

О Т Ч Е Т

О ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТАХ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МЕТОДОМ КОРРЕКЦИИ АЛЬГОЦЕНОЗА

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА:

ООО НПО «Альгобиотехнология»
Российская Федерация, 394049, г. Воронеж,
ул. Лидии Рябцевой, 50
тел/факс: +7 (473) 239-04-71
www.algobiotehnologia.com
E-mail: abt-vrn@yandex.ru

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ:

Руководитель работ	Лухтанов В. Т.
Директор по производству	Кравченко С. Ф.
Директор по науке, к. г. н	Кульнев В. В.
Микробиолог	Брычаева И. Н.
Альголог	Балабаева Т. П.
Гидробиолог	Палагина Н. И.
Оператор установок	Мухина Т.Ф.
Нормоконтроль	Цыганова Н. Л.

Отчет изложен на 146 страницах, содержит 39 таблиц, 43 рисунка, текстовые приложения, 74 использованных источника.

Ключевые слова: альголизация, аквакультура, синезеленые водоросли, микроводоросль, суспензия хлореллы, фитопланктон, «цветение» воды.

Объект работы. Объектом работы по Договору является Матырское водохранилище.

Цель работы – биологическая реабилитация Матырского водохранилища методом коррекции альгоценоза.

Проведенные работы. В процессе работы был осуществлен очередной этап биологической реабилитации Матырского водохранилища методом коррекции альгоценоза с применением суспензии хлореллы. В работе использована суспензия хлореллы, полученная по ТУ 9284-001-12001826-05. С апреля по октябрь текущего года проводился эколого-геохимический и эколого-гидробиологический мониторинг водохранилища.

Основные показатели – гидрохимические показатели качества воды, количественный и качественный состав фито-, зоопланктона и макрозообентоса Матырского водохранилища.

Результат работы. В результате работы произошла коррекция альгоценоза в пользу диатомовых водорослей, синезеленые водоросли полностью исчезли, значительно уменьшились концентрации тяжелых металлов (медь, железо и марганец). Компоненты, по которым в 2009 – 2010 гг. было отмечено снижение концентрации, остались на прежнем, не превышающем ПДК уровне. Кроме того, в 2011 году по сравнению с 2010 годом уменьшился индекс сапробности на 10%, что свидетельствует об улучшении экологической обстановки и выполнении условий Договора.

Область применения – водохранилища, городские пруды и пруды-отстойники крупных промпредприятий, а также другие крупные пресноводные объекты (соленостью до 18 ‰) подверженные «цветению» воды синезелеными водорослями родов *Anabaena*, *Aphanizomenon* и *Microcystis*.

Значимость работы – учитывая токсичность и патогенность синезеленых водорослей (цианобактерий), экологическая значимость работы высока.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ.....	11
2.1 Гидрохимические работы.....	11
2.2 Определение макрозообентоса	15
2.3 Определение фитопланктона	16
2.4 Определение зоопланктона	18
3. ОБЗОР ИНФОРМАЦИИ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ АКВАТОРИИ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЗА 2010-2011 ГОДЫ....	20
3.1 Трансформация химического состава вод Матырского водохранилища в 2010-2011 г.г.	20
3.2 Динамика химического состава вод Матырского водохранилища за 2006-2011 г.г.....	36
4. МАКРОЗООБЕНТОС МЕЛКОВОДИЙ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2011 Г.	41
4.1 Общая характеристика фауны макрозообентоса Матырского водохранилища в 2011 г.	42
4.2 Характеристика зообентоса верховья и низовья Матырского водохранили- ща в 2011 г.....	60
5. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ СООБЩЕСТВ НИЗШИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ	86
6. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТООЦЕНОЗОВ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	134
ЛИТЕРАТУРА	140
ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ:	
1. Количественный и качественный состав фитопланктона Матырского водо- хранилища за 2011 год.	
2. Количественный и качественный состав макрозообентоса матырского во- дохранилища за 2011 год.	
3. Протоколы определения химического состава воды	
4. Протоколы испытаний аккредитованной лаборатории	

ВВЕДЕНИЕ

Гидрохимические исследования Матырского водохранилища выполнялись по заданию Управления экологии и природных ресурсов Липецкой области в рамках государственного контракта № 4-11 от 28 января 2011г., заключенного с ООО НПО «Альгобиотехнология».

Целью работы являлось проведение комплексных гидробиологических и гидрохимических исследований на акватории Матырского водохранилища для оценки влияния альголизации на качество воды и водные экосистемы, а также восстановление и биологическая реабилитация Матырского водохранилища.

Основными задачами являлось:

- снижение развития синезеленых водорослей в пользу развития зеленых и диатомовых водорослей
- улучшение качества воды в Матырском водохранилище не менее чем по пяти контролируемым параметрам
- восстановление рекреационных свойств Матырского водохранилища
- проведение комплексного гидрохимического и биологического мониторинга в течение вегетативного периода 2011 года

а также:

- изучение физико-географических условий исследуемого водного объекта;
- проведение ежемесячного отбора биопроб и проб поверхностных вод;
- проведение лабораторных исследований качества воды;
- геоботанические исследования водоема;
- анализ полученных лабораторных результатов.

В ходе проводимых исследований ежемесячно отбирались пробы на гидрохимический анализ, в мае, июне, сентябре отобрано по 2 пробы на гидробиологические показатели.

Уровень загрязнения водоема по гидрохимическим показателям оценивался в сравнении с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК), утвержденными 18.01.2010г. приказом Росрыболовства № 20 "Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйствен-

ного значения", СанПиН 2.1.5.980-00 " Гигиенические требования к охране поверхностных вод".

Определение водорослей проводилось по соответствующим определителям с применением общепринятых методик исследований (Диатомовый анализ, 1949-1950; Определители пресноводных водорослей СССР, выпуски 1-12, 1950-1953; Диатомовые водоросли СССР, 1974; 1988, 1992 и др.). Гидробиологические анализы проводились в соответствии с рекомендациями, изложенными в «Руководстве по методам гидробиологического анализа» (1983).

Общие характеристики штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, разработка проекта биологической реабилитации Матырского водохранилища, проведение биологической пробы, расчет нормы вселения в водоем, определение точек вселения отражены в отчетах за 2009 и 2010 гг, представленных ООО НПО «Альгобиотехнология» Заказчику.

1. КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Матырское водохранилище расположено в Липецкой области в центральной части Восточно-Европейской (Русской) равнины, на западной окраине Окско-Донской низменности. Рельеф прилегающей территории представляет собой низменную (выс. до 170 м), слаборасчлененную равнину с большим количеством блюдцеобразных понижений и западин (Рис.1.1).

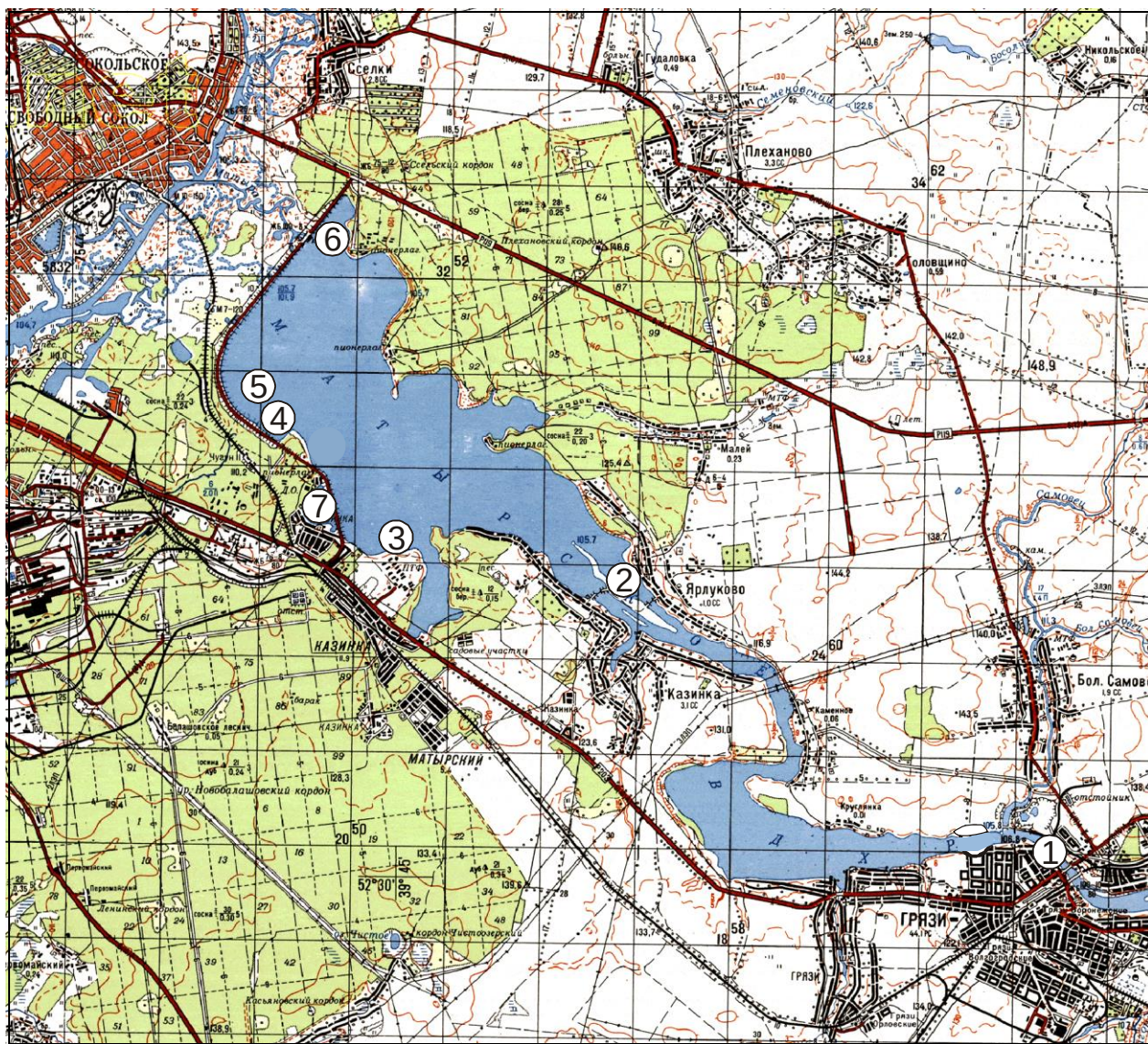


Рис. 1.1 - Схема расположения Матырского водохранилища.

Геолого-гидрогеологические условия исследуемой территории, определяются их расположением в пределах северо-восточного склона Воронежской антеклизы, моноклинальным залеганием пород осадочного чехла.

Приповерхностная часть геологического разреза представлена терригенно-карбонатными породами верхнего девона, нижнего мела, неогена. Палео-

зойско-мезозойские породы с поверхности перекрываются четвертичными отложениями различного генезиса. Средняя мощность пород осадочного чехла в районе города Липецка достигает 500-600 м.

Чередование в разрезе переслаивающихся водопроницаемых и водоупорных толщ обуславливает наличие более двух десятков водоносных горизонтов, приуроченных к отложениям всех перечисленных выше систем. Для исследуемой территории наибольшее водохозяйственное значение имеют гидравлически связанные задонско-елецкий водоносный горизонт и неоген-четвертичный водоносный комплекс.

Климат умеренный континентальный формируется под влиянием тёплых воздушных масс атлантического происхождения. Зима умеренно холодная, с устойчивым снежным покровом; средняя температура января -10,-11°C. Лето теплое, продолжительное; средняя температура июля 19-20°C. В течение 2010г имели место высокие летние температуры. Средние значения в июне-июле превышали среднегодовые на 5-10 градусов. Температурный режим летнего периода 2011 г находился в пределах климатической нормы.

Осадков на исследуемой территории выпадает от 450 до 600 мм в год; около 75% их приходится на теплый период года (с апреля по октябрь). Наименьшая относительная влажность (50% и менее) приходится на летние месяцы.

Матырское водохранилище является самым крупным водохранилищем, построенным в Липецкой области. Оно вытянуто в направлении с юго-востока на северо-запад на 40 км. По проекту водохранилище предназначено для промышленного водоснабжения Новолипецкого металлургического комбината, улучшения водоснабжения Липецкого промышленного узла, орошения прилегающих к водохранилищу сельскохозяйственных земель. По своему назначению и режиму эксплуатации водохранилище уникально, так как Новолипецкий металлургический комбинат, для которого оно построено, непосредственно воду из него не забирает, и его водозаборные сооружения расположены не на водохранилище, а на р. Воронеж. Поэтому режим работы водохранилища устанавливается в зависимости от

естественного расхода воды в р. Воронеж, то есть предусматривает подпитку реки до необходимого расхода [12].

Матырское водохранилище относится к категории равнинных водохранилищ. А это значит, что при его заполнении пойма и надпойменные террасы реки Матыра, занятые, в основном, сельскохозяйственными и лесными угодьями, оказались под водой.

Для таких равнинных водохранилищ характерным элементом являются мелководья – участки с глубинами до 2 м. В связи с тем, что Матырское водохранилище построено на очень плоском рельефе, зоны мелководья здесь занимают до 30% общей площади водохранилища. Дноуглубительные работы по периметру водохранилища не были выполнены в требуемом объеме. Это обстоятельство стало причиной зарастания мелководий тростником, камышом, рогозом и другими влаголюбивыми растениями. Сильно прогреваемые летом мелководные участки водохранилища превращаются в своеобразный питомник для сине-зеленых водорослей и массы разнообразных насекомых.

В морфометрическом отношении водохранилище устроено просто. Оно имеет три расширения: Казинский, Таволжский и Грязинский плёсы, соединённые между собой короткими протоками.

Хозяйственное значение водохранилища с учетом его местоположения исключительно велико, но, несмотря на это, до настоящего времени остается много «белых пятен» в изучении гидрологического, гидрохимического, гидробиологического, санитарно-гигиенического и экологического режимов водохранилища.

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

2.1 Гидрохимические работы

Работы по проведению гидрохимических исследований Матырского водохранилища проведены сотрудниками ООО «Экогеосистема» в апреле-октябре 2010-2011 года. Сотрудники аккредитованы на выполнение соответствующих работ.

В ходе работ был выполнен отбор проб и проведен гидрохимический анализ воды согласно техническому заданию в семи точках. Места и номер отбора проб указаны на прилагаемой карте-схеме (См. рис. 1.1).

При этом пробоотбор воды производился одновременно с проведением альголизации водоема в его приповерхностной части непосредственно в месте введения культуры.

Отбор проб воды производился в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000. «Вода. Общие требования к отбору проб»; ИСО 5667/1. Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программы отбора проб; ИСО 5667/2. Качество воды. Отбор проб. Часть 2. Руководство по методам отбора проб; ИСО 5667/3. Качество воды. Отбор проб. Часть 3. Руководство по хранению и обработке проб.

Всего было отобрано и сделан анализ для 42 пробы воды.

В соответствии с техническим заданием, гидрохимический анализ воды проводился по следующим показателям: запах, цветность, рН, растворенный кислород, кальций, магний, железо общее, марганец, азот аммония, азот нитратный, азот нитратный, фосфаты, биохимическое потребления кислорода (БПК₅), химическое потребления кислорода, медь, хром, цинк, СПАВ, нефтепродукты, общая жесткость, 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. Норматив-

ные документы на метод испытаний каждого из определяемых компонентов приведены далее в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Нормативные документы на методы испытаний

Наименование показателя, размерность	Нормативный документ
Водородный показатель	ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97
Кальций, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.95-97
Магний, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.95-97
Фосфаты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.112-97
Железо общее, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.22-95
Марганец, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.188-02
Медь, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.22-95
Цинк, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.22-95
Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.1-95
Нитраты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.4-95
Нитриты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.3-95
Жесткость общая, ммоль/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.98-97
ХПК, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.100-97
СПАВ, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1.15-95
Нефтепродукты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.116-97
БПК ₅ , мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97
Растворенный кислород, мг/дм ³	РД 52.24.419-95
Запах, балл	ГОСТ 3351-74
Цветность, в градусах	ГОСТ 3351-74
Взвешенные вещества, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.110-97

Основные характеристики точек пробоотбора приводятся далее.

Точка наблюдения №1 располагается в прибрежной левобережной части верховья водохранилища, примерно в 20 метрах ниже по течению от автомобильного моста в г.Грязи.



Рис. 2.1 – Точка пробоотбора №1

Точка наблюдения №2 располагается прибрежной правобережной части водохранилища на западной окраине с. Ярлуково, примерно в 20 метрах ниже по течению от автомобильного моста в г.Грязи.

Точка наблюдения №3 приурочена к мелководной зоне в районе птице-фабрики (н.п. Казинка).



Рис. 2.2 – Точка пробоотбора №3

Точка наблюдения №4 расположена в западной части водохранилища в 10 метрах от места сброса вод котельной НЛМК.



Рис. 2.3 – Точка пробоотбора №4

Точка наблюдения №5 расположена в правобережной приплотинной зоне водохранилища, в северо-восточной части искусственно намытой косы.



Рис. 2.4 – Точка пробоотбора №5

Точка наблюдения №6 находится на правобережье в приплотинной части водохранилища, вблизи детских оздоровительных лагерей.

Точка наблюдения №7 расположена в северной части искусственного пруда, примыкающего к н.п. Казинка и отделенного от водохранилища дамбой.

2.2 Определение макрозообентоса

Обследование макрозообентоса Матырского водохранилища проводилось в III декаде мая (верховье), июня и августа (литораль водохранилища и пруд «Пионерский», куда впервые интродуцировался штамм хлореллы в 2011 г.) и III декаде октября (верховье) 2011 г. в 7 пунктах: 1 пункт – в верховье водохранилища, нижнем русловом участке Грязинского плеса, ниже автодорожного моста; 2 пункт – на границе нижнего руслового участка Таволжанского плеса у с. Ярлуково, 3 пункт – на верхней границе Казинского (приплотинного) плеса, в 1,5 км от пруда «Пионерский», недалеко от птицефабрики; 4 пункт – в центральной части приплотинного плеса, выше песчаной косы, у водосброса котельной Липецкого металлургического комбината; 5 пункт – у плотины, в заиленном левобережье ниже косы; 6 пункт – у плотины в песчаном правобережье. Кроме того, исследован бентос пруда «Пионерский» (7 пункт), в 1,5 км от пункта 3 водохранилища. Все пункты водохранилища, кроме левобережья приплотинного участка, характеризовались незначительным заилением песчаных отмелей, в пруде в литорали отмечено сильное заиление и скопления растительного детрита. Особенности грунта, растительности исследуемых пунктов приведены в протоколах проб.

Пробы макрозообентоса отбирались ковшовым дночерпателем Петерсена с площадью охвата дна $1/40 \text{ м}^2$, по 2 черпания на 1 пробу. Донный грунт промывали в лабораторных условиях по общепринятой методике (Жадин, 1962).

Для определения хирономид, мокрецов, лимонид, клещей и олигохет изготавливались временные (в глицерине) и постоянные (в жидкости Фора) препараты на предметных стеклах (Шилова, 1976). Количественные пробы зафиксированы 70%-м этиловым спиртом. Определение проводилось по определительным таблицам, монографиям и определителям, указанным в списке литературы, а также по эталонным коллекциям препаратов, проверенных ведущими

специалистами по группам ИБВВ РАН, ЗИН РАН, МГУ, СпбГУ и др. Некоторые виды беспозвоночных нуждаются в проверке и в списке приводятся со знаком «?». Численность рассчитывалась в экз. на 1 м^2 , биомасса – в г на 1 м^2 . Для выявления вида сообществ проводилось ранжирование видов по индексу плотности p (Арабина и др., 1986). При описании структуры сообществ применялись индексы Шеннона и их производные: показатель выровненности V , концентрации доминирования Симпсона для численности и биомассы ($Sч$, $Sб$), устойчивости сообществ, A (Алимов, 2000), а также энтропийный показатель фон Форстера F и индекс видового разнообразия Маргалефа (Селезнев, Силина, 2002). Для описания трофической структуры использовались показатели конкуренции (отношения хищных видов к «мирным», X/M) и трофического разнообразия $H_{тр}$ для трофических гильдий, а также для каждой трофической группы и гильдии рассчитывалась доля их биомассы в сообществе. Данные по пищевой специализации видов взяты из монографии А.В. Монакова (1988) и отдельных работ Э.И. Извековой (1980 и др.), А.И. Шиловой (1976), В.М. Глухой (1979), А.Н. Поповой (1953), Е.И. Лукина (1976) и др.

