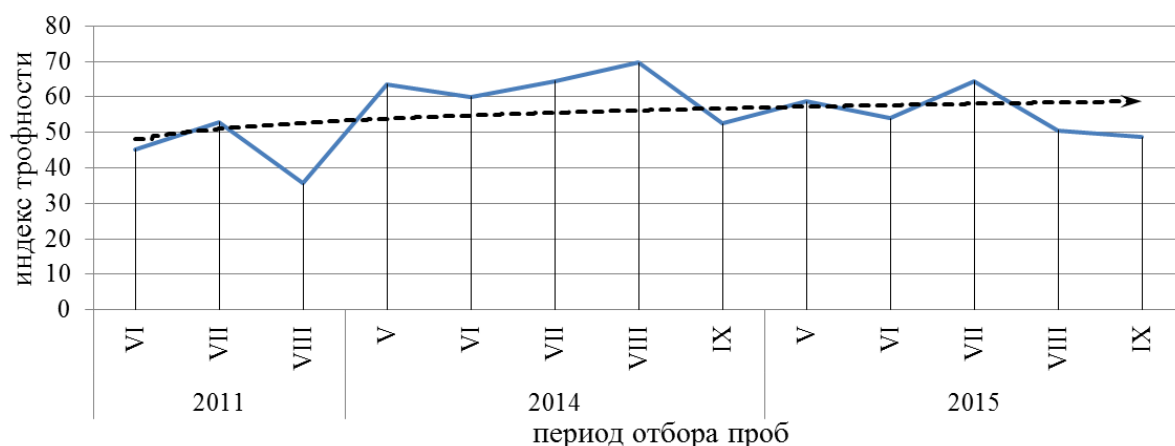


Рис. 58 - динамика индекса трофности Миллиуса

Период	2011			2014					2015				
Индекс	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
индекс трофности Миллиуса	45,215	52,882	35,699	63,523	60,02	64,443	69,675	52,542	58,731	53,945	64,433	50,504	48,617

Так как абсолютные показатели биомассы фитопланктона 2014 и 2015 гг. заметно выше, чем в 2011 году (Рис. 56), выше и индекс трофности вод: если в 2011 он соответствует уровню мезотрофных водоемов, то в 2014 и 2015 году – эвтрофных. Тем не менее, судя по линии тренда (штрих-пунктир Рис.58), за последние два года индекс трофности несколько снижается.

Коэффициент $Q_{B/T}$ также дает возможность вычисления трофности водоема по данным зоопланктона. Однако так как в 2014 году ни одного вида рода *Trichocerca* не было обнаружено, а в 2015 только в одной пробе были обнаружены представители и рода *Trichocerca* и *Brachionus* (Прил.5), $Q_{B/T}$ был вычислен только для состояния водоема на 2011 год и для одной пробы 2015 (станция 5, июль). Для вод станции №1 он равен 3, для №5 – 1. Следовательно, для верховий характерен более высокий уровень трофности. В среднем по водохранилищу коэффициент соответствует мезотрофному уровню ($Q_{B/T}=1,5$), что совпадает с данными по фитопланктону.

Элементы видовой структуры сообществ, прежде всего видовое богатство и видовое разнообразие, чутко реагируют на изменение условий их обитания и закономерно меняются в ходе сукцессии [117]. Одним из наиболее распространенных показателей простоты или сложности организации биотических сообществ, что в свою очередь является отражением чистоты экосистемы, является энтропийный индекс Шеннона, часто используемый экологами в целях биоценотического анализа.

Для удобства анализа значения индекса Шеннона (Прил.4, табл.4.3, 4.5 и прил.5, табл. 5.6 и 5.7), вычисленные для фито- и зоопланктона, представлены в виде диаграммы с соответствующими полиномиальными линиями тренда в виде штрих-пунктирных линий (Рис.59).

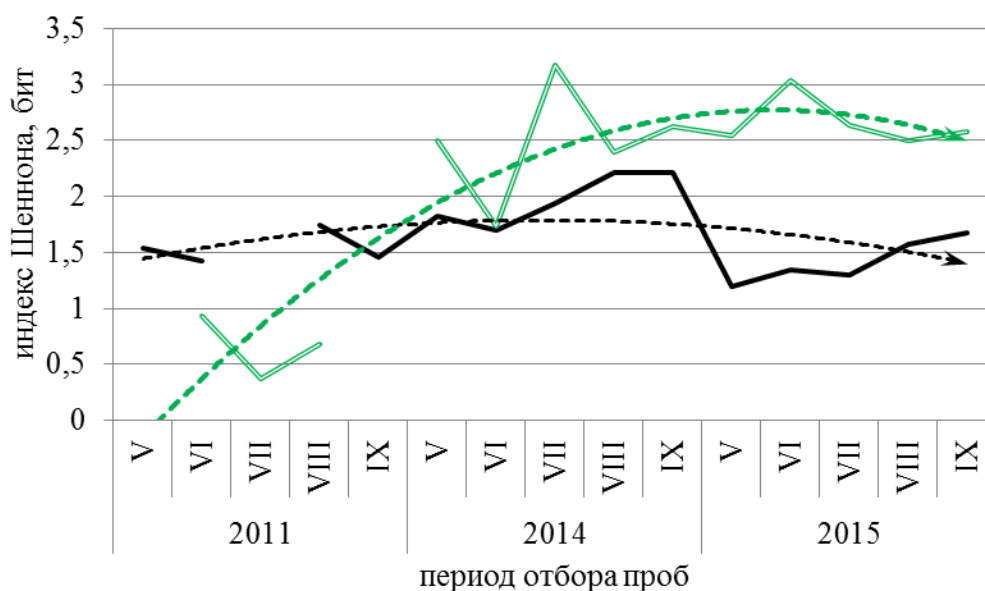


Рис. 59 – динамика индекса шеннона планктона Леновского водохранилища

Критерии \ Период отбора проб	2011					2014					2015				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
индекс Шеннона по фитопланктону*	–*	0,94	0,37	0,68	–*	2,5	1,74	3,17	2,4	2,62	2,54	3,03	2,64	2,5	2,58
индекс Шеннона по зоопланктону*	1,55	1,43	–*	1,74	1,46	1,82	1,7	1,94	2,21	2,21	1,2	1,35	1,3	1,57	1,67

Примечание. * Индекс не вычислялся, так как пробы не были отобраны.

Как для индексов по зоопланктону, так и фитопланктону в 2014 году зарегистрировано увеличение значений, причем для зоопланктона более плавное. В 2015 году видовое разнообразие фитопланктона сохраняется на прежнем уровне, тогда как зоопланктона несколько уменьшается. Следовательно, планктонные альго- и зооценозы в 2014 испытывают менее серьезный пресс внешних ингибирующих факторов природного или антропогенного характера. Снижение влияния уровня загрязнения в 2014 году может быть связано с интенсификацией процессов самоочищения водоема, инициированным вселением полисапробного вида зеленых водорослей *Chlorella vulgaris*. Снижение видового разнообразия в 2015 году происходит за счет уменьшения теплолюбивых видов в связи с пониженными температурами.

Учитывая диапазон информационного индекса как по фито-, так и по зоопланктону, его значения наиболее близки загрязненным и умеренно загрязненным водам, то есть водам III и IV класса качества.

4.5. Фитопланктон НТГП, его разнообразие, динамика.

В составе фитопланктона Нижнетагильского городского пруда за 2010-2015 гг. зарегистрировано 558 таксонов рангом ниже рода (523 вида, их подвида, вариации и формы), относящихся к десяти крупным таксонам (Прил. 4, табл.4.1), из которых Cyanoprokariota являются прокариотами, а остальные девять – отделами эукариотического царства растений.

Роль отделов в формировании видового состава альгоценоза Нижнетагильского водохранилища неравноценна. В целом преобладающими группами являются диатомовые и зеленые водоросли (Рис.60), что типично для водоемов умеренной зоны, для зоны смешанных лесов Западной Сибири [47].

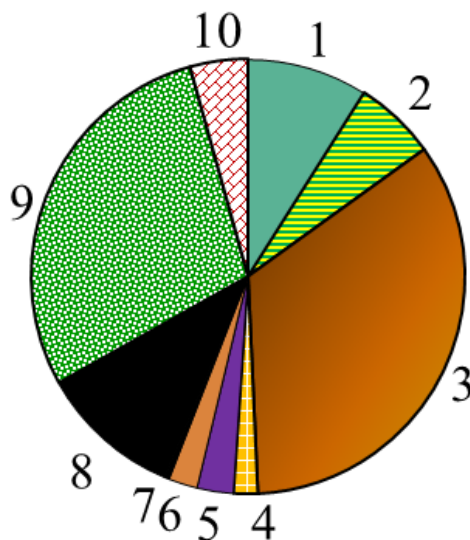


Рис.60 - соотношение отделов альгофлоры Нижнетагильского водохранилища по видовому разнообразию
Таблица значений и условных обозначений

№	Отдел \ Кол-во видов	Абс.	Доля, %
1.	Cyanoprokariota	50	8,96
2.	Chrysophyta	34	6,09
3.	Bacillariophyta	191	34,23
4.	Xanthophyta	10	1,8
5.	Cryptophyta	15	2,69
6.	Dinophyta	12	2,15
7.	Raphidophyta	2	0,36
8.	Euglenophyta	59	10,57
9.	Chlorophyta	161	28,85
10.	Streptophyta	24	4,3
Итого		558	100

Вторыми по видовому разнообразию являются цианобактерии и эвгленовые. Водоросли других отделов не играют заметной роли в структуре фитопланктона, они не создают высокой численности и представлены небольшим количеством видов.

В течение периода исследований вклад в видовое разнообразие отдельных крупных таксонов альгофлоры неравнозначен. По особенностям структуры относительного видового разнообразия можно выделить два типа структуры микроводорослей Нижнетагильского пруда. Первый характеризуется значительным господством диатомовых водорослей. Подобный тип наблюдался в первые два года исследований (Рис.61).

Второй тип характеризуется, во-первых, более равномерным распределением видов между крупными таксонами, во-вторых, большей представленностью крупных таксонов и, в-третьих, преобладанием зеленых и диатомовых водорослей. Данный тип демонстрирует структура 2012-2014 гг. Смена типов, возможно, является результатом стимулирующего действия микроводоросли хлореллы, эффект которого усиливается при многократном и длительном её вселении в водоём.

Следует отметить, что в последние четыре года увеличивается доля синезеленых водорослей, хотя абсолютное число видов остается на одном уровне. Отдел зеленых водорослей достигает максимума как по абсолютному числу видов, так и по вкладу в суммарное видовое разнообразие в 2013, после которого вновь испытывает некоторое снижение. Подобную тенденцию испытывают и эвгленовые, максимум видов, встреченных за год, приходится на 2012 год.

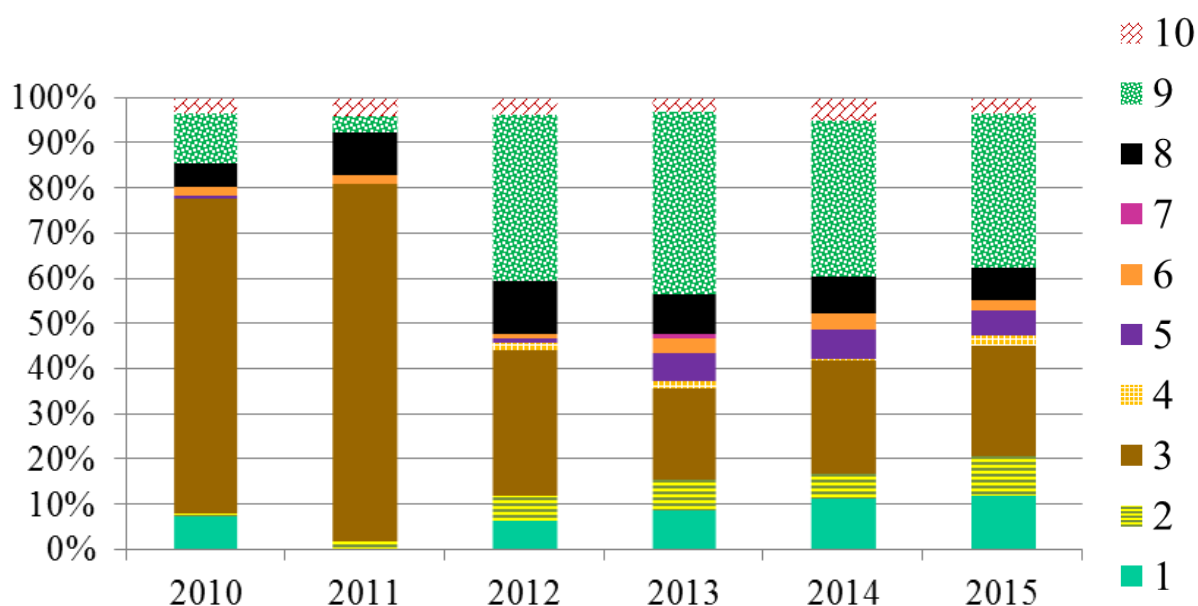


Рис. 61 - соотношение отделов фитопланктона Нижнетагильского водохранилища по числу внутривидовых таксонов.

Таблица значений и условных обозначений.

№ на рис.	Таксон	Число таксонов рангом ниже рода											
		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %
1	Cyanoprokariota	11	7,43	0	0	13	6,57	18	8,7	24	11,43	22	12,15
2	Chrysophyta	1	0,68	1	1,89	11	5,6	14	6,8	12	5,71	16	8,84
3	Bacillariophyta	103	69,59	42	79,25	64	32,3	42	20,4	52	24,76	44	24,31
4	Xanthophyta	0	0	0	0	3	1,5	3	1,5	1	0,48	4	2,21
5	Cryptophyta	1	0,68	0	0	2	1,01	13	6,3	14	6,67	10	5,52
6	Dinophyta	3	2,03	1	1,89	2	1,01	7	3,4	7	3,33	4	2,21
7	Raphidophyta	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
8	Euglenophyta	8	5,41	5	9,43	23	11,6	18	8,7	17	8,1	13	7,2
9	Chlorophyta	16	10,8	2	3,77	73	36,87	83	40,3	73	34,76	62	34,25
10	Streptophyta	5	3,38	2	3,77	7	3,54	6	2,9	10	4,76	6	3,31
Всего		148	100	53	100	198	100	206	100	210	100	181	100

Тем не менее качественный состав альгоценозов меняется. Исчезает

ряд видов, например, олиго-β-мезосапробные *Asterionella gracillima* (Hantzsch.) Heib., *Aulacoseira italica* (Kütz.) Sim., *Staurostrum gracilis* Ralfs., β-мезосапробные *Gomphonema acuminatum* Ehr., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh., α-мезосапробный *Navicula rhynchocephala* Kütz., эврисапробные *N. lanceolata* (Ag.) Kütz. var. *lanceolata*, *Stephanodiscus binderanus* (Kütz.) Krieg., которые встречались в 2010-2012, но не обнаруживаются в альгофлоре последних двух лет (Прил.4, табл. 4.1).

Впервые в 2013 году зарегистрировано 129 внутриродовых таксонов (в том числе 123 вида), в 2014 – 66 форм (в том числе 62 вида) водорослей, в 2015 году – 41 форма (в том числе 36 видов). То есть число впервые обнаруживаемых видов уменьшается, что вполне закономерно для длительных и систематических исследований, но все равно остается достаточно высоким. Высокие показатели доли новых видов мы связываем с тем, что в отличие от наземных сообществ, альгоценозы состоят из мелких организмов с высокой оборачиваемостью биомассы, отбор которых в основном регулируется так называемыми потерями (выедание, оседание, вынос клеток, их лизис), а соответственно, для них характерны явления резких «вспышек» и «спадов» плотности популяции. Чувствительность ежемесячных сборов для таких организмов относительно мала.

Большая часть впервые обнаруживаемых видов как в 2013, так и 2014 году являются β-мезотрофными видами. К ним относятся такие как *Kephyrion doliolum* Corn., *Surirella pulhella* (Ralfs) Kütz., *S. vauchariae* Kütz., *Phacus skuja* Skv., *Trachelomonas cylindrica* Ehr. sec. Playf. Большая часть новых для альгофлоры пруда, обнаруженных в 2015 году, видов являются олиго- и олиго-β-мезотрофными видами, например *Kephyrion poculum* (Conrad) Fott, *Cyclotella stelligera* Cl. et Grun., *Centritractus belonophorus* Lemm., *Scenedesmus acutus* Meyen. Кроме того, был обнаружен среди них вид *Diatoma hyemalis* (Roth.) Heib., предпочитающий очень чистые воды (Прил. 4, табл. 4.1).

В спектр пяти рангов ведущих родов альгофлоры Нижнетагильского водохранилища по видовому разнообразию вошли представители трех отделов: Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta (Табл. 63).

Таблица 63 – спектр ведущих родов.

Ранг	Название рода	Число видов, форм	Доля во флоре, %
1.	<i>Scenedesmus</i>	33	5,91
	<i>Navicula</i>	24	4,3
2.	<i>Nitzschia</i>	22	3,94
3.	<i>Euglena</i>	18	3,23
4.	<i>Trachelomonas</i>	19	3,41
5.	<i>Chlamydomonas</i>	16	2,87

Среди зеленых водорослей наиболее богатым в видовом отношении является род *Scenedesmus* (Табл. 63), среди диатомовых наибольшим числом видов представлены роды *Navicula* и *Nitzschia*, среди эвгленовых – роды *Trachelomonas* и *Euglena*. Ранговое положение родов практически соответствует вкладу отделов, к которым они относятся, в суммарное видовое разнообразие альгофлоры. Ведущее положение зеленых водорослей как на уровне отделов, так и в родовом спектре свидетельствует об относительно невысокой степени эвтрофикации. Это подчёркивает срединное положение в спектре таких родов эвгленовых как *Trachelomonas* и *Euglena*, ранговое положение которых прямо пропорционально отражает степень органического загрязнения.

Судя по линиям тренда числа видов и индекса Шеннона (Рис. 62), видовое разнообразие водорослей, регистрируемых одновременно, возрастает с 2010 по 2013 года, сохраняясь на достигнутом уровне в 2014 году и несколько снижаясь в 2015.

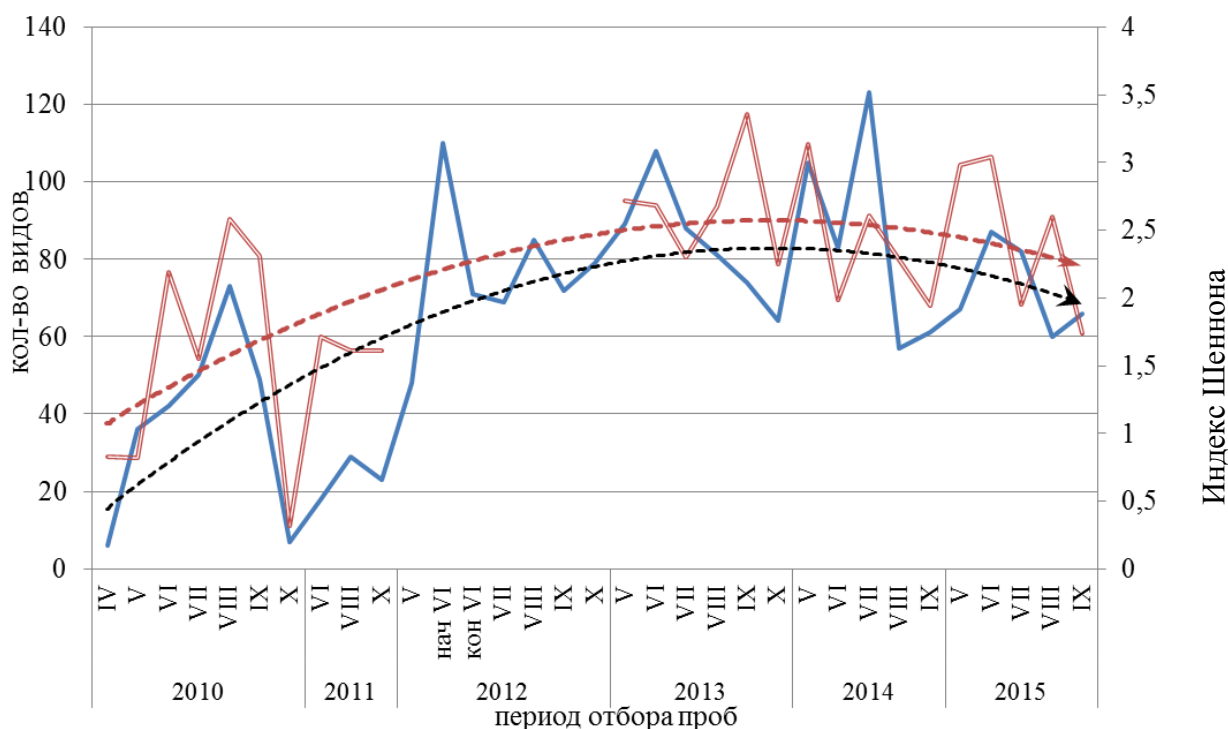


Рис. 62 – динамика видового разнообразия фитопланктона Нижнетагильского водохранилища

Таблица значений и условных обозначений

год	месяц	число видов	индекс Шеннона	год	месяц	число видов	индекс Шеннона
2010	IV	6	0,826	2013	V	89	2,717
	V	36	0,82		VI	108	2,686
	VI	42	2,193		VII	88	2,299
	VII	50	1,551		VIII	81	2,674
	VIII	73	2,579		IX	74	3,356
	IX	49	2,306		X	64	2,252
	X	7	0,321	2014	V	105	3,134
2011	VI	18	1,71		VI	83	1,985
	VIII	28	1,607		VII	123	2,607
	X	23	1,611		VIII	57	2,283
2012	V	48			IX	61	1,945
	начало VI	109		2015	V	67	2,985
	конец VI	69			VI	87	3,043
	VII	69			VII	82	1,952
	VIII	84			VIII	60	2,596
	IX	71			IX	66	1,741
	X	78					
				---> полиномиальная линия тренда динамики количества видов			
				---> полиномиальная линия тренда динамики индекса Шеннона			

Наибольшее число видов приходится в основном на пробы летнего периода: на начало лета (2012 и 2013 гг.), на конец лета (2010 и 2011 гг.). Динамика

числа видов фитопланктона в 2014 и 2015 гг. отличается наличием двух максимумов: первый пик зафиксирован для конца мая, второй для середины лета (Рис. 62), что, вероятно, является следствием влияния температуры: снижение температур в июле (Рис. 1) повлекло за собой снижение численности, а, соответственно, и вероятности обнаружения в пробе летних теплолюбивых видов. Также понижением значений температур в 2014 и 2015 году по сравнению с предыдущими годами можно объяснить стагнацию и даже некоторое снижение числа видов.