Для оценки качества воды были использованы два расчетных индекса, принятых в гидробиологии: сапробный индекс S , рассчитанный по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека, с использованием показателей сапробности, взятых из различных работ («Fauna Aquatica Austriaca», 1995-2002; Сладечек, Розмайлова и др., 1977; Щербина, 2010), и индекс сапротоксобиности Яковлева, St (Яковлев, 1988).

2.3 Методика изучения сообществ фитопланктона

При изучении сообществ фитопланктона основным объектом исследований являются низшие микроскопические водоросли.

Сбор фактического материала основывается на общепринятых рекомендациях, изложенных в "Методике изучения биогеоценозов внутренних водоемов" (1975) и других пособиях. Отбор проб фитопланктона производился в течение вегетационного сезона 2011 года, - май – сентябрь-начало октября. Это позво-

ляет выявить систематический и эколого-географический состав сообщества низших водорослей и проследить особенности их развития. Всего по Матырскому водохранилищу в 2011 году было отобрано 19 проб объемом по 1,5-2,0 л.

Для таксономического определения низших микроскопических водорослей они изучались с помощью светового (оптического) микроскопа при рабочем увеличении 120х-600х и 1200х. Увеличение определяется путем умножения номера объектива на номер окуляра. Пробы концентрировались методом осаждения. 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.

При изготовлении препарата для просмотра под микроскопом на предметное стекло пипеткой наносится 0,02 мл тщательно перемешанной взвеси осадка-концентрата, она закрывается покровным стеклом (12х12 мм). Далее в каждом препарате в средней части стекла по горизонтальным рядам насчитывалось не менее 500 экземпляров низших водорослей с последующим пересчетом процентных содержаний отдельных форм. Для более полного выявления их видового состава просматривался весь препарат. Для учета встречаемости микроскопических водорослей баллах применяется шкала, которая рассчитывается, 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 1 % - 1 балл, 2-3% – 2 балла, 4-10% - 3 балла, 10-20% - 5 баллов, 20-40% - 7 баллов и 40-100% - 9 баллов. 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). Расчет численности микроскопических водорослей в 1 л воды производился по известной формуле: $N = n \cdot k \cdot (A/a) \cdot v$

($100/V$), где N – количество микроводорослей в 1 л воды исследуемого водоема, k – объем капли (см^3), определенный экспериментально для каждой пипетки, n – количество организмов, обнаруженных на просмотренных рядах, A – количество рядов на предметном стекле, a – количество просмотренных рядов, V – первоначальный объем отобранной пробы (см^3), V – объем взвеси-концентрата пробы (см^3). 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, $\mu\text{м}$). 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 Определение зоопланктона

Для оценки эффективности метода альголизации и последствий его влияния на экосистему водохранилища в 2010-2011 годах проводился гидробиологический контроль по основным группам организмов, в частности, по состоянию зоопланктоценозов. Материалом для исследований в 2011 году послужили количественные пробы зоопланктона, которые отбирались в 2-х из 7-ми (в сравнении с 2010 годом) стандартных станциях, выбранных и утвержденных заказчиком для проведения гидробиологического анализа: в участке «верховье» – станция №1 и в приплотинном участке – станция №6. Пробы отбирались представителями заказчика (НПО «Альгобиотехнология») 4 раза за вегетационный сезон – в конце мая, июня, августа

и сентября. За отчетный период всего отобрано и проанализировано 13 проб зоопланктона, среди них -8 проб со станций №1 и №6, и, дополнительно, обследованы в мае станции №3-5, в августе станции №3 и №7 для получения более полной информации.

Отбор количественных проб зоопланктона проводился в верхних слоях воды путем процеживания через планктонную сеть Апштейна 50л воды, что соответствует рекомендациям, изложенным в «Руководстве по методам гидробиологического анализа» (1983). Пробы фиксировались 40% формалином. Камеральная обработка проводилась с использованием кристаллизатора Цееба по общепринятой методике порционного подсчета (Киселев, 1969). Определение видового состава организмов зоопланктона проводилось по определителям: (Рылов 1948; Мануйлова, 1964; Кутикова, 1970; Смирнов, 1971; Определитель пресноводных беспозвоночных России, 1995). Биомасса зоопланктона определялась умножением индивидуальной массы каждого организма на его численность. Для оценки качества вод по показателям зоопланктона использовался сапробиологический анализ Пантле и Бука в модификации Сладечека. Расчет сапробности в каждом конкретном случае проводился с использованием количественных характеристик- относительная частота встречаемости организмов (h); индивидуальных сапробных индексов индикаторных видов (s) по формуле: $S = \sum sh / \sum h$. Величина h находится по шестиступенчатой шкале значений частоты и определяет относительное количество видов. Индивидуальные сапробные индексы заимствованы из руководства «Унифицированные методы исследования качества вод...»(1977). Индекс сапробности в олигосапробной зоне равен 0,50 – 1,50 (чистые воды), в β - мезосапробной зоне – 1,51–2,5 (воды умеренного загрязнения), α - мезосапробной зоне – 2,51 – 3,50 (тяжело загрязненные), полисапробной зоне – 3,51 – 4,50 (очень тяжело загрязненные).

3. ОБЗОР ИНФОРМАЦИИ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ АКВАТОРИИ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

3.1 Трансформация химического состава вод Матырского водохранилища в 2010-2011 г.г.

Химический состав замкнутых поверхностных водоемов зависит от множества факторов природного и техногенного происхождения, таких как климато-метеорологические условия, геологическое строение территории, наличие сбросов промышленных вод и т.д. Процессы формирования химического состава природных вод чрезвычайно сложны, соответственно для того чтобы объяснить состав того или иного водного объекта необходимо обладать полным спектром информации по природным и техногенным условиям изучаемой территории. В рамках проводимых работ нами было проведено изучение гидрохимического состава Матырского водохранилища.

Солевой состав поверхностных вод в средних широтах достаточно четко подвержен сезонным колебаниям. Так максимальные вариации химического состава отмечаются в течение паводка, в первые две-три послепаводковые недели, затем ситуация стабилизируется и концентрации большинства компонентов возвращаются к естественному фону. Яркими выраженными сезонными колебаниями концентраций характеризуется содержание растворенных газов и органических веществ.

В рамках гидрохимических работ были решены следующие задачи:

- изучены особенности химического состава вод Матырского водохранилища;
- выявлены факторы, определяющие изменение химического состава в пространстве (по акватории водохранилища) и во времени (с апреля по октябрь 2010-2011 г.г.);
- проведена оценка эффективности альголизации, с точки зрения стабилизации гидрохимического состава водохранилища.

Сводные ведомости протоколов аналитических испытаний проб воды Матырского водохранилища за апрель-октябрь 2011 год приведены в таблицах 3.1-3.7.

Проведенные исследования показали, что в результате длительной эксплуатации Матырского водохранилища химический состав его вод окончательно сформирован и достаточно стабилен. К основным факторам, определяющим изменение химического состава вод водохранилища, можно отнести питающую его р. Матыра и ряд более мелких притоков, климат, а также промышленную и хозяйственно-бытовую деятельность в пределах СЭЗ «Липецк», промзон г. Грязи и с. Казинка.

Физико-химические свойства и газовый режим.

Воды Матырского водохранилища имеют околонейтальную или слабощелочную реакцию. Анализ полученных зависимостей показал, что изменения величин рН за период наблюдения незначительны. Средние значения показателя рН колеблются в интервале 7,2-8,5, при этом минимальные значения отмечены в мае, максимальные в июле, августе (рис. 3.1).

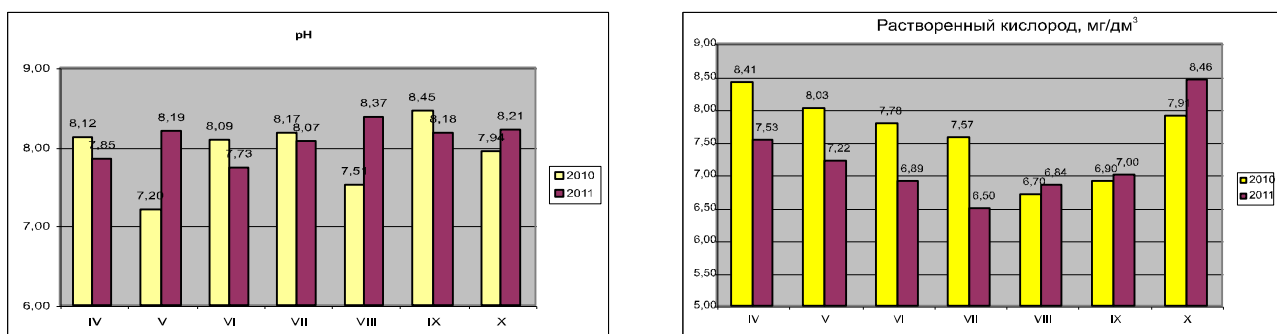


Рис. 3.1 - Динамика изменения концентрации кислорода и рН за апрель-октябрь 2010-2011 г.г.

Содержание растворенного кислорода в воде Матырского водохранилища варьируют от 5,81 в августе и до 9.5 в апреле и октябре, средние значения за период наблюдений уменьшались с 8,4 мг/дм³ до 6,7 мг/дм³, затем вновь увеличивались до 7,91 мг/дм³ (см. рис. 3.1). Подобная зависимость демонстрирует наличие обратно пропорциональных связей между температурой воды и количеством растворенного кислорода.

Таблица 3.1

Результаты химического анализа проб воды из Матырского водохранилища за апрель 2011 года

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Мин	Макс	Ср. знач.	№ 7 Контр.
1	Запах, балл	2	1	1	1	1	1	1	1,00	1,00	1,00	1
2	Цветность в градусах	20	5	5,5	6	5	5	5,5	5,00	6,00	5,33	5
3	Водородный показатель	6.5-8.5	7,89	7,70	7,80	7,90	7,64	8,17	7,64	8,17	7,85	7,81
4	Кальций, мг/дм ³	180	44,09	36,07	36,07	48,10	48,10	38,08	36,07	48,10	41,75	2,00
5	Магний, мг/дм ³	40	34,16	29,28	31,72	32,94	34,16	43,92	29,28	43,92	34,36	10,98
6	Фосфаты, мг/дм ³		0,150	0,198	0,174	0,107	0,156	0,070	0,07	0,20	0,14	0,050
7	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,054	0,050	0,056	0,018	0,030	0,024	0,018	0,056	0,039	0,040
8	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,013	0,014	0,095	0,011	0,011	0,017	0,011	0,095	0,027	0,030
9	Медь, мг/дм ³	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,005
10	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,010	0,010	0,008	0,010	0,009	0,003	0,003	0,010	0,008	0,080
11	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,58	0,65	0,82	0,60	0,79	0,53	0,53	0,82	0,66	0,27
12	Нитраты, мг/дм ³	40	1,95	1,35	1,37	1,37	1,49	1,50	1,35	1,95	1,51	1,59
13	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,325	0,135	Сл.	0,520	0,285	0,003	0,003	0,520	0,254	0,020
14	Жесткость общая, ммоль/дм ³	-	5,05	4,24	4,45	5,15	5,25	5,56	4,24	5,56	4,95	1,02
15	ХПК, мг/дм ³	-	17	15,8	15,2	14	12,5	11,3	11,30	17,00	14,30	12,2
16	СПАВ, мг/дм ³	-	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
17	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
18	БПК ₅ , мг/дм ³	3	1,64	1,70	1,52	1,20	1,04	3,65	1,04	3,65	1,79	2,03
19	Раствор. кислород мг/дм ³	не ме- нее 6	8,7	8,4	6,8	7,8	6,8	6,7	6,70	8,70	7,53	8,2
20	Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	33,2	11,2	13,6	8,0	22,8	51,6	8,00	51,60	23,40	17,6

Таблица 3.2

Результаты химического анализа проб воды из Матырского водохранилища за май 2011 года

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Мин	Макс	Ср. знач.	№ 7 Контр.
1	Запах, балл	2	1	1	1	1	1	1	1,00	1,00	1,00	1
2	Цветность в градусах	20	14,0	12,5	7,0	6,5	6,0	5,8	5,80	14,00	8,63	6,5
3	Водородный показатель	6,5-8,5	8,12	8,26	8,19	8,12	8,29	8,16	8,12	8,29	8,19	8,04
4	Кальций, мг/дм ³	180	46,97	37,84	40,22	49,58	54,85	34,37	34,37	54,85	43,97	38,22
5	Магний, мг/дм ³	40	36,52	32,19	33,99	36,75	33,38	41,23	32,19	41,23	35,68	32,19
6	Фосфаты, мг/дм ³		0,24	0,20	0,15	0,07	0,10	0,15	0,07	0,24	0,15	0,12
7	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,043	0,032	0,039	0,025	0,039	0,028	0,025	0,043	0,034	0,032
8	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,016	0,016	0,009	0,009	0,008	0,017	0,008	0,017	0,013	0,030
9	Медь, мг/дм ³	0,001	Сл.	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
10	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,008	0,009	0,009	0,009	0,060	0,009	0,008	0,060	0,017	0,008
11	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,45	0,32	Сл.	0,07	Сл.	0,06	0,06	0,45	0,23	0,08
12	Нитраты, мг/дм ³	40	2,43	2,17	2,17	2,1	1,99	1,9	1,90	2,43	2,13	2,17
13	Нитриты, мг/дм ³	0,08	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	0,054
14	Жесткость общая, ммоль/дм ³	-	5,39	4,57	4,84	5,54	5,52	5,15	4,57	5,54	5,17	1,02
15	ХПК, мг/дм ³	-	19,2	14,3	13,2	13,1	14,9	13,7	13,10	19,20	14,73	10,7
16	СПАВ, мг/дм ³	-	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
17	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
18	БПК ₅ , мг/дм ³	3	1,52	1,23	1,86	1,44	1,14	3,83	1,14	3,83	1,84	2,13
19	Раствор. кислород мг/дм ³	не ме- нее 6	8,4	8,2	6,2	7,3	6,4	6,8	6,20	8,40	7,22	8,1
20	Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	94,8	89,2	106,3	93,2	84	96,4	84,00	106,30	93,98	81,2

Таблица 3.3

Результаты химического анализа проб воды из Матырского водохранилища за июнь 2011 года

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Мин	Макс	Ср. знач.	№ 7 Контр.
1	Запах, балл	2	1	1	1	1	1	1	1,00	1,00	1,00	1
2	Цветность в градусах	20	26,5	26,0	22,6	16,1	16,1	11,9	11,94	26,49	19,86	10,5
3	Водородный показатель	6,5-8,5	7,32	8,01	8,11	7,70	7,70	7,56	7,32	8,11	7,73	7,51
4	Кальций, мг/дм ³	180	52,99	50,06	35,75	45,28	50,78	58,73	35,75	58,73	48,93	54,86
5	Магний, мг/дм ³	40	34,38	23,51	30,44	23,80	19,74	25,06	19,74	34,38	26,16	23,65
6	Фосфаты, мг/дм ³		0,224	0,189	0,136	0,059	0,088	0,121	0,06	0,22	0,14	0,109
7	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,049	0,034	0,041	0,026	0,039	0,027	0,026	0,049	0,036	0,034
8	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,015	0,014	0,008	0,008	0,007	0,016	0,007	0,016	0,011	0,027
9	Медь, мг/дм ³	0,001	Сл.	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003	0,002	0,002
10	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,009	0,010	0,009	0,010	0,061	0,010	0,009	0,061	0,018	0,009
11	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,36	0,27	Сл.	0,06	Сл.	0,06	Сл.	0,36	0,19	0,07
12	Нитраты, мг/дм ³	40	2,07	1,94	1,86	1,86	1,72	1,64	1,64	2,07	1,85	1,81
13	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,030	0,012	0,280	0,468	0,248	0,003	0,003	0,468	0,173	0,017
14	Жесткость общая, ммоль/дм ³	-	5,51	4,46	4,32	4,25	4,18	5,03	4,18	5,51	4,63	4,71
15	ХПК, мг/дм ³	-	16,97	11,66	12,08	10,75	14,03	12,72	10,75	16,97	13,04	9,99
16	СПАВ, мг/дм ³	-	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
17	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
18	БПК ₅ , мг/дм ³	3	1,43	1,11	1,70	1,33	0,99	3,49	0,99	3,49	1,67	1,96
19	Раствор. кислород мг/дм ³	не ме- нее 6	8,27	7,75	5,59	7,05	5,95	6,76	5,59	8,27	6,89	7,81
20	Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	85,84	73,50	99,90	87,57	69,47	82,66	69,47	99,90	83,16	73,37

Таблица 3.4

Результаты химического анализа проб воды из Матырского водохранилища за июль 2011 года

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Мин	Макс	Ср. знач.	№ 7 Контр.
1	Запах, балл	2	1	1	1	1	1	1	1,00	1,00	1,00	1
2	Цветность в градусах	20	46,12	49,83	63,61	46,55	45,21	23,68	23,68	63,61	45,83	21,01
3	Водородный показатель	6.5-8.5	7,42	8,25	8,51	8,32	7,81	8,11	7,42	8,51	8,07	7,89
4	Кальций, мг/дм ³	180	49,63	51,44	37,02	47,07	51,23	54,25	37,02	54,25	48,44	50,23
5	Магний, мг/дм ³	40	31,96	23,9	31,01	23,88	18,75	25,24	18,75	31,96	25,79	24,6
6	Фосфаты, мг/дм ³		0,232	0,170	0,590	0,730	0,965	0,131	0,13	0,97	0,47	0,111
7	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,040	0,030	0,030	0,020	0,040	0,030	0,020	0,040	0,032	0,030
8	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,016	0,014	0,009	0,008	0,007	0,016	0,007	0,016	0,012	0,028
9	Медь, мг/дм ³	0,001	0,000	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,000	0,003	0,002	0,002
10	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,008	0,009	0,031	0,008	0,053	0,008	0,008	0,053	0,020	0,008
11	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,31	0,23	Сл.	0,06	Сл.	0,05	Сл.	0,31	0,16	0,06
12	Нитраты, мг/дм ³	40	1,85	1,63	3,68	2,63	2,61	1,33	1,33	3,68	2,29	1,6
13	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,032	0,011	0,378	0,582	0,308	0,003	0,003	0,582	0,219	0,020
14	Жесткость общая, ммоль/дм ³	-	5,14	4,56	4,44	4,34	4,12	4,82	4,12	5,14	4,57	4,56
15	ХПК, мг/дм ³	-	18,97	12,88	23,89	32,46	15,76	13,49	12,88	32,46	19,58	10,03
16	СПАВ, мг/дм ³	-	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
17	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
18	БПК ₅ , мг/дм ³	3	1,67	1,16	1,95	1,58	1,02	4,1	1,02	4,10	1,91	2,33
19	Раствор. кислород мг/дм ³	не ме- нее 6	7,49	7,07	6,78	6,24	5,16	6,25	5,16	7,49	6,50	7,71
20	Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	79,58	62,77	85,04	79,21	57,78	76,72	57,78	85,04	73,52	64,83

Результаты химического анализа проб воды из Матырского водохранилища за август 2011 года

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Мин	Макс	Ср. знач.	№ 7 Контр.
1	Запах, балл	2	1	1	1	1	1	1	1,00	1,00	1,00	1
2	Цветность в градусах	20	15,5	15	13,5	12,5	18,5	14	12,50	18,50	14,83	11,5
3	Водородный показатель	6,5-8,5	8,34	8,31	8,55	8,14	8,5	8,38	8,14	8,55	8,37	8,29
4	Кальций, мг/дм ³	180	70,14	56,11	44,09	38,08	40,08	42,08	38,08	70,14	48,43	46,09
5	Магний, мг/дм ³	40	25,53	24,31	19,45	20,66	19,45	18,23	18,23	25,53	21,27	14,59
6	Фосфаты, мг/дм ³		0,600	0,750	0,490	0,410	0,244	0,280	0,24	0,75	0,46	Сл.
7	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,024	0,040	0,040	0,017	0,040	0,042	0,017	0,042	0,034	2,000
8	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,008	0,012	0,005	0,006	0,010	0,007	0,005	0,012	0,008	0,014
9	Медь, мг/дм ³	0,001	0,004	0,001	0,001		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
10	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,022	0,020	0,013	0,016	0,016	0,012	0,012	0,022	0,017	0,055
11	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,1	0,11	0,13	0,05	0,25	0,11	0,05	0,25	0,13	0,19
12	Нитраты, мг/дм ³	40	1,81	1,73	1,5	1,68	1,5	1,44	1,44	1,81	1,61	1,5
13	Нитриты, мг/дм ³	0,08	Сл.	Сл.	0,018	0,006	0,023	0,004	Сл.	0,023	0,013	Сл.
14	Жесткость общая, ммоль/дм ³	-	5,63	4,83	3,83	3,63	3,62	3,62	3,62	5,63	4,19	3,52
15	ХПК, мг/дм ³	-	23,4	39,4	20,9	22,2	23,4	22,8	20,90	39,40	25,35	23,6
16	СПАВ, мг/дм ³	-	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
17	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,02	Сл.	Сл.	0,02	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
18	БПК ₅ , мг/дм ³	3	2,34	3,35	1,89	2,21	2,45	2,68	1,89	3,35	2,49	2,12
19	Раствор. кислород мг/дм ³	не ме- нее 6	7,25	6,65	6,92	7,04	6,35	6,83	6,35	7,25	6,84	7,12
20	Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	78	79,2	76,4	64	64,4	73,2	64,00	79,20	72,53	69,6