Наименьшее число видов зарегистрировано в 2011 году, что, возможно, является следствием аномально жаркого лета 2010 г, в течение которого большинство фоновых видов не смогло оставить для обычного возобновления достаточное количество спор (акинет, гетероцист и т.п.). Таким образом, вселение хлореллы в течение четырех лет не повлекло за собой уменьшение суммарного видового разнообразия аборигенных видов водорослей.

Однако для выявления роли отделов в альгоценозе, в определении биологических особенностей фитопланктона имеет значение не только число видов, но и их численность (Рис. 63). Три преобладающими крупными таксонами по численности являются цианобактерии, диатомовые и зеленые водоросли.

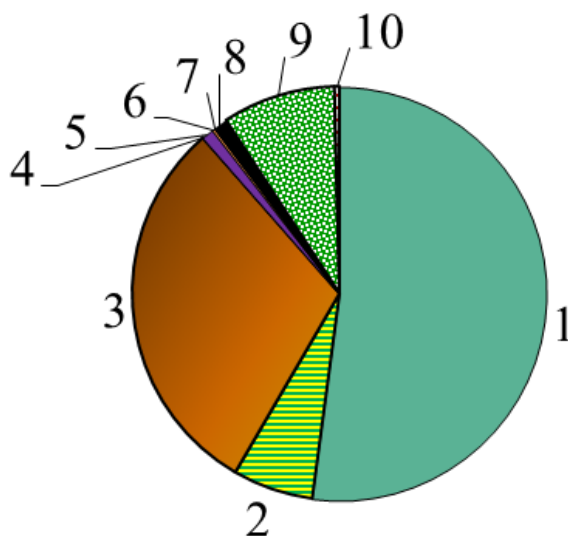


Рис. 63 - соотношение отделов фитопланктона Нижнетагильского водохранилища по относительному обилию.

Таблица значений и условных обозначений.

№	Обилие, тыс./м ³ Отдел	Абс.*	Доля, %
1.	Цианопрокариота	5784,23	52,11
2.	Хризифита	697,16	6,28
3.	Бацилларифита	3347,64	30,16
4.	Хантофита	2,66	0,02
5.	Криптофита	103,62	0,93
6.	Динофита	25,26	0,23
7.	Рафидифита	0,11	0
8.	Еугленифита	116,27	1,05
9.	Хлорофита	979,54	8,82
10.	Стрептофита	44,2	0,4
Итого		11100,69	100,00

Примечание. * использованы среднеарифметические данные численности микроводорослей за 1 мес.

На основе данных по видовому обилию микроводорослей (Прил.4. табл. 4.2, 4.4, 4.8, 4.10) построены диаграмма (Рис.64).

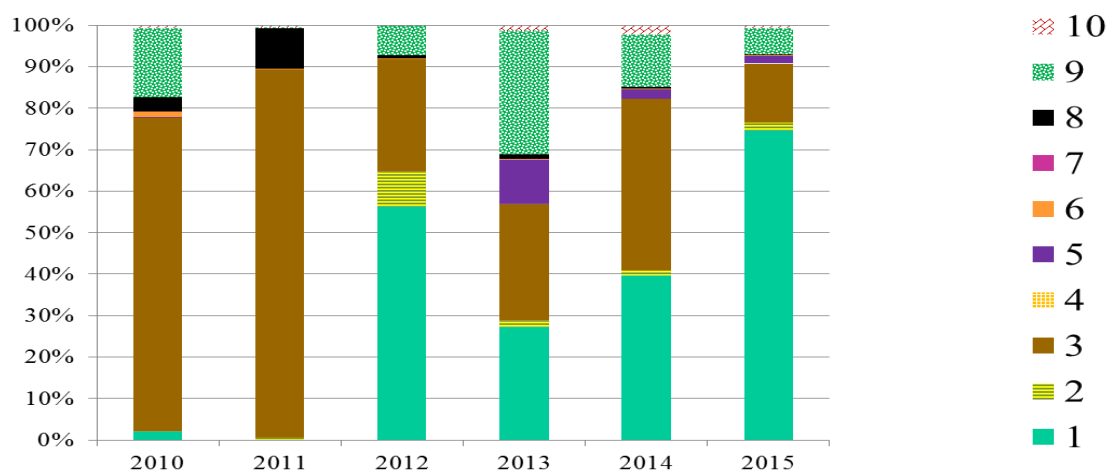


Рис. 64 - соотношение отделов фитопланктона Нижнетагильского водохранилища по относительному обилию.

Таблица значений и условных обозначений.

№ на рис.	Таксон	Обилие											
		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %
1	Cyanoprokariota	46,43	2,01	0	0	26542,27	56,4	923,08	27,22	2404,2	39,7	4789,4	74,79
2	Chrysophyta	0	0	0,52	7	3918,55	8,33	56	1,65	77,8	1,28	123,6	1,93
3	Bacillariophyta	1748,64	75,84	89,04	1198	12779,82	27,16	950	28,02	2504,2	41,35	905,2	14,14
4	Xanthophyta	0	0	0	0	7,09	0,02	1,67	0,05	1,6	0,03	5,6	0,09
5	Cryptophyta	4,29	0,19	0	0	2,36	0,01	360,67	10,64	140	2,31	114,4	1,79
6	Dinophyta	30,71	1,33	0,04	0,5	87,4	0,19	8,33	0,25	15,8	0,26	8,8	0,14
7	Raphidophyta	0	0	0	0	0	0	0,67	0,02	0	0	0	0
8	Euglenophyta	79,59	3,45	9,88	133	407,57	0,87	40,67	1,2	18	0,3	18,8	0,29
9	Chlorophyta	384,7	16,68	0,23	3,0(3)	3313,81	7,04	1009,5	29,77	761,6	12,58	404,6	6,32
10	Streptophyta	11,4	0,5	4	0,3	0	0	40	1,18	132,4	2,19	33,2	0,52
	Всего	2305,76	100,00	1345,53	100,00	47058,87	100,00	3390,59	100,00	6055,60	100,00	6403,6	100,00

Примечание. * приведены среднеарифметические данные обилия за 1 месяц каждого года.

Доля цианопрокариот, как и абсолютные значения обилия за последние три года значительно возрастает, но если максимум доли таксона зафиксирован в последний год исследований, то максимум абсолютных значений – на 2012 год.

Динамика относительных и абсолютных показателей остальных отделов микроводорослей отличаются. Например, вклад зеленых, криптофитовых, эвгленовых уменьшается. Тогда как абсолютные значения держатся приблизительно на одном уровне у зеленых водорослей, а у криптофитовых и эвгленовых испытывает значительные колебания. Вклад диатомовых за период исследования испытывал значительные колебания, максимум наблюдался в 2011 году, а минимум в последний год исследований, тогда как абсолютные значения почти все шесть лет исследования испытывают небольшие колебания, за исключением 2012 года.

Подобные резкие отличия могут быть вызваны тем, что время и число проб отбора, взятых в отдельный год, различно. К объективным факторам, вызывавших подобные изменения, могут быть отнесены температурные колебания, разные этапы самоочищения водоема.

По относительному обилию среди видов фитопланктона Нижнетагильского водохранилища было выделено шесть групп, из которых три с максимальными балльными характеристиками («5», «7» и «9») составили комплекс доминирующих видов (Табл. 64).

Таблица 64 - балльная характеристика видов доминирующего комплекса фитопланктона

Период отбора проб Таксон (вид, подвид, вариация)	2010							2011			2012**							2013						2014					2015				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	VI	VIII	X	V	VI	VI	VII	VIII	IX	X	V	VI	VII	VIII	IX	X	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
<i>Anabaena flos-aquae</i> Bréb.													1			1	1		1										1	-	5	-	-
<i>Aphanizomenon flos- aquae</i> (L.) Ralfs													5		5	7		1*	1*	1*	1*				2	9			3	-	7	-	1
<i>Geitlerinema amphibia</i> (Ag. ex Gom.) Anag.																										1*	5	3					
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.																	5	1*	3*	7	5	1*	3	5	2	3	7	3	5	2	7	3	2
<i>M. pulverea</i> (Wood) Forti emend. Elenk.																		3*	5					2									
<i>M. wesenbergii</i> Kom.																						3							-	-	-	-	9
<i>Limnothrix planctonica</i> (Wołosz.) Meffert												9							2*		1*		1*			1*		1*					
<i>Planktolynghia limnetica</i> (Lemm.) Komárková- Legnerová et Cronberg																		1	2				1						3	5	1	3	1
<i>Phormidium bijugatum</i> Kongiss.													3*	5																			
<i>Planktothrix agardii</i> Gomont														3*				1*	5				1*					1*					
<i>Pseudokephyrion schilleri</i> Conr.			3*	3*		7							3*	5	3*	3*										1*					1		
<i>Asterionella formosa</i> Hassall		1*				7	9										7	3*	1*	5	1*	1*	1*	1*		1*	1*	9	2	1	1	5	1
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehr.) Sim. f. <i>italica</i>		1*	5	3*	5	2*			5																								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	V	VI	VII	VIII	IX	
<i>A. muzzanensis</i> (Meist.) Krammer									7	5																								
<i>Cyclotella atomus</i> Hust.		1*	2*		2*	1*												1			1	1	1						5	1	-		1	1
<i>Fragilaria capucina</i> Desm. var. <i>capucina</i>			1*		1*				5	2*													1*		1*									
<i>F. construens</i> (Ehr.) Grun.							2*		3*	5												1*					1*							
<i>F. crotonensis</i> Kitt.		1*	1*	1*	1*	2*	1*	7		5	1*	2*		5	9						5	1*	1*			1*		2*						
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kütz.) Grun.																								5		1*								
<i>N. paleaceae</i> Grun.		1*		1*															1*				5	1*	1*			1						
<i>Synedra acus</i> Kütz. var. <i>acus</i>													5					1*	1*	1*	1*		1*	1*	1*	1*		1*	2	2	1	5	1	
<i>S. acus</i> var. <i>radians</i> (Kütz.) Hust.																		3*	7	2*	3*	1*	9	1*	9	5	3*	1*	1	7	2	2	1	
<i>S. tabulata</i> (Ag.) Kütz.		7	7	1*	7	1*				1*														5	1*	1*	1*	1*	3	-		1	5	1
<i>S. tenera</i> W.Sm.		1*		9		1*		7	3*																									
<i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kütz.) Krieg.								7		3*	1*																							
<i>S. hantzschii</i> Ehr.	1*	2	5	1*	5	2*					3*	2*				7	7	1*	1*	1*	1*		1*		1*	1*	1*	1*	1	1	1	1	1	1
<i>Trachemonas intermedia</i> Dang.										7								1*			1*	1*				1*	1*							
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.			1*	1*														7	1*	1*	2	1*	1*	1*	3*						1	1	1	
<i>Ch. sp.</i>	9	9			1*	1*				1*																								
<i>Gonatozygon kunahanii</i> (Arch.) Rabench.																		1*		1*					1*	1*	5							
<i>Chrysococcus biporus</i> Skuja.										7							3*																	

Примечание. * Данные приведены по факту наличия вида в пробе периода. ** Данные за 2012 в таблицу внесены на основе списка о численности видов (Прил. 4, табл. 4.7)

В разное время 30 видов из шести крупных таксонов микроводорослей преодолевали 10%-ный порог от суммарной численности фитопланктона в пробах одного месяца. Один вид – *Synedra acus* – представлен двумя доминирующими вариациями. Большинство видов комплекса (15 видов) являются представителями диатомовых водорослей. Небольшое число видов принадлежит цианобактериям (10 видов), зеленым (3 вида), золотистым (два вида) и эвгленовым водорослям (1 вид). По сапробной характеристике большинство видов являются β -мезосапробными и олиго- β -мезосапробными.

Судя по сумме частот доминирования, наибольшее число видов-доминантов характерно для фитопланктона июньского и августовского периодов (Табл.65).

Таблица 65 - динамика видов доминирующего комплекса

Динамика Таксон (вид, форма, вариация)	Частота доминирования							Средняя арифметическая сумма баллов относительного обилия						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Anabaena flos-aquae</i> Bréb.				1					0,2	0,3	1		0,2	0,3
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs			1	2	1	1			0,8	1,1	3,4	1	1,6	
<i>Geitlerinema amphibia</i> (Ag. ex Gom.) Anag.					1						0,2	0,8	0,6	
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.		2		2	2	1			2,2	1	3,4	2,5	1,2	2
<i>M. pulvereae</i> (Wood) Forti emend. Elenk.			1						1	0,7				
<i>M. wesenbergii</i> Kom.						1							2,4	
<i>Limnothrix planctonica</i> (Wołosz.) Meffert										1,6	0,2	0,2	0,2	0,3
<i>Planktolyngbia limnetica</i> (Lemm.) Komárková-Legnerová et Cronberg			1						0,8	1	0,2	0,5	0,2	0,3
<i>Phormidium bijugatum</i> Kongiss.*		1								0,4	1			
<i>Planktothrix agardii</i> Gomont			1						0,2	0,7	0,6		0,2	0,3

<i>Pseudokephyrion schilleri</i> Conr.			1			1				0,9	2	0,5	2	
<i>Chrysococcus biporus</i> Skuja.		1							1,4					0,8
<i>Asterionella formosa</i> Hassall				1	1	3	1		1,4	0,3	1,4	1,2	3,6	4,3
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehr.) Sim. f. <i>italica</i>			1		2				0,2	0,7	0,6	1,7	0,4	
<i>A. muzzanensis</i> (Meist.) Krammer					1		1					1,2		1,3
<i>Cyclotella atomus</i> Hüst.		1							1,4	0,4		0,7	0,6	0,3
<i>Fragilaria capucina</i> Desm. var. <i>capucina</i>					1				0,2	0,1	0,2	1		0,5
<i>F. construens</i> (Ehr.) Grun.							1					0,5	0,4	1,8
<i>F. crotonensis</i> Kitt.			2	1	1		1		0,4	1,4	1,4	2,5	1	1,8
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kütz.) Grun.		1							1		0,2			
<i>N. paleaceae</i> Grun. (<i>N. holsatica</i> Hust.)		1							1,4	0,1	0,6			
<i>Synedra acus</i> Kütz.			1	1					0,8	1,3	0,6	1	0,4	0,3
<i>Synedra acus</i> var. <i>radians</i> (Kütz.) Hust.			3	1			1		1	3,3	1,8	1,3	0,6	2,3
<i>S. tabulata</i> (Ag.) Kütz.		2	1		2				3	1,1	0,6	2,2	0,6	0,3
<i>S. tenera</i> W.Sm.			1	1					0,2	1	1,8	0,5	0,2	
<i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kütz.) Krieg.			1						0,2	1				0,8
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Ehr.			1		2	1		1	1,4	1,4	0,8	1,3	2,2	2
<i>Trachemonas intermedia</i> Dang.							1		0,2		0,2	0,3	0,2	1,8
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.		1							1,6	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
<i>Chlorella</i> sp.	1	1						9	1,8			0,2	0,2	0,3
<i>Gonatozygon kunahanii</i> (Arch.) Rabench.					1				0,2	0,1	0,4	0,8		
Сумма	1	11	16	8	16	8	6	10	22,8	20,3	22,2	22,4	19,2	21,8

Условные обозначения

Летне-осенние виды	Виды с двумя пиками численности	Весенне-летние виды
Виды с продолжительной активностью	Летние виды	Осенние виды

Некоторое уменьшение числа массовых видов в мае и сентябре, скорее всего, обусловлено более низкими температурами, а, соответственно, и замедлением физиологических процессов микроводорослей, в том числе роста и размножения. В июле сложнее достичь порога относительного доминирования, так как и общее число видов фитопланктона, и общая численность значительные (Рис. 64). Кроме того, высокие температуры также могут оказывать некоторое негативное влияние, как пониженные. В октябре высокое число доминантов идет за счет эвритермных видов, которым относительного легче преодолеть 10%-ный порог относительного обилия на фоне общего снижения видового разнообразия и численности.

По характеру сезонной приуроченности среди видов доминантного комплекса было выделено шесть групп (Табл. 66). По три-четыре вида относятся к группам видов с относительно узким периодом сезонной активности (весенне-летним, летне-осенним) и видов, с двумя пиками возрастания численности. Летних и осенних видов насчитывается всего по одному. Большинство (18 видов и форм или 58,1%) доминантных видов обнаруживаются в пробах в течение всего или почти всего вегетационного сезона, но не смотря на свою эврибионтность, некоторые из них обнаруживают предпочтения либо к определенному периоду: весеннему (например, *Chlorella vulgaris*), летнему (*Fragilaria capucina* var. *capucina*, *Aulacoseira italica* f. *italica* *Synesra tenera*, *Limnithrix planctonica*), осеннему (*Trachemonas intermedia*), либо обладает двумя максимумами численности (*Stephanodiscus hantzschii*, *F. crotonensis*, *Synedra tabulata*).

Суммарная численность фитопланктона за последние пять лет испытывает значительные колебания (Рис. 65).

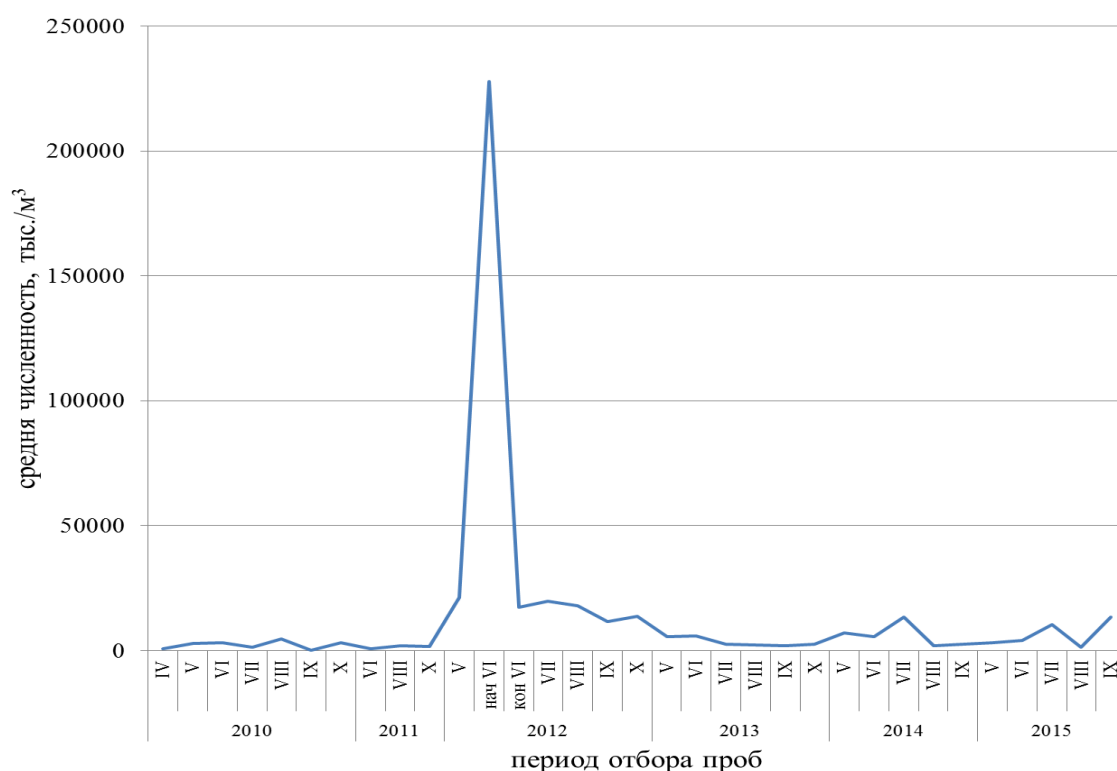


Рис. 65 - динамика среднего суммарного обилия фитопланктона Нижнетагильского городского пруда

Таблица значений и условных обозначений

Месяц год	апрель	май	ИЮНЬ		ИЮЛЬ	август	сентябрь	октябрь
2010	791	2811	3208		1409	4732,5	155,8	3033
2011			782			1770		1485
2012		21310,2	227958	17391,6	19718	17785	11660	13590
2013		5594	5903		2476	2057	1858	2456
2014		6982	5453		13480	1903	2460	
2015		2956	4082		10242	1392	13346	

Значения обилия альгофлоры пяти лет исследований – 2010, 2011, 2013, 2014 и 2015 годов – близки друг другу и колеблются около $4597,3 \pm 699,4$ тыс. кл./л. Заметно превышают их значения 2012 года (Рис. 65), среднеарифметическое обилие фитопланктона которого на порядок выше и составило $47058,86 \pm 30176,23$ тыс.кл./л. Низкая точность ошибки среднего арифметического (около 64,1%) ещё раз доказывает наличие большого разброса значений обилия фитопланктона в этом году. В 2012 году увеличивается численность практически всех отделов водорослей кроме криптофитовых и рафидофитовых. Ядро же обилия составляют диатомовые и

цианеи. Максимальное развитие диатомовых водорослей обычно отмечается при относительно низких температурах (16–18°C) и при наличии в воде железа в количестве не менее 0.1 мг/л [128; 155]. В исследованный период, когда температура воды достигала уже 22–24°C, высокие показатели обилия диатомей, вероятно, связаны с достаточным содержанием соединений железа, средняя концентрация которого составила 0.92 мг/л, а максимальная — 8.65 мг/л (Прил.). Кроме того данные гидрохимии подтверждает и тот факт, что преимущественно диатомеи развиваются в воде, богатой нитратами, фосфатами и силикатами [160].

Следует отметить, что суммарная численность водорослей в 2013 году была невысокой и возрастание численности приходилось на весну и осень, тогда как максимум численности в последние два года (2014-2015) наблюдался в летний период (Рис. 65).

Для оценки биологической значимости фитопланктона в гидробиологии стандартным является использование такого показателя как биомасса. На основе индивидуальных значений этого показателя (Прил.4, табл. 4.4, 4.9, 4.11) составлены диаграммы соотношения основных отделов в различные периоды (Рис. 66).

В среднем за последние пять лет более $\frac{3}{4}$ биомассы занимали представители одного отдела – диатомовых. Вклады в общую биомассу остальных отделов менее значительны. Вторым по величине биомассы является отдел зеленых водорослей. Около 5% биомассы воспроизводят виды эвгленовых, стрептофитовых, золотистых и синезеленых водорослей.