Таблица 3.6

Результаты химического анализа проб воды из Матырского водохранилища за сентябрь 2011 года

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Мин	Макс	Ср. знач.	№ 7 Контр.
1	Запах, балл	2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Цветность в градусах	20	13,88	13,59	12,46	10,10	16,82	11,24	10,10	16,82	13,02	10,39
3	Водородный показатель	6.5-8.5	8,76	7,56	8,34	7,60	8,03	8,80	7,56	8,80	8,18	7,82
4	Кальций, мг/дм ³	180	76,09	54,09	40,42	39,34	38,73	39,69	38,73	76,09	48,06	44,31
5	Магний, мг/дм ³	40	23,86	26,53	20,67	20,29	19,44	18,78	18,78	26,53	21,59	15,11
6	Фосфаты, мг/дм ³		0,63	0,72	0,46	0,39	0,24	0,29	0,24	0,72	0,46	0,00
7	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,031	0,054	0,053	0,020	0,055	0,060	0,020	0,060	0,046	0,07
8	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,013	0,020	0,008	0,009	0,017	0,011	0,008	0,020	0,013	0,023
9	Медь, мг/дм ³	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
10	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,022	0,021	0,013	0,015	0,017	0,013	0,013	0,022	0,017	0,059
11	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,16	0,18	0,16	0,07	0,32	0,16	0,07	0,32	0,17	0,30
12	Нитраты, мг/дм ³	40	2,51	2,57	2,21	1,93	1,76	1,90	1,76	2,57	2,15	2,12
13	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,030	Сл.	0,030	0,009	0,040	0,005	Сл.	0,040	0,019	0,000
14	Жесткость общая, ммоль/дм ³	-	5,79	4,92	3,74	3,66	3,56	3,55	3,55	5,79	4,20	3,47
15	ХПК, мг/дм ³	-	25,26	37,02	22,12	20,29	21,63	23,07	20,29	37,02	24,90	25,11
16	СПАВ, мг/дм ³	-	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
17	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	Сл.	Сл.	Сл.	0,02	Сл.	Сл.	-	-	-	Сл.
18	БПК ₅ , мг/дм ³	3	2,42	3,26	2,02	2,01	2,59	2,73	2,01	3,26	2,51	1,99
19	Раствор. кислород мг/дм ³	не ме- нее 6	6,81	7,08	7,19	7,33	6,08	7,50	6,08	7,50	7,00	7,82
20	Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	60,70	67,51	57,55	54,29	47,58	62,28	47,58	67,51	58,32	61,09

Таблица 3.7

Результаты химического анализа проб воды из Матырского водохранилища за октябрь 2011 года

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Мин	Макс	Ср. знач.	№ 7 Контр.
1	Запах, балл	2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Цветность в градусах	20	11,90	11,75	11,61	9,33	13,95	10,52	9,33	13,95	11,51	9,67
3	Водородный показатель	6.5-8.5	8,93	7,60	8,39	7,54	8,14	8,95	7,54	8,95	8,26	7,77
4	Кальций, мг/дм ³	180	80,30	54,23	41,30	43,04	41,07	42,63	41,07	80,30	50,43	48,51
5	Магний, мг/дм ³	40	24,04	28,96	21,50	20,96	21,08	20,31	20,31	28,96	22,81	15,36
6	Фосфаты, мг/дм ³		0,51	0,59	0,38	0,32	0,20	0,23	0,20	0,59	0,37	0,18
7	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,027	0,047	0,043	0,016	0,051	0,053	0,016	0,053	0,040	0,058
8	Марганец, мг/дм ³	0,01	0,010	0,018	0,007	0,008	0,016	0,010	0,007	0,018	0,012	0,021
9	Медь, мг/дм ³	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
10	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,020	0,017	0,012	0,014	0,015	0,011	0,011	0,020	0,015	0,051
11	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,132	0,144	0,151	0,058	0,278	0,134	0,06	0,28	0,15	0,243
12	Нитраты, мг/дм ³	40	2,25	2,07	1,78	1,64	1,42	1,53	1,42	2,25	1,78	1,86
13	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,025	0,000	0,026	0,008	0,037	0,004	0,000	0,037	0,017	Сл.
14	Жесткость общая, ммоль/дм ³	-	6,02	5,13	3,86	3,90	3,81	3,82	3,81	6,02	4,42	3,71
15	ХПК, мг/дм ³	-	23,42	31,30	18,98	18,11	18,48	19,97	18,11	31,30	21,71	20,29
16	СПАВ, мг/дм ³	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	БПК ₅ , мг/дм ³	3	1,84	2,60	1,58	1,46	2,07	2,08	1,46	2,60	1,94	1,43
19	Раствор. кислород мг/дм ³	не ме- нее 6	8,55	8,90	8,29	8,15	7,19	9,67	7,19	9,67	8,46	8,71
20	Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	37,58	22,61	43,29	32,65	36,78	37,02	22,61	43,29	34,99	48,62

Максимальные значения приходятся на весенний и осенний периоды, когда с понижением температуры происходит насыщение воды кислородом. Минимальные значения соответствуют летним периодам, во время которых происходит прогрев вод водохранилища и, соответственно, уменьшение концентрации растворенного кислорода. Кроме того, в этот период года существенный вклад в уменьшение концентрации растворенного кислорода вносит активизация биохимических процессов окисления органических веществ.

Необходимо обратить внимание на более низкие концентрации кислорода в первой половине 2011 по сравнению с аналогичным периодом 2010 года. И это не смотря на то, что температурный режим летнего сезона 2011 г. был в пределах климатической нормы, а в 2010 аномально жарким. Следовательно, кислород в 2011 году более активно расходовался на окисление в ходе биохимических либо физико-химических процессов.

Воды Матырского водохранилища по классификации Алекина относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция, магния. В группе анионов преобладают гидрокарбонат-ионы, на их долю в среднем приходится более 60-70 % от общей суммы анионов. SO_4^{2-} и Cl^- ионы находятся в подчиненном состоянии гидрокарбонатному иону, их содержание значительно ниже и составляет в среднем 25-30 % и 10-15 % соответственно [12].

В группе катионов доминирует кальций. Содержание иона кальция за период наблюдений в 2010 году уменьшалось с апреля по сентябрь ежемесячно на 4-5 мг/дм³ и в сентябре в среднем составляло 46,48 мг/дм³, в октябре отмечен рост до 54 мг/дм³. Концентрация иона магния оставались в период с апреля по июль на одном уровне – 16-17 мг/дм³, с августа по октябрь зафиксированы значения на 7-8 мг/дм³ выше (рис. 3.2). В 2011 году концентрации магния в апреле-мае достигали по ряду проб 35-40 мг/дм³, в то время как концентрации кальция были гораздо ниже показателей 2010 г. на 30-40%. Прошлогоднее соотношение кальций/магний было достигнуто в августе.

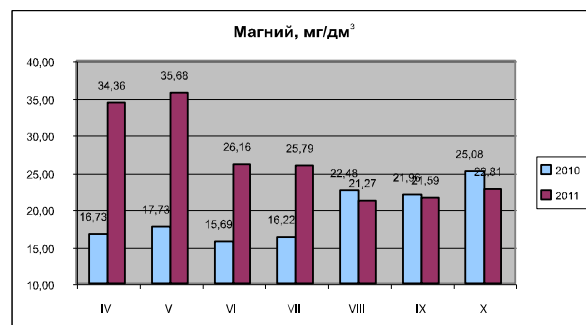
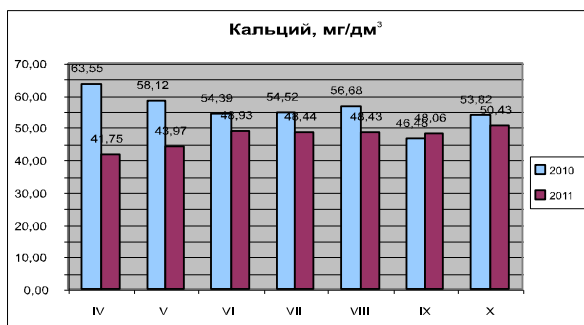


Рис. 3.2 - Динамика изменения средних значений концентрации кальция и магния за апрель-октябрь 2010-2011 г.г.

Содержание соединений кальция и магния в воде определяет величину общей жесткости. За период наблюдений значения общей жесткости оставались примерно на одном уровне – 4,0-4,7 мг*моль/дм³, менялось лишь соотношение кальция и магния (рис. 3.3).

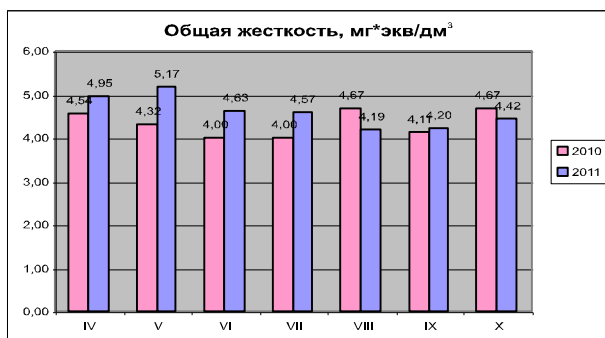


Рис. 3.3 - Вариации средних значений показателя общей жесткости за апрель-октябрь 2010-2011 г.г.

Согласно теоретическим представлениям о равновесии гидрохимических систем, изменение значений концентрации карбонатов кальция и магния в пресных водах находится в прямой зависимости от концентрации растворенной углекислоты, содержание которой связано в первую очередь с температурным режимом и активностью биоты. С одной стороны увеличение температуры в летний период приводит к уменьшению концентрации углекислоты, в то же время активизируется деятельность живых организмов, которые выделяют углекислый газ, поддерживая тем самым гидрохимическое равновесие.

Большой интерес вызывает изменение соотношения кальция и магния с

августа 2011 г и по настоящее время.

Как известно, магний активно участвует в биологическом круговороте. Концентраторами являются некоторые водоросли, накапливающие до 3% магния (в золе), некоторые фораминиферы - до 3,5%, известковые губки - до 4% . Магний входит в состав зеленого пигмента растений - хлорофилла, а также обнаружен во всех клеточных органеллах растений и рибосомах всех живых организмов[45].

Магний обладает ярко выраженными миграционными свойствами, поэтому слабо задерживается в проточных поверхностных водоёмах и с речным стоком поступает в океан. То есть, рост концентраций марганца говорит нам об активном поступлении его в ходе активизации жизнедеятельности биоты, или напротив, в ходе массовой гибели живых организмов.

Содержание биогенных элементов в природных водах является одним из основных показателей их качества. Их концентрации и режим целиком зависят от интенсивности биохимических и биологических процессов, происходящих в водных объектах.

В ходе исследований большое внимание уделялось содержанию в Матырском водохранилище компонентов, характеризующих органическое загрязнение, таких как азот в нитритной, нитратной и аммонийной форме, а также полифосфаты.

Соединения азота зафиксированы в незначительных концентрациях, гораздо ниже величины ПДК, изменяются в пределах фоновых значений, за исключением апрельских проб 2011 года, где было обнаружено содержание иона-аммония и нитритов выше ПДК в 2-7 раза (до 0,59 мг/дм³). Если анализировать график (рис. 3.4), то мы увидим тенденцию к снижению концентраций в первой половине наблюдений 2010 года (до 0,005 мг/дм³), затем рост в осенние месяцы. В 2011 году сохранилась та же тенденция, но отмечены более высокие концентрации.

Вероятно, осенний рост связан с максимальной активизацией в при-

донной части водохранилища процессов распада азотсодержащих органических веществ до ионов аммония, а апрельский пик - с замедленным течением биохимических процессов его нитрификации в условиях низких температур. Возможность поступления хозяйственно-бытовых отходов на наш взгляд минимальна, так как чётко проявлена сезонная динамика.

Концентрации нитритов в 2010 году варьировали в узком диапазоне от едва уловимых концентраций до 0,03 мг/дм³. В 2011 году отмечен резкий всплеск. Максимальные значения фиксировались в точках наблюдения №3-5 в апреле, июне-июле до 0,58 мг/дм³.

Факт роста концентраций заслуживает пристального внимания и дальнейшего изучения, особенно учитывая второй класс опасности данного компонента.

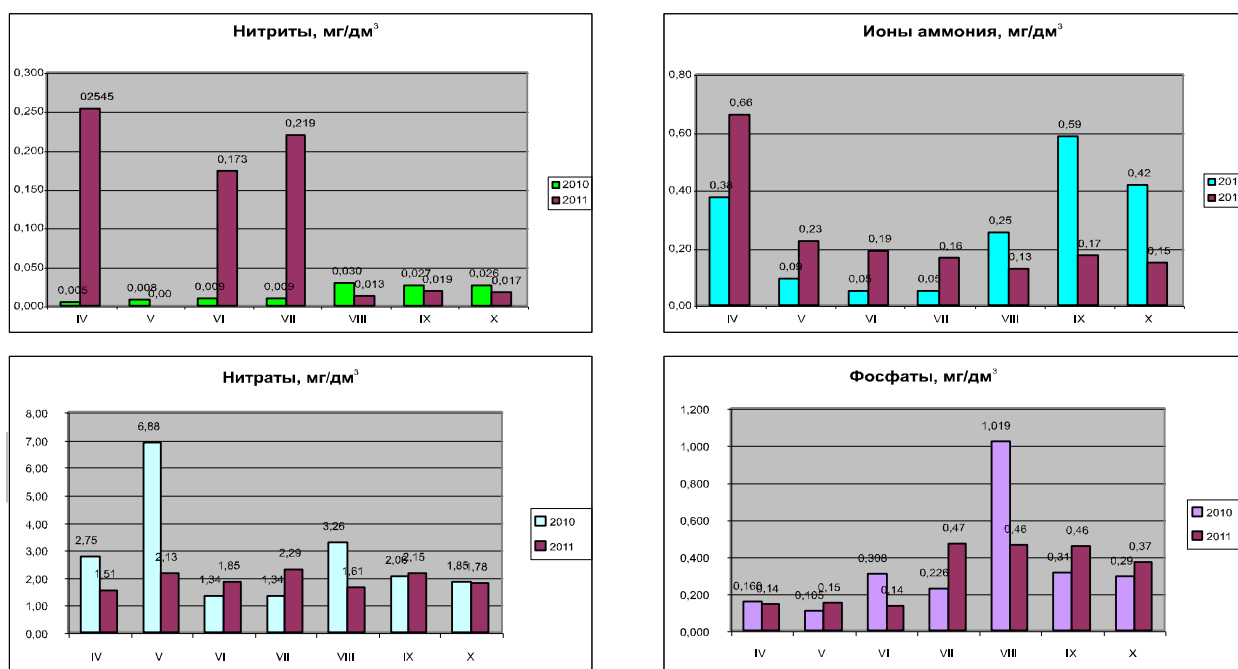


Рис. 3.4- Динамика изменения средних значений концентрации соединений азота и фосфатов за апрель-октябрь 2010-2011 г.г.

Среднее содержание нитратов на протяжении двух лет оставалось стабильным и составляло 1,5-3,5 мг/дм³. Двукратный скачок был отмечен в мае 2010 года, причины данного процесса не выявлены.

Содержание растворенных форм фосфора в водах Матырского водохранилища было невелико и в основном находилось на уровне и ниже 0,15-

0,30 мг/дм³. Максимальные значения характерны для проб, отобранных в июле, августе 2010 и в августе 2011 года. Повышение концентрации фосфора до 1,02 мг/дм³, вероятно, можно связать с активизацией внутриводоемных процессов разложения фосфорорганических соединений.

На основании полученных данных сделан вывод, что рост концентрации биогенных элементов в 2011 году свидетельствует о замедлении биохимических процессов самоочищения посредством нитрификации и фотосинтеза.

Наиболее важными показателями качества воды, связанными с загрязнением органическими веществами, являются ХПК и БПК₅.

Полученные данные показывают, что воды Матырского водохранилища относятся к классу незагрязненных. Значения величин ХПК указывают на присутствие стойкого органического вещества в количествах, не превышающих допустимых значений (< 30 мгО/ дм³).

Показатель БПК₅ в среднем не превышает 3,5 мгО/ дм³, что также позволяет оценить поверхностные воды исследуемого объекта как незагрязненные легкоокисляемой органикой.

Наиболее высокие значения БПК₅ были отмечены в 2010 году в точках наблюдения №3-5 – от 2,5 до 5,0 мг/дм³, наименьшие значения отмечены в точках №1, 2, 6 – от 1,0 до 3,0 мг/дм³.

Для показателя БПК₅ четкой временной динамики выявлено – в 2010 году после некоторого снижения в мае и всплеска в июне, начиная с июля, отмечалась тенденция к снижению показателя вплоть до октября (рис. 3.5). При этом средние значения в октябре (2,16 мг/дм³) ниже исходных апрельских значений (2,78 мг/дм³). В 2011 году в течение апреля-июня значения БПК₅ оставались стабильными на уровне 1,5-2 мгО/ дм³, а начиная с июля, отмечен незначительный рост до 2,5 мгО/ дм³.

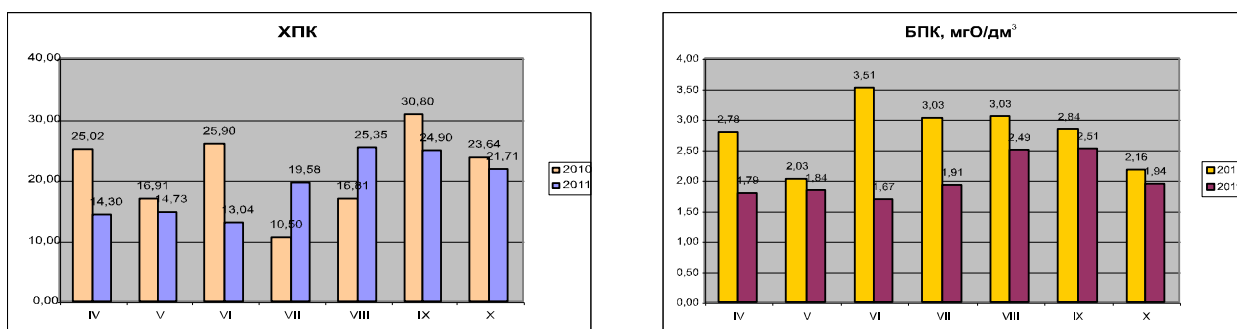


Рис. 3.5 - Динамика изменения показателей ХПК и БПК₅ за апрель-октябрь 2010-2011 г.г.

Анализ полученной информации показывает, что за отчетный период по Матырскому водохранилищу обнаружены превышения относительно ПДК для металлов.

Наиболее значимые превышения характерны для меди, концентрации которой варьируют от 0,002 до 0,120 мг/дм³ при ПДК = 0.01 мг/дм³, цинка от 0,001 до 0,042 мг/дм³ при ПДК = 0.001 мг/дм³. При этом средние значения концентраций цинка демонстрировали в 2010 году тенденцию к увеличению с 0,005 мг/дм³ в апреле до 0,033 мг/дм³ в августе, затем постепенное снижение до 0,019 мг/дм³ в октябре, в 2011 году концентрации оставались стабильными от 0,015 до 0,02 мг/дм³ на протяжении всего периода наблюдений (рис. 3.6).

Средние значения концентрации меди демонстрируют по отношению к цинку обратные тенденции – минимальные значения отмечены с мая по июль (0,003 мг/дм³), начиная с августа, происходит резкое увеличение до 0,013 мг/дм³, превышая практически вдвое апрельские значения в 0,007 мг/дм³ (рис. 3.1). В 2011 году концентрация меди была вдвое меньше прошлогодней, и по август отмечалось дальнейшее уменьшение концентраций до нормативных 0,001 мг/дм³, за исключением точки №1, где в августе зафиксирован скачок до 0,004 мг/дм³.

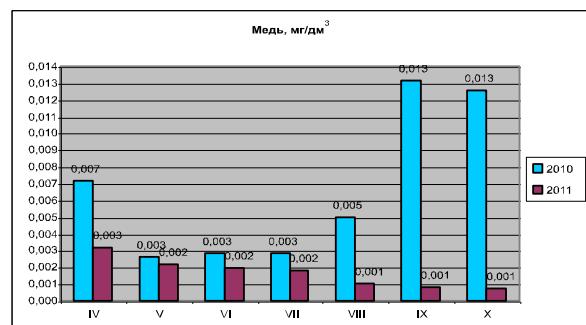
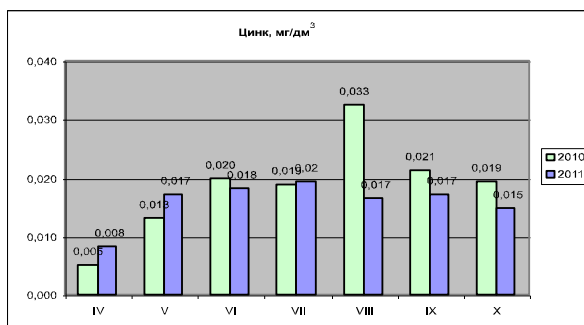


Рис. 3.6 - Динамика изменения средних значений концентрации меди и цинка за апрель-октябрь 2010-2011 г.г.

Содержание железа для большинства проб колеблется в узком интервале - от 0,05 до 0,2 мг/дм³, аномально максимальные значения до 0,88 мг/дм³ отмечены в августовской пробе 2010 года в точке наблюдения №3. Для марганца диапазон колебаний концентраций значительно шире от 0,004 мг/дм³ в апрельских пробах №4-6 до 0,31 мг/дм³ в августовской пробе №3, соответственно разброс средних значений концентрации по водоему также велик от 0,011 мг/дм³ до 0,1 мг/дм³ (рис. 3.7) соответственно, превышая величины ПДК в 1-2 раза.

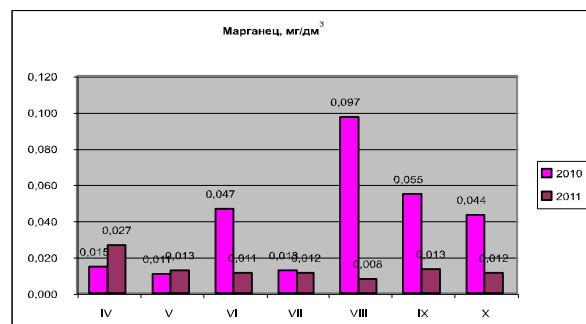
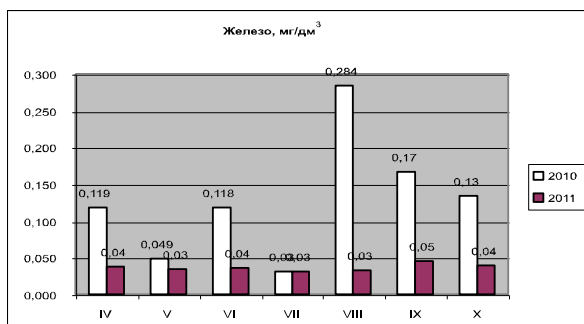


Рис. 3.7 - Динамика изменения средних значений концентрации железа и марганца за апрель-октябрь 2010-2011 г.г.

Сравнивая 2010 и 2011 годы, можно отметить положительные сдвиги в микрокомпонентном составе – по меди, железу и марганцу мы наблюдаем значительное уменьшение концентраций, по цинку ситуация стабильна значения на уровне прошлого года.

3.2 Динамика химического состава вод

Матырского водохранилища за 2006-2011 г.г.

Экологические проблемы, связанные с эксплуатацией Матырского водохранилища, привлекают внимание исследователей из различных сфер науки. На протяжении последнего десятилетия по акватории водохранилища проводились работы по изучению водных экосистем, динамики гидрохимического состава, гидрологические наблюдения.

Для выявления динамики химического состава вод Матырского водохранилища нами были изучены материалы предыдущих исследований. Они проводились в разные годы – начиная с 2001 и по 2006 год, разными производственными и научными организациями, базировались на различных методических подходах. Каждая организация проводила наблюдения по собственной сети наблюдений и, как правило, с произвольным временным интервалом. К примеру, наблюдения, проводившиеся с 2001 по 2005 годы, базировались всего на трех точках наблюдения. Первая располагалась на реке Матыра, на границе Липецкой и Тамбовской области, вторая - в верховьях водохранилища и третья - в устье реки. Естественно такая сеть наблюдений позволяла получать ограниченную информацию – из наблюдений фактически выпадало само водохранилище, с присущей ему специфической гидрохимической обстановкой.

Проводимые с 2006 по 2009 год работы ТЦ «Липецкгеомониторинг» были организованы на гораздо более высоком уровне. Сеть наблюдений включала в себя более 20 точек, расположенных как на право- и левобережье, так и в центральной части водохранилища. Пробоотбор осуществлялся с трех интервалов глубин: 0,2Н; 0,5Н; 0,8Н, что позволило провести гидрохимическую оценку как приповерхностного слоя, так и глубинной толщи. Следует отметить, что концентрации компонентов в пробах, взятых с разных глубин, в пределах одной точки опробования изменяются незначительно, за редким исключением.

При проведении аналитических исследований в 2006-2010 г определялось содержание в водах растворенного кислорода, кальция, магния, железа, марганца, хрома, азота аммонийного, азота нитритного, азота нитратного, фосфатов, меди, цинка, СПАВ, нефтепродуктов, фенолов. Также определялось биохимическое потребление кислорода (БПК₅), химическое потребление кислорода, общая жесткость и pH.

Анализ концентрации загрязняющих веществ в воде Матырского водохранилища по данным за 2006-2010 показывает, что имеет место превышение норм «Перечня рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение» по следующим показателям:

- железу общему от 1,1 ПДК до 2,7 ПДК;
- азоту нитритному от 1,0 ПДК до 10,1;
- БПК₅ от 1,0 ПДК до 1,15 ПДК;
- фосфатам от 1, ПДК до 1,3 ПДК;
- меди от 1,0 ПДК до 7,0 ПДК;
- цинку до 1,1 ПДК в единичных пробах.

Перечисленный спектр компонентов-загрязнителей во многом аналогичен перечню компонентов, исследованных в 2010г., что дает нам возможность попытаться провести аналогии, выявить тенденции изменения химического состава за прошедшие пять лет.

Следует отметить, что местоположение точек пробоотбора в 2006-2009 годах не совпадает с местоположением точек наблюдений в 2010-2011 годах (разница от 50 до 200 метров). Также не совпадает время пробоотбора. В этой связи сравнительный анализ результатов многолетних наблюдений затруднен. Наиболее достоверными являясь данные по химическому анализу проб, отобранных в мае и сентябре 2006-2010 года. Они совпадают по времени и максимально приближены пространственно. Необходимо обратить внимание

на различные микроклиматические условия, характерные для наблюдаемых лет, что естественно находит отражение и в результатах химических анализов. Эколого-гидрохимическая информация сведена в виде матрицы (Табл.3.8, 3.9)

Таблица 3.8

Матрица временной динамики гидрохимического состава вод
Матырского водохранилища (май, 2007-2011 гг).

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	Т.н. №1 (верховье, г. Грязи)					Т.н. №6 (в приплотинной части)				
			2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
1	Фосфаты, мг/дм ³		0,096	0,127	0,09	0,222	0,63	0,101	0,106	0,08	0,073	0,29
2	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,16	0,09	0,17	0,077	0,03	0,15	0,08	0,18	0,032	0,06
3	Медь, мг/дм ³	0,001	н.д.	н.д.	0,004	0,003	0,001	н.д.	н.д.	0,002	0,004	0,001
4	Цинк, мг/дм ³	0,01	н.д.	н.д.	0,013	0,015	0,022	н.д.	н.д.	0,008	0,012	0,013
5	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,42	0,3	0,58	0,05	0,16	0,38	0,34	0,66	0,1	0,16
6	Нитраты, мг/дм ³	40	1,44	1,55	2,89	7,29	2,51	1,86	1,97	2,59	6,9	1,9
7	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,018	0,02	0,011	0,03	0,023	0,014	0,012	0,007	0,005
8	ХПК, мг/дм ³		32,0	19,2	26,4	19,76	25,26	27,2	22,1	28,2	9,8	23,07
9	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,11	0,06	0,09	0,05	0,03	0,04	0,04	0,06	0,1	сл.
10	БПК ₅ , мг/дм ³	3	2,37	2,11	2,83	2,38	2,42	2,15	2,03	2,57	1,06	2,73
11	Раствор. кислород мг/дм ³	>6	10,3	10,1	10,9	8,7	6,81	11,4	10,4	11,2	7,3	7,5

В представленных матрицах в колонках зеленым цветом выделены ячейки, характеризующие общее улучшение эколого-гидрохимической ситуации относительно предыдущего года. Оранжевый цвет демонстрирует ухудшение эколого-гидрохимической обстановки. Отсутствие цвета отражает незначительные вариации значений.

Анализ матричных схем позволяет сделать следующие выводы.

Таблица 3.9

**Матрица временной динамики гидрохимического состава вод
Матырского водохранилища (сентябрь, 2006-2011 гг).**

№ п/п	Ингредиенты, единицы измерения	ПДК	Т.н. №1 (верховье, г. Грязи)						Т.н. №6 (в приплотинной части)					
			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Фосфаты, мг/дм ³		0,66	0,096	0,175	0,096	0,27	0,63	0,55	0,106	0,197	0,117	0,38	0,29
2	Железо общее, мг/дм ³	0,1	0,14	0,15	0,18	0,05	0,16	0,03	0,12	0,14	0,19	0,06	0,12	0,06
3	Медь, мг/дм ³	0,001	<0,01	н.д.	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	н.д.	0,002	0,001	0,003	0,001
4	Цинк, мг/дм ³	0,01	0,01	н.д.	0,008	0,006	0,018	0,022	0,01	н.д.	0,008	0,004	0,020	0,013
5	Аммоний и ионы аммония, мг/дм ³	0,5	0,32	0,38	0,68	0,42	сл.	0,16	0,13	0,46	0,5	0,5	сл.	0,16
6	Нитраты, мг/дм ³	40	3,06	3,3	1,65	1,45	2,57	2,51	0,62	3,38	1,76	1,65	2,43	1,9
7	Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,023	0,018	0,012	0,01	0,03	0,658	0,043	0,02	0,02	0,02	0,005
8	ХПК, мг/дм ³		20,4	25,0	29,4	15,8	19,40	25,26	22,4	23,1	31,4	14,9	23,30	23,1
9	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,17	0,05	0,05	0,04	0,076	сл.	0,02	0,04	0,05	0,03	сл.	сл.
10	БПК ₅ , мг/дм ³	3	1,9	2,86	2,56	2,27	1,30	2,42	2,3	2,2	2,38	2,39	1,43	2,73
11	Раствор. кислород мг/дм ³	>6	8,77	7,86	7,53	8,41	6,55	6,81	7,63	10,1	8,69	7,78	8,46	7,5

По большинству нормируемых компонентов минимальные значения зафиксированы в 2008-2009 годах. По майским пробам 2010 года отмечается дальнейшее улучшение эколого-гидрохимической обстановки по ряду показателей (металлы, ХПК, БПК₅, нитриты, аммоний), особенно в верховьях водохранилища. Однако, проведение гидротехнических работ на акватории водохранилища в летний период 2010 года, в течение которого стояла аномально жаркая погода, привело к повышению концентрации нормируемых компонентов. В 2011 году ситуация стабилизировалась, а по концентрации металлов (железо, медь, цинк) - значительное улучшение. Содержание железа и меди в верховьях составило 0,03 мг/дм³ и 0,001 мг/дм³, в приплотинной части соответственно – 0,06 мг/дм³ и 0,001 мг/дм³, полученные значения являются минимальными за период 2006-2011 гг.

Проблемными элементами являются аммоний, ионы аммония и фосфаты. На протяжении всего наблюдаемого периода по сентябрьским пробам за-

фиксировано 5 годовых ухудшений ситуации. Данный процесс сопровождается падением концентраций растворенного кислорода. Также следует отметить неблагоприятную динамику по показателям ХПК. Это свидетельствует о химическом загрязнении вод водохранилища. Однако по анализируемым тяжелым металлам превышений не выявлено. Следовательно, необходимо расширить перечень наблюдаемых компонентов для выявления основных загрязняющих элементов. Среди них: кадмий, мышьяк, свинец, никель, хром.

Положительные сдвиги отмечены по содержанию нитратов и нитритов. Следует отметить, что концентрации нитритов в приплотинной части водохранилища на сентябрь 2011 года имели концентрацию $0,006 \text{ мг/дм}^3$, что является минимумом за период 2006-2011г.г.

В качестве положительного момента, необходимо отметить уменьшение в 2010-2011 годах содержания нефтепродуктов в водоёме. Если в 2006 году мы имели двукратное превышение ПДК, то в сентябре 2011 года нефтепродукты в пробах не обнаружены.

4. МАКРОЗООБЕНТОС МЕЛКОВОДИЙ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2011 Г.

Впервые изучение макрозообентоса Матырского водохранилища (Липецкая обл.) было начато в 2010 г. по инициативе Комитета по охране природных ресурсов и окружающей среды Администрации Липецкой области. Водохранилище испытывает серьезный антропогенный, в первую очередь, промышленный пресс в результате деятельности предприятий металлургической промышленности (НЛМК), а также хозяйственных объектов, в том числе птицефабрики и предприятий пищевой промышленности г. Грязи. Имеют место и несанкционированные сбросы вредных веществ от частных предприятий и хозяйств, что оказывает серьезное негативное воздействие на состав и структуру донных сообществ беспозвоночных, играющих огромную роль в процессах самоочищения водной экосистемы. В середине июля 2011 г. в Грязинском затоне верховья (в 4 км выше 1 пункта мониторинга) в результате повышенной концентрации соединений меди была подорвана численность старовозрастной ценопопуляции беззубок, не выдержавших термического стресса на фоне паразитарных клещевых гиперинвазий в условиях медной интоксикации (Силина, 2011; Косинова, Силина, 2011). Значение этого события предстоит выяснить в будущем, однако первые результаты откликов экосистемы на экологическую катастрофу можно наблюдать по данным настоящего отчета.

Целью наших исследований являлось изучение видового состава, структуры донных сообществ макробеспозвоночных и оценка качества воды литоральной зоны 6 пунктов (верховье, центр, низовье) Матырского водохранилища. В задачи исследований входило: выявление фаунистического состава водных макробеспозвоночных; выявление массовых видов и значимых групп макрозообентоса; изучение доминантно-информационной структуры донных зооценозов; изучение трофической структуры зооценозов; исследование сезонной динамики макрозообентоса; оценка качества воды по сапроб-

ному и сапротоксобному индексам.

В период наших исследований (вегетационные сезоны 2010-2011 гг.) на водохранилище второй-третий год проводились мероприятия по вселению культуры хлореллы среднеазиатского штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 (из Нурекского водохранилища). Поскольку исследования зообентоса были начаты годом позже, выявление какого-либо эффекта этого вселения на зообентос, в связи с полным отсутствием предварительных контрольных исследований по той же методике, является методически невыполнимым.

4.1 Общая характеристика фауны макрозообентоса

Матырского водохранилища в 2011 г.

В 2011 г. уровень водохранилища был искусственно повышен, что обусловило затопление ранее обнаженных песчаных пляжей и слабую их заселенность беспозвоночными, так как создание биоценотического покрова происходит через ряд последовательных стадий и не сразу после залития. По результатам весенне-летних и осеннего сборов (весной и осенью были отобраны только по 1 пробе в верховье), в водохранилище и прилегающем пруде было зарегистрировано 99 видов беспозвоночных, из них в водохранилище – 67 (86 с учетом остатков жизнедеятельности видов), в пруде – 17 (33) вида (табл. 4.1). Для сравнения, в 2010 г. в водохранилище было выявлено 243 вида, из них 177 – в живом состоянии. Только в весенний период 2010 г. было зафиксировано 149 видов, в летний – 138 (однократный отбор 10 проб), в осенний – 157. Т.е. зафиксированное видовое разнообразие как минимум в 1,5-2 раза ниже предыдущего года исследований, что свидетельствует о развитии серьезной негативной (деструктивной) ситуации на уровне донной подсистемы Матырского водохранилища в 2011 г.

Фауна макробеспозвоночных мелководий Матырского водохранилища в 2011 г. по результатам двукратного отбора в 5 пунктах и четырехкратного в 1 (верховье) была представлена менее, чем 70 видами: 2 видами нематод, 18 видами олигохет, 15 видами моллюсков, из них лишь 5 (!) видов – в живом

состоянии, 1(2) видами мшанок, по 1 виду ракообразных и клещей и 39 (47) видами насекомых (47,4% собранных видов на водохранилище), среди которых наиболее разнообразны хирономиды – 29 (33) вида. Среди насекомых встречались поденки 4 видов, 1 вид стрекоз, 3(4) – ручейников, 1 – водных огневок, 1 (non det) – жуков и 2(4) вида нехирономидных двукрылых. Видовое разнообразие в различных пунктах значительно отличалось – от 6 до 37 видов в живом состоянии, от 11 до 47 – с учетом раковин, домиков и т.д. Наибольшим видовым разнообразием отличались пункты левобережья у плотины, на заиленных песках среди растительности – 37(47) видов и в верховье – 26(29) видов, с учетом весеннего и осеннего отбора, и 17(23) вида по летним данным (табл. 4.2). Наиболее бедна фауна в пункте у птицефабрики – 6 (11) видов. В других пунктах отмечено по 10-13 видов в живом состоянии, с учетом раковин и домиков – по 12-17.

Среднелетняя численность макрозообентоса водохранилища в 2011 г. составила 1698,2 экз/м² при биомассе 4,01 г/м². Все пункты формируются в три группы: с низкой численностью – 140 экз/м² (у птицефабрики), с высокой численностью (лево- и правобережье у плотины) – 4320-4350 экз/м², и со средне-низкой – 280-500 экз/м² (в других пунктах). Максимальной биомассой отличалось верховье – 12,9 г/м² за счет участия в сообществе моллюсков р. *Viviparus*. Более низкая биомасса в приплотинном участке – 6,7-3,7 г/м², сформированная в основном хирономидами и, в левобережье – олигохетами. В других пунктах биомасса была очень низкой и не характерной для литоральных сообществ нашей зоны – 0,14-0,33 г/м². Такая ситуация является следствием отсутствия либо единичного участия в их составе моллюсков и крупных насекомых, а также низкими показателями разнообразия и численности бентоса. Для сравнения, в 2010 г. численность зообентоса составляла 2186,7 экз/м², биомасса, без учета крупных моллюсков – 270,2 г/м². Такое падение показателей (на треть по численности и **в 67 раз** по биомассе) могло явиться следствием элиминации не только крупных, но и мелких форм мол-

люсков из-за интоксикации соединениями меди, распространявшимися из верховья в середине июля, а также вторичным биогенным загрязнением мелководий в результате распада погибших особей. Замещение видов происходит за счет короткоживущих мелких видов, в том числе танитарзин, при колоссальной численности достигающих невысокой биомассы, однако их показатели остаются на уровне прошлых лет.

Таблица 4.1

Разнообразие различных групп макрозообентоса литорали Матырского водохранилища и пруда «Пионерский» летом 2011 г.