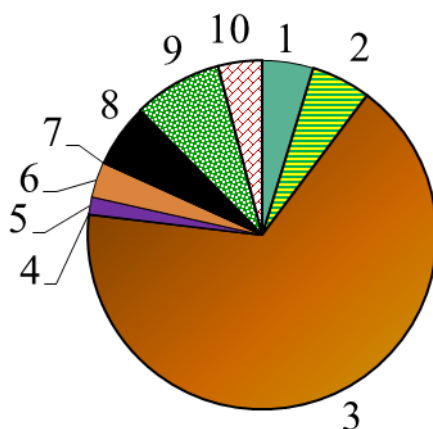


Рис. 66. - структура биомассы фитопланктона НТПП

№	Биомасса, г/м ³ Отдел	Абс.*	Доля, %
11.	Сyanoprokariota	0,3473	4,7
12.	Chrysophyta	0,406	5,52
13.	Bacillariophyta	4,8958	66,62
14.	Xanthophyta	0,0028	0,04
15.	Cryptophyta	0,1173	1,6
16.	Dinophyta	0,2393	3,26
17.	Raphidophyta	0,0022	0,03
18.	Euglenophyta	0,4303	5,86
19.	Chlorophyta	0,6078	8,27
20.	Streptophyta	0,3	4,1
Итого		7,3488	100,00

Примечание. * использованы среднеарифметические данные численности микроводорослей за 1 мес. с 2011-2015 гг.

Структуры отделов альгофлоры по биомассе разных лет исследований значительно отличаются (Рис. 67). За пять лет исследований доля цианей в суммарной биомассе увеличивается от нуля до 41,52%, тенденция возрастания для абсолютных показателей биомассы таксона верна для последних трех лет. Доля большинства остальных отделов: зеленых, диатомовых, криптофитовых сильно варьирует. Максимум для зеленых наблюдался в 2013 году, на протяжении последних трех лет отдел снижает свою биомассу. Вклад эвгленовых первые четыре года исследований уменьшался, с 2015 года зафиксировано некоторое увеличение. Относительная биомасса динофитовых из года в год постоянна в пределах от 3 до 5% от суммарной биомассы.

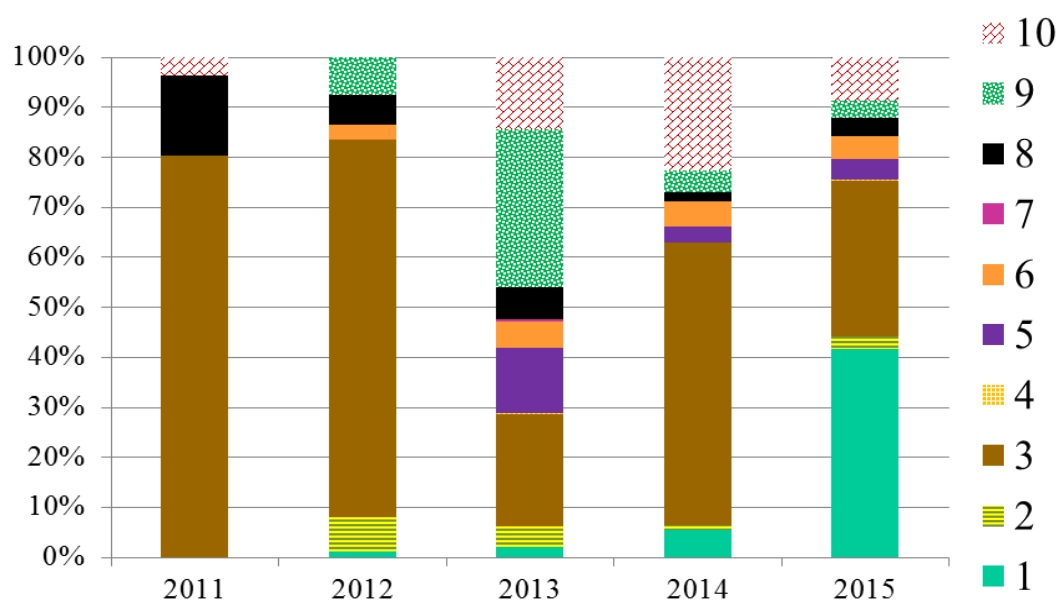


Рис. 67 - соотношение отделов фитопланктона Нижнетагильского водохранилища по биомассе различных лет исследования.

Таблица значений и условных обозначений.

№ на рис.	Таксон	Биомасса, г/м ³									
		2011		2012		2013		2014		2015	
		Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %	Абс.*	Доля, %
1	Цyanoprokariota	0	0	0,2869	1,09	0,0511	2,02	0,203	5,53	1,1953	41,52
2	Chrysophyta	0,0032	0,22	1,8193	6,94	0,1028	4,05	0,0318	0,87	0,0727	2,53
3	Bacillariophyta	1,1654	80,06	19,7736	75,46	0,5717	22,55	2,072	56,46	0,8963	31,1
4	Xanthophyta	0	0	0,0007	0	0,0059	0,23	0,001	0,03	0,0065	0,23
5	Cryptophyta	0	0	0,0088	0,03	0,3323	13,11	0,1227	3,34	0,1227	4,26

6	Dinophyta	0,0006	0,04	0,7556	2,9	0,1293	5,1	0,1827	4,98	0,1283	4,5
7	Raphidophyta	0	0	0	0	0,0108	0,43	0	0	0	0
8	Euglenophyta	0,2339	16,07	1,5807	6,03	0,1661	6,55	0,0616	1,68	0,1094	3,8
9	Chlorophyta	0,0003	0,02	1,9786	7,55	0,7986	31,5	0,162	4,41	0,0996	3,46
10	Streptophyta	0,0522	3,59		0	0,3667	14,46	0,8328	22,7	0,2481	8,6
Всего		1,4556	100,00	26,2042	100,00	2,5353	100,00	3,6696	100,00	2,8789	100,00

Примечание * данные 2010 года не использованы, так среди сведений, предоставленных ООО «Экогеосистема», отсутствуют значения индивидуальной биомассы видов фитопланктона.

Показатели биомассы водорослей 2012 года, как и численности, на порядок превышают подобные показатели остальных годов периода исследований и соответствуют показателям интенсивного цветения, причем на протяжении всего вегетационного сезона (Рис. 68).

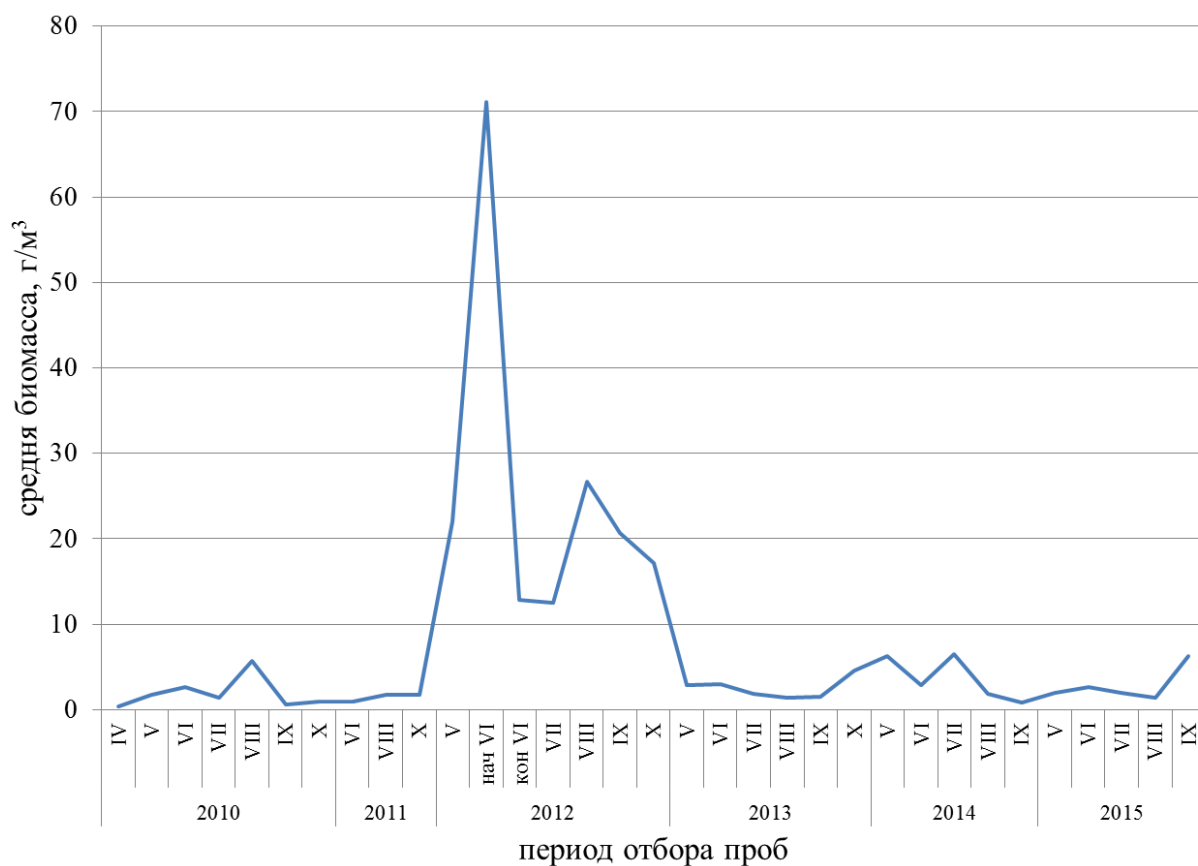


Рис. 68 – динамика биомассы фитопланктона

Таблица значений и условных обозначений

Год	Месяц	Биомасса	Год	Месяц	Биомасса
2010	IV	0,3546	2013	V	2,40294
	V	1,7223		VI	2,68589
	VI	2,6141		VII	1,37462
	VII	1,4505		VIII	1,08974
	VIII	5,7391		IX	1,40889
	IX	0,6266		X	2,7542
	X	0,8908	2014	V	6,23653
2011	VI	0,9596		VI	2,87911
	VIII	1,689		VII	6,51449
	X	1,7179		VIII	1,90235
2012	V	22,5443		IX	0,81605
	начало VI	71,0562	2015	V	1,967936
	конец VI	12,8431		VI	2,667852
	VII	12,515		VII	2,005495
	VIII	26,6481		VIII	1,433466
	IX	20,6187		IX	6,319605
	X	17,2045			

В остальные года развитие фитопланктона в летний период находится в пределах умеренного цветения, а весенние и осенние – слабого.

Следует отметить, что практически во все года исследования в динамике биомассы ежегодно фиксировалось два пика возрастания. Однако сроки их варьируют. Например, в 2010 и в 2012 году наблюдалось два летних пика, в 2013 году биомасса возрастала в межсезонье, в последние два года массовое размножение наблюдалось один раз летом (июль), а второй пик приходился на май или сентябрь.

Значительная доля (от 2-85%, в среднем 59,08%) от суммарной биомассы приходится на диатомовые водоросли (Рис.67). На синезеленые водоросли приходится весьма незначительная доля биомассы (от 0 до 6,9%, в среднем 2,28% от суммарной биомассы). Так как среди диатомовых токсичных видов не обнаружено, а биомасса цианобактерий незначительная, то загрязнение опасными метаболитами водорослей Нижнетагильского водохранилища было невысоким.

Высокие показатели биомассы диатомовых в 2012 году обусловлены в основном высокой численностью небольшого количества видов: алкалофильного α -мезосапробного *Stephanodiscus hantzschii* Grun. In Cl. Et Grun., индифферентного β -мезосапробного *Aulacoseira granulata* Sim. f. *granulata* и индифферентного олиго- β -мезосапробного *Fragilaria crotonensis* Kitt., массовое размножение которых наблюдалось в верховьях водохранилища (точка отбора №4) в течение нескольких месяцев. В отдельные периоды в создании основы биомассы диатомовых значительную роль играли виды предпочитающие щелочную реакцию и умеренное загрязнение (β -мезосапробные водоемы) *Melosira varians* Ag. (май), *Synedra ulna* (Nitzsch.) Her. var. *ulna*, *S. acus* Kütz. и *Nitzschia fruticosa* Hust. (= *S. actinastroides* Lemm.) (июнь) (Прил. 4, табл. 4.2.). Биомасса диатомовых 2012 года в низовьях изучаемого водоема по абсолютным показателям аналогична средней биомассе отдела в 2013 году.

Среди зеленых водорослей наибольший вклад в суммарную биомассу отдела в 2012 году вносит ацидофильный олиго- β -мезосапротрофный вид как

Staurastrum gracile Ralfs, многочисленный с июля по сентябрь в основном в низовьях водохранилища (точка отбора №1) (Прил. 4, табл. 4.2.).

Показатели биомассы ведущих отделов альгофлоры 2013 г. формируются за счет большого числа малочисленных видов, среди которых наибольшие показатели биомассы зарегистрированы для таких видов *Staurastrum chaetoceros* (Schrod.) G.M. Smith, *Chlamydomonas monadina* Stein, *C. globosa* Snow, *C. incerta* Pasch., *Chlorella vulgaris* Beij., *Gloeomonas mucosa* (Korsch.) Ettl, *Oocystis borgii* Snow, *Scenedesmus falcatus* Chod., *Closterium acutum* (Lyngb.) Bréb. var. *linea* (Perty) W. et G. West. (Chlorophyta), *Trachelomonas hispida* (Perty) emend. Defl., *T. intermedia* Dang., *T. oblonga* Lemm., *T. volvocina* Ehr. (Euglenophyta), *Actinocyclus variabilis* (Makar.) Makar., *Asterionella formosa* Hassall, *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Stephanodiscus hantzschii* Ehr., *S. acus* var. *radians* (Kütz.) Hust. (Bacillariophyta).

В 2014 году наибольший вклад в суммарную биомассу вносят такие виды как *Staurastrum chaetoceros* (Schrod.), *Actinocyclus variabilis* (Makar.) Makar., *Gonatozygon kunahanii* (Arch.) Rabench. (Chlorophyta), G.M. Smith, *Fragaria capucina* var. *lanceolata* Grun., *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *S. acus* var. *radians* (Kütz.) Hust., *S. rumpens* Kütz. (Bacillariophyta) (Chlorophyta), *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs (Cyanoprokariota) (Прил.4, табл. 4.).

В 2015 году наиболее значительными в формировании биомассы являются *Synedra acus* Kütz. var. *acus*, *S. tabulata* (Ag.) Kütz., *Staurastrum chaetoceros* (Schrod.) G.M. Smith, *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *M. wesenbergii* Kom.

Среди водорослей к концу шестилетней биологической реабилитации водохранилища возрастает число видов, чувствительных к мутности воды. Например, появляются такие виды как *Anabaena affinis* Lemm., *A. flos-aquae* Bréb., *A. planctonica* Brunnth. (*A. scheremetievi* Elenk.), *A. sigmoidea* Nyg., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *M. pulvereae* (Wood) Forti emend. Elenk., *M. wesenbergii* Kom., что возможно, объясняется снижением показателей по

параметру «взвешенные вещества» (Прил.3). Гидрохимические данные по параметру прозрачности воды подтверждает увеличение доли бентосных и планктонно-бентосных видов фитопланктона, начиная уже с 2011 года.

Таким образом, по большинству показателей (видовое разнообразие, обилие и биомасса) в Нижнетагильском городском пруду преобладают диатомовые, зеленые и цианобактерии, что характерно для водоемов умеренной зоны. Наиболее резкие колебания испытывает численность фитопланктона, что закономерно для мелких организмов. Число видов неуклонно возрастает. Таким образом, вселение *Chlorella vulgaris* не нарушает исторически сложившуюся в водоеме экосистему.

4.6. Зоопланктон НТГП, его разнообразие, динамика

За период с 2010 по 2015 гг. в составе зоопланктона Нижнетагильского водохранилища зарегистрировано 170 таксонов рангом ниже рода (видов, подвидов и форм), относящихся к шести крупным группам: подцарству Простейшие (Protozoa), типу Коловратки (Rotifera), классу Насекомые (Insecta, Arthropoda), классу паукообразные (Arachnida, Arthropoda) и двум группам класса Ракообразные (Crustacea, Arthropoda): подотряду Ветвистоусые (Cladocera) и отряду Веслоногие (Copepoda) (Прил.5, табл.5.1.). Роль в видовом разнообразии данных групп неравноценна (Рис. 69).

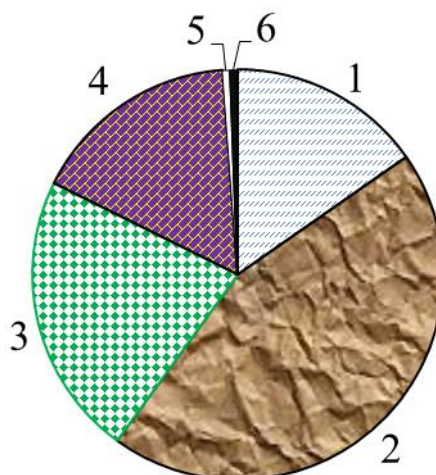


Рис. 69 – обобщенное соотношение основных таксонов зоопланктона по видовому разнообразию за 2010-2015 гг.

Таблица значений и условных обозначений

№	Отдел	Кол-во видов	Абс.	Доля, %
1.	Простейшие (Protozoa)		26	15,29
2.	Коловратки (Rotifera)		76	44,71
3.	Ветвистоусые раки (Cladocera)		38	22,35
4.	Веслоногие раки (Copepoda)		28	16,47
5.	Насекомые (Insecta)		1	0,59
6.	Паукообразные (Arachnida)		1	0,59
Итого			170	100,00

Наибольшим разнообразием отличаются коловратки. Виды ветвистоусых занимают около пятой части от общего видового разнообразия. Несколько меньшие и сходные по величине имеют доли простейших и веслоногих

рачков. Наименьшим разнообразием характеризуются такие группы членистоногих как насекомые и паукообразные.

В течение шести лет исследования вклады основных групп зоопланктона в суммарное видовое разнообразие незначительно, по сравнению с результатами исследований фитопланктона, колебались (Рис. 70).

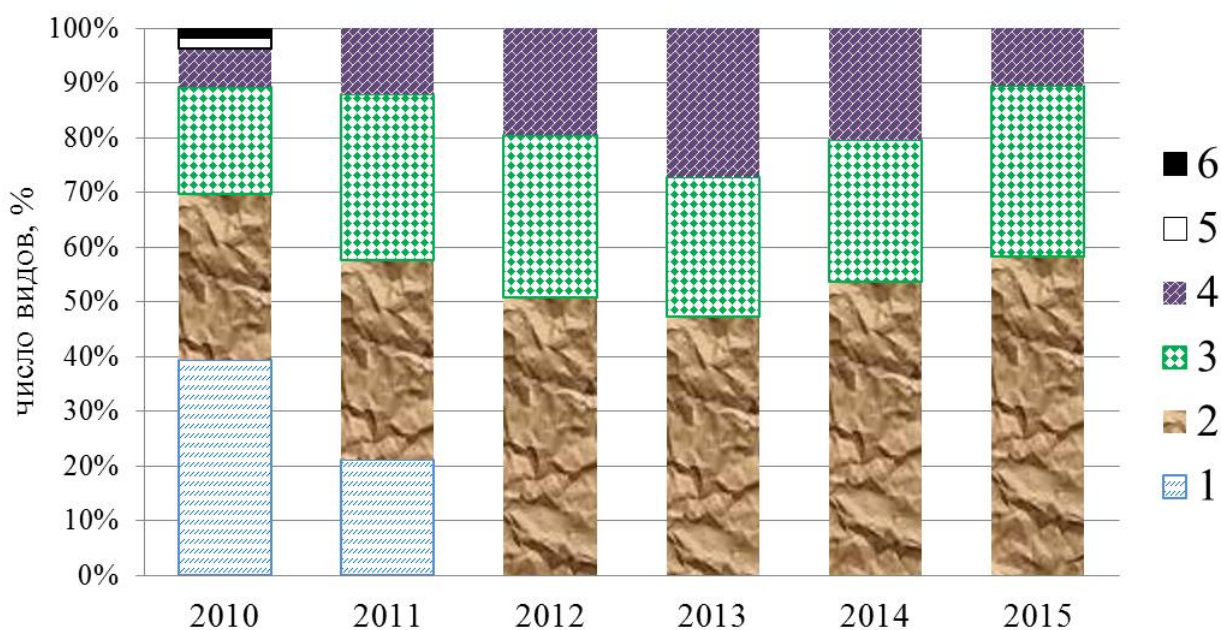


Рис. 70 – соотношение основных таксонов зоопланктона Нижнетагильского водохранилища по видовому разнообразию в отдельные годы.

№ на рис.	Таксон	Число таксонов рангом ниже рода											
		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %	Абс.	Доля, %
1	Protozoa	22	39,3	7	21,2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Rotifera	17	30,4	12	36,4	34	50,75	26	47,(27)	29	53,7	28	58,33
3	Cladocera	11	19,6	10	30,3	20	29,85	14	25,(45)	14	25,93	15	31,25
4	Copepoda	4	7,1	4	12,1	13	19,4	15	27,(27)	11	20,37	5	10,42
5	Insecta	1	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Arachnida	1	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого		56	100,0	33	100,0	67	100,0	55	100,0	54	100,0	48	100,0

Ведущее место в видовом разнообразии в фауне планктона практически всех лет исследования, за исключением 2010, (Рис. 70)

принадлежит коловраткам. Причем их доля в видовом составе четырех последних лет выше среднего за период исследований. Группы ракообразных включают приблизительно сходное количество видов. Если небольшое преимущество по видовому разнообразию принадлежит ветвистоустым, то в 2013 году соотношение меняется, то есть веслоногие несколько преобладают на ветвистоусыми.

Количество впервые обнаруживаемых видов в 2014 году равно 16, в 2015 – 13 видов, то есть снижается, что является закономерным для длительных исследований. Большинство из них относится к коловраткам. Все они являются спорадическими по численности и встречались в одной-двух пробах. Наиболее часто в течение вегетационного сезона 2015 года встречался такой вид как *Anuraeopsis fissa* Gosse. (Прил.5).

Простейшие фиксировались в пробах только в первые два года исследований. Их исчезновение может быть объяснено двумя причинами: либо отсутствием нужной квалификации (протозоолог) специалистов команды РосНИИВХ, либо результатом разрушения простейших в результате фиксации и транспортировки на значительно большее расстояние в 2013-2014 гг., чем в 2012 год.