	Верховье	Центр	Низовье				Всего	Пруд
Пункты	Нижняя мощность	Ярлуково	Птицефабрика	Воброс НЛМК	Низовье левый	Низовье правый		
	1	2	3	4	5	6		7
Nematoda					1	1	2	
Oligochaeta	5	5	1	1	8		17	4
Mollusca	1(6)	1(2)	1(3)	1	3(9)	(4)	5(15)	1(12)
Bryozoa			(1)	(1)	1(2)		1(2)	(1)
Crustacea					1		1	
Acari					1		1	
Insecta	11(12)	7 (8)	4 (6)	8 (9)	22 (25)	10 (12)	38 (46)	12 (15)
В т.ч. <i>Chironomidae</i>	10 (11)	6	3	7 (8)	17 (19)	9	29 (33)	9 (10)
ВСЕГО	17 (23)	13 (15)	6 (11)	10 (12)	37 (47)	11 (17)	67 (86)	17 (33)

Обилие и значимость различных групп макрозообентоса в летний период 2011 г. в различных пунктах водохранилища отличалось. Наиболее значимыми в численности сообществ были насекомые (65,9% у Ярлуково – 99,8% в правобережье у плотины), преимущественно хирономиды (40,2% у сбросной трубы НЛМК – 99,3% в правобережье у плотины). Максимальной численностью хирономид отличаются пункты приплотинного участка – 3920-4290 экз/м², минимальна их численность у птицефабрики (90 экз/м²) на фоне

общей малочисленности зообентоса в этом пункте. В осенний период насекомые составили лишь 14,9 % общей численности (верховье), где летом их значимость составила 82,8% (табл. 4.2, 4.3, протокол № 49). Второстепенной группой летом были олигохеты, составившие от 5,5% численности в левобережье у плотины до 28,9% у Ярлуково, чаще их доля составляла 10,0-21,4%. Осенью, в верховье, их доля достигла 82,4%. Максимальная летняя численность олигохет составила 240 экз/м² в левобережье у плотины, в верховье осенью достигая 1220 экз/м². Моллюски в 2011 г. не играли значительной роли в обилии зообентоса, составляя 0,7-7,1% численности в различных пунктах, до полного отсутствия живых моллюсков в пробах (правобережье в низовье в летний период, осенний аспект сообщества верховья). При этом доля их биомассы составляла в отдельных пунктах значительных величин – 94,3% в верховье, в других пунктах их роль была незначительна 7,5-17,8% (в среднем – 2,23 г/м² или 55,7% биомассы) из-за частичной либо полной элиминации группы на мелководьях водохранилища в 2011 г. В 2010 г. моллюски формировали основу биомассы всех без исключения литоральных сообществ, составляя 79,8-99,6%. Численность моллюсков в 2011 г. составляла 10-30 экз/м² в местах обнаружения. Это несопоставимо ниже прошлогодних показателей – 413,3-640 экз/м² в верховье и 286,7-640 экз/м² в низовье, у Ярлуково, в дрейссеновой ассоциации – до 4653 экз/м². Другие группы встречались спорадически и не имели большого значения в общем обилии зообентоса. Наибольшее их число отмечено в левобережье низовья, на сильно заиленных песка среди зарослей, где были отмечены нематоды, мшанки, ракообразные и клещи, все в невысокой численности. В 2010 г. эти группы были более широко распространены в литоральной зоне Матырского водохранилища.

Таким образом, изменения фауны в 2011 г. коснулись в наибольшей степени моллюсков (резкое падение видового разнообразия и обилия), разнообразия насекомых (поденок, ручейников, стрекоз, отсутствие чешуекрылых, вислокрылок, водных жуков и клопов, нехирономидных двукрылых), изме-

нение роли подсемейств хирономид (сокращение видового состава таниподин, особенно резко – ортокладиин, и общее фаунистическое и экологическое обеднение хирономидофауны).

Весной в верховье все виды были отмечены единично. Летом к доминирующим видам водохранилища относится вид танитарзин *Cladotanytarsus* gr. *mancus* №2, массово развивавшийся в большинстве пунктов, особенно в приплотинном участке (793,3 экз/м² в среднем по водохранилищу, или 46,7%). Субдоминантом являлся вид хирономин *Stictochironomus crassiforceps* (461,7 экз/м² 27,2%), второстепенными – *Cladotanytarsus* gr. *mancus* №1 (7,6%), в меньшей мере – *Cladotanytarsus* gr. *mancus* №7, *Glyptotendipes glaucus*, *Polypedilum nubeculosum*, *Cryptochironomus psittacinus*. Из других групп следует отметить поденок *Caenis horaria*, олигохет – *Isochaetides michaelsoni*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, и *Nais communis*. В осенний период в верховье массовым видом выступает *Limnodrilus hoffmeisteri* (58,1% по осенним сборам), менее многочисленны *Psammoryctides barbatus* (10,8%) и хирономиды *Glyptotendipes glaucus* (6,8%).

Таблица 4.2

Значимость различных групп макрозообентоса литорали Матырского водохранилища летом 2011 г.

Группы	Верховье: нижняя часть Грязинского плеса	Центр: нижняя русловая часть Таволжанского плеса	Приплотинный участок: центральная и нижняя часть Казинского (приплотинного) плеса				Всего	Пруд
Пункты	Ниже автодорожного моста	Ярлуково	Птицефабрика	Сброс НЛМК	Низовье, левый	Низовье, правый		
	1	2	3	4	5	6		7
Nematoda					<u>10</u> 0,002	<u>10</u> 0,005	<u>3,1</u> 0,001	
Oligochaeta	<u>73,3</u> 0,07	<u>110</u> 0,07	<u>30</u> 0,02	<u>50</u> 0,02	<u>240</u> 2,05	-	<u>83,9</u> 0,37	<u>390</u> 0,39
Mollusca	<u>13,3</u> 12,17	<u>20</u> 0,035	<u>10</u> 0,025	<u>10</u> 0,025	<u>30</u> 1,13	+	<u>13,9</u> 2,23	<u>10</u> 0,035
Bryozoa			+	+	<u>10</u> 0,01		<u>1,7</u> 0,002	<u>10</u> 0,12
Crustacea					<u>10</u> 0,09		<u>1,7</u> 0,015	+
Acari					<u>30</u> 0,015		<u>5,0</u> 0,003	
Insecta	<u>413,33</u> 0,66	<u>250</u> 0,16	<u>100</u> 0,095	<u>440</u> 0,29	<u>4020</u> 3,435	<u>4310</u> 3,67	<u>1588,9</u> 1,385	<u>1180</u> 0,9
В т.ч. Chironomidae	<u>386,7</u> 0,55	<u>230</u> 0,14	<u>90</u> 0,09	<u>210</u> 0,26	<u>3920</u> 3,08	<u>4290</u> 3,66	<u>1521,1</u> 1,30	<u>2200</u> 0,795
ВСЕГО	<u>500</u> 12,90	<u>380</u> 0,265	<u>140</u> 0,14	<u>500</u> 0,335	<u>4350</u> 6,732	<u>4320</u> 3,675	<u>1698,2</u> 4,006	<u>1590</u> 1,445

Таблица 4.3

Видовой состав макрозообентоса литорали Матырского водохранилища летом 2011 г.

Виды, группы	Верховье: нижняя часть Грязинского плеса			Центр: нижняя русловая часть Таволжанского плеса		Приплотинный участок: центральная и нижняя часть Казинского (приплотинного) плеса								Всего	Пруд	
Пункты	Ниже автодорожного моста			Ярлуково		Птицефабрика		Сброс НЛМК		Низовье, левый		Низовье, правый				
	1			2		3		4		5		6			7	
Даты	V	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII		VI	VIII
Тип Nematelminthes																
Класс Nematoda										20		20		3,1		
Limnomermis sp.										20						
Mermitidae sp.												20				
Тип Annelida																
Класс Oligochaeta	20	160	40		220		60		100	480					480	300
Отряд Naidomorpha																
Сем. Naididae																
Dero obtusa d,Udekem, 1855					20											
Nais pardalis Piquet, 1906					20											
N.communis Piquet, 1906					60				100							
Nais sp.										20						
Ophidonais serpentina (O.F.Muller, 1773)										20						

[illegible]

[illegible]

Виды, группы	Верховье: нижняя часть Грязинского плеса			Центр: нижняя русловая часть Та-волжанско-го плеса		Приплотинный участок: центральная и нижняя часть Казинского (приплотинного) плеса								Всего	Пруд	
Пункты	Ниже автодорожного моста			Ярлуково		Птицефабрика		Сброс НЛМК		Низовье, левый		Низовье, правый				
	1			2		3		4		5		6			7	
Даты	V	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII		VI	VIII
<i>H.suecica</i> Clessin in Westerlund, 1873)						+						+				
Класс Gastropoda																
Подкласс Pectinibranchia																
Отряд Neritopsiformes																
Сем.Neritidae																
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (L., 1758)											+					
Отряд Vivipariformes																
Сем. Viviparidae																
<i>Viviparus viviparus</i> (L., 1758)	20	20													+	
Сем. Valvatidae																
<i>Cincinna depressa</i> (Pfeiffer, 1828)										+	20				+	+
<i>C.ambigua</i> (Westerlund, 1873)																+
<i>C.klinensis</i> (Mila-chevitch, 1881)															+	
<i>C.pulchella</i> (Studer, 1820)										+						

[illegible]

Виды, группы	Верховье: нижняя часть Грязинского плеса			Центр: нижняя русловая часть Та-волжанско-го плеса		Приплотинный участок: центральная и нижняя часть Казинского (приплотин-ного) плеса								Всего	Пруд	
Пункты	Ниже автодорож-ного моста			Ярлуково		Птицефаб-рика		Сброс НЛМК		Низовье, левый		Низовье, правый				
	1			2		3		4		5		6			7	
Даты	V	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII		VI	VIII
Anisus laevis (Alder, 1838)																+
Тип Tentaculata																
Класс Bryozoa						+			+		20				+	20
Н/кл. Phylactolaemata																
Отряд Plumatellida																
Сем. Plumatellidae																
Plumatella fungosa (Pal-las, 1768)											+					
Отряд Cristatellida																
Сем. Cristatellidae																
Cristatella mucedo Cu-vier, 1798						+			+		20				+	20
Тип Arthropoda																
Класс Crustacea										20						
Ostracoda sp.															+	
Подкласс Malacostraca																
Отряд Isopoda																
Сем. Asellidae																
Asellus aquaticus (L., 1758)										20						
Класс Arachnidia										60						

[illegible]

Виды, группы	Верховье: нижняя часть Гря- зинского плеса			Центр: нижняя русловая часть Та- волжанско- го плеса		Приплотинный участок: центральная и нижняя часть Казинского (приплотин- ного) плеса								Всего	Пруд	
Пункты	Ниже автодорож- ного моста			Ярлуково		Птицефаб- рика		Сброс НЛМК		Низовье, левый		Низовье, правый				
	1			2		3		4		5		6			7	
Даты	V	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII		VI	VIII
<i>Tipula (Acutipula) vit- tata</i> (Meigen, 1804)									20							
<i>Сем. Chironomidae</i>	120	700	340	340	120	160	20	320	100	7760	80	1700	6880		1000	1200
П/сем. Tanypodinae																
<i>Ablabesmyia phatta</i> (Eg- gert, 1863)												20				
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer, 1919		20														
П/сем. Orthoclaadiinae																
<i>Psectrocladius sordidel- lus</i> (Zetterstedt, 1838)										20						
<i>Psectrocladius</i> sp.								+								
<i>Cricotopus silvestris</i> (F., 1794)					40					20						
<i>Cricotopus cylindraceus</i> Kieffer, 1908										20						
Триба Chironomini																
<i>Cryptochironomus de- fectus</i> Kieffer, 1921		60		20						40						
<i>C.albofasciatus</i> (Staeger, 1839)										40			40			

[illegible]

Виды, группы	Верховье: нижняя часть Грязинского плеса			Центр: нижняя руслловая часть Та- волжанско- го плеса		Приплотинный участок: центральная и нижняя часть Казинского (приплотинного) плеса								Всего	Пруд	
Пункты	Ниже автодорожного моста			Ярлуково		Птицефабрика		Сброс НЛМК		Низовье, левый		Низовье, правый				
	1			2		3		4		5		6			7	
Даты	V	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII		VI	VIII
<i>Glyptotendipes glaucus</i> (Meigen, 1818)		240	20						20							
<i>G.gripekoveni</i> Kieffer, 1913																20
<i>G.paripes</i> Edwards, 1929		+														
<i>Glyptotendipes</i> sp.											+					
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)												40				
<i>E.tendens</i> (F., 1794)										80						
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)				80		80	20	120	40	1480	20	1460	2240			100
<i>Stictochironomus</i> «connectens №2» (Lipina, 1926)								40		20						
<i>Chironomini</i> sp.											+					
Триба Tanytarsini																
<i>Tanytarsus exavatus</i> (Edwards, 1929)					20										20	
<i>Paratanytarsus confusus</i> Palmen, 1960			20							100						

Виды, группы	Верховье: нижняя часть Грязинского плеса			Центр: нижняя русловая часть Та-волжанско-го плеса		Приплотинный участок: центральная и нижняя часть Казинского (приплотинного) плеса								Всего	Пруд	
Пункты	Ниже автодорожного моста			Ярлуково		Птицефаб-рика		Сброс НЛМК		Низовье, левый		Низовье, правый				
	1			2		3		4		5		6			7	
Даты	V	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII	VI	VIII			VI
<i>P. quintuplex</i> Kieffer, 1922	20									20						
<i>Cladotanytarsus gr.mancus</i>										80			80		260	
<i>Cladotanytarsus gr.mancus</i> sp.№1 Zvereva, 1950			120					20		520		60	820			120
<i>Cladotanytarsus gr.mancus</i> sp.№2 Zvereva, 1950		260	180	240		20		80		5040	60	120	3520			960
<i>Cladotanytarsus gr.mancus</i> sp. №7 Zvereva, 1950						60				120			140			

4.2 Характеристика зообентоса верховья и низовья Матырского водохранилища в 2011 г.

Верховье

В контрольном пункте верховья Матырского водохранилища в 2011 г. выявлено 29 видов беспозвоночных в живом виде и 36 видов – с учетом раковин и домиков. Это 7 видов олигохет, 6 – моллюсков (1 – в живом виде, отмечен в мае-июне), ракообразных – 1, насекомых – 20 (27 видов), среди которых преобладают хирономиды (16(17) видов). По сравнению с прошлым годом, произошла элиминация крупных (перловицевые), средних и мелких форм двусторчатых (шаровки, эвглесины), а также брюхоногих моллюсков (в прошлом году было отмечено 25 видов в живом состоянии), отсутствует ряд групп редко встречающихся в пробах первичноводных, относительно крупных организмов или колоний – губок, гидр, планарий, пиявок, мшанок, из ракообразных отсутствовали живые остракоды, свободноживущие клещи, резко снизилось разнообразие и обилие насекомых, в том числе стрекоз, ручейников, жуков, из хирономид исчезли некоторые хищные таниподины, почти отсутствуют чистоводные ортокладины (Силина, 2002). Всего в верховье в 2010 г. было выявлено 102 вида беспозвоночных, в контрольном пункте – 45 видов в живом состоянии и 76 – с учетом раковин и домиков, что в 1,6 раза выше результатов нынешнего года по живым организмам, и вдвое – по всем учтенным. Общая численность в пунктах верховья в 2010 г. составляла 853,4-1293,3 экз/м² с биомассой 176,7-831 г/м². Нынешний среднесезонный показатель численности составил 745 экз/м², что близко к прошлогоднему в пункте верховья на заиленных камнях. Среднесезонная биомасса зообентоса в данном пункте в 2011 г. составила 10,25 г/м², что в 20 раз ниже прошлогоднего показателя и в 39,5 раза ниже среднего показателя для верховья в 2010 г. (404,5 г/м²), когда сообщества были сформированы с участием перловиц, беззубок, лужанок, речных шаровок и др.

В *весенний период* в отобранной пробе верховья на каменисто-песчаном мелководье из водных макрофитов были обнаружены наяда большая, остатки роголистника. Из макробеспозвоночных было обнаружено лишь 8 видов зо-

обентоса в живом состоянии с низкой численностью (200 экз/м²) при низкой биомассе (1,6 г/м²). В биомассе сообщества наибольшую роль играла лужанка *Viviparus viviparus* (82,3%), менее значимы грязевые поденки *Caenis horaria* (6,3%). В пробе также обнаружены остатки раковин дрейссены. Информационное разнообразие монодоминантного сообщества *V. viviparus*+*C. horaria* невысокое ($H=2,92$ бит/экз.), но почти достигает минимально благополучного уровня, который является пределом его развития ($H_{max}=3,0$) при данном наборе видов. Поэтому энтропия сообщества минимальна, на фоне высокой выровненности и средне-низкой устойчивости. Выражена высокая концентрация доминирования по биомассе ($C_b=0,68$) за счет эдификатора. В трофическом аспекте, на фоне малочисленности сообщества, проявляется относительно высокое трофическое разнообразие – 6 гильдий 4 групп. Отсутствовали зоофаги при доминировании «мирных» полифагов (90,6%) в основном за счет гильдии сестонофитодетритофагов фильтраторов+собирателей (молодь *V. viviparus*). При этом информационное трофическое разнообразие низкое – 1,04 бит/г гильдии, из-за высокой концентрации доминирующей гильдии. Среди хищничающих видов отмечены лишь мелкие формы всеядных собирателей+хватателей (2,5% биомассы), поэтому в мае сообщество имеет лишь три трофических уровня. На долю детритофагов приходилось 4,4% биомассы, с меньшей долей участия гильдии глотателей, на долю фитофагов – 2,5%. Уровень конкуренции очень низок ($X/M=0,1$).

В июне видовое разнообразие повышается до 13 видов в пробе, при доминировании хирономид мелких (р. *Cladotatytarsus*) и крупных (р. *Glyptotendipes*) форм, соответственно 28,9% и 26,7% общей численности, в качестве субдоминанта выступали тубифициды *Limnodrilus hoffmeisteri* (11,1%). Основу биомассы зообентоса, как и в мае, формируют лужанка *V. viviparus* (95,4%) и, существенно менее – *Glyptotendipes glaucus* (2,5%). В пробе, кроме 3 видов олигохет и 1 вида брюхоногих, присутствуют грязевые поденки *Caenis robusta*, 9 видов хирономид, включающих представителей таниподин и танитарзин, а

также остатки раковин 9 видов типичных для верховья двустворчатых из сем. Unionidae, Dreissenidae и брюхоногих моллюсков из pp. *Theodoxus*, *Lithoglyphus*, *Bithynia* и *Lymnaea*. Общая численность зообентоса повышается до 900 экз/м², биомасса – до 36,85 г/м². В июне в моллюсочно-хирономидном сообществе *V. viviparus*+*G. glaucus* информационное разнообразие остается на весеннем уровне, не достигая минимального оптимума ($H=2$, 97 бит/экз.), при этом потенциально возможное разнообразие повышается до $H_{\max}=3,70$ бит/экз. за счет роста видового разнообразия. В численности по прежнему отмечается высокая выровненность при низкой концентрации доминирования, по биомассе последний показатель повышается до $S_b=0,91$ за счет того же эдификатора, что характерно для речных экосистем и сообществ верховий водохранилищ. Устойчивость остается на средне-низком уровне ($A=0,22$), при этом повышается энтропия сообщества ($F=0,20$). Трофическая структура оптимизируется при том же числе гильдий за счет замещения фитофагов 4 видами мелких зоофагов из хирономид (0,55% биомассы). Верховные хищники по прежнему отсутствуют, из хищных полифагов вновь отмечены мелкие всеядные (0,3%), на долю детритофагов приходится 0,55% биомассы. Основа биомассы с большей степенью доминирования приходится на группу «мирных» полифагов – 97,9%, за счет крупных *V. viviparus*. Поэтому трофическое разнообразие снижается до 0,2 бит/г гильдии, при этом уровень конкуренции повышается до $X/M=0,3$, число трофических уровней – до 4.