Видовое разнообразие зоопланктона в течение вегетационных сезонов 2010-2015 гг. имеет характерные для континентальных водоемов два максимума, при этом первый, весенний максимум, значительно уступает летне-осеннему (Рис.71).

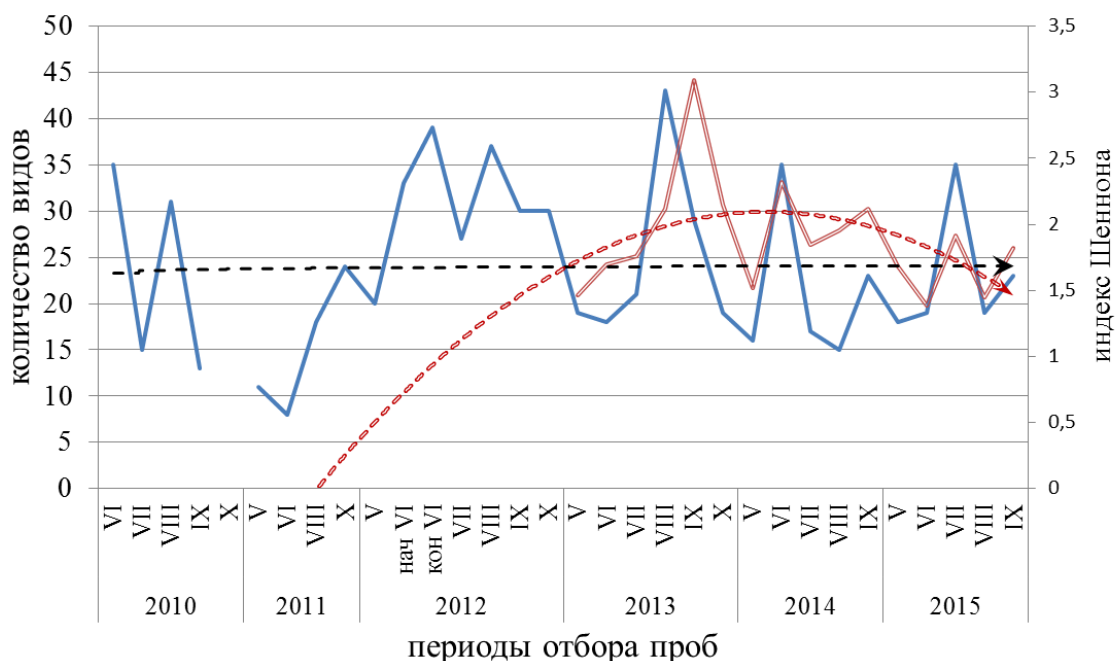


Рис. 71 - динамика видового разнообразия зоопланктона Нижнетагильского водохранилища

Таблица значений и условных обозначений

год	месяц	 число видов	 индекс Шеннона*	год	месяц	 число видов	 индекс Шеннона
2010	VI	35		2013	V	19	1,464
	VII	15			VI	18	1,696
	VIII	31			VII	21	1,761
	IX	13			VIII	43	2,116
	X	11			IX	29	3,095
2011	VI	8			X	19	2,149
	VIII	18		2014	V	16	1,516
	X	24			VI	35	2,317
2012	V	20			VII	17	1,848
	начало VI	33			VIII	15	1,955
	конец VI	39		IX	23	2,12	
	VII	27		2015	V	18	1,683
	VIII	37			VI	19	1,388
	IX	30			VII	35	1,918
	X	30			VIII	19	1,448
			IX		23	1,822	
 полиномиальная линия тренда динамики количества видов							
 степенная линия тренда динамики индекса Шеннона							

Примечание. * Данные, предоставленные ООО «Экогеосистема», неполные, поэтому недостаточные для вычисления индекса.

Сохранение высокого разнообразия в сентябре, по-видимому, связано с высокими летними температурами в последние два года (Рис.1). Фактически,

в конце сентября наряду с развивающейся осенней в водохранилище еще сохраняется летняя фауна.

Судя по линии тренда (Рис.71), суммарное число видов зоопланктона, обнаруживаемых за один период, в течение 2010-2015 гг. возрастает. Наименьшее разнообразие характерно для фауны зоопланктеров 2011 года, что может быть следствием воздействия аномально высоких температур предыдущего года, из-за которых на следующий год развилась фауна наиболее выносливых к перегреву и недостатку кислорода видов. Наибольшее число видов зафиксировано для зоопланктона 2013 года. Уменьшение числа видов в пробах 2014 года может быть связано с меньшими, чем в предыдущие четыре года, температурами (Рис.71).

Более информативным в отношении видового богатства является индекс неопределенности Шеннона. Так как данные, предоставленные сотрудниками ООО «Экогеосистема» в ООО НПО «Альгобиотехнология» по зоопланктону в 2010-2012 гг., к сожалению, неполные, индекс вычислен только по данным последних трех лет (Прил. 5). Для удобства анализа варьирования видового богатства, динамика индекса Шеннона представлена в виде диаграммы (Рис. 71).

Результаты вычисления индексов Шеннона отличаются характером их динамики. Наибольшие его показатели для зоопланктона в 2013 году зафиксированы в сентябре, что связано с сосуществованием летней и осенней фауны при отсутствии массовых видов, обычных для летней фауны. Для 2014 года характерны две точки экстремума: летний, приходящийся на июнь, и осенний, сентябрьский. В 2015 году их три: весенний (май), летний (июль) и осенний (сентябрь). Летние пики обусловлены выходом большого числа летних видов, подавляющее большинство которых не успевает к этому моменту достичь массовой численности. В межсезонье (май и сентябрь) максимумы индекса видового разнообразия обусловлены незначительной численностью летних фоновых видов из-за сезонного снижения температур. Наименьшие показатели разнообразия в 2014 и 2013 гг. зарегистрированы

для проб, отобранных в мае, что связано с невысоким общим числом видов и высоким относительным обилием личиночных стадий (copepodit и nauplii) Cyclopoida, получивших по шестибальной шкале максимальные баллы «7» и «9». Следует отметить, что в августе 2013 года, когда было отмечено наибольшее число видов (Рис. 71), показатели индекса Шеннона средние, что связано с тем, что многие виды к августу успели достичь средней относительной численности, которая оценена была для вида *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850 пятью баллами, а для 15 видов, например, *Brachionus angularis* Gosse, 1851, *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785), *B. coregoni* Baird, 1857, *B. longispina* Leydig, 1860, тремя баллами.

Так как данные за 2010 и 2011 года содержат лишь указание на наличие или отсутствие вида в пробе, выявить соотношение основных таксонов по их численности является возможным только за последние четыре года (Рис.72).

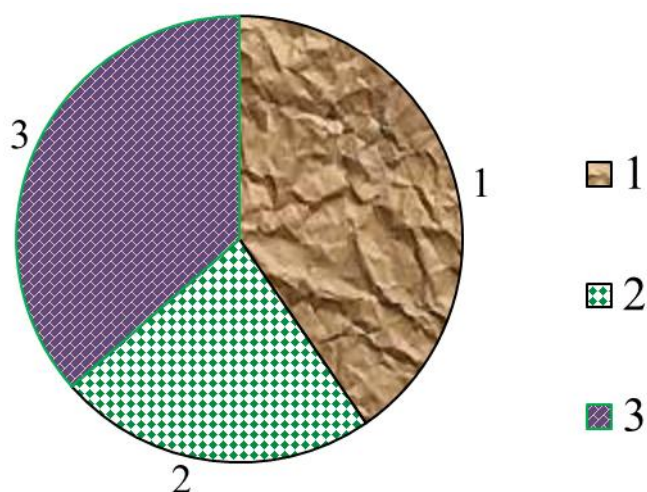


Рис. 72– обобщенное соотношение основных таксонов зоопланктона

Нижнетагильского водохранилища по обилию за 2012-2015 гг.

Таблица значений и условных обозначений

№	Обилие, экз./м ³	Абс.*	Доля, %
Отдел			
1.	Коловратки (Rotifera)	32491,04	40,42
2.	Ветвистоусые раки (Cladocera)	18579,07	23,11
3.	Веслоногие раки (Copepoda)	29317,44	36,47
Итого		80387,55	100

Преобладающей группой по обилию, как и по численности, являются коловратки. Несколько им уступают ветвистоусые, предпочитающие мезотрофные водоемы. Наименьшим обилием в среднем обладали за период исследования веслоногие водоемы, виды которых предпочитают более чистые водоемы. В целом, учитывая суммарную долю ветвистоусых и веслоногих, можно сказать, что зоопланктон Нижнетагильского пруда является рачковым.

Вклады основных таксонов в суммарное обилие (Рис.73) отличаются от распределения долей их в общем видовом разнообразии (Рис.70).

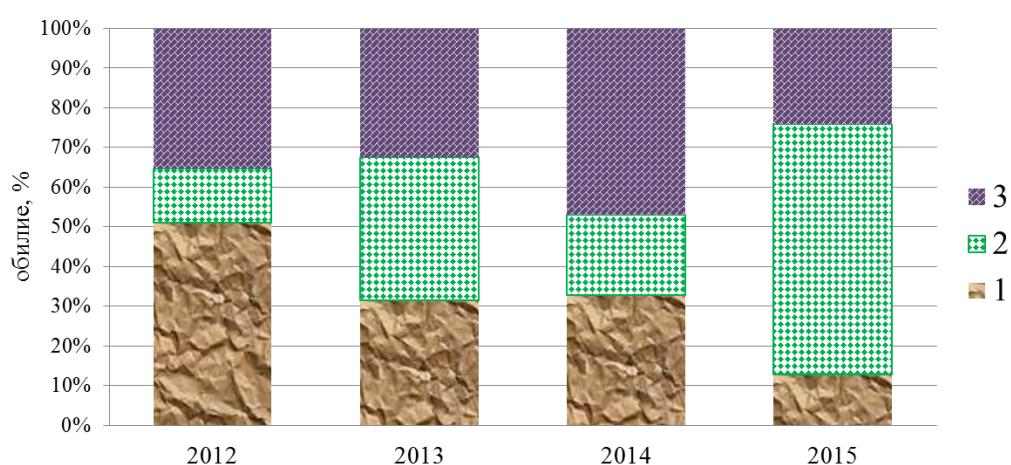


Рис. 73 – соотношение основных таксонов зоопланктона Нижнетагильского водохранилища по обилию за отдельные года.

Таблица значений и условных обозначений

№ на рис.	Таксон	Обилие							
		2012		2013		2014		2015	
		Абс., экз./м ³	Доля, %	Абс., экз./м ³	Доля, %	Абс., экз./м ³	Доля, %	Абс., экз./м ³	Доля, %
1	Rotifera	77918,8	51,04	28775,74	15,8	21845,83	32,75	1423,78	12,83
2	Cladocera	20924,76	13,71	32793,84	18	13585	20,36	7012,67	63,2
3	Copepoda	53806,44	35,25	120613,19	66,2	31281,5	46,89	2660	23,97
Итого		152650	100,00	182182,77	100,0	66712,33	100,00	11096,45	100,00

На протяжении четырех последних лет исследования ведущая группа снижает свою долю в суммарное обилие зоопланктона (Рис.). та же тенденция характерна и для абсолютных показателей численности этой

группы. Динамика обилия ветвистоусых в целом демонстрирует увеличение как относительных, так и абсолютных показателей группы. Доля веслоногих первые три года увеличивалась, в 2015 году несколько уменьшилась. Характер распределения долей в общей численности зоопланктона 2012, 2013 и 2015 гг. близок к высокотрофному, тогда как в 2014 г. – к мезотрофному [100].

По относительной численности в видовом составе зоопланктона были выделены шесть групп видов, среди которых три с максимальными балльными характеристиками («5», «7» и «9») были внесены в доминантный комплекс видов Нижнетагильского городского пруда (Табл. 67). Следует отметить, что данные 2011 года, предоставленные в отчете сотрудниками ООО «Экогеосистема», содержат только данные по встречаемости, поэтому при составлении обобщающей таблицы не могли быть использованы.

Таблица 67 - Видовой состав доминантного комплекса зоопланктона Нижнетагильского городского пруда.

	2010**				2012**						2013						2014					2015				
	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX	X	V	VI	VII	VIII	IX	X	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>Centropyxis aculeata</i> Ehr.			+																							
<i>Asplanchna girodi</i> De Geurne																		5						1*		
<i>A. priodonta</i> Gosse				+		+					1*	3*	2*	3*	1*	1*	3*	5		5	5	5	3*		1*	2*
<i>A. sieboldi</i> (Leydig)																1*			5	3*						
<i>Brachionus calyciflorus calyciflorus</i> Pallas												1*		2*			7	1*	1*	1*		1*				
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg															1*			1*	5	1*		1*	1*	1*		
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse)										+	1*	1*		2*	3*	5	5	1*		1*	1*	1*	1*	2*	1*	5
<i>K. quadrata quadrata</i> (O.F. Müll.)						+			+	+	3*	3*	2*	2*	5	5	7	7	1*	1*	1*	2*	1*	2*		3
<i>Kellicottia longispina longispina</i> (Kellicott)						+						1*		1*					1*			1*	2*	2*	1*	3*
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)		+				+		+	+		1*			3*	3*	5	3*	2*	7		1*	1*		1*	1*	1*
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehr.				+				+	+	+													1	1	1	
<i>Bosmina coregoni</i> Baird				+								5	7	3*		5	3*	5		7	5	9	2*	1*	9	9
<i>B. kessleri</i> (Uijanin)			+	+																						
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müll.)												5	7	3*		5	1*	3*	3*	5	3*	2*	5	9	3*	2*
<i>B. longispina</i> Leydig												3*	2*	3*	3*	5										
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müll.)														1*			1*	1*	5	3*		1*	1*	1*		
<i>Daphnia cucullata</i> Sars				+										3*	2*	1*		1*	3*	5	2*	2*	3*	2*	5	
<i>D. galeata</i> Sars											1*	9	5	2*		1*		1*	3*	3*	5					1*
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh)						1*	1*																	2*	5	1*
<i>Mesocyclops leucarti</i> (Claus)					+						1*		1*	1*	1*		2*	1*		1*	3*	1*	5	1*	2*	1*
<i>Microcyclops varicans</i> (Sars)	+											1*	1*	1*		1*	1*	2*	3*	1*	3*					
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)		+	+			+	+							1*									1*	2*	2*	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Copepodit Cyclopoida	+	+	+			+	+				7	1*	5	3*	3*	1*	7	5	7	3*	5	7	9	5	3*	3*
Nauplii Calanoida											1	3*	3*	2*	3*	5	5	3*			2*		1*			
Nauplii Cyclopoida		+	+			+	+				9	3*	3*	2*	3*	5	9	3*	7	7	3*	1*	1*	1*		2*

Примечание. * балльные характеристики приведены по факту наличия вида в пробе.

*** знак «+» обозначает факт доминирования, так как данные по зоопланктону 2010 и 2012 гг. неполные и не позволяют вычислить балльную характеристику.

Всего за исследуемый период в различные периоды 22 вида преодолевали 10%-ный порог от суммарной численности в пробе, большинство из которых принадлежит коловраткам (10 видов) и ветвистоусым ракам (7 видов). Подавляющее большинство видов комплекса являются олиго-β-мезотрофными. К ним принадлежат и наиболее часто достигающие массового развития: *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, за исключением олигомезотрофного *Bosmina coregoni*. Наиболее устойчивый к загрязнению органическими веществами среди данного комплекса вид (β-α-мезотрофный) – *Brachionus calyciflorus calyciflorus* – на протяжении исследования увеличивает свою относительную численность в фауне зоопланктона. Подобную тенденцию демонстрируют и β-мезотрофные виды *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia cucullata*, а также некоторые олиго-β-мезотрофные, такие как *Asplanchna priodonta*, *Asplanchna sieboldi*, *Euchlanis dilatata*.

По особенностям динамики среди видов доминантного комплекса выделено шесть групп (Табл. 68).

Таблица 68 - динамика частоты доминирования видов зоопланктона в пробах 2010-2015 гг.

Название таксона (вида, подвида, формы)	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2	3	4	5	6	7
<i>Centropyxis aculeata</i> Ehr.	0	0	0	1	0	0
<i>Asplanchna girodi</i> De Geurne	0	1	0	0	0	0
<i>A. priodonta</i> Gosse	1	2	0	1	2	0
<i>A. sieboldi</i> (Leydig)	0	0	0	1	0	0
<i>Brachionus calyciflorus calyciflorus</i> Pallas	1	0	0	0	0	0
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	0	0	1	0	0	0
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse)	1	0	0	0	1	2
<i>K. quadrata quadrata</i> (O.F. Müll.)	1	2	0	0	2	2
<i>Kellicottia longispina longispina</i> (Kellicott)	0	1	0	0	0	0
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	0	1	2	1	1	1
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehr.	0	0	0	1	2	1
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	1	2	1	1	3	2
<i>B. kessleri</i> (Uijaniin)	0	0	0	1	1	0
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müll.)	0	2	2	1	0	1
<i>B. longispina</i> Leydig	0	0	0	0	0	1
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müll.)	0	0	1	0	0	0
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	0	0	0	1	2	0
<i>D. galeata</i> Sars	0	1	1	0	1	0

1	2	3	4	5	6	7
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh)					1	
<i>Mesocyclops leucarti</i> (Claus)	1	1	0	0	0	0
<i>Microcyclops varicans</i> (Sars)	0	1	0	0	0	0
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	0	1	2	1	0	0
Соперодит Cyclopoida	3	4	5	1	1	0
Nauplii Calanoida	1	0	0	0	0	1
Nauplii Cyclopoida	2	1	3	2	0	1

Примечание

Весенние виды	Летние виды	Летне-осенние виды
Виды, с протяженным периодом массового развития	Виды с двумя пиками массовой численности	Весенне-летние виды

Весьма интересны с точки зрения реабилитации водоема две группы видов: в первую отнесены виды, численность которых характеризуется двумя пиками: весенне-летним и летне-осенним, во вторую – небольшое число видов с весенним характером доминирования. Так как весной и осенью из-за повышенного стока поверхностных вод (талые воды, обильные осадки) в водоем его загрязненность повышается, подобной динамикой обычно обладают виды, устойчивые к загрязнению, как например, весенний *Brachionus calyciflorus calyciflorus*. Присутствие среди данных групп олиго-β-мезотрофных, то есть менее толерантных к загрязнению, видов может быть объяснено не только особенностями жизненного цикла данных видов, в частности, способностью переживать зиму во взрослом состоянии, но и ранней интенсификацией процессов самоочищения благодаря двум подледным вселениям в городской пруд политрофного вида *Chlorella vulgaris*, сглаживающего межсезонное увеличение уровня трофности водоема.

Наибольшее число видов (8 видов) достигают относительного максимума численности летом. По 4-5 видов насчитывают группы, виды которых характеризуются одним летне-осенним пиком численности или обладают достаточно протяженным периодом массового развития. Так же в течение почти всего вегетационного периода обнаруживались и личиночные стадии Cyclopoida. То есть большинство доминантных видов встречается в теплое время года и в период, когда естественные процессы самоочищения водоема наиболее интенсивны.

Для зоопланктона, как для большинства групп мелких организмов, характерны значительные колебания численности (Рис. 74). Так как данные за

2010 и 2011 гг. неполные, на рисунке отражены результаты последних четырех лет.

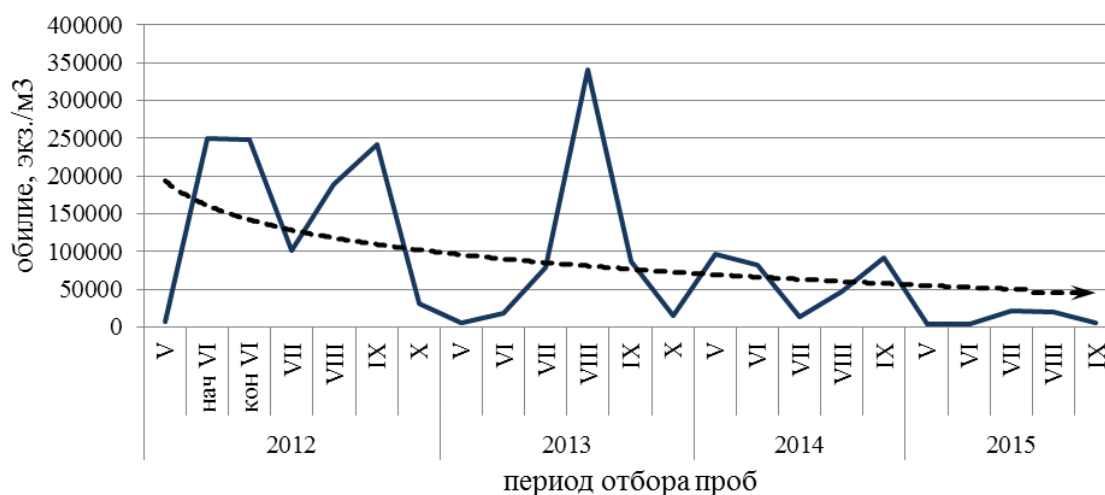


Рис. 74 - динамика среднеарифметического суммарного обилия зоопланктона Нижнетагильского городского пруда.

Год \ Месяц	V	VI	VII	VIII	IX	X	
2012	7450	249900	247600	101400	188600	242250	31350
2013	6354,1(6)	18125	79500	340354,2	87333,34	15090	
2014	97145,83	82645,83	14230	48040	91500	—	*
2015	4910	4180	21330	19925,56	5136,(6)	—	*
--➔ логарифмическая линия тренда динамики численности зоопланктона							

Примечание. * пробы не отбирались.

Обычным для зоопланктона умеренной зоны является наличие двух пиков возрастания численности: весенне-летний и летне-осенний, что демонстрирует динамика средней суммарной численности за 2012 и 2014 гг. В данные периоды высокую численность имели copepodit Cyclopoida, *Asplanchna priodonta*, *Brachionus calyciflorus calyciflorus*, *Keratella quadrata quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, *Bosmina coregoni*, *Daphnia galeata Sars*. Возможно, одной из причин снижения численности являлись либо слишком высокие (в 2012), либо относительно низкие (в 2014) июльские температуры (Рис.).