В августе в верховье наблюдалось падение обилия и разнообразия зообентоса до 7 видов в живом состоянии, кроме того, обнаружены раковины 4 видов моллюсков. Численность составила 400 экз/м², биомасса – лишь 0,26 г/м², что обусловлено отсутствием живых моллюсков. К доминирующим видам в этот период относились мелкие танитарзины при невысокой для них численности – *Cladotanytarsus* gr. *mancus* sp.1 (30,0%) и *Cladotanytarsus* gr. *mancus* sp.2 (45,0%). В биомассе наибольшее значение имели те же виды танитарзин (15,4% и 26,9%). Другие виды (2 вида олигохет и хирономид) отмечены единично. Ин-

формационное разнообразие бидоминантного сообщества *Cladotanytarsus* spp. значительно снижено ($H=2,2$ бит/экз.) по сравнению с июнем. Выровненность и концентрация доминирования занимают умеренные позиции, что происходит в результате общей негативной ситуации в верховье водохранилища в связи с массовой гибелью моллюсков в вышерасположенном Грязинском затоне и распространением продуктов гниения их биомассы, наряду с бактериальным заражением и распространением медной интоксикации. Перестройка трофической структуры сообщества в этот период прежде всего связана с отсутствием основных крупных представителей «мирных» полифагов – моллюсков. Поскольку все гильдии сформированы мелкими формами при отсутствии резкого доминирования их биомасс, трофическое разнообразие повышается до $H_{tr}=1,83$ бит/г гильдии, однако при этом присутствуют всего 4 гильдии при преобладании фитодетритофагов собирателей (46,1%), доля сестоно-фитодетритофагов фильтраторов+собирателей снижается до 23,1% и сформирована крупными хирономидами р. *Glyptotendipes*. Намечается рост детритофагии – до 15,4% за счет биомассы тубифицид 2 видов. Насыщенность гильдий видами очень низкая, хищничающие виды (как зоофаги, так и хищные полифаги), полностью отсутствуют, конкуренция нулевая. Данный аспект сообщества способен формировать лишь 2-уровневую трофическую структуру, что характерно для ситуаций, близких к экологическим катастрофам, и свидетельствует о сильной деградации литорального сообщества верховья в августе 2011 г. В конце июля 2010 г. в трофической структуре отмечено 7 гильдий из 3 групп при наличии верховного и специализированного крупных хищников, доля смешанных фильтраторов (моллюсков и хирономид) составляла 52,7%, структура имела 4-уровневый характер.

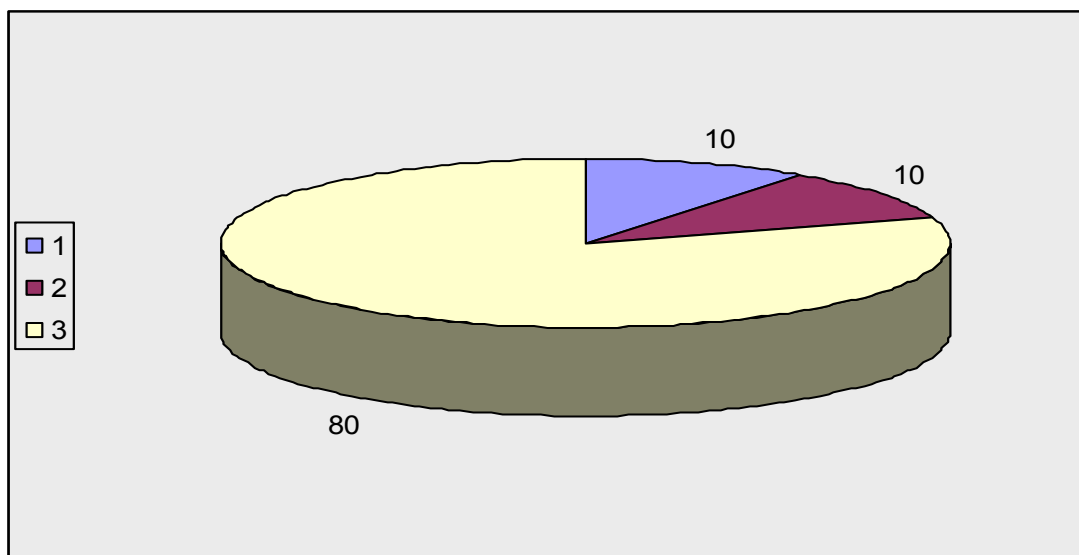


Рис. 4.1 - Соотношение численности различных групп зообентоса в верховье Матырского водохранилища (пункт 1) весной 2011 г. (1 – олигохеты, 2 – моллюски, 3 – насекомые).

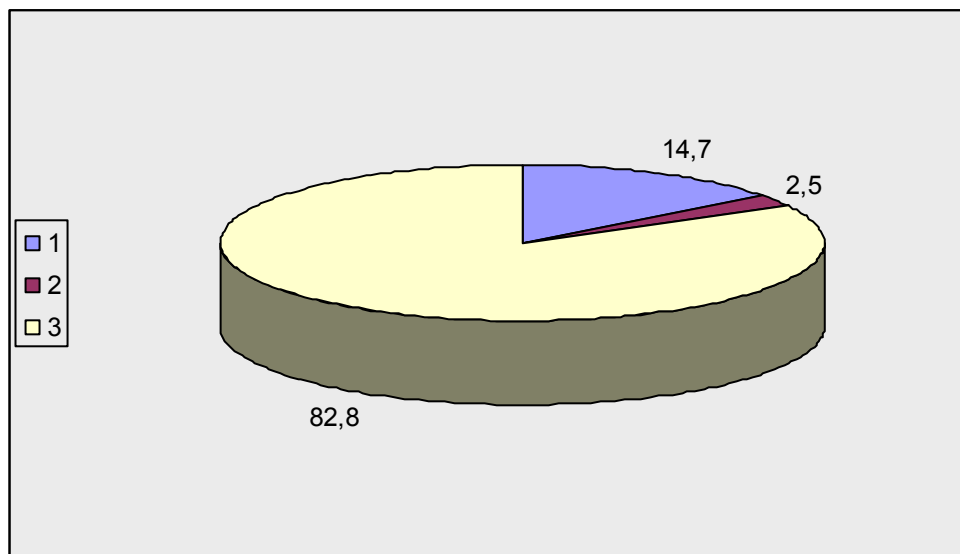


Рис. 4.2 - Соотношение численности различных групп зообентоса в верховье Матырского водохранилища (пункт 1) летом 2011 г. (1 – олигохеты, 2 – моллюски, 3 – насекомые).

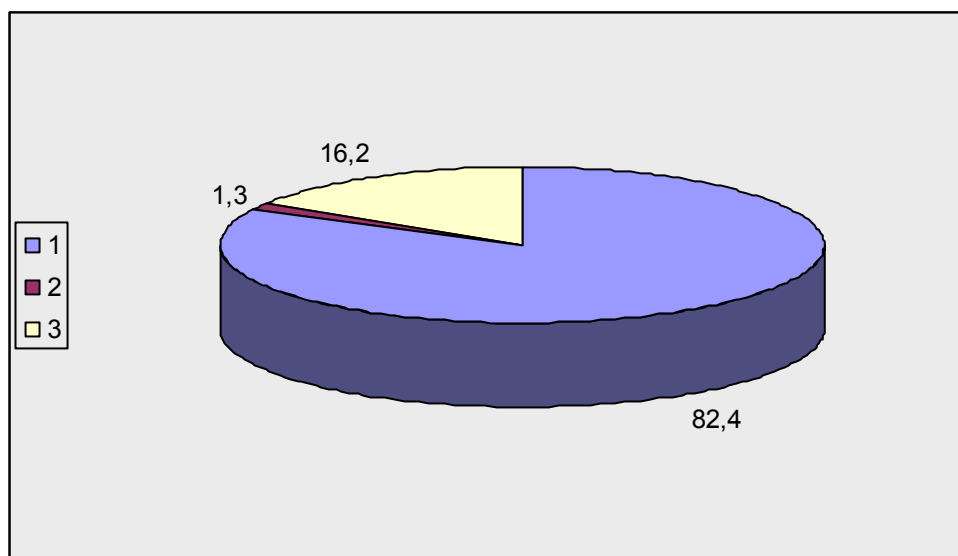


Рис. 4.3 - Соотношение численности различных групп зообентоса в верховье Матырского водохранилища (пункт 1) осенью 2011 г. (1 – олигохеты, 2 – ракообразные, 3 – насекомые).

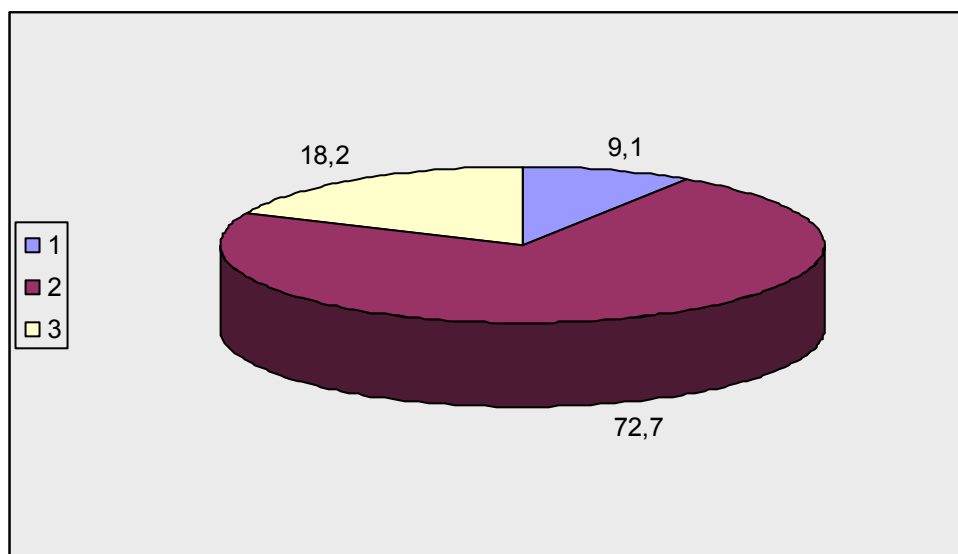


Рис. 4.4 - Соотношение численности различных групп зообентоса в верховье Матырского водохранилища (пункт 1) летом 2010 г. (1 – ракообразные, 2 – моллюски, 3 – насекомые).

Таблица 4.4

Доминантно-информационная структура литоральных донных зооценозов Матырского водохранилища и пруда «Пионерский» в июне 2011 г.

Показатели	Верховье	Центр	Низовье				Пруд
Пункты	Ниже моста	Ярлуково	Птицефабрика	Вобоброс НЛМК	Низовье левый	Низовье правый	
	1	2	3	4	5	6	7
Тип биоценоза	пелолитофильный	псаммофильный	псаммофильный	псаммофильный	псаммопеллофитофильный	псаммопеллофитофильный	пелопсаммофитофильный
Тип сообщества	моллюсочно-хирономидное	хирономидное	хирономидное	хирономидное	хирономидное	хирономидное	Хирономидно-олигохетное
Вид сообщества (по индексу плотности р)	<i>V.viviparus</i> + <i>G.glaucus</i>	<i>C.gr.mancus</i> №2 + <i>S.crassiforceps</i>	<i>S.crassiforceps</i> + <i>C.gr.mancus</i> №2	<i>S.crassiforceps</i> + <i>C.psittacinus</i>	<i>C.gr.mancus</i> №2 + <i>S.crassiforceps</i>	<i>S.crassiforceps</i>	<i>P.nubeculosum</i> + <i>L.hoffmeisteri</i>
Виды – доминанты (р)	<i>V.viviparus</i> , <i>G.glaucus</i>	<i>C.gr.mancus</i> №2, <i>S.crassiforceps</i>	<i>S.crassiforceps</i>	<i>S.crassiforceps</i>	<i>C.gr.mancus</i> №2, <i>S.crassiforceps</i>	<i>S.crassiforceps</i>	<i>P.nubeculosus</i> , <i>L.hoffmeisteri</i>
Виды – субдоминанты (р)	<i>C.gr.mancus</i> №2, <i>L.hoffmeisteri</i>	-	<i>C.gr.mancus</i> №2	<i>C.psittacinus</i>	<i>I.michaelseni</i>	<i>C.gr.mancus</i> №2	<i>C.gr.mancus</i> №2, <i>O.costalis</i>
Число видов	13 (23)	3 (4)	3 (8)	5(6)	32(41)	5 (10)	11 (22)
Число семейств	4(11)	1(2)	1(6)	1(2)	13 (18)	1(6)	4 (13)
Численность, экз./м ²	900	340	160	320	8560	1700	1640

Биомасса, г/м ²	36,85	0,21	0,15	0,46	12,984	1,76	1,58
Информационное разнообразие, Н (бит/экз.)	2,97±0,05	1,08±0,05	1,41±0,05	2,11±0,04	2,36±0,03	0,83±0,04	2,39±0,04
H _{max} – H _{min} (бит/экз.)	3,70-0,15	1,59-0,06	1,58-0,11	2,32-0,12	5,09-0,06	2,32-0,03	3,46-0,07
Выровненность, V	0,79	0,67	0,88	0,90	0,46	0,35	0,68
Разнообразие Маргалефа, α	1,76	0,34	0,39	0,69	3,64	0,54	1,35
Концентрация доминирования Симпсона, Сч/Сб	0,18/ 0,91	0,56/ 0,53	0,41/ 0,66	0,26/ 0,43	0,38/ 0,17	0,74/ 0,79	0,26/ 0,29
Устойчивость сообщества по Алимову, А	0,22	0,06	0,08	0,12	0,15	0,05	0,15
Показатель энтропии фон Ферстера, F	0,20	0,32	0,11	0,09	0,54	0,64	0,31
Индекс сапробности, S	2,51	2,16	2,1	2,19	2,30	2,13	2,55
Индекс сапротоксности, St	2,70	1,85	1,7	2,08	1,87	1,7	2,23

Таблица 4.5

Доминантно-информационная структура литоральных донных зооценозов
Матырского водохранилища и пруда «Пионерский» в августе 2011 г.

Показатели	Верховье	Центр	Низовье				Пруд
Пункты	Ниже моста	Ярлуково	Птицефабрика	Вобоброс НЛМК	Низовье левый	Низовье правый	
	1	2	3	4	5	6	
Тип биоценоза	псаммоли- тофильны й	псам- мофи- тофиль- ный	псам- мо- филь- ный	псаммо- мофиль- филь- ный	псаммо- мофиль- филь- ный	псаммо- мофиль- филь- ный	псам- мопе- лофито- тофиль- филь- ный
Тип сообщества	хириноми- дное	олиго- хетно- моллю- сочное	олиго- гохет- хет- ное	хирино- мидно- олиго- хетное	*моллю- сочно- хирино- мидно- ное	хирино- мидно- ное	хирино- мидно- олиго- хетное
Вид сообщества (по индексу плотности р)	<i>C.gr.mancus</i> №2 + <i>C.gr.mancus</i> №1	<i>S.lacustris</i> + <i>D.polymorpha</i>	<i>L.hoffmeisteri</i>	<i>P. exectum</i> + <i>N.communis</i>	<i>A.acronicus</i> + <i>C.gr.mancus</i> №2	<i>S.crassiforceps</i> + <i>C.gr.mancus</i> №2	<i>C.gr.mancus</i> №2 + <i>L.hoffmeisteri</i>
Виды – доми- нанты (р)	<i>C.gr.mancus</i> №2, <i>C.gr.mancus</i> №1,	<i>S.lacustris</i> , <i>D.polymorpha</i>	(<i>L.hoffmeisteri</i>)	<i>P. exectum</i> , <i>N.communis</i>	* <i>A.acronicus</i> , <i>C.gr.mancus</i> №2	<i>S.crassiforceps</i> , <i>C.gr.mancus</i> №2	<i>C.gr.mancus</i> №2
Виды – субдоминанты (р)	-	<i>D.nervosus</i>	-	* <i>G.glaucus</i>	-	<i>C.gr.mancus</i> №1	<i>L.hoffmeisteri</i> , <i>S.crassiforceps</i>
Число видов	7(11)	10 (11)	4 (5)	6(7)	5 (11)	9 (11)	9 (17)
Число семейств	3(7)	4(5)	4(5)	3(5)	4(8)	3(5)	4 (9)

Численность, экз./м ²	400	420	120	240	140	6940	1540
Биомасса, г/м ²	0,26	0,32	0,13	0,21	0,48	5,59	1,31
Информационное разнообразие, Н (бит/экз.)	2,12± 0,07	3,10± 0,04	1,79± 0,07	2,28± 0,06	2,13± 0,07	1,73± 0,02	1,80± 0,04
H _{max} – H _{min} (бит/экз.)	2,81-0,15	3,32- 0,22	2,0- 0,21	2,59- 0,19	2,32- 0,24	3,17- 0,02	3,17- 0,06
Выровненность, V	0,74	0,93	0,88	0,87	0,91	0,54	0,56
Разнообразие Маргалефа, α	1,0	1,49	0,63	0,91	0,81	0,90	1,09
Концентрация доминирования Симпсона, Сч/Сб	0,31/0,19	0,13/0,14	0,33/ 0,30	0,25/ 0,20	0,27/ 0,58	0,38/0,5 6	0,43/ 0,22
Устойчивость сообщества по Алимову, А	0,13	0,24	0,10	0,14	0,13	0,10	0,10
Показатель энтропии фон Ферстера, F	0,25	0,07	0,11	0,12	0,08	0,45	0,43
Индекс сапробности, S	2,24	2,46	2,48	2,55	1,94	2,11	2,43
Индекс сапротоксобиности St	-	2,34	2,98*	2,36	1,87	1,72	2,93

В *октябре* разнообразие зообентоса восстанавливается до 12 видов, в основном за счет олигохет, численность возрастает до 1480 экз/м², что является умеренным значением для водохранилища. При этом биомасса остается низкой из-за отсутствия живых моллюсков – 2,30 г/м² (отмечены лишь раковины дрейссены, лужанки и речной шаровки). Зообентос представлен 6 видами олигохет, 1 эврибионтным видом ракообразных (*Asellus aquaticus*), поденками р. *Centroptilum* и 4 широко распространенными видами хирономин pp. *Glyptotendipes*, *Endochironomus* и *Dicrotendipes*. Доминировали полисапробные тубифициды *Limnodrilus hoffmeisteri* ((58,1% численности и 42,2% биомассы зообентоса), субдоминантами являлись *Psammoryctides barbatus* (10,8% численности и 13,9% биомассы) и крупные хирономиды *Glyptotendipes glaucus* (6,8% численности и 21,7% биомассы). Информационное разнообразие остается низким (H=2,3 бит/экз., по сравнению с 3,4 бит/экз. в октябре 2010 г.), выровненность,

уровень доминирования и устойчивость – на тех же позициях, что и в августе ($V=0,63$, $Sч=0,36$, $Sб=0,25$), при повышении энтропии до $F=0,36$.

В трофической структуре сообщества в октябре 2011 г. детритофагия достигает пика – 67,41%, в основном за счет гильдии глотателей при доминировании *L. hoffmeisteri*. Кроме детритофагов, присутствуют «мирные» полифаги мелких форм, также без моллюсков. На долю смешанных фильтраторов, представленных 3 видами хирономид pp. *Glyptotendipes* и *Endochironomus* приходится 28,3%, на долю фитодетритофагов 3 видов (поденки, водяной ослик и олигохета р. *Nais*) – 3,9% биомассы. Хищничающие виды отсутствуют, уровень конкуренции, как и в августе, нулевой. Трофическое разнообразие снижено до 1,15 бит/ г гильдии. Однако, несмотря на то, что данный аспект формирует лишь 2 трофических уровня, рост плотности детритофагов, обычный для осенних аспектов водных сообществ, и насыщенность гильдий видами свидетельствуют о процессах восстановления зооценозов после летней катастрофической депрессии. В 2010 г. в этот же период трофическая структура сообщества была представлена 4 группами и 7 гильдиями, при абсолютном доминировании смешанных фильтраторов (94,4%), сформированных крупными формами брюхоногих, значительна роль чистых фильтраторов, что типично для речных участков водохранилищ. Трофическая пирамида была 4-х–уровневой, без верховных хищников, при этом присутствовали зоофаги и всеядные).

Низовье

Низовье в контрольном пункте 6 (правобережье приплотинного участка) обследовалось только в летний период (пробы, предоставленные фирмой «Альгобиотехнология», соответствовали сборам в конце июня и конце августа 2011 г.). Поэтому корректное сравнение с прошлогодними результатами оказалось возможным только для пары позднеиюльской и августовской проб. В пробах в июне грунт был представлен мелким серым песком с примесью мелких металлических блесков, из макрофитов отмечены наяда большая, нитчатка (обызвествленная), шаровидная колония сине-зеленых. В августе макрофиты не от-

мечены, грунт – мелкий песок.