Иную картину имеет характер изменения обилия в 2013 и 2015: наблюдался всего лишь один пик, приходящийся на середину лета. Высокая численность данного периода в 2013 году складывается в основном из небольшого числа видов, а именно семи видов коловраток и шести видов ветвистоусых, например *Asplanchna priodonta*, *Brachionus angularis* и видов рода *Bosmina*, а также ювенильных стадий веслоногих. В 2015 году ядро

летнего зоопланктона по численности составляют такие виды как *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *B. coregoni* Baird, *Daphnia cucullata* Sars, *Acanthocyclops americanus* (Marsh). Таким образом, отличия летнего пика состоят в увеличении вклада ветвистоусых и снижении роли личиночных стадий Cyclopoida.

Биомассы трех основных таксонов зоопланктона за последние четыре года исследований отличаются друг от друга незначительно (Рис.75).

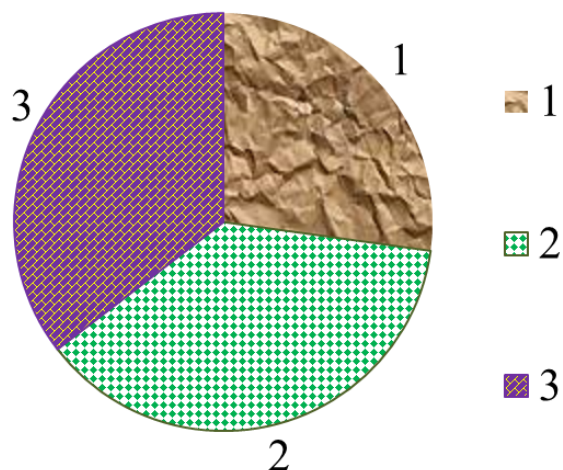


Рис. 75 – обобщенное соотношение основных таксонов зоопланктона Нижнетагильского водохранилища по биомассе за 2012-2015 гг.

№	Отдел	Биомасса, г/м ³	Абс.*	Доля, %
1.	Коловратки (Rotifera)		170,8075	27,19
2.	Ветвистоусые раки (Cladocera)		235,035	37,42
3.	Веслоногие раки (Copepoda)		222,33	35,39
Итого			628,1725	100

В отличие от результатов анализа таких показателей как видовое разнообразие и обилие, по биомассе преобладают ветвистоусые ракообразные. Преимущество ракообразных в зоопланктоне можно объяснить значительно бóльшими их размерами по сравнению с видами коловраток. Данная группа за четыре анализируемых года ни разу не выходила на лидирующие позиции (Рис. 76).

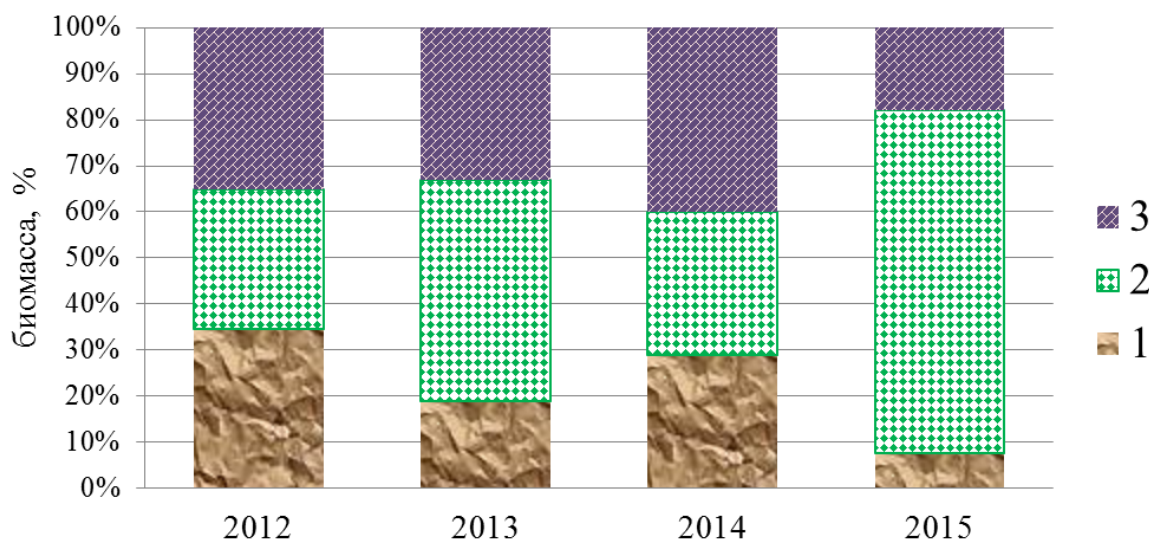


Рис. 76 – соотношение основных таксонов зоопланктона Нижнетагильского водохранилища по биомассе

Таблица значений и условных обозначений

№ на рис.	Таксон	Биомасса							
		2012		2013		2014		2015	
		Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %	Абс., мг/м ³	Доля, %
1	Rotifera	336,34	34,34	141,47	18,82	198,79	28,75	6,63	7,37
2	Cladocera	296,85	30,31	360,47	47,94	215,7	31,19	67,12	74,66
3	Copepoda	346,18	35,35	249,94	33,24	277,05	40,06	16,15	17,97
Итого		979,37	100	751,88	100	691,54	100	89,9	100

Максимальным являлся её вклад в 2012 году, после которого коловратки постепенно уменьшает как относительные, так и абсолютные значения биомассы, что косвенно свидетельствует о прогрессивности биологической реабилитации водоема.

К усредненной структуре относительных величин биомассы основных таксонов зоопланктона наиболее близка структура 2013 года (Рис. 76). Ещё более выраженным преимуществом Cladocera обладают в структуре зоопланктона 2015 года.

Состав видов, обладающих наибольшей биомассой по итогам вегетационных сезонов разных лет также различен. Общими для основ

биомассы зоопланктона разных лет являются личиночные стадии веслоногих рачков и крупная коловратка *Asplanchna priodonta* (Прил.5, табл. 5.).

В течение вегетационных сезонов 2012 – 2013 гг. наблюдается смена основных таксонов в образовании биомассы зоопланктона (Рис.77).

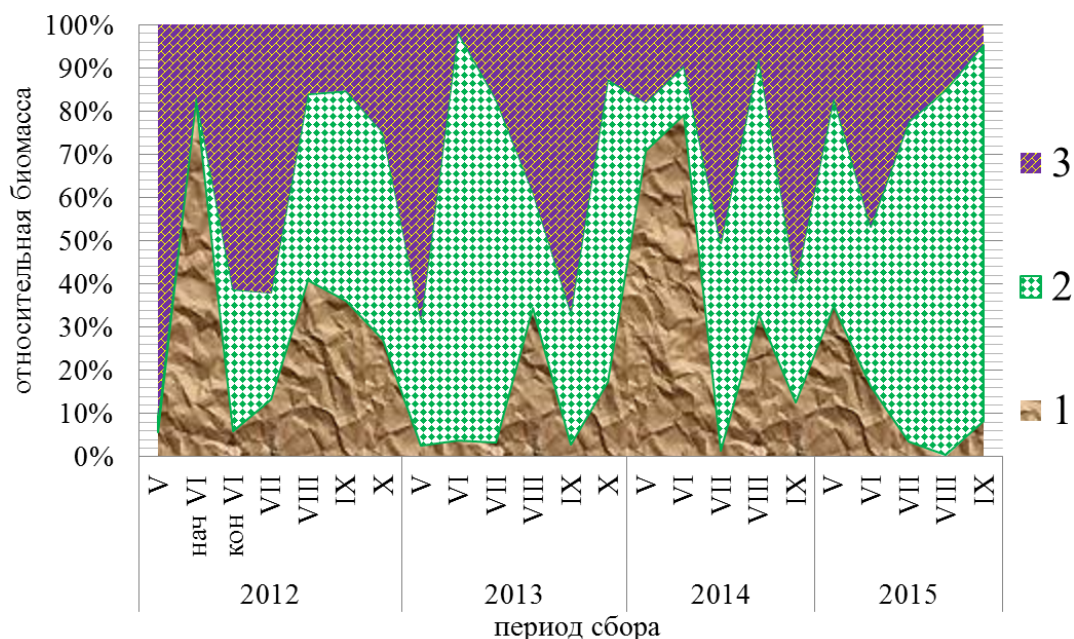


Рис. 77 – динамика относительной биомассы основных таксонов зоопланктона

Таблица значений и условных обозначений к рисунку.

Название таксона	2012							2013					
	май	начало июня	конец июня	июль	август	сентябрь	октябрь	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Rotifera	5,86	82,7	6,05	13,4	40,9	36,2	27,1	2,58	3,82	3,4	34,63	2,84	17,37
Cladocera	3,62	0,9	32,85	24,6	43,15	48,5	48	29,26	94,47	79,4	26,69	30,75	70,09
Copepoda	90,52	16,4	61,1	62	15,95	15,3	24,9	68,16	1,71	17,2	38,68	66,41	12,54
Итого, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Название таксона	2014							2015					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь		май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Rotifera	70,86		79,24	1,55	33,03	12,6	—*	35,1	16,4	3,7	0,5	8,3	—*
Cladocera	11,17		11,2	47,91	59,37	27,78	—*	47,9	36,88	74	84,6	87,2	—*
Copepoda	17,97		9,56	50,54	7,6	59,62	—*	17	46,72	22,3	14,9	4,5	—*
Итого, %	100		100	100	100	100		100	100	100	100	100	

Примечание. * пробы не отбирались.

В весенний период 2012 и 2013 основу биомассы составляли веслоногие рачки, в 2014 – коловратки, в 2015 – ветвистоусые. Летняя биомасса образуется в основном за счет обеих групп ракообразных, иногда в августе веслоногие замещаются по величине вклада коловратками. Осенью чаще всего биомасса создается ветвистоусыми. Особенностью соотношений биомассы основных

таксонов 2012 года является преобладание коловраток не только во второй половине лета, но и в начале июня.

Для наглядности отображения изменения биомассы зоопланктона средние арифметические величины обследованных точек сбора по данному показателю представлены на рисунке (Рис. 78).

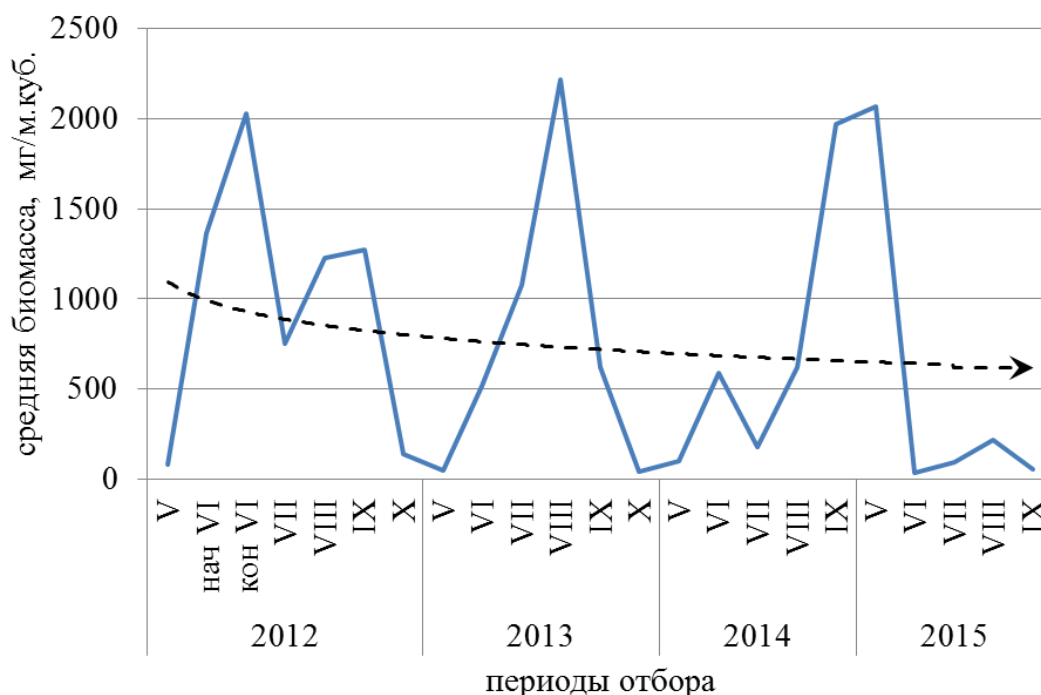


Рис. 78. - динамика средней биомассы зоопланктона НТГП

Достаточно высокими показателями суммарной биомассы обладает зоопланктон в летний период, реже, например в 2015 году) в весенний. Стабильное снижение значений наблюдается осенью, особенно в октябре, когда наблюдаются первые заморозки. Если характер динамики биомассы в 2012 и 2014 гг. имеет характер двухвершинной кривой с пиками в начале и конце лета-начале осени, то в 2013 году единственный пик приходится на конец лета. Спад биомассы в конце июля 2014 года, возможно, связан с тем, что всю третью декаду наблюдалось понижение температур ниже нормы. Снижение биомассы в июле 2012 года может быть обусловлено превышением ПДК по цинку (Прил. 3). Высокие значения биомассы осенью 2014 и весной 2015 года могут быть вызваны относительно высокими значениями биомассы фитопланктона летом 2014 года (Рис. 78). Вследствие массового размножения зоопланктона в начале сезона кормовая база (мелкоклеточный фитопланктон) была значительно уменьшена, что, возможно вызвало снижение как

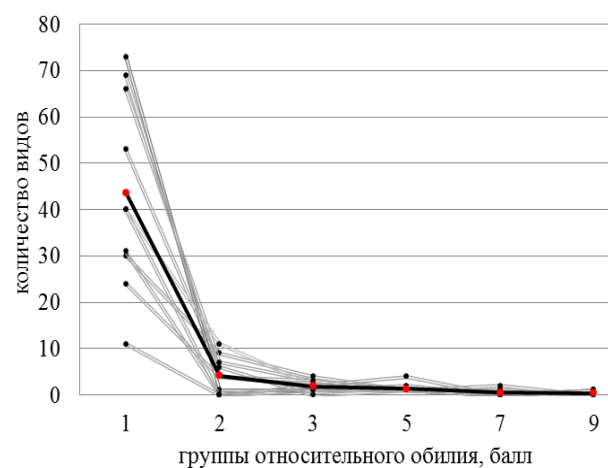
численности так и биомассы зоопланктона в течение лета и осени 2015 года. Кроме того, пониженная температура лета 2015 года (Рис.1) не способствовала развитию ни фито-, ни зоопланктона.

Судя по линии тренда, а также по сумме средних значений в пробе (Рис. 78, 74) в целом за период с 2012 по 2015 гг. наблюдается тенденция к небольшому снижению численности и биомассы зоопланктона.

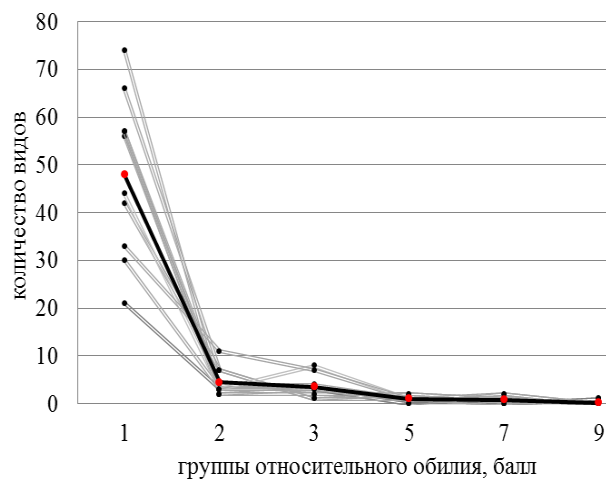
4.7. Анализ экологического состояния акватории НТГП по комплексным гидрохимическим и биологическим показателям

Поскольку альголизация водоема является одним из видов вмешательства в водную экосистему, необходимым пунктом исследований является анализ изменения степени устойчивости альгоценоза планктона. Наиболее доступным и наглядным способом является сравнение структуры относительного доминирования видов по обилию, благодаря которому оценивается доля вклада каждого вида (тыс.кл./л) в балловом эквиваленте (см. п.2.3). Так как октябрьские сообщества планктонных водорослей чаще всего являются неполными из-за действия объективных факторов – ограничивающего действия температур, небольшого светового дня, для сравнения динамики относительного доминирования взяты данные за период с мая по сентябрь 2013-2015 гг. В результате ранжирования видов по относительному обилию выделены все шесть групп: спорадичные или редкие, малочисленные, среднечисленные, субдоминанты, доминанты и супердоминанты (Рис. 79).

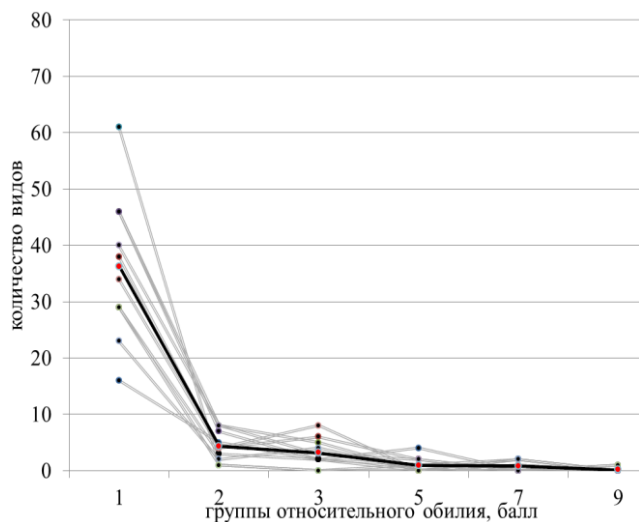
Во флоре всех проб наибольшее число видов обладает спорадичным обилием, поэтому они были отнесены в группу с бальной характеристикой 1. Виды доминантных групп (с баллами 5, 7 и 9) обладают наиболее бедным видовым составом. Подобное соотношение характерно практически для всех проб фитопланктона последних трех лет. Исключением являются результаты оценки структуры относительного обилия немногих из них. Особенно резкое отличие от указанной закономерности зафиксировано для сентябрьской пробы 2013 года и майской 2014 года, взятых в Монзино. В первой из указанных проб число видов со средним обилием значительно выше разнообразия группы видов с малым обилием (Рис. 79 А), во второй пробе – число видов-субдоминантов равно числу видов с малым обилием и превышает видовое разнообразие группы видов со средним обилием (Рис. 79 Б).



2013



2014



2015

Рис. 79 – Разнообразие групп видов фитопланктона по относительному обилию.

Таблица значений условных обозначений к рисунку.

Период отбора проб	Место отбора	Кол-во видов в группе с определенной балльной характеристикой относительного обилия																	
		2013						2014						2015					
		1	2	3	5	7	9	1	2	3	5	7	9	1	2	3	5	7	9
 май	Монзино	57	4	4	1	1	0	69	4	2	4	0	0	16	5	2	4	0	0
	Фотеево	56	3	3	1	0	1	30	9	4	1	0	0	38	4	6	2	0	0
 июнь	Монзино	57	2	2	2	1	0	40	0	1	2	0	1	46	8	5	0	1	0
	Фотеево	74	2	3	0	2	0	53	6	0	1	0	1	46	7	2	0	2	0
 июль	Монзино	21	3	3	0	0	1	73	1	1	1	0	1	61	1	0	1	2	0
	Фотеево	66	7	1	1	1	0	66	7	3	1	1	0	29	3	2	1	0	1
 август	Монзино	30	3	3	1	2	0	31	0	2	1	2	0	23	2	4	0	2	0
	Фотеево	42	7	1	2	1	0	24	4	3	1	1	0	34	4	8	0	1	0
 сентябрь	Монзино	44	3	8	1	0	0	40	11	2	1	1	0	29	1	0	0	0	1
	Фотеево	33	11	7	1	0	0	11	0	1	1	0	1	40	8	3	2	0	0
 Среднее арифметическое		48	4,5	3,5	1	0,8	0,2	43,7	4,2	1,9	1,4	0,5	0,4	36,2	4,3	3,2	1	0,8	0,2

Для того чтобы выяснить степень устойчивости структуры альгоценоза, было проведено сравнение соотношения групп видов по относительному обилию с соотношением кривой Раункиера (Рис. 80).

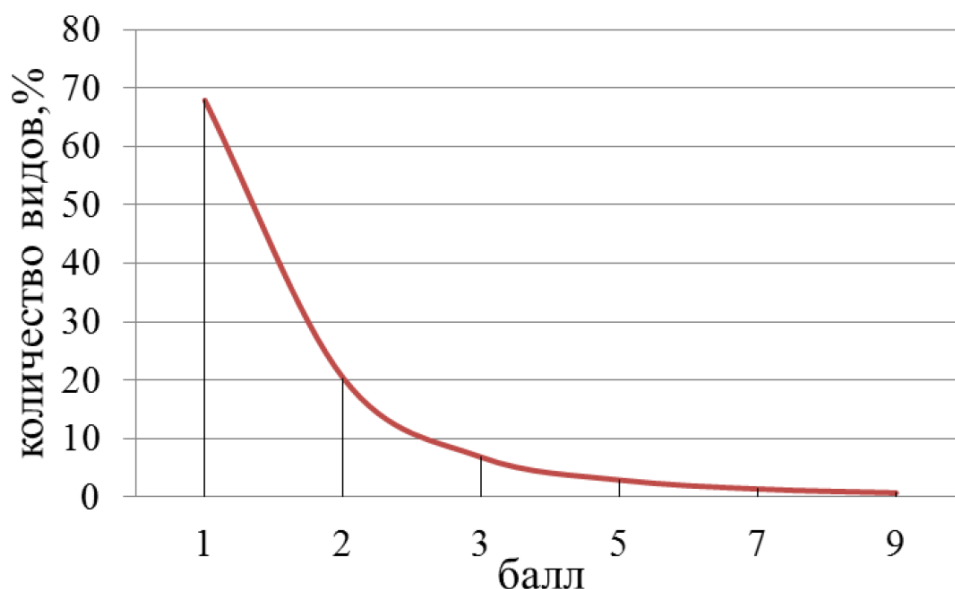


Рис. 80 – кривая Раункиера

Показателем устойчивости сообщества видов является близость к соотношению кривой Раункиера (Рис.80) – логарифмической кривой, образующейся на графике при наличии в сообществе обратной пропорциональной зависимости между баллом группы относительного доминирования видов и количеством входящих в неё видов.

При усреднении данных (черные с красными маркерами линии рисунка 79) видового разнообразия групп водорослей образуются кривые, которые весьма близки к кривой идеального сообщества. Более пологая ломаная линия характерна для сообществ фитопланктона в 2014 году. Основное отклонение значений сообществ в 2013 году – заниженные показатели малочисленных видов (с балльной характеристикой 2). Ломаная кривая усредненных значений групп относительного обилия в 2015 году также является весьма полой, однако некоторые частные варианты характеризуются превышением видового разнообразия группы видов со средним обилием над группой видов с малым обилием (май и август в точке «Фотеево») или превышением видового разнообразия группы субдоминантов над группой видов со средним обилием (проба в мае с точки «Монзино»). Следовательно, структура альгоценоза Нижнетагильского городского пруда последних трех лет свидетельствует об достаточно высокой степени устойчивости за счет выравнивания и уменьшения долей видов суб-, и супердоминантов, увеличенных долей очень редких, или спорадичных, видов. Следует отметить, что биологическая реабилитация путем коррекции альгоценоза несколько не нарушает

баланс между видами аборигенной флоры, а, стимулируя развитие других зеленых водорослей, только способствует успешному развитию редких и малочисленных видов, что в свою очередь увеличивает экологическую устойчивость альгоценозов к колебаниям условий внешней среды.

Анализ процессов эвтрофикации водоема, в том числе на основе оценки эколого-биологического качества вод, дает основание делать определенные выводы и рассматривать их как природно-антропогенные экосистемы, сбалансированность процессов самоочищения вод в которых обеспечивается не только различными биохимическими процессами, но также гидробионтами. Сообщества низших водорослей являются непосредственными участниками процесса саморегуляции водной экосистемы. Они выступают как биологические индикаторы, позволяющие проводить эколого-биологическую оценку состояния водохранилища.

Согласно сложившимся представлениям, процесс эвтрофикации вод приводит к увеличению сапробности. Сапробность показывает экологическое состояние водоема в зависимости от количества и степени активности процессов разложения органического вещества автохтонного и аллохтонного происхождения. Она оценивается по способности организмов развиваться в воде с различными величинами содержания органических загрязнений.

За пять лет исследований зарегистрировано 225 вида и формы водорослей-индикаторов сапробности и 102 вида зоопланктона, для которых известны индивидуальные индексы сапробности. Используя значения индексов и балльные оценки относительной численности видов-индикаторов вычислены индексы Пантле-Букка для сообществ фито- и зоопланктона вегетационных периодов 2010-2015 гг. (Рис. 81).

Значения индексов сапробности, полученные на основе индикаторных видов фитопланктона, выше аналогичных значений для зоопланктона. Для ряда проб полученные индексы не являются достоверными, так как не удовлетворяют одному или двум условиям их вычисления: либо число видов индикаторов меньше 12, либо сумма баллов относительного обилия меньше 30 (Прил. 4, табл. 4.2, 4.4, 4.8, 4.10, Прил.5, табл. 5.2). На графике эти значения показаны штриховкой и при вычислении пределов и средних для вариационных рядов не учитывались.

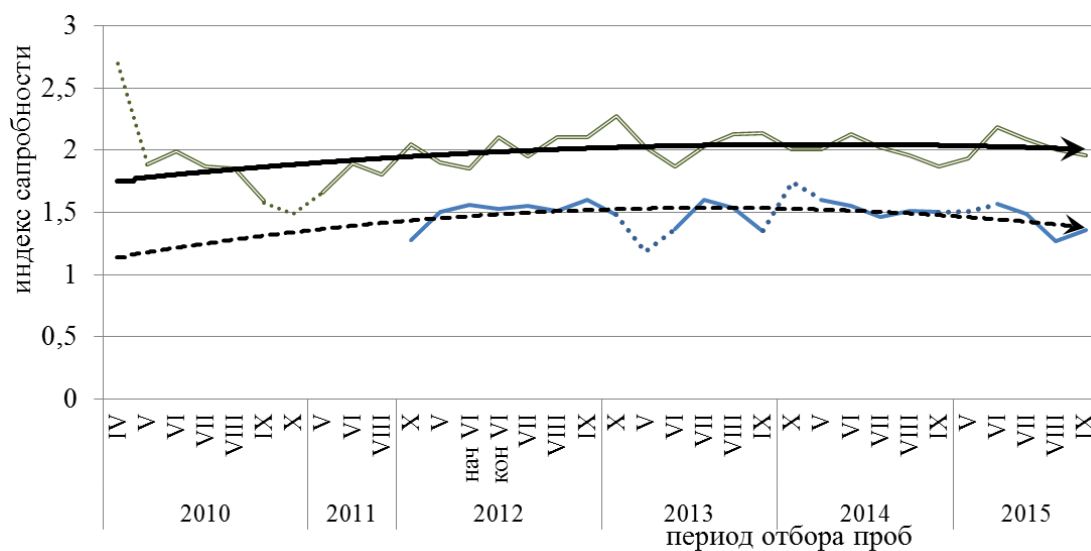


Рис. 81 - динамика индекса сапробности Пантле-Букка

Таблица значений и условных обозначений к рисунку.

мес. год	индексы фитопланктона							индексы зоопланктона						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2010	2,21	1,9	2,05	1,9	1,92	1,58	1,44	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*
2011	—**	—**	1,66	—**	1,89	—**	1,8	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*
2012	—**	2,05	1,9	1,85	2,1	1,95	2,1	—**	—**	1,28	1,5	1,56	1,53	1,55
2013	—**	2,27	2,02	1,87	2,03	2,13	2,14	—**	1,48	1,19	1,36	1,6	1,54	1,35
2014	—**	2,01	2,13	2,02	1,96	1,87	—**	—**	1,74	1,6	1,55	1,46	1,51	—**
2015	—**	1,935	2,185	2,085	2,005	1,955	—**	—**	1,51	1,57	1,49	1,27	1,36	—**
	→ полиномиальная линия тренда							→ полиномиальная линия тренда						

Примечание. —* Данные не позволяют вычислить индекс, —** Пробы не отбирались.

Так как, во-первых, среди одновременно встречаемых видов зоопланктона было выявлено значительно меньшее количество видов индикаторов, во-вторых, чаще значения индексов отсутствуют или недостоверны, чем для фитопланктона, в-третьих, зоопланктон менее чувствителен к антропогенному прессингу, поэтому значения индексов Пантле-Букка, вычисленные на основе данных зоопланктона, считали ориентировочными или второстепенными. Основной упор при создании выводов о классе чистоты вод Нижнетагильского городского пруда делали на показатели сапробности фитопланктона.

Индекс сапробности Пантле-Букка, вычисленный для фитопланктона, в течение 2010-2015 гг. испытывал флуктуации в пределах от 1,58 до 2,27.

Среднее арифметическое данного показателя равно $2,03 \pm 0,03$, что соответствует III классу вод – вод с умеренным загрязнением или зоне с β -мезосапробным состоянием. Для зоопланктона диапазон значений составил от 1,27 до 1,6, со средним $1,49 \pm 0,02$, что попадает близко к верхней границе II класса вод – чистых вод или зоны с олигосапробным состоянием. Ошибка среднего арифметического индекса сапробности как для фитопланктона, так и для зоопланктона не превышает 5%, что является достаточным для биологических исследований.

Судя по линиям тренда (Рис.81), уровень сапробности Нижнетагильского городского пруда незначительно возрастает на протяжении 2010-2013 годов, стабилизируется в 2014 году и снижается в последний, 2015, год исследований.

Кроме того, все преобладающие виды зоопланктона и фитопланктона, для которых известна приуроченность к определенной зоне сапробности, за период исследования, за исключением 2012 года, предпочитают олиготрофные, олиго- β -мезотрофные или α -мезо-олиготрофные водоёмы.

Для вычисления коэффициента трофности $Q_{В/Т}$ водоема использовано соотношение видового разнообразия двух родов коловраток – *Brachionus* и *Trichocerca* (Табл. 69)

Таблица 69 – соотношение видового разнообразия некоторых родов-индикаторов коловраток

Год \ Род	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Сред. арифм.
<i>Brachionus</i>	1	2	3	5	6	2	3,1(6)
<i>Trichocerca</i>	1	1	2	3	3	6	2,(6)
$Q_{В/Т}$	1	2	1,5	1,67	2	0,(3)	1,4(17)

Так как индекс $Q_{В/Т}$ Нижнетагильского городского пруда варьирует в основном в промежутке от 1 до 2,0, только в 2015 году опускается до 0,(3), поэтому был отнесен нами к мезотрофному типу водоемов, что подтверждает ранее полученные выводы иными способами как гидрохимическими, так и биологическими.

Биомасса фитопланктона также может использоваться для оценки уровня

трофности, то есть органического загрязнения, водоема (Рис. 82).

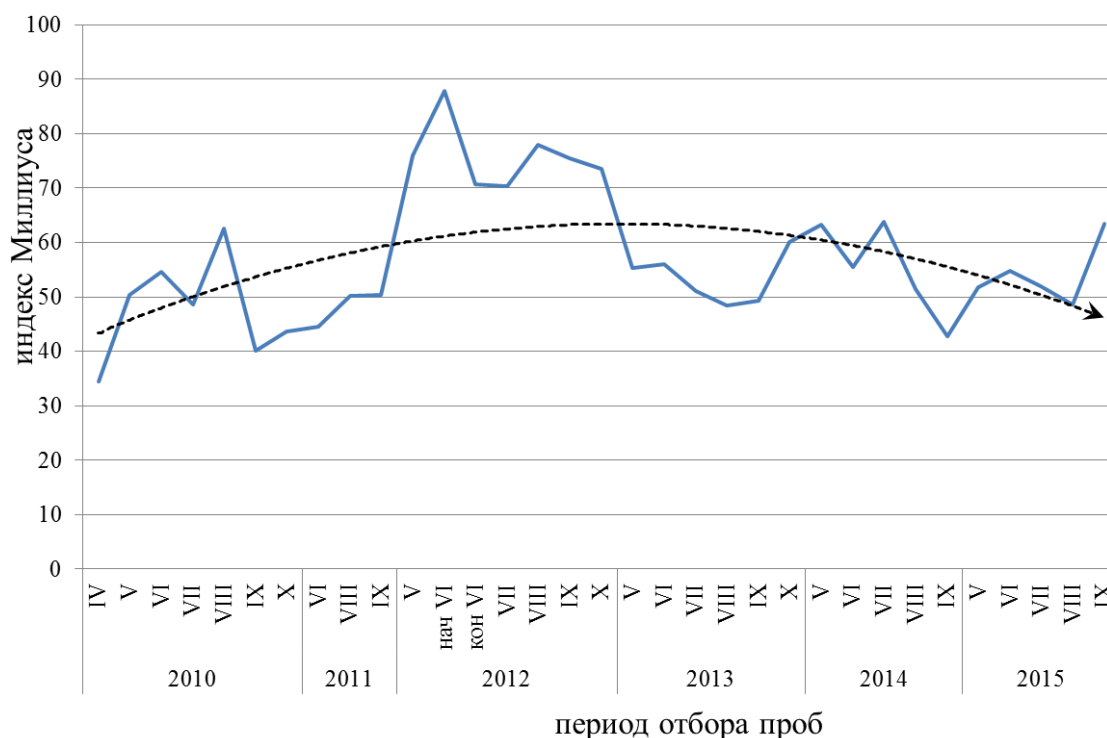


Рис. 82 - динамика индекса трофности Миллиуса

		индекс трофности Миллиуса						
год \ мес.	мес.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2010		34,41	50,35	54,56	48,62	62,49	40,16	43,7
2011		—**	—**	44,45	—**	50,16	—**	50,33
2012		—**	76,07	87,86	70,61	70,35	77,97	75,39
2013		—**	53,71	54,83	48,08	45,74	48,33	55,09
2014		—**	63,33	55,53	63,77	51,36	42,82	—**
2015		—**	51,7	54,77	51,89	48,5	63,46	—**
		> полиномиальная линия тренда						

Наиболее низкие значения индекса трофности зафиксированы для биомассы фитопланктона в 2011 году и свидетельствуют о мезотрофном уровне городского пруда, но следует отметить, что в данный год исследования велись по сокращенной программе. Наиболее высокие показатели характерны для 2012 года и соответствуют эвтрофным водам. Значения индексов остальных лет описывают водоем как преимущественно мезотрофного типа, способного в летнее время достигать эвтрофного уровня вод.

Снижение биомассы фитопланктона и снижение индексов трофности в 2011 году может обусловлено развитием теплолюбивых видов, выживших в

предыдущий год с аномально высокими температурами (Рис. 1). Резкое увеличение индекса в 2012 и его резкое снижение в 2013 году, возможно, является своеобразной компенсацией заниженных показателей биомассы фитопланктона в 2011 году, что соответствует принципу маятникового колебания численности популяций. В частности ряд веществ (нитраты, железо и т.п.) поступившие в водоем в 2011 году не могли расходоваться полностью, поэтому к началу вегетационного сезона 2012 года находились в избытке, что вызвало всплеск развития микроводорослей. В результате последнего все необходимые вещества были израсходованы, а сами микроводоросли послужили толчком для увеличения численности зоопланктона в 2013 году (Рис. 65). В связи с выеданием микроводорослей чрезмерно развившимся зоопланктоном биомасса фитопланктона, а соответственно, и индекса трофности падает не смотря на наличие питательных веществ в водоеме (табл. к рис. 82). Снижение биомассы фитопланктона влечет за собой относительное голодание и увеличение пищевой конкуренции среди зоопланктона, что сказывается на уменьшении плодовитости его особей. Результатом этого является снижение численности зоопланктона в 2014 и 2015 гг. (Рис. 74). Последний год исследований по значениям индекса трофности ($54,06 \pm 0,99$) ещё более близок, чем индекс Миллиуса фитопланктона 2014 года, к усредненному значению индекса, который за пятилетний период исследований равен $56,92 \pm 2,13$. Вероятно, к 2015 году альгоценозы Нижнетагильского водохранилища по критерию биомассы близки к стабилизации.

Элементы видовой структуры сообществ, прежде всего видовое богатство и видовое разнообразие, чутко реагируют на изменение условий их обитания и закономерно меняются в ходе сукцессии [117]. Одним из наиболее распространенных показателей простоты или сложности организации биотических сообществ, что в свою очередь является отражением чистоты экосистемы, является энтропийный индекс Шеннона, часто используемый экологами в целях биоценотического анализа.

Для удобства анализа значения индекса Шеннона (Прил.4, табл.4.3, 4.5, 4.12, 4.13 и прил.5, табл. 5.3 и 5.4), вычисленные для фито- и зоопланктона, представлены в виде диаграммы (Рис. 83).

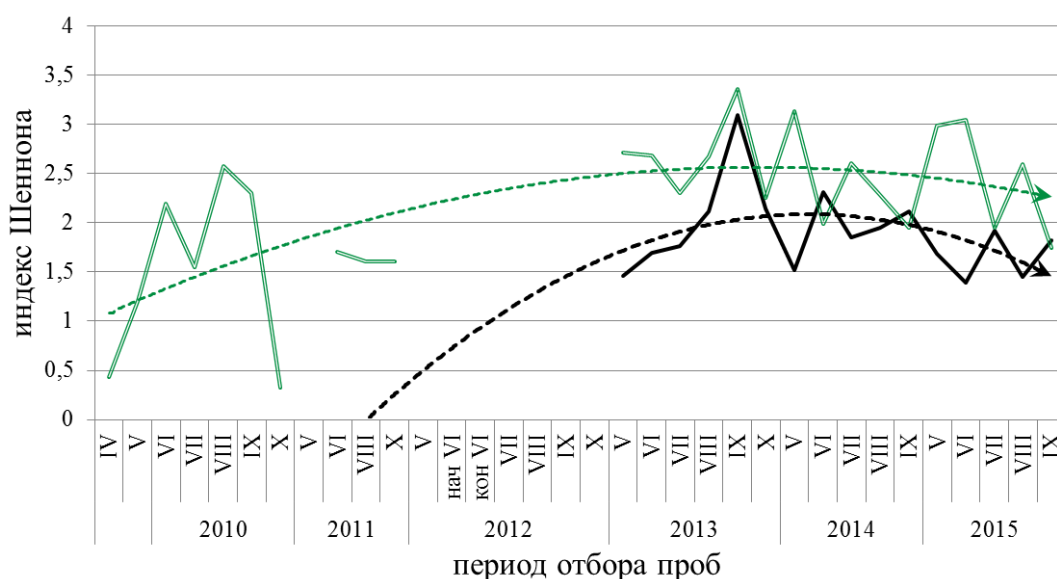


Рис. 83 - динамика индекса Шеннона планктона Нижнетагильского пруда.

мес. год	индексы фитопланктона							индексы зоопланктона						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2010	0,4347	1,2085	2,19	1,55	2,58	2,31	0,32	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*
2011	—**	—**	1,71	—**	1,61	—**	1,61	—*	—*	—*	—*	—*	—*	—*
2012	—**	—*	—*	—*	—*	—*	—**	—**	—*	—*	—*	—*	—*	—*
2013	—**	2,72	2,69	2,3	2,67	3,36	2,252	—**	1,46	1,7	1,76	2,12	3,09	2,149
2014	—**	3,134	1,985	2,607	2,283	1,945358	—**	—**	1,52	2,32	1,82	1,96	2,12	—**
	—→ полиномиальная линия тренда							--→ полиномиальная линия тренда						

Примечание. —* Данные не позволяют вычислить индекс. —** Индекс не вычислялся, так как пробы не были отобраны

Состояние альгоценозов в начале реабилитационных работ в Нижнетагильском городском пруду по шкале В.А. Яковлева соответствует грязным и загрязненным водам, то есть IV и V классам качества вод, тогда как в последние три года диапазон значений индекса Шеннона как фито- так и зоопланктона подходит к значениям I-IV классов. Однако известно, что между индексом Шеннона и загрязнением водоема отсутствует линейная зависимость, что подтверждает расхождение результатов анализа индексов сапробности, трофности, ИЗВ с интерпретации индекса неопределенности по шкале В.А. Яковлева. Следовательно, действительно, наиболее правильным в

гидробиологическом мониторинге использование шкалы А.П. Левича и Н.Г. Булгакова.

При соотнесении характера распределения H' в этом случае видовое разнообразие альгоценозов и зоопланктона соответствуют всем классам вод, кроме чистых (II класс) и грязных (IV класс). В результате синтеза с результатами анализа ранее рассмотренных индексов и показателей исключается возможность соответствия водоема и таким классам вод как очень чистые (I класс) и очень грязные (VI класс).

Таким образом, на основе совмещения результатов анализа комплекса биологических и гидрохимических показателей воды Нижнетагильского водохранилища наиболее близки к умеренно загрязненным водам, то есть водам III класса качества, альгоценозы которого обладают достаточной степенью устойчивости к действию экологических факторов природного характера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании положительного заключения, сделанного на основе биологической пробы воды Нижнетагильского городского пруда в течение 2010-2015 гг. осуществлена биологическая реабилитация путем альголизации штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. Общий бъем альголизанта, вселенного в Леновское водохранилище и Нижнетагильских городской пруд составил 8397 л плотностью от 50 млн. до $2,5 \cdot 10^9$ кл/см³.

ГИДРОХИМИЯ

По результатам биологической реабилитации пруда в 2015 года нами выделены три группы поллютантов по частоте снижения в пробах. Наиболее часто наблюдалось снижение показателей таких гидрохимических параметров как цинк, нитриты, нитраты, марганец. Следовательно, биологическая реабилитация оказывает на снижение данных показателей наиболее сильное влияние.

В ходе анализа изменения содержания цинка за шестилетний период проведения биологической реабилитации Нижнетагильского городского пруда была выявлена интересная закономерность. В 2010 году концентрация цинка (точка «Монзино») составляла 54 ПДК – влияние Левихи. В 2011 году, когда проводилась трехкратная альголизация Леновского водохранилища, концентрация цинка была на уровне ПДК. В 2012 году, когда альголизация Леновского водохранилища не проводилась концентрация цинка составляла 17,6 ПДК, а в 2013 – когда проводилась двукратная альголизация Леновского водохранилища – концентрация цинка составляла 2 ПДК. В 2014 году и 2015 годах из-за ремонта дамбы Леновского водохранилища и набережной в городе Нижний Тагил, концентрации цинка выражались в 75 и 100 ПДК соответственно. Можно представить каких величин достигли бы эти значения без проведения альголизации водохранилищ.

В этой связи, ООО НПО «Альгобиотехнология» рекомендует в 2016 и последующих годах проводить комплексную шестикратную альголизацию Леновского водохранилища и Нижнетагильского городского пруда.

Повсеместное повышение содержания меди можно объяснить привносом

из затопленных шахт.

Снижение концентрации биогенов также обусловлено поглощением миксотрофными видами водорослей, в том числе хлореллой, доля которых в видовом разнообразии и биомассе альгоценоза в 2015 г. увеличена вследствие биологической реабилитации.

Снижение концентрации сидерофильных тяжелых металлов и других компонентов этой группы обусловлено теми же причинами, что и снижение концентрации поллютантов первой группы за исключением взвешенных веществ. Понятие природы этого процесса требует дополнительных исследований.

Наименее подвержены влиянию биологической реабилитации путем коррекции альгоценоза такие поллютаты как нитраты, нефтепродукты, биохимическое и химическое потребление кислорода.

Выделение данных групп поллютантов весьма условное, поскольку их концентрации зависят не только биологических факторов, но и от абиотических (температура, давление, инсоляция, количество осадков и их распределение по сезонам и т.п.).

Кроме того была посчитана кратность снижения концентрации ведущих поллютантов в 2015/2014 гг.: нефтепродукты (в 5,7 раз), цинк (в 3,3 раза), фосфаты (в 7 раз), аммонийный азот и нитриты (в 1,38 и 2,57 раза). Следует отметить, что все остальные химические показатели также демонстрируют понижение концентраций, но кратность их небольшая.

Кратность снижения концентрации ведущих поллютантов в шестой год проведения биологической реабилитации методом коррекции альгоценоза (2015 год) по сравнению с данными года начала работ (2010) по ряду компонентов обладает наибольшей выраженностью: цинк (в 21,70 раза), марганец (в 11,60 раза), фосфаты (в 2,30 раза), нитраты (в 4,30 раза), железо общее (в 1,22 раза).

На основании приведенных данных можно говорить о наличии тренда на снижение показателей в течение всех шести лет проведения биореабилитации.

Для полноты отражения изменения качества воды Нижнетагильского городского пруда приведем анализ ранжирования качества воды на основе ИЗВ.

В 2010 и 2011 гг. качество воды во всех точках относилось к третьему классу, и оценивалось как «Умеренно-загрязненные» воды.

В 2012 году произошло ухудшение ситуации. В точке «Монзино» воды относились к четвертому классу, и оценивались как «Загрязненные» воды. А на точках «Старатель» и «Фотеево» - к пятому классу – «Грязные». Такое положение дел обусловило либо загрязнение воды от техногенного источника, либо непрофессиональный отбор и анализ проб ФГУП РосНИИВХ.