Всего в контрольном пункте низовья (2 летних отбора 2011 г.) собрано 11 (17 видов) – 1 вид нематод, раковины 4 видов моллюсков и 10 (12) видов насекомых, их них 9 видов хирономид. По сравнению с 2010 г. (проба конца июля), в пункте 6 было обнаружено 18 видов в живом состоянии и 29 видов – с учетом раковин и домиков, т. е. видовое разнообразие сократилось в количественном отношении минимум в 1,6 (1,7) раза, а если сравнивать (более корректно) по одному отбору – в 2,0 (2,6) раза. Среднегодовая численность составила в 2011 г. 4320 экз/м² при биомассе 3,68 г/м², при абсолютном доминировании мелких тагитарзин р. *Cladotanytarsus* (sp. №1 и sp. №2). В августе численность составила 6940 экз/м² при биомассе 5,59 г/м². В конце июля 2010 г. эти показатели были близки и составили 5240 экз/м² при более высокой биомассе – 12,5 г/м². Поэтому снижение биомассы оказалось двукратным. Более значительны в 2011 г. оказались потери качественного (таксономического и экологического) состава сообщества: если в августе 2011 г. это маловидовое хирономидное сообщество сформировано 1 видом нематод, 1 видом поденок и 7 видами хирономид, то в 2010 г. здесь обитали 7 видов олигохет (наидиды и тубифициды), 5 видов моллюсков в живом виде (и раковины еще 3 видов), при доминировании *Lithoglyphus naticoides* (отмечены также дрейссена, два вида эвглесид, вальватиды, т.е. типичные виды водохранилищ нашей зоны), встречались живые ракушковые рачки и ручейники р. *Oecetis*, а также 9 видов хирономид из 3 подсемейств. С позднелетним аспектом прошлогоднего сообщества приплотинного участка нынешний состав сообщества объединяют только хирономиды – вид доминант *S. crassiforceps*, и единично отмеченные *Cryptochironomus psittacinus* и *Cladotanytarsus* №7.

В **июне** 2011 г. в контрольном пункте низовья выявлено 5 видов хирономид при монодоминировании *Stictochironomus crassiforceps*, с численностью 1460 экз/м², что составило 85,9% численности и 88,6% биомассы амфибионтного, по сути, пионерного маловидового сообщества. Оно типизировано как мо-

нодоминантное хирономидное сообщество *S. crassiforceps*, с большим отрывом эдификатора от слабовыраженного комплекса субдоминантов по индексу плотности ($p=47,7$ и $2,2$). Условно к субдоминантам можно отнести 2 вида р. *Cladotanytarsus*, доминирующих в большинстве песчаных биотопов водохранилища. Из других хирономид единично отмечены виды *Endochironomus albipennis* и хищный вид таниподин *Ablabesmyia phatta*. Кроме того, обнаружены часть отмершей личинки поденки *Caenis robusta* и раковины 4 видов моллюсков – дрейссены, беззубки, эвглесины и овального прудовика. Информационное разнообразие данного аспекта сообщества очень низкое ($H=0,83$ бит/экз.) из-за бедности видового состава и высокой концентрации доминирования эдификатора ($Cч=0,74$, $Cб=0,79$), устойчивость сообщества минимальна ($A=0,05$) при максимальной энтропии ($A=0,64$), т.е сообщество находится на грани разрушения структуры. В трофическом аспекте здесь абсолютно преобладают мирные полифаги гильдии фитодектритофагов собирателей (92,1% биомассы), на долю гильдии смешанных фильтраторов приходится лишь 4,5% биомассы. Второй трофической группой были зоофаги, единично представленные одним мелким видом таниподин (3,4% биомассы). Верховные хищники отсутствуют, уровень конкуренции низок ($X/M=0,25$), трофическая структура сформирована лишь 3 трофическими уровнями.

В **августе** ситуация незначительно изменилась: в состав сообщества вошли мермитиды (паразитирующие на хирономидах), поденка *Caenis macrura* и 7 видов хирономид, кроме того, обнаружены раковины дрейссены и домик мелкого ручейника *Orthotrichia costalis*. Среди хирономид произошли смены незначимых видов: вместо хищного вида таниподин появились 2 хищных вида р. *Cryptochironomus* с низкой численностью, к танитарзинам добавились еще 2 вида р. *Cladotanytarsus*, численность массового в водохранилище *C. gr. mancus* №2 повысилась до 3520 экз/м² или 50,7% численности (пик численности второй генерации вида), обилие прежнего эдификатора также повысилось до 2240 экз/м², составив 32,2 % численности, но, благодаря более крупным размерам,

вид лидирует в биомассе (71,9%). Это определяет бидоминантный характер хирономидного сообщества *S. crassiforceps*+*C. gr. mancus* №2, к субдоминантам которого относится танитарзина *C. gr. mancus* №1. Информационное разнообразие сообщества несколько повысилось, однако остается в пределах низких значений ($H=1,73$ бит/экз.). Потенциально возможное разнообразие также невысокое, выровненность и концентрация доминирования имеют умеренные значения, устойчивость низкая ($A=0,10$) при высокой энтропии ($F=0,45$). В трофической структуре добавилась гильдия эндопаразитов насекомых, увеличилось число зоофагов до 2 видов, возросло разнообразие гильдии фитодетритофагов-собирателей за счет массового развития танитарзин, при этом смешанные фильтраторы уже отсутствуют. Таким образом, здесь остаются две группы – «мирные» полифаги с единственной гильдией (97,4%) и зоофаги малых форм двух гильдий (2,6%), без верховных хищников. Трофическое разнообразие составило лишь 0,2 бит/г гильдии, при низкой конкуренции ($X/M=0,3$), структура имеет, как и в июне, 3-уровневый характер. Это свидетельствует о серьезной биотической перестройке донной экосистемы в изучаемой зоне и потерях основных экологических ниш для смешанных фильтраторов и грунтоедов-глотателей, заселявших этот участок ранее. Если в июле 2010 г. здесь обитали представители 3 трофических групп 6 гильдий, из них 4 вида зоофага и 1 всеядный, то в 2011 г. – 2 группы, 3 гильдии, и структура с 4-уровневой деградирует до 3-уровневой, что не свойственно литоральным сообществам водохранилищ нашей зоны. Вполне вероятна версия токсификации грунтов, так как отсутствуют, в подтверждение, и крупные хищники, и всеядные.

В других пунктах водохранилища в летний период развивались в июне – хирономидные, в августе – олигохетно-моллюсочные (у Ярлуково), олигохетное (птицефабрика), хирономидно-олигохетное (водосброс НЛМК), моллюсочно-хирономидное (левобережье у плотины) типы сообществ. К эдификаторам

сообществ в 2011 г., кроме вышеуказанных моллюсков *Viviparus viviparus*, хирономид *Glyptotendipes glaucus*, *Stictochironomus crassiforceps* и *Cladotanytarsus* gr. *mancus* №2, в других пунктах относились олигохеты *Stylaria lacustris*, *Nais communis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, моллюски *Dreissena polymorpha*, *Anisus acronicus*, хирономиды *Pentapedilum exectum* (табл. 4.4, 4.5). Информационное разнообразие июньского аспекта сообществ было невысоким, в июне не превышающим показатель благополучия $H=3,0$ бит/экз., минимумы отмечены у Ярлуково и в правобережье приплотинного участка. Выровненность, кроме пунктов приплотинного участка, была высокой ($V=0,8-0,9$). Концентрация доминирования, кроме пунктов у Ярлуково и правобережья низовья, была умеренной, устойчивость сообществ – средне-низкой в верховье и правобережье низовья (контрольных пунктах), в других пунктах – очень низкой. К высокоэнтропийным сообществам можно отнести лево- и правобережье приплотинного участка из-за массового развития мелких форм хирономид. В августе информационное разнообразие остается низким, с максимумом у Ярлуково ($H=3,10$ бит/экз), в других сообществах составляя 1,783-2,28 бит/экз. Выровненность, кроме контрольных пунктов, имеет высокие значения ($V=0,8-0,9$), концентрация доминирования минимальна в пункте у Ярлуково, где проявляется и рост устойчивости до средне-низкого уровня. В других пунктах доминирование проявляет умеренные значения при низкой устойчивости сообществ. Уровень энтропии наиболее высок в контрольных пунктах верховья и низовья, в других пунктах сообщества низкоэнтропийны, что свидетельствует о более полной реализации информационного ресурса сообществ.

Трофическая структура летних аспектов сообществ водохранилища в 2011 г. включала 12 гильдий из 5 трофических групп, весенний и осенний отборы верховья не внесли изменений (в 2010 г. было выявлено 21 гильдия). Не отмечены хищники-высасыватели, гемофаги рыб, гемофаги моллюсков, гемофаги гомойотермных, всеядные соскребатели, всеядные высасыватели+собиратели, сестоно-планктофаги фильтраторы, фитодектритофаги фильтра-

торы, сестоно-фитодетритофаги фильтраторы, фитодетритофаги-консументы мшанок.

В отличие от вышеописанных трофических структур в контрольных пунктах, в других зонах и пунктах водохранилища ситуация отличалась снижением доли «мирных» полифагов до 66,3% в левобережье низовья и составляя 79,6-85,1% в других пунктах. При этом чистые фильтраторы, представленные исключительно молодью дрейссены, играли заметную роль только у Ярлуково – 13,0% (остаточная ценопопуляция после мощных консорций 2010 г.) и у водосбора НЛМК – 7,5%, где в прошлом году летом фильтраторы составляли 96,5% биомассы сообщества. У птицефабрики и в низовье чистые фильтраторы отсутствовали. Остались мелкие формы смешанных фильтраторов (фильтраторов+собирателей) с более низкой долей, чем в 2010 г., лишь у водосбора НЛМК их доля стала несколько выше (до 3,0%). Основной гильдией «мирных» полифагов в 2010 г. являются фитодетритофаги собиратели (от 51,5% в левобережье низовья до 74,6% у водосбора НЛМК, у Ярлуково и птицефабрики составляя 66,7-64,3% биомассы сообществ). Детритофаги в пунктах нахождения, кроме контрольных, составляли порядка 30,1% (низовье) – 7,4% (Ярлуково). Повышение уровня детритофагии является артефактным, так как происходит на фоне резкого снижения доли прошлогодних крупных эдификаторов гильдии фильтраторов. Роль фитофагов (гильдия альгофагов собирателей) более значима у птицефабрики за счет ручейников р. *Orthotrichia*, в низовье составляя лишь 0,7% биомассы. Хищные полифаги, кроме контрольных пунктов, отмечены у Ярлуково (в прошлом году – 13,0%) и в левобережье низовья, где их участие незначительно (3,7-1,0%). Роль зоофагов (также артефактно) возрастает до 9,3% у Ярлуково, 14,9% у водосбора НЛМК, снижаясь у плотины до 1,9% и отсутствуя у птицефабрики. Разнообразие зоофагов максимально в низовье (5 видов), в других пунктах отмечено лишь по 1-2 вида мелких хищников. Верховные хищники отсутствуют в большинстве пунктов, лишь у Ярлуково единично отмечена молодь эврибионтного вида стрекозы р. *Ischnura*. Доля видов

зоофагов на оптимальном уровне находится только в левобережья низовья, доля «хищной» биомассы составила от 11,1% у водосброса НЛМК и отсутствия у птицефабрики до 23,1% у Ярлуково – 2,4% в низовье. Уровень конкуренции везде низок и не превышает $X/M=0,4$, до нуля у птицефабрики (напротив пруда «Пионерский»). Трофическое разнообразие низкое, как и в 2010 г. – от 0,3 бит/г гильдии в низовье до 1,2-1,7 бит/г гильдии в других пунктах (кроме контроля). Число гильдий в пунктах от 10 в низовье до 4-5 в других пунктах, при этом число трофических групп было минимальным у водосброса НЛМК (как и в контроле низовья) и у птицефабрики (по 2-3 группы), что определяет 2-уровневую трофическую структуру у птицефабрики, 3-уровневую – у водовыпуска НЛМК, 4-уровневую в левобережье низовья, и лишь у Ярлуково выявлена 5-уровневая полноценная трофическая структура бентосного сообщества.

Таблица 4.6

Трофическая структура литоральных донных зооценозов
Матерского водохранилища и пруда «Пионерский» летом 2011 г.

Показатели	Верховье	Центр	Низовье				Пруд
Пункты	Ниже моста	Ярлуково	Птицефабрика	Водосброс НЛМК	Низовье левый	Низовье правый	
	1	2	3	4	5	6	
Зоофаги	0,44 (4)	9,26 (2)	-	14,93 (1)	1,89 (6)	3,50 (4)	
Хищники хвататели	0,44 (4)	9,26 (2)	-	14,93 (1)	1,86 (5)	3,37 (3)	
Эндопаразиты насекомых					0,03 (1)	0,13 (1)	
Хищные полифаги	0,36 (1)	3,70 (1)			0,97 (5)		28,47 (3)
Всеядные собиратели+ хвататели	0,36 (1)	3,70 (1)			0,67 (4)		25,69 (2)
Фито-зоофаги собиратели+ хвататели					0,30 (1)		2,78 (1)
“Мирные” полифаги	98,17 (10)	79,63 (9)	82,15 (4)	85,08 (9)	66,32 (18)	96,49 (7)	31,6 (6)

Показатели	Верховье	Центр	Низовье				Пруд
Пункты	Ниже моста	Ярлуково	Птицефабрика	Вобоброс НЛМК	Низовье левый	Низовье правый	
	1	2	3	4	5	6	
Сестоно-фитодетритофаг и фильтраторы		12,96 (1)		7,46 (1)			
Сестоно-фитодетритофаг и фильтраторы+собиратели	96,9 (3)		17,86 (1)	2,99 (1)	14,78 (3)	1,08 (1)	1,74 (1)
Фитодетритофаги собиратели	1,27 (7)	66,67 (8)	64,29 (3)	74,63 (7)	51,54 (15)	95,41 (6)	29,86 (5)
Детритофаги	0,80 (7)	7,41 (1)	14,29 (1)		30,15 (5)		27,08 (4)
Детритофаги собиратели	0,26 (2)	7,41 (1)					
Детритофаги глотатели	0,54 (5)		14,29 (1)		30,15 (5)		27,08 (4)
Фитофаги	0,20 (2)		3,57 (1)		0,67 (3)		12,84 (4)
Фитофаги жу-ющие	0,10 (1)				0,45 (1)		
Альгофаги фильтраторы					0,15 (1)		8,33 (2)
Альгофаги собиратели			3,57 (1)		0,07 (1)		4,51 (2)
Трофическая специализация неизвестна	0,1 (1)						
Показатели							
$H_{тр} \pm m_H$ (бит/г гильдии)	0,27 $\pm$ 0,13	1,54 $\pm$ 0,14	1,43 $\pm$ 0,11	1,16 $\pm$ 0,13	1,66 $\pm$ 0,13	0,31 $\pm$ 0,11	2,28 $\pm$ 0,10
C гильдий	0,94	0,48	0,47	0,59	0,38	0,91	0,24
Доля видов-зоофагов, %	17,4	15,4		10,0	16,2	36,4	0
Доля хищничающих видов	21,7	23,1	0	11,1	42,3	57,1	21,4
Доля «хищной» биомассы, %	0,62	11,1	0	14,93	2,37	3,50	14,24
Показатель конкуренции, X/M	0,3	0,3	0	0,1	0,4	0,6	0,2

Показатели	Верховье	Центр	Низовье				Пруд
Пункты	Ниже моста	Ярлуково	Птицефабрика	Вобоброс НЛМК	Низовье левый	Низовье правый	
	1	2	3	4	5	6	
Число видов верховных хищников	0	<i>Ischnura elegans</i> (juv.)	0	0	0	0	0
Число гильдий	8	5	4	4	10	4	7
Число трофических групп	5	4	3	2	5	2	4
Число трофических уровней	4	5	2	3	4	3	3

Согласно расчетным **индексам качества воды**, в верховье в весенне-летний период воды по показателю сапробности отнесены к бэта-мезосапробным, с высокими показателями индекса в пределах класса, в конце июня приобретающих пограничное значение между умеренно- и тяжелозагрязненными водами (альфа-бэта-мезосапробная зона). В октябре ситуация резко ухудшилась как по сравнению с летними данными 2011 г., так и по сравнению с осенними данными 2010 г. Воды верховья по организмам зообентоса осенью отнесены к альфа-мезосапробной зоне. По индексу сапротоксобиности в мае ситуация находится в пределах бэта-мезосапробности, в конце июня (после гибели моллюсков в затоне) происходит ее ухудшение до альфа-сапротоксобиности (загрязненные воды). В августе индикаторные организмы токсификации отсутствовали, что может трактоваться двояко. Однако в сентябре ситуация резко ухудшилась до значений, пограничных с полисапробной зоной, т.е. пограничная зона между загрязненными и тяжело загрязненными водами. Низовье анализировалось только в летний период, по индексу сапробности в июне и августе воды низовья относятся в бэта-мезосапробному классу, что связывается нами с отсутствием в этом году дноуглубительных работ, сильно ухудшающих экологическую ситуацию в низовье в 2010 г. Индексы сапротоксобиности также

стабильны и показывают умеренное загрязнение (табл. 4.7). Осеннее состояние низовья осталось нам неизвестным.

Таблица 4.7

Оценка качества воды в верховье и низовье
Матырского водохранилища по данным 2011 г.

Показатели, даты	Верховье	Низовье
<i>Сапробность, S</i>		
Май	2,3	-
Июнь	2,51	2,13
Август	2,24	2,11
Октябрь	2,91	
<i>Сапротоксность, St</i>		
Май	1,96	-
Июнь	2,7	1,7
Август	0	1,72
Октябрь	3,36	

Анализ качества воды по индексу сапробности вне контрольных пунктов в июне показывает умеренное загрязнение с минимумом у птицефабрики и максимумом в пределах класса в левобережье у плотины. В августе в левобережье ситуация оптимизируется, оставаясь в рамках бэта-мезосапробности, однако у Ярлуково, у птицефабрики и водосброса НЛМК ситуация ухудшается до промежуточного альфа-бэта-мезосапробного уровня (между умеренными и тяжело загрязненными водами).

Согласно индексу сапротоксности, в июне воды от Ярлуково до левобережья приплотинного участка относятся к умеренно загрязненным (слаботоксичным) со средними значениями в пределах класса. В августе ситуация ухудшается: у Ярлуково воды относятся к бэта-альфа-сапротоксному классу, у птицефабрики – к альфа-сапротоксному (загрязненные воды), возвращаясь к пограничному состоянию альфа-бэта-сапротоксности у водосброса ЛМНК и восстанавливаясь до бэта-сапротоксного класса в левобережье приплотинного участка, где развит наиболее богатый фаунистический комплекс (табл. 4,5).

Зообентос пруда «Пионерский»

В пруде «Пионерском», расположенном на побережье Матырского водохранилища в непосредственной близости от пункта 3 (у птицефабрики), в верхней зоне Казинского плеса, по результатам обработки бентосных проб (2 летних отбора) выявлено 33 вида беспозвоночных, из них лишь 17 видов – в живом состоянии. Это 4 вида олигохет, 1(12) видов моллюсков, 1 вид мшанок, 12 (15) видов насекомых, из которых 9 (10) видов – хирономиды. По результатам 2010 г. (по 3 отборам) здесь было выявлено 57 видов в живом виде, с учетом раковин домиков – 81 вид. По данным июльского отбора 2010 г. здесь было обнаружено 13 (35) видов, что приближается к объему видов двукратной съемки 2011 г. В апреле 2010 г. здесь обитало 35 видов живых организмов (50 – с учетом раковин и домиков), в октябре – 21 (27) видов. В 2011 г. в каждой съемке было выявлено по 9-11 видов, т.е., по удельному разнообразию (в расчете на пробу) в летний период произошло снижение разнообразия на треть, в среднем за сезон – в 2,2 раза. В июне и в августе в пробах обнаруживались по 3 вида олигохет, со сменой 2 видов при постоянном участии полисапроба *Limnodrilus hoffmeisteri*, в июне отмечен единственный вид моллюсков в живом состоянии (мелкая катушка *Anisus cincinnus*), и раковины 8 видов моллюсков, в том числе беззубок, дрейссен, лужанок, битиний, затворок и прудовиков. В августе живые моллюски полностью отсутствовали, обнаружены раковины 6 видов – беззубок, битиний, затворок и катушек. В 2010 г. здесь было отмечено 6 видов моллюсков в живом состоянии (pp. *Amesoda*, *Musculium*, *Cincinna*, *Bithynia*, *Lymnaea*) и раковины еще 17 видов. В июле 2010 г. в живом виде был отмечен вид вальватид *Cincinna depressa*, на фоне общего обеднения и падения обилия фауны в летний период. Из насекомых в июне 2011 г. были отмечены 2 вида ручейников гидроптилид pp. *Agraylea* и *Orthotrichia* и пупарий мухи-береговушки р. *Scatella*, в августе – домики уже вылетевших ручейников *O. costalis*, куколка и домики лептоцерид *Leptocerus tineiformes*. В 2010 г. в летний период здесь присутствовали личинки 2 видов поденок, 3 видов ручейников и домики еще 2 ви-

дов, и мокрецы р. *Sphaeromyias*. Примечательно, что участие хирономид было минимальным – единственный вид р. *Cladotanytarsus* (единично), головные капсулы и домик еще 2 вылетевших видов. В 2011 г. видовой спектр хирономид летом расширился до 9 видов, по 4-5 видов в пробе. Не встречались в зообентосе в 2011 г. отмеченные летом 2010 г. пиявки, остракоды, клещи (р. *Hygrobathe*), мокрецы, поденки, сократился видовой состав ручейников, при этом расширился видовой состав хирономид, представленных эврибионтными видами или обитателями заиленных песков.