В 2013 году во всех точках воды относились к третьему классу и оценивались как «Умеренно загрязненные»

В 2014 году в верховьях Нижнетагильского городского пруда отмечался умеренный уровень загрязнения, а в 2015 из-за ремонта набережной воды относились к 6 классу – очень грязные.

В 2014 году из-за ремонта дамбы Леновского водохранилища пиковые значения были отмечены в низовьях водохранилища (точки 4 и 5), а вот в 2015 году максимальное значение ИЗВ было отмечено в верховьях (точка 1), и было обусловлено высокими концентрациями халькофильных поллютантов и значениями биохимического и химического потребления кислорода.

В целом, экологическая ситуация по гидрохимическим показателям стабильно держится, за исключением данных 2012 года, предоставленных ФГУП РосНИИВХ (г. Екатеринбург), на уровне третьего класса качества вод. Тогда как, техногенное загрязнение имеет перманентный характер. Следовательно, научно-обоснованная, длительная (шесть лет) биологическая реабилитация Нижнетагильского городского пруда методом коррекции альгоценоза сдерживает уровень загрязнения. В связи с тем, что интенсивность работы промпредприятий города не снижается, то для поддержания стабильной относительно благоприятной экологической ситуации требуется продолжение работ по альголизации Нижнетагильского городского пруда и Леновского водохранилища. И альголизацию необходимо проводить семь раз в год, начиная с февраля будущего года.

Фитопланктон Леновского водохранилища

Фитопланктон Леновского водохранилища по результатам исследований 2011, 2014 и 2015 гг. насчитывает 195 таксона рангом ниже рода, относящихся к 191 виду из царства прокариот – цианобактерий и восьми отделов царства растений. Ведущее место в Леновском фитопланктоне принадлежит водорослям четырех отделов – зеленым, диатомовым, синезеленым и эвгленовым. Водоросли других отделов не играют заметной роли в структуре фитопланктона, они не создают высокой численности и представлены небольшим количеством видов.

В весеннее время регистрируются максимальные значения числа видов и обилия эвгленовых, желто-зелёные водоросли, напротив, отсутствуют. Максимум их обилия сдвинут на осеннее время. Весной и осенью увеличивается относительное разнообразие видов диатомовых и зеленых водорослей. В летний период увеличивают свою численность цианобактерии, зеленые и стрептофитовые водоросли, тем не менее, для августовской альгофлоры характерно снижение видового разнообразия цианобактерий.

Видовое разнообразие фитопланктона 2014 и 2015 гг. (как по абсолютному числу видов, так и по индексу Шеннона), суммарное обилие и биомасса значительно выше аналогичных показателей 2011 года. Снижение в августе общей численности фитопланктона, вероятно, связано с истощением запаса биогенных элементов и частичным выеданием водорослей зоопланктоном, значительный подъем численности которого наблюдался в начале или в середине лета.

Доминирующий комплекс фитопланктона составляют 12 видов из четырех таксонов: цианобактерий, диатомовых, зеленых и эвгленовых водорослей. Наиболее постоянным компонентом комплекса является вид диатомовых *Synedra tabulata*, предпочитающий α -мезосапробные воды. Комплексы доминирующих видов 2011 и 2014 года различны, как по количеству видов, по видовому составу, так и по характеру смены в течение вегетативного сезона.

По биомассе преобладают диатомовые водоросли (65,6%). Основу биомассы отдела обеспечивали крупноклеточными одиночные виды, такие как *Synedra tenera*, *S. tabulata*, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., колониальный вид *Melosira varians* Ag., а также мелкоклеточный вид *Cyclotella radiosa* (Grun.) Lemm.

Заметной долей в создании биомассы из оставшихся таксонов фитопланктона 2011 года обладали эвгленовые, в 2014 году – стрептофитовые водоросли (*Staurostrum tetracerum* Ralfs и *S. chaetoceros* (Schrod.) G.M. Smith.), в 2015 году – динофитофитовые водоросли (*Peridiniopsis kevei* Grig., *P. elpatiewsky* (Ostenfeld) Bourrelly, *Peridinium umbonatum*). Отмеченное нами высокое содержание органики и биогенных элементов в водах исследованных рек – причина повышенного уровня вегетации водорослей из отдела эвгленовых и слабого развития золотистых. Развитие водорослей рода *Staurostrum* обусловлено их способностью к активной вегетации в ацидофильных условиях, характерных для водохранилища в связи с попаданием в него кислых вод заброшенных рудников.

Максимальными показателями биомассы фитопланктон характеризовался в летний период, а именно в периоды с максимальными температурами.

Динамика численности и биомассы фитопланктона и его величины в верховьях и низовьях водохранилища в 2015 году значительно отличаются. В целом, абсолютные показатели численности и биомассы верховий гораздо ниже. Минимум их приходится на конец июня, после которого численность микроводорослей постепенно возрастает к сентябрю. В низовьях водохранилища численность и биомасса альгофлоры практически весь сезон является высокой, особенно в июле, резко снижаясь осенью.

Фитопланктон НТГП

В составе фитопланктона Нижнетагильского городского пруда за 2010-2015 гг. зарегистрировано 558 таксонов рангом ниже рода (523 вида, их подвиды, вариации и формы), относящихся к десяти крупным таксонам, из которых Cyanoprokariota являются прокариотами, а остальные девять – отделами эукариотического царства растений.

В целом преобладающими группами по числу видов являются зеленые и диатомовые водоросли, что типично для водоемов умеренной зоны, для зоны смешанных лесов Западной Сибири. Следует отметить, что в последние два года зеленые водоросли значительно превосходят по этому показателю отдел диатомовых, что может являться следствием стимуляции их развития вселением *Chlorella vulgaris* ИФР-111. Вторыми по видовому разнообразию являются цианобактерии и эвгленовые. Водоросли других отделов не играют заметной роли в структуре фитопланктона, они не создают высокой численности и представлены небольшим количеством видов.

Общее число видов водорослей, регистрируемых одновременно, возрастает с 2010 по 2013 года, сохраняясь на достигнутом уровне в 2014 году и несколько снижаясь в 2015. Индекс Шеннона фитопланктона демонстрирует сходную тенденцию.

В разное время 30 видов из шести крупных таксонов микроводорослей преодолевали 10%-ный порог от суммарной численности фитопланктона в пробах одного месяца. Наибольшее число видов-доминантов характерно для фитопланктона июньского и августовского периодов. Наиболее часто в комплекс доминирующих видов попадают такие микроводоросли как *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *Asterionella formosa* Hassall, *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Stephanodiscus hantzschii* Ehr.

Суммарная численность и биомасса фитопланктона за последние шесть лет испытывают значительные колебания. Значения данных показателей пяти лет – 2010, 2011, 2013-2015 годов – близки друг другу и соответствуют значениям умеренного цветения. Заметно превышают их значения 2012 года, обилие и биомасса фитопланктона в данный период на порядок выше и достигали уровня интенсивного цветения. Основную роль в этой вспышке сыграли диатомовые водоросли, развитие которых идет в водах, богатых органическими веществами и ионами железа. Однако, уровень нитратов и нитритов, фосфатов в водоем, концентрация ионов железа в 2012 не достигает необходимого уровня для подобной вспышки, за вспышкой микроводорослей

не следует аналогичная вспышка численности зоопланктона, поэтому данные этого года, возможно, не являются корректными, достоверными.

Следует отметить, что за последние три года доля синезеленых водорослей в суммарном обилии и биомассе возрастает, а зеленых — уменьшается.

Зоопланктон Леневского водохранилища

Видовое богатство зоопланктона Леневского водохранилища по итогам двухлетних исследований составило 77 видов, относящихся к таким крупным таксонам как простейшие (Protozoa), коловратки (Rotifera), ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие (Copepoda) ракообразные, а также один вид из отряда карпоедов Arguloidea. Следует отметить, что представители последнего таксона относятся к экологической группе пелагобентоса, виды остальных таксонов — к группе собственно-планктонных организмов.

Основу таксономического состава составляют коловратки, ветвистоусые раки, и веслоногие раки. В течение трех лет исследования доля в видовом разнообразии и в суммарной биомассе коловраток и ветвистоусых рачков увеличивается. Численность возрастает у ветвистоусых, у коловраток и веслоногих уменьшается. Преобладание коловраток в видовом разнообразии является индикатором органического загрязнения в водоеме. Соотношение таксонов по видовому богатству и обилию позволяют оценить состояние водоема в 2011 году как политрофное, а в 2014 и 2015 гг. — как мезотрофное.

Комплекс видов, преобладающих по числу экземпляров в фауне Леневского водохранилища, составляют 13 видов зоопланктона, а также личиночные стадии Cyclopoida. Наиболее стабильно в группы субдоминантов и доминантов входят только два вида коловраток *Asplanchna priodonta* и *Keratella quadrata quadrata*. Большинство видов доминирующего комплекса являются индикаторами эвтрофных вод.

Практически все показатели зоопланктона: видовое разнообразие (как по абсолютному количеству видов, так по индексу Шеннона), суммарное обилие и суммарная биомасса в 2014 году выше, чем в 2011 и в 2015 г.

По суммарной биомассе за вегетационный период 2014 и 2015 гг. можно сказать, что зоопланктон является рачковым с преобладанием ветвистоусых. Однако следует отметить, что доля коловраток в суммарной биомассе в последний год выше, чем в 2014 году.

В начале сезона планктон преимущественно коловраточный. В июле картина соотношения биомасс отдельных таксонов зоопланктона резко меняется: доля коловраток близка к нулю, планктон представлен преимущественно веслоногими раками. В последующие месяцы зоопланктон остается рачковым, но уже с некоторым преимуществом ветвистоусых.

Численность и биомасса зоопланктона за 2015 год в верховьях водохранилища значительно меньше, по сравнению с аналогичными показателями низовий. Динамика численности и биомассы различных мест отбора проб имеют сходную картину: резкое уменьшение в конце июня через месяц сменяется резким возрастанием, затем плавно снижается к осени. Основной причиной подобной динамики является резкий спуск воды в водоеме в июне, в результате которого попадают воды из заброшенных, затопленных шахт рудников.

Различные результаты разных лет могут объясняться рядом причин, как объективными, так и субъективными. К числу первых можно отнести естественные колебания численности, столь характерные для мелких и быстро размножающихся организмов, таких как большинство видов фитопланктона, или охватом разных этапов процессов самоочищения водохранилища. В 2011 году процессы вселения политрофного вида *Chlorella vulgaris* только были начаты, тогда как к 2014 году процесс самоочищения с помощью данной водоросли насчитывал четыре года. К субъективным можно отнести тот факт, что отбор проб, определение видового состава, его численности и биомассы производился разными специалистами, а соответственно сумма таких качеств как квалификация специалистов, место отбора проб (расстояние от берега, глубина и т.п.), соответствие стандартам методик сбора и определения ряда показателей фитопланктона могла также повлиять на полученные результаты.

Кроме того в 2015 году в результате резкого спуска воды, в Леновское водохранилище попадают кислые воды из затопленных шахт рудников.

Зоопланктон НТГП

За период с 2010 по 2015 гг. в составе зоопланктона Нижнетагильского водохранилища зарегистрировано 170 таксонов, рангом ниже рода (видов, подвидов и форм), относящихся к шести крупным группам: подцарству Простейшие (Protozoa), типу Коловратки (Rotifera), классу Насекомые (Insecta, Arthropoda), классу паукообразные (Arachnida, Arthropoda) и двум группам класса Ракообразные (Crustacea, Arthropoda): подотряду Ветвистоусые (Cladocera) и отряду Веслоногие (Copepoda).

Наибольший вклад в видовое разнообразие и суммарное обилие вносят коловратки. Ведущей группой по биомассе по итогам 2010-2015 гг. являются ветвистоусые ракообразные, хотя в отдельные годы на первое место выходили и веслоногие. Доля коловраток на протяжении последних четырех лет как по обилию, так и по биомассе снижается, а доля ветвистоусых – увеличивается.

Для зоопланктона в течение вегетационных сезонов 2010-2015 гг. наблюдались типичные для континентальных водоемов два пика возрастания числа видов, численности и биомассы зоопланктона: весенне-летний и летне-осенний. Спад численности и биомассы между двумя пиками обусловлен различными причинами: либо превышением ПДК по цинку, либо пониженными температурами. Лишь в динамике численности 2013 и 2015 гг. был зарегистрирован один максимум, приходящийся на середину лета.

Судя по суммарному числу видов зоопланктона, обнаруживаемых за один период, и значениям индекса Шеннона, можно сделать вывод, что видовое разнообразие зоопланктона Нижнетагильского городского пруда возрастает в течение 2010-2013 гг., стабилизируется в 2014 и несколько снижается в 2015 году.

Всего за исследуемый период в различные периоды 22 вида преодолевали 10%-ный порог от суммарной численности в пробе, большинство из которых принадлежит коловраткам (10 видов) и ветвистоусым ракам (7 видов). Подавляющее большинство видов комплекса являются олиго-β-мезотрофными.

К ним принадлежат и наиболее часто достигающие массового развития: *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, за исключением олигомезотрофного *Bosmina coregoni*.

Доминирование в весенний и осенний периоды, когда из-за повышенного поверхностного стока возрастает уровень трофности водоема, не только устойчивых к загрязнению видов (β - α -мезотрофного *Brachionus calyciflorus calyciflorus*), но и менее толерантных к загрязнению (олиго- β -мезотрофных), видов может быть объяснено не только особенностями жизненного цикла данных видов, в частности, способностью переживать зиму во взрослом состоянии, но и ранней интенсификацией процессов самоочищения благодаря двум подледным вселениям в городской пруд политрофного вида *Chlorella vulgaris*, сглаживающего межсезонное увеличение уровня трофности водоема.

Так как веслоногие сохраняют свою численность на приблизительно одном уровне, а коловратки уменьшают, можно предположить, что трофический уровень, уровень загрязнения органическими веществами, исследуемого водоема несколько снижается. Характер распределения долей в общей численности зоопланктона 2013 и 2015 гг. близок к высокотрофному, тогда как в 2014 г. – к мезотрофному.

В отличие от видового разнообразия, суммарная численность и биомасса зоопланктона за последние четыре года снижается. Наибольший вклад в образовании биомассы зоопланктона вносят личиночные стадии веслоногих рачков и крупная коловратка *Asplanchna priodonta*.

В весенний период основу биомассы чаще всего составляли веслоногие рачки. Летняя биомасса образуется в основном за счет обеих групп ракообразных, иногда в августе веслоногие замещались коловратками. Осенью чаще всего биомасса создается ветвистоусыми.

Качество воды Леновского водохранилища

Всего было зарегистрировано среди фитопланктона 117 видов и форм – индикаторов сапробности и 56 видов и форм этой группы среди зоопланктона. Среди фитопланктона преобладают β - и α - β -мезосапробы: 79 видов или 40,5%, среди зоопланктона α - и α - β -мезосапробы – 44 вида или 57,1%

Таблица Результаты оценки качества воды по планктону.

Компонент	Показатели	Пантле-Букка		Индекс трофности Миллиуса		Индекс Шеннона		$Q_{B/T}$	
		значение	интерпретация	значение	интерпретация	значение	интерпретация	значение	интерпретация
Фитопланктон	2011	–	β-мезо-сапробная зона, III класс качества вод, категория умеренно загрязненных	44,6	мезотрофный	0,(6)	–		
	2014	2,06		62,04	эвтрофный	2,5	III и IV класс качества вод, загрязненные и умеренно загрязненные воды		
	2015	2,12		55,25		2,66			
Зоопланктон	2011	1,55				1,55		1,5	Мезотрофный уровень
	2014	1,54				1,98		–	
	2015	1,41				1,42		–	

Учитывая значения индексов (Табл.) можно сказать, что качество воды Леновского водохранилища во все года исследований соответствует мезотрофному уровню органического загрязнения. Тем не менее, повышение видового богатства, а также особенности структуры фито- и зоопланктона в 2014 году (незначительное число видов доминирующего комплекса, увеличение роли веслоногих, уменьшение роли коловраток и др.) свидетельствуют о более благоприятной состоянии живого компонента водоема в данном году, чем в последний год исследований. Следовательно, реабилитация Леновского водохранилища путем вселения водоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 способствует улучшению экологического состояния водоема, не вытесняя аборигенные виды на фоне стабильного уровня загрязнения.

Экологическое состояние акватории НТГП по биологическим показателям

При усреднении данных видового разнообразия групп водорослей по относительному обилию последних трех лет образуются кривые, которые весьма близки к кривой идеального сообщества – кривой Раункиера. Следовательно, структура альгоценоза Нижнетагильского городского пруда свидетельствует об достаточно высокой степени устойчивости за счет выравнивания и уменьшения долей видов суб-, и супердоминантов, увеличенных долей очень редких, или спорадичных, видов. Следует отметить, что биологическая реабилитация путем коррекции альгоценоза несколько не нарушает баланс между видами аборигенной флоры, а, стимулируя развитие других зеленых водорослей, только способствует успешному развитию редких и малочисленных видов, что в свою очередь увеличивает экологическую устойчивость альгоценозов к колебаниям условий внешней среды.

Таблица Результаты оценки качества воды по планктону.

Компонент	Показатели	Пантле-Букка		Индекс трофности Миллиуса		Индекс Шеннона		$Q_{B/T}$	
		Значение, $\bar{x}$	интерпретация	значение, $\bar{x}$	интерпретация	значение, $\bar{x}$	интерпретация	значение, $\bar{x}$	интерпретация
Фитопланктон	2010	1,84	Незначительно возрастает в пределах значений β -мезо-сапробной зоны, III класса качества вод, категории умеренно загрязненных	51,2	преимущественно мезотрофные воды	2	III и IV класс качества вод, загрязненные и умеренно загрязненные воды		
	2011	1,77		47,3	эвтрофные воды	1,66			
	2012	2		76,4	преимущественно мезотрофные воды	—			
	2013	2,07		50,1	преимущественно мезотрофные воды	2,75			
	2014	2		55,4		2,4			
	2015	2,03		54,06		2,46			
Зоопланктон	2010	—				—		1	Мезотроф

НКТОН	2011	–				–		2	ный уровень
	2012	1,49				–		1,5	
	2013	1,5				2,02		1,67	
	2014	1,53				1,95		2	
	2015	1,42				1,65		0,(3)	Олиготро фный уровень

На основе совмещения результатов анализа комплекса биологических показателей воды экологическое состояние Нижнетагильского водохранилища может характеризоваться как умеренно загрязненное, мезотрофное, то есть его воды соответствуют III классу качества. Изменения качества вод за последние пять варьируют преимущественно в пределах данного уровня. Исключение составляют значения биомассы и численности фитопланктона 2012 года. Так как кратное превышение данных показателей не сказывается на состоянии хищного зоопланктона, а концентрация биогенов и ионов железа относительно стабильно, данные по фитопланктону этого года могут считаться некорректными.

Для более заметного эффекта необходимо продолжение реабилитационных работ по полной программе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ И ВЕБ-ИСТОЧНИКОВ:

1. Горбулин О.С. Эколого-биологические характеристики Cryptophyta флоры Украины // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: біологія. – Вип. 13, №947. – С. 47-56.
2. Кордэ Н.В. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, ч. 1. С. 383-413.
3. France R.L., YungY.-K., Welbourn P.M. Identification of metaphytic Zygnemataceae algae in acid-sensitive Canadian Shield Lakes // *Algol. Stud.* — 1992. — 66. — P. 99—103.
4. Vinebrooke R.D, Graham M.D. Periphyton assemblages as indicators of recovery in acidified Canadian Shield lakes // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* — 1997. — 54, N 7. — P. 1557—1568
5. Brundin L. Chironomiden und andere Bodentiere der sudschwedischen Urgebirgsseen. – Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm, 1949, 30. – 914 pp.
6. Ettl H. Chlorophyta. Phytomonadina // *Susswasserflora von Mitteleuropa.* – Jena, 1983. Bd 9. – 807 p.
7. Ettl H. Chlorophyta. Phytomonadina // *Susswasserflora von Mitteleuropa.* Jena, 1983. Bd 9. 807 p.
8. Ettl H., Gartner G. Chlorophyta II. Tetrasporales, Chlorococcales, Gloedendrales // *Susswasserflora von Mitteleuropa.* – Jena, 1983. Bd 10.– 436 p.
9. Ettl H., Zerloff G., Heynig H., Mollenhauer D. Dinophyceae (Dinophlagellida) // *Susswasserflora von Mitteleuropa.* Jena, 1990. Bd 6. – 448 p.
10. Fauna Aquatica Austriaca /A comprehensive Species Inventory of Austrian Aquatic Organisms with Ecological Notes . (By Ed. Moog O).– 1 - 2nd Edition, Vienna, 1995-2002.
11. FaunaEuropea [Электронный ресурс] – Режим доступа к изд.: <http://www.faunaeur.org>
12. Hellawell I. M. Biological indicators of fresh-water pollution and Environmental Management. – London; New-York, 1986. – 546 p.

13. Husted F. Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Yova. Bali und Sumatra // Arch. Hydrobiol. Suppl. 1939. Bd 16.: Das Phytoplankton Susswassers. Systematik und Biologie. T. 7. H. 1. – Stuttgart, 1983. – 1044 p.
14. Kolbe R. Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser Diatomeen. Pflanzenforschung. H.1. 1927.
15. Komarek J., Anagnostidi K. Cyanoprocariota. T. 1. Chroococcales // Susswasserflora von Mitteleuropa. – Jena; Stuttgart, 2000. – 643 p.
16. Komarek J., Fott B. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales // Die Binnengewässer Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. Bd 16.
17. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae // Susswasserflora von Mitteleuropa. – Jena, 1986. – 876 p.
18. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Susswasserflora von Mitteleuropa. – Jena, 1988. – 596 p.
19. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Susswasserflora von Mitteleuropa. – Jena, 1991a. – 576 p.
20. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthesaceae, Kritische Ergänzung zu Navicula (Lieolates) und Gomphonema. Geamliteraturverzeichnis // Susswasserflora von Mitteleuropa. – Jena, 1991b. – 437 p.
21. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. – GWF 96/18/ - 1955. – 604 s.
22. Part. 3. Adult males // Ent. Scand. Suppl. №34. – Lund, Sweden, 1989. – 532 pp.
23. Popovsky J., Pfister L. Dinophyceae (Dinoflagellata) // Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena, 1990. – 272 p.
24. Sládeček V. Diatoms as indicators of organic pollution // Acta Hydrochim. Hydrobiol. 1986. V. 14, No. 5. – P. 555-566.
25. Sládeček V. Rotifers as indicators of water quality. Путь доступа: www.abctaxa.be/.../Sladeczek_1983.pdf/download
26. Sládeček V. System of water quality from biological point of view // Ergebnisse der Limnologie. Heft. 7, 1973. – P. 218.

27. Starmach K. Chryzophyceae und Hantophyceae // Susswasserflora von Mitteleuropa, Jena; Stuttgart, 1985. Bd 1. – 515p.
28. Wegl R. Index fur die Limnosaprobitat // Wasser und Abwasser. 1983. Bd 26. – 175 s.
29. Wiederholm T. (Ed.) Chironomidae of the Holarctic region. Keys & diagnoses. Part. 1. Larvae // Ent. Scand. Suppl. №19. – Lund, Sweden, 1983. – 457 pp.
30. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб., 2001. – 147 с.
31. Андроникова И.Н. (1980) Изменения в сообществе зоопланктона в связи с процессом эвтрофикации. В: Эвтрофирование мезотрофного озера, с. 78-99.
32. Андроникова И.Н. (1996) Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука. 190 с.
33. Андроникова И.Н. (2007) Оценка информативности показателей зоопланктона как биоиндикатора в мониторинге озерных экосистем. В: Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем, с. 212-216.
34. Архив погоды в Висиме. Путь доступа: http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Висиме
35. Асаул З.І. Визначник евгленових водоростей Української РСР. – Київ, 1975. – 406 с.
36. Ахмадуллова А.Э. Влияние «цветения» синезеленых водорослей на экологическое состояние водоемов. // Альманах научных открытий. Путь
37. Баженова О.П. Видовой состав и эколого-географическая характеристика водорослей среднего Иртыша Электронный научный журнал «Вестник Омского государственного педагогического университета» Выпуск 2006 ▪ www.omsk.edu
38. Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. – Л.: Наука, 1979. – С. 58–79.
39. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. – Л., 1979. – С. 169-172.
40. Барина С.С. Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.

41. Баринова С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364 с.
42. Белых О.И., Сорокикова Е.Г., Калужная О.В., Федорова Г.А., Данилова Э.В. (2010) Видовой состав планктонных цианобактерий озера Котокельского (Бурятия) в период токсичного «цветения» 2009 г. В: Современные проблемы гидроэкологии: Тезисы докладов 4-й Международной научной конференции, посвященной памяти профессора Г.Г. Винберга. СПб., с.22.
43. Беляева П.Г. Альгологическая характеристика реки Сылва и ее притоков: Материалы докладов II всероссийской научно-практической конференции «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге». Сыктывкар, 5 - 9 октября 2009 г. – Сыктывкар, 2009. – С. 44-47.
44. Белякова Р.Н. и др. Водоросли, вызывающие "цветение" водоемов северо-запада России / Р.Н. Белякова, Л.Н. Волошко, О.В. Гаврилова, Р.М. Гогорев, И.В. Макарова, Ю.Б. Околотков, Л.А. Руднина. – М.: Товар-во науч. изд-ний КМК, 2006. – 367с.
45. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоемов. – Пенза, 2008. – 137 с.
46. Богданов Н.И., Асанов А.Ю. Прудовое рыбоводство. – 3 изд., доп. – Пенза, 2011. – 89 с.
47. Валеева Э.И. Альгофлора водоемов бассейна Туринско-Пышминского междуречья в нижнем течении. 18 с. Путь доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/algoflora-vodoemov-basseyna-turinsko-pyshminskogo-mezhdurechya-v-nizhnem-techenii>
48. Власова Е. Я. Регулирование качества окружающей среды в крупнейших городах: Организационно-экономический аспект: диссертация ... кандидата экономических наук : 08.00.05. - Екатеринбург, 2002. - 256 с.
49. Водные ресурсы Свердловской области / Под науч. ред. Н. Б. Прохоровой; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург, 2004 – С. 128-130.
50. Водоросли. Справочник / Вассер С.П., Кондратьева Р.В., Масюк Н.П. и др. – Киев: Наук.думка, 1989. – 608 с.
51. Водохранилища Урала. Справочник. ЦБНТИ Минводхоза СССР, Москва, 1988. – 195 с.

52. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных экосистем (локальный уровень). – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 281 с.
53. Габышев В.А., Иванова А.П., Габышева О.И. К изучению фитопланктона малых рек бассейна средней Лены. : Материалы докладов II всероссийской научно-практической конференции «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге» . Сыктывкар, 5 - 9 октября 2009 г. – Сыктывкар, 2009. – С. 48-50.
54. Генкал С.И. Атлас диатомовых водорослей планктона реки Волги. С-Пб., 1992. 128 с.
55. География Свердловской области: Электронный учебник. Путь доступа: <http://geografia-sverd.ucoz.ru/index/vody/0-36>
56. Гиляров А.М. Динамика численности планктонных ракообразных в пресных водах./ Автореф. докторской дисс., М.: МГУ, 1984.- 44 с.
57. Гиляров А.М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. - М., Наука, 1987.- 191 с.
58. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып.2. Синезеленые водоросли. – М.: Сов. Наука, 1953. – 652 с.
59. Голоколенова Т.Б. Структурно-функциональные характеристики фитопланктона Цимлянского водохранилища (2006-2008 гг.). : Материалы докладов II всероссийской научно-практической конференции «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге» . Сыктывкар, 5 - 9 октября 2009 г. – Сыктывкар, 2009. – С.62-64.
60. Гольд З.Г., Гольд В.М. Общая гидробиология: Учебно-метод. пособ.– 2-е изд., перераб. – Красноярск: Сиб. федерал.ун-т, 2013. – с.
61. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. 20 с.
62. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
63. ГОСТ Р 51592-2000. «Вода. Общие требования к отбору проб»;

64. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. – М.: СоЭС, Метод.центр “Эколайн”, 2000. Адрес в Интернет www.cci.glasnet.ru/mc/refbooks/hydrochem
65. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л., 1985. – 244 с.
66. Дедусенко-Щеголева Н.Т., Голлербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР; вып.5. Желто-зеленые водоросли – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 272 с.
67. Дедусенко-Щеголева Н.Т., Матвиенко А.М., Шкорбатов Л.А. Зеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8. Класс Вольвоксовые. (Chlorophyta: Volvocineae). – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – 230 с.
68. Деревенская О.Ю. К изучению зоопланктона пелагиали Куйбышевского водохранилища в пределах акватории Саралинского участка Волжско-Камского заповедника
69. Дзюбан И. А., Кузнецова С. П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям / Тр. Всесоюзной конференции, Москва, 13 ноября 1978 г. – Л., 1978. – С. 160-166.
70. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. – Л., 1974. – Т. I. – 403 с.
71. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. – Л., 1988. – Т. II. – Вып. 1. – 116 с.
72. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. – СПб., 1992. – Т. II. – Вып. 2. – 125 с.
73. Диатомовый анализ. – Л., 1949-1950. – Кн.1-3.
74. Дмитриева А.Н., Анисимова О.В. Сравнительная характеристика видового разнообразия фитопланктона рек бассейна Иваньковского водохранилища. : Материалы докладов II всероссийской научно-практической конференции

- «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге» .
Сыктывкар, 5 - 9 октября 2009 г. – Сыктывкар, 2009. – С. 70-72.
75. доступа: <http://tele-conf.ru/aktualnyie-problemyi-ekologii/vliyanie-tsveteniya-sine-zelenyih-vodorosley-na-ekologicheskoe-sostoyanie-vodoemov.html>
76. Еремкина Т. В., Ярушина М. И. Фитопланктон как показатель загрязнения водоемов Среднего и Южного Урала //Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Сборник тезисов докладов II Международной конференции (Санкт-Петербург, 10-14 октября 2011 г.). – СПб., 2011. – С. 69.
77. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. – М., 1960. – 189 с.
78. Журавель П.А. О фауне лиманного комплекса системы Нижнего Днепра и прогноз ее формирования в Каховском водохранилище // Вестник института гидробиологии Днепропетровского гос. ун-та. – 1952. – № 9. – С. 77-97.
79. Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып.4. Диатомовые водоросли – М.: Сов. Наука, 1951. –620 с.
80. Зимбалева Л.Н., Сухойван П.Г., Черногоренко М.И. Беспозвоночные и рыбы Днепра и его водохранилищ. – Киев, 1989. — 245 с.
81. Иванова М.Б. Влияние загрязнения на планктонных ракообразных и возможность их использования для определения загрязнения рек // Методы биологического анализа пресных вод. ЗИН АН СССР. – Л., 1976. – С.68-80.
82. ИСО 5667/1. Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программы отбора проб.
83. ИСО 5667/2. Качество воды. Отбор проб. Часть 2. Руководство по методам отбора проб.
84. ИСО 5667/3. Качество воды. Отбор проб. Часть 3. Руководство по хранению и обработке проб.
85. Капустин В.Г., Корнев И.Н. География Свердловской области. Учеб.пособ. – Екатеринбург: Изд-во Дом учителя, 2000. – 300 с.
86. Киевское водохранилище. Гидрохимия, биология, продуктивность. – Киев: Наук, думка, 1972. — 450 с.

87. Киселев И.А. Пирофитовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6. – М.: Сов.наука, 1954. – 212с.
88. Китаев С.П. (2007) Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 394 с.
89. Количественные методы экологии и гидробиологии: сб.науч.тр./ Под.ред. Г.С. Розенберга. – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – 404 с.
90. Комиссаров А.Б. Сравнительная характеристика фитопланктона рек-притоков верхней Волги. : Материалы докладов II всероссийской научно-практической конференции «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге» . Сыктывкар, 5 - 9 октября 2009 г. – Сыктывкар, 2009. – С.84-87.
91. Комулайнен С .Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. – 81 с.
92. Комулайнен С.Ф.1, Чекрыжева Т.А.2 СТРУКТУРА АЛЬГОЦЕНОЗОВ В ВОДОЕМАХ ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ РЕКИ КЕНТИ, РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ : Материалы докладов II всероссийской научно-практической конференции «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге» . Сыктывкар, 5 - 9 октября 2009 г. – Сыктывкар, 2009. – С. 90-92.
93. Кондратьева Н. В. Морфология и систематика гормогониевых водорослей, вызывающих «цветение» воды в Днепре и днепровских водохранилищах. – Киев, 1972. – 149 с.
94. Кондратьева Н.В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. I. Синьо-зелені водорості – Cyanophyta. Ч. 2. Клас Гормогонієві – Hormogoniophyceae. – Київ, 1968. – 523 с.
95. Кондратьева Н.В., Коваленко О.В. Краткий определитель видов токсических синезеленых водорослей. – Киев, 1975.
96. Коршиков О.А. Определитель пресноводных водорослей Украинской ССР. – Киев: Изд-во АН УССР, 1953. – 439с.
97. Косарева Е.Н., Богданович Н.И. Экотоксикологический контроль сточных вод посредством методов биотестирования на предприятиях ЦБП // Лесной журнал». 2007. № 1 – С. 101-111.

98. Косинская Е.К. Конъюгаты или Сцеплянки. Десмидиевые водоросли. Выпуск 1. // Флора споровых растений СССР. Т. 5. – Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – 706 с.
99. Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод / под ред. А.Ф. Алимова, М.Б. Ивановой; отв. за вып. З.Г. Гольд.– Красноярск: СФУ, 2008
100. Крючкова Н.М. Структура сообщества зоопланктона в водоемах разного типа. / Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. - Л.: Наука, 1987. – С. 184-198.
101. Кузьмин Г.В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. – Магадан. 1984. – 48 с.
102. Кутепова М. Кислая мина // НЭП 08 // Ежедневные Экономические Вести. 21.07.2010 Путь доступа: <http://nep08.ru/industry/2010/07/21/8907/>
103. Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Plomida, Monimotrochida, Paedotrochida) // В серии: Определители по фауне СССР. Л, 1970. – 744 с
104. Левич А.П., Булгаков Н.Г. Информационно-аналитическая система «Экологический контроль природной среды по данным биологического и физико-химического мониторинга». Путь доступа :<http://ecograde.bio.msu.ru/index.html> Ленеvское вдхр. Путь доступа: http://reki-ozera.ru/rybalka_v_sverdlovskoy_obl/ozera/109025-vodohranilische-lenevskoe.html
105. Макеев И.С. Особенности видовой структуры зоопланктоценозов озер урбанизированных территорий как показатель антропогенной нагрузки (на примере водоемов г. Н. Новгорода): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 1999.
106. Макрушин А.В. Библиографический указатель по теме "Биологический анализ качества вод" с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. – Л., 1974. – 52 с.
107. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л., 1974. – 60 с.
108. Матвієнко О.М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Золотисті водорості – Chryzophyta. Т. 3, ч. 1. – Київ, 1965. – 365 с.

109. Матвієнко О.М., Литвиненко Р.М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Пірофітові водорості – Pyrophyta. Т. 3, ч. 2. – Київ: «Наукова думка», 1977. – 386 с.
110. Матвиенко А.М. Золотистые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 3. – М.: Сов.наука, 1954. – 188с.
111. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Отв. ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовской. – М.: Наука, 1975. – 239с.
112. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л.: 1982. – С 1 – 15.
113. Мингазова Н.М., Деревенская О.Ю. Концепция и методология восстановления малых озер // Гидробиол. журн. 1998. Т. 34, № 5. С. 22–31.
114. Михеева Т. М. О загрязнении и зоопланктоне Верхнего Днепра, 1973
115. Монаков А. В. Питание пресноводных беспозвоночных – М., 1998. –320 с.
116. Мошкова Н.А., Голлербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып 10 (1). Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые. Chlorophyta: Ulotrichophyceae. Ulotrichales. – Л.: Наука, 1986. – 360с.
117. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992 –180 с.
118. Мязметс Ф.Х. (1980) Изменения зоопланктона. В: Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, с. 54-64.
119. Набережный А.И. Влияние загрязнений на структуру, количественное соотношение и продукцию основных групп гидрофауны Дубоссарского водохранилища. Зоопланктон. Октябрь 1st, 2009. Путь доступа: <http://hydrobiologist.com/2009/10/01/influence-pollution-zooplankton/>
120. Нахшина Е.П. Микроэлементы в водохранилищах Днепра. – Киев: Наук, думка, 1993. – 160 с.
121. Национальный атлас России. Том 2. Природа. Экология. М.: Роскартография, 2007. – 495 с.
122. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 1. Низшие беспозвоночные: Губки, Книдарии,

- Турбеллярии, Коловратки, Гастротрихи, Нематоды, Волосатики, Олигохеты, Пиявки, Мшанки, Тихоходки. – СПб., 1994. – 396 с.
123. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 1. Низшие беспозвоночные: Губки, Книдарии, Турбеллярии, Коловратки, Гастротрихи, Нематоды, Волосатики, Олигохеты, Пиявки, Мшанки, Тихоходки. – СПб., 1994. – 396 с.
124. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 2. Ракообразные: Листоногие, Ветвистоусые, Веслоногие, Остракоды, Кумовые, Мизиды, Изоподы, Декаподы, Амфиподы. – СПб., 1995. – 628 с.
125. Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли. – М., 1953. – Вып. 1-12.
126. Паламарь-Мордвинцева Г.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 11(2). Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. *Chloropyta. Conjugatophyceae. Desmidiaceae* (2). – Л., 1982. – 624 с.
127. Патова Е.Н. Цианопрокариотическое «цветение» водоемов восточноевропейских тундр (флористические и функциональные аспекты) // Теоретические проблемы экологии. №3, 2007.
128. Петрова Н.А. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. Л., 1990.
129. Пичугин А. Л. Ленево водохранилище // Веселые горы. Историко-географические очерки. Незнакомый Урал /А. Л. Пичугин. - Нижний Тагил: Издательство "Репринт", 2009. - С. 305-308.
130. Погода и климат Екатеринбурга и Свердловской области. Путь доступа: <http://www.meteonova.ru/klimat/66/Sverdlovskaya%20Oblast/>
131. Попов А.Н. Особенности восстановления маловодных объектов после маловодных периодов / А. В. Попов // Водное хозяйство России. 2011. – №6. – С. 18-23.
132. Попова Т.Г. Эвгленовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 7. – М.: Сов.наука, 1955. – 282с.

133. Поторочина С.А. Водохранилища Свердловской области и их хозяйственное использование. Вода России. Федеральное агентство водных ресурсов (28 мая 2008). Путь доступа: <http://voda.mnr.gov.ru/part/?act=more&id=4886&pid=963>
134. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли – показатели солёности воды // Диатомовый сборник. – Л., 1953. Вып. I. – С. 187-205.
135. РД 118-0290. Методическое руководство по биотестированию воды. - М., 1991.
136. Ривьер И.К. (1991) Зоопланктон оз. Неро. В: Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск, с. 74-108.
137. Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. – Тольятти: ИЭВБ РАН, Кассандра, 2009. – 477 с.
138. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. – Киев: Генеза, 2004. – 664 с.
139. Романов Р.Е. Состав и структура альгоценозов притоков Верхней Оби: на примере рек Барнаулка и Большая Лосиха: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.00.05. – Новосибирск, 2006. - 277 с.
140. Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора – М., 1977. – 144 с.
141. Ростанец Д.В. Пространственно-временная структура фитопланктона нижнего течения реки Москвы: Автореф дисс. ... уч. ст.канд. биол. наук. – Москва, 2011. – 26 с.
142. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем” / Под ред. В. А. Абакумова. - СПб.: Гидрометеиздат. 1992. – 284 с.
143. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240с.
144. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / отв. ред. В.А. Абакумов и др. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.

145. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. – М.: Университет и школа. 2003. – 157 с.
146. СанПиН 2.1.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»
147. Селезнев Д.Г., Силина А.Е. Описание программы статистической обработки данных и расчетов биотических индексов для гидробиологических мониторинговых исследований // Гидробиол. исслед. водоёмов Среднерусской лесостепи (тр. лаб. мониторинга водн. и наземн. экосист. Среднерусской лесостепи: сектор гидробиол. монит. / биоцентр ВГУ «Веневитиново») – Воронеж, 2002. Т. 1. – С. 229–235.
148. Сиренко Л.А. Физиолого-биохимические особенности синезеленых водорослей и задачи их изучения // “Цветение” воды. – Киев, 1969. – Вып. 2. – С. 7-64.
149. Скальская И.А. Зооперифитон водоемов бассейна Верхней Волги. – Рыбинск, 2002. – 256 с.
150. Сладечек В., Розмайлова В. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Индикаторы трофности. – М. Изд. отд. Упр. дел секр-та СЭВ. 1977. – 92 с.
151. Сливяк В. В. От Хиросимы до Фукусимы / Владимир Сливяк. - Москва : Эксмо, 2012. - 252 с.
152. Старцева Н.А., Охалкин А.Г., Юлова Г.А. Состав и структура фитопланктона некоторых малых водоемов г. Нижнего Новгорода как показатели качества воды. Путь доступа: <http://www.dissercat.com/content/sostav-i-struktura-fitoplanktona-gumozno-atsidnykh-vodoemov-na-primere-vodnykh-obektov-zapov>
153. Теоретические вопросы классификации озер / Отв. ред. Н.П. Смирнова. – СПб., 1993. – 360 с.
154. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л.: Наука, 1990. – 184 с.
155. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л., 1990.

156. Унифицированные методы исследования качества вод. Атлас сапробных организмов. – М., 1977. – 277 с.
157. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. Индикаторы сапробности. – М., изд-во СЭВ, 1975. – С. 21-31.
158. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3, прил. 1. – М., 1977. – 91 с.
159. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3, прил. 2. – М., 1977. – 228 с.
160. Фитопланктон. Путь доступа: <http://www.hunt-dogs.ru/2984>
161. Формирование и регулирование качества воды рек Урала. / Под ред. Шахова И. С., Черняева А. М., Попова А. Н. – Красноярск, 1976. – 168 с.
162. Хендерсон-Селлерс Б.И., Марклэнд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. 1990.
163. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. – Киев: Наук.думка, 1990. – 208 с.
164. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. – Киев: Наук.думка, 1990. – 206с.
165. Черная Л. В. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика представителей гирудофауны Среднего Урала: дисс. ... кандидата биологических наук : 03.00.16. - Екатеринбург, 2003. - 194 с.
166. Черняев А. М. Зональность химического состава природных вод Урала // Природно-мелиоративное районирование Урала. – Красноярск, 1981. С. 72 – 86.
167. Чтения им. В.И. Вернадского, 2002. /Инф. ресурс <http://2002.vernadsky.info>.
168. Чупров С.М., Набатова В.А., Гаевский Н.А., Колмаков В.И. Мониторинг цветения воды водоема-охладителя «Березовской ГРЭС-1». Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Социально-экологические проблемы природопользования в Центральной Сибири». Красноярск, КрасГУ, 28-29 ноября 2006 г.

169. Чупров С.М., Набатова В.А., Гаевский Н.А., Колмаков В.И. Сезонные особенности развития фитопланктона водоема охладителя тепловой станции (Березовская ГРЭС-1, Красноярский край) // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: мат. II всероссийской конф. (печ Сыктывкар, 5-9 октября 2009 г.) [электронный ресурс]. – Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УРО РАН, 2009. – режим доступа: http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009/, свободный.
170. Шачнева Е. Ю. Воздействие тяжелых токсичных металлов на окружающую среду // Научный потенциал регионов на службу модернизации. Астрахань : АИСИ, 2012. № 2 (3). – С. 127-
171. Шевелева Н.Г., Кривенкова И.Ф. Состав и структура зоопланктона
172. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. – М.: Наука, 2005. Т. 1. –281 с.
173. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. – М.: Наука, 2005. Т. 2. – 337 с.
174. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга. – Н. Новгород, 1995. – Часть 1. – 190 с.
175. Яковлев В.А. Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования (практические рекомендации) . – Апатиты, 1988. – 25 с.
176. Ярушина М. И., Танаева Г.В., Еремкина Т. В. Флора водорослей водоемов Челябинской области. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 308 с.
177. Ярушина М.И., Еремкина Т.В. Диатомовые водоросли водоемов Челябинской области // Биология внутренних вод. Приложение к № 2, 2008. – С. 54-59.
178. Ярушина М.И., Еремкина Т.В. Фитопланктон эвтрофного озера Силач // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: Материалы Междунар. конф., Оренбург, 30-31 января 2001г. – Оренбург: Газпромпечатъ, 2001. – С. 50-52.