Общая численность зообентоса литорали пруда в 2011 г. летом была стабильной и составляла 1640-1540 экз/м², биомасса – 1,58-1,31 г/м². Это выше прошлогодних летних показателей численности в 1,6 раза, по биомассе – ниже в 1,3 раза. Среднесезонная численность в 2010 г. составила 1786,8 экз/м², биомасса – 3,35 г/м². Низкие показатели биомассы обусловлены слабым участием моллюсков и крупных насекомых в составе донных сообществ прудовой литорали.

Численно доминирующими группами в 2011 г. были насекомые (1180 экз/м²), составившие 74,2% общей численности, из них 69,2% приходится на хирономид. Второстепенной группой были олигохеты (24,5%), на долю моллюсков и мшанок приходилось по 0,6% общей среднелетней численности. В биомассе также лидируют насекомые (55,0%) и олигохеты (27,0%), на долю моллюсков приходилось 2,4%, мшанок – 8,3% общей биомассы зообентоса. В 2010 г. в июле численно содоминировали олигохеты и насекомые (по 45,0% численности и 32,2-26,4% биомассы), доля моллюсков составляла 35,8% биомассы при относительной численности 2,0%. Значительна роль в биомассе ручейников (14,5%), редуцировавшаяся в 2011 г. до 6,1-8,3%.

Доминирующими видами в июне 2011 г. являлся всеядный политопный вид хирономид *Polypedilum nubeculosum* (41,5%) при численности 680 экз/м², субдоминантом – полисапробный эврибионтный вид тубифицид *Limnodrilus hoffmeisteri* (23,2%) и танитарзина *Cladotanytarsus* gr. *mancus* №2 (15,9%). В

биомассе лидировали первые два вида (45,6%-25,3%). В августе произошла смена основного доминанта по численности, на первую роль вышла танитарзина *Cladotanytarsus* gr. *mancus* №2 (36,7%) с численностью 960 экз/м², вероятно, в связи с вылетом имаго *P. nubeculosum* и вспыхом численности второй генерации танитарзин, доминирующих в большинстве водохранилищных сообществах литорали. Второстепенным остается *L. hoffmeisteri* (16,9%). В биомассе доминируют эти же виды (36,7% и 18,3%) при значительной роли биомассы мшанки (18,3%). В 2010 г. содоминировали олигохеты *L. hoffmeisteri* и ручейники *O. costalis*, при невысоком уровне численности, второстепенную роль играли поденки и тубифициды.

По данным анализа доминантно-информационной структуры, в июне в литорали пруда «Пионерский» обитало хирономидно-олигохетное сообщество *Polypedilum nubeculosum*+*Limnodrilus hoffmeisteri*, в субдоминантный комплекс которого входили *C. gr. mancus* №2 и *O. costalis*. Информационное разнообразие сообщества низкое и сходно с различными пунктами водохранилища ($H=2,4$ бит/экз.). Выровненность сообщества умеренно-высокая, при низкой устойчивости ($A=0,15$) и средней энтропии ($A=0,31$). В августе при том же типе сообщества произошла смена эдификатора, сообщество монодоминантно (*C. gr. mancus* №2+ *L. hoffmeisteri*), в комплекс субдоминантов, кроме второго вида, входит *S. crassiforceps*. Информационное разнообразие сообщества, как и видовое, понижается до $H=1,8$ бит/экз., выровненность снижается за счет массового развития мелкого эдификатора, устойчивость снижается до $A=0,10$ (неустойчивое сообщество) при росте энтропии до $F=0,43$. В 2010 г. летом здесь обитало олигохетно-инсектарное сообщество *L. hoffmeisteri*+*O. costalis*, с субдоминантами из олигохет и моллюсков, индекс информационного разнообразия был выше, но не достигал благополучного уровня ($H=2,9$ бит/экз.), устойчивость сообщества – умеренно-низкой, но вдвое выше, чем 2011 г. ($A=0,20$), при умеренной энтропии ($A=0,22$).

Показатели качества воды в летний период позволяют отнести воды пруд-

довой литорали к промежуточному между умеренно- и тяжело загрязненными водами (альфа-бэта-мезосапробный класс). Согласно индексу сапротоксобиности, в июне ситуация была нормальной, воды по индексу Яковлева относились к бэта-сапротоксобиной зоне, в августе ситуация значительно ухудшилась, индекс сапротоксобиности указывает на тяжелое токсическое загрязнение ($St=2,93$, альфа-сапротоксобиная зона). В 2011 г. воды пруда также относились к тяжело-загрязненным по токсификации и альфа-бэта мезосапробному классу по уровню органического загрязнения.

В трофической структуре литорального зообентоса пруда «Пионерский» выявлено 4 группы (при полном отсутствии зоофагов) и 7 гильдий (в 2010 г. – 5 групп при наличии зоофагов и 8 гильдий). Выраженного доминирования групп не наблюдалось, полифаги и детритофаги составляли по 27,1-31,6% биомассы, фитофаги – 12,8%. В 2010 г. содоминировали «мирные» полифаги (45,6%) и детритофаги (32,2%), при этом лидирующими гильдиями были сестоно-фитодетритофаги фильтраторы+собиратели (36,8%) и детритофаги глотатели (32,2%). В 2011 г. при том же уровне детритофагии возрастает роль всеядных собирателей+хватателей (25,7%), внутри группы «мирных» полифагов произошла замена лидера на гильдию фитодетритофагов собирателей, что характерно и для большинства сообществ литорали водохранилища в 2011 г. При этом среди фитофагов происходит возрастание значимости фильтраторов (мшанок), частично компенсирующих потерю позиций фильтрационного звена экосистемы. Благодаря более равномерному распределению биомассы между гильдиями, трофическое разнообразие повысилось до благополучного уровня (2,3 бит/г гильдии), доля «хищной» биомассы, благодаря только хищным полифагам, составила 14,2%, при низкой конкуренции ($X/M=0,2$) и отсутствии верховных хищников. Поэтому трофическая пирамида в 2011 г. здесь имеет 3-уровневую структуру, по сравнению с 4-уровневой летом 2010 г.

Помимо проб макрозообентоса, нами была определена проба воды, отобранная для анализа зоопланктона, содержащая множество особей клещей,

обычно включаемых в состав зообентоса (в общий список не включены). Проба была отобрана в конце августа 2011 г. (50 л при помощи сети Апштейна) в литорали пруда «Пионерский». Содержимое пробы, несмотря на спиртовую фиксацию, имело резко выраженный специфический запах разлагающихся тканей двустворчатых моллюсков, а также содержало мелкие кусочки разлагающихся тканей, по видимому, унионид. Кроме того, обнаружены плотные бактериальные пленки и сгустки, а также ряд видов макробеспозвоночных, случайно попавших в пробу при отчерпывании. Особенностью данной пробы являлось наличие множества водяных клещей преимущественно р. *Unionicola* (специфических паразитов перловицевых, преимущественно беззубок), на различных стадиях развития. Всего выявлено 5 видов клещей: 1 вид орибатид *Hydrozetes* gr. *lacustris* (1 экз.) и 4 вида гидракарин. Это 1 вид сем. *Limnesiidae* (*Limnesia undulata*, 1 экз.), 1 вид сем. *Arrenuridae* (*Arrenurus sinuator*, 1 экз.), и 2 вида сем. *Unionicolidae* – *Unionicola* aff. *macrovensis* (2 дейтонимфы) и *Unionicola ypsilophora* (3 предличинки, 1 имаго, 1 тритонимфа и 59 дейтонимф). Общая численность вида *Unionicola ypsilophora* в зоопланктонной пробе составила $64 \times 20 = 1280$ экз/м³, что на площадь пруда в 1,0 га при условной глубине в 1м составляет 12,8 млн особей. Это сверхвысокий показатель при нормальных экологических условиях. Поэтому, проанализировав данную ситуацию, мы пришли к выводу, что экологическая катастрофа в Грязинском затоне Матырского водохранилища, вызванная медной интоксикацией и клещевыми суперпаразитами беззубок, способствовавших их массовой гибели в условиях термического стресса, произошедшая в середине июля 2011 г. и оказавшая негативное воздействие на экологическую ситуацию в верховье водохранилища, является не единственной в условиях водохранилища и, возможно, вызвана теми же причинами. Цикл развития клеща *U. ypsilophora* весьма сложен и состоит из 6 стадий – яйца, протонимфы (предличинки) (покоящиеся стадии, локализуемые в теле моллюска), личинка (покоящаяся стадия, пассивно передвигающаяся на насекомых-хозяевах (комарах), дейтонимфа (подвижная стадия, вер-

нувшаяся в водоем после паразитирования на насекомых и активно ищущая основного хозяина – беззубку), тритонимфа (покоящаяся стадия, локализуемая в тканях беззубки), и имаго – подвижные хищники, облигатно обитающие в свободном пространстве между мантией и жабрами беззубки. Поскольку личинки и тритонимфы (неподвижные стадии) были обнаружены в воде, следовательно, они попали туда вынужденно, после гибели и разложения тканей беззубок – их хозяев. Это подтверждает и нахождение в воде имаго. Наличие множества (1180 экз/м³) подвижных дейтонимф в воде свидетельствует об отсутствии, т.е. гибели их хозяев – беззубок. Наличие стойкого запаха и остатков тканей беззубок в пробе дополняет версию о массовой гибели беззубок в пруде «Пионерском» в конце июля-середине августа 2011 г. Ухудшение экологической ситуации в водоеме подтверждается почти полным отсутствием живых моллюсков, низким значением фильтрующих видов, сменой основной гильдии смешанных фильтраторов на гильдию собирателей органики и показателями индекса токсификации в августе. Можно выдвинуть предположение о зарыблении пруда, заболевании рыбы и последующих мероприятиях дезинфекции с применением медьсодержащих или др. препаратов, способствующих гибели беззубок, аналогично ситуации в Грязинском затоне. Резкое ухудшение ситуации в августе в пункте водохранилища у птицефабрики, в непосредственной близости от пруда «Пионерский», зафиксированное и по зообентосу, и по зоопланктону, свидетельствует о возможном сбросе прудовых вод в водохранилище, что сказывается на экологическом состоянии водоема в этой части и состоянии самоочистительных комплексов литорали, испытывающих деградиционные трансформации летом 2011 г.

5. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ СООБЩЕСТВ НИЗШИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Сообщества низших водорослей, представлены видами, обитающими в толще воды в пределах открытого водного зеркала и среди зарослей высшей водной растительности, и видами донными и из обрастаний (микрофитобентос). Это диатомовые, синезеленые и другие микроскопические водоросли. Систематический и эколого-географический состав сообществ низших водорослей связан с минерализацией, температурой, глубиной, режимом трофности и другими характеристиками водоема. Низшие водоросли чутко реагируют на изменения гидрохимических показателей водной среды, что положено в основу метода биоиндикации при оценке степени антропогенного загрязнения водоемов. Это позволяет использовать полученную информацию для оценки эколого-биологического состояния водной среды. Одновременный анализ диатомовых, синезеленых и других водорослей увеличивает достоверность экологических построений и выводов (Унифицированные методы..., 1977). Проточные, непроточные и слабопроточные водные экосистемы региона – природные и природно-антропогенные (водохранилища), соответствуют трофическому статусу эвтрофных. Процесс эвтрофирования современных водных экосистем отражает антропогенное воздействие на поверхностные водные объекты и осуществляется повсеместно. Эвтрофикация вод обусловлена количеством биогенных веществ, главным образом азота, фосфора, железа, микроэлементов и органических веществ. С увеличением степени эвтрофирования ухудшается качество среды обитания гидробионтов (Россолимо, 1975). При перегрузке водоемов биогенными веществами обычно происходит бурное развитие планктонных водорослей, вызывающих “цветение” вод. Прозрачность воды уменьшается вследствие наличия большого объема взвешенного в воде органического вещества (планктонные организмы, детрит). Применяемый термин “антропогенное эвтрофирование” часто используется как синоним понятия “антропогенное загрязнение”.

Таблица 5.1

**Общий список, экологические показатели и количественные характеристики
низших водорослей, изученных в пробах фитопланктона
Матырского водохранилища в течение вегетационного сезона 2011 года**

	Место- обитание и геогра- фическое распро- стрене- ние	Экология		Максимальные оценки обилия (в баллах)				
		Галоб- ность (рН)	Ацидо- филь- ность (минера- лизация)	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь октябрь
Диатомовые водоросли								
<i>Stephanodiscus binderanus</i> (Kütz.) Krieg.	п, б	и	и		1			
<i>S. hantzschii</i> Grun.	п, к	гл	и		2		9	9
<i>S. rotula</i> (Kütz.) Hendey	п, к	и	алб			2	5	
<i>Coscinodiscus lacustris</i>	п			1				
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round	п, б	и	алб		1	1		
<i>Cyclotella atomus</i> Hust.	п, к	гл	и		2			
<i>C. krammeri</i> Håkansson	п, б	гл	и				1	1
<i>C. meneghiniana</i> Kütz.	п, к	гл	ал	1	2	5	3	3
<i>Melosira varians</i> Ag.	п, к	гл	ал		3			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i>	п, с	и	ал		7	9	7	7
<i>A. italica</i> (Ehr.) Sim. f. <i>italica</i>	п, к	и	ал		7	9	7	4
<i>A. italica</i> var. <i>tenuissima</i> (Grun.) Sim.	п, б	и	и	2	7	9	9	4
<i>Fragilaria bica pitata</i> A. Mayer var. <i>bica pitata</i>	о, б	гб	и	7	5			3

F. brevistriata Grun. var. brevistriata	о, к	и	ал		3	3	5	9
F. capucina Desm.	п, к	и	ал		3		1	1
F. construens (Ehr.) Grun.	о, к	и	ал	9	7	9	3	5
F.construens var. venter (Ehr.) Grun.	о, к	и	ал	2	7	3		5
F. crotonensis Kitt.	п, б	гл	ал		5	1		1
F. Inflata (Heid.) Hust.	о, с	и	и					2
F. intermedia Grun.	о, б	и	ал					2
F. pinnata Ehr.	о, б	и	ал					2
Synedra acus Kütz. Var. acus	п, к	и	ал			1		
Synedra acus var. radians (Kütz.) Hust.	п, к	и	ал			1		
S. berolinensis Lemm.	п, к	и						1
S. capitata Ehr.	о, к	и	ал		1			
S.tenera W.Sm.	о, с	и	и		1			2
S. ulna (Nitzsch.) Ehr. var. ulna	о, к	и	ал	1	5	1	1	3
Asterionella gracillima (Hantzsch.) Heib.	п, к	и	ал			1		
Diatoma elongatum (Lyngb.) Ag.	п, б	гл	и	7	5			1
Diatoma vulgare Bory	о, к	и	ал					7
D. vulgare var. linearis Ehr.	о, к	и	ал				1	
Meridiom circulare Ag. var. circulare	о, к	гб	ал	1		1	1	2
Navicula anglica Ralfs var. anglica	д, б	и	ал	1	1	1		
N. anglica var. minuta Cl.	д, б	и	ал			1	1	1
N. cryptocephala Kutz. var. cryptocephala	д, к	и	ал	1		1		4
N. exigua (Greg.) O. Müll.	д, к	и	ал	7	2	5		
N. gracilis Ehr.	д, к	и	ал	2	1	1	1	2
N. lanceolata (Ag.) Kütz. var. lanceolata	д, к	и	ал			1		1
N. lanceolata var. tenuirostris Skv.	д, б	и	ал			1	1	

N. menisculus Schum.	д, б	и	ал	1				
N. hungarica var. capitata Cl.	д, б	гл	ал	1	1	1		1
N. placentula (Ehr.) Grun. var. placentula	д, к	и	ал	1		1		1
N. platystoma Ehr. var. Platystoma	д, б	и	ал			1		
N. pupula Kütz. var. pupula	д, к	гл	и					1
N. radiosa Kütz. var. radiosa	д, б	и	и					1
N. reinhardtii (Grun.) Cl. var. reinhardtii	д, к	и	алб	2		2	1	2
N. verecunda Hust.	д, б	и	и					4
Caloneis silicula (Ehr.) Cl.	д, б	и	ал					1
Anomoeoneis sphaerophora (Kütz.) Pfitz.				1	1			
Cocconeis disculus var. diminuta (Pant.) Shesh.	о, б	гл	ал		2			
C. pediculus Ehr. var. pediculus	о, к	гл	алб	2	2			2
C. placentula Ehr. var. placentula	о, б	и	ал	2	1			1
Achnanthes lanceolata (Bréb.) Grun.	о, к	и	ал		1			7
A. minutissima Kütz.	о, к	и	ал				1	
Eunotia faba (Ehr.) Grun. var. faba	о, с	гб	ац	1	1			
E. tennella (Grun.) Hust.	о, б	и	ац		1			
Rhoicosphenia curvata (Kütz.) Grun.	д, к	гл	алб		1	1	1	2
Cymbella affinis Kütz.	о, с	гб	и	1	1			
Cymbella cymbiformis (Ag.?Kütz.) V.H.	о, б	и	ал	1	1			1
C. cistula (Hemp.) Grun.	о, б	и	ал	1	1			1
C. hustedtii Krasske	о, б	и	ал					1

<i>C. ehrenbergii</i> Kütz.	о, б	и	алб					1
<i>C. lanceolata</i> (Ehr.) V. H. var. <i>lanceolata</i>	о, б	гл	ал		2			1
<i>C. lata</i> Grun. var. <i>lata</i>	о, б	гл	ал	2				
<i>C. tumida</i> (Bréb.) V.H.	о, б	и	ал		1			
<i>C. turgida</i> (Greg.) Cl. var. <i>turgida</i>	о, к	и	ал					2
<i>C. turgidula</i> Grun.	о, к	и	ал	2	1			1
<i>C. ventricosa</i> Kütz. var. <i>ventricosa</i>	о, к	и	и					1
<i>Amphora ajajensis</i> Skabitsch.	д, б	и	и		1			
<i>A. ovalis</i> Kütz. var. <i>ovalis</i>	д, к	и	ал	2	2			1
<i>A. ovalis</i> var. <i>libyca</i> Ehr.	д, к	и	ал			1		
<i>A. ovalis</i> var. <i>pediculus</i> Kütz.	д, к	и	ал					1
<i>A. perpusilla</i> Grun.	д, к	и	и		2			
<i>Gomphonema intricatum</i> Kütz.	о, б	и	ал	1	2			1
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	о, б	и	ал	2	2			2
<i>G. longiceps</i> Ehr.	о, б	и						1
<i>Amphipleura pellucida</i> Kütz.	о, к	и			2		1	1
<i>Epithemia sorex</i> Kütz.	о, б	и	алб	1	1	2		2
<i>E. zebra</i> (Ehr.) Kütz. var. <i>zebra</i>	о, к	и	алб					1
<i>E. zebra</i> var. <i>porcellus</i> (Kütz.) Grun.	о, к	и	алб					1
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehr.)Grun.	о, б	и	алб			1		2
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm.	д, б	и	и		3		1	
<i>N. kuetzingiana</i> Hilse var. <i>kuetzingiana</i>	д, б	и	ал		1			1
<i>N. linearis</i> W. Sm. var. <i>linearis</i>	д, б		и					1

		и						
<i>N. sigmoidea</i> (Ehr.) W. Sm.	д, б	и	ал					1
<i>Hantzscia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. var.	д, к	и	и		1			
<i>Surirella biseriata</i> Bréb. var. <i>biseriata</i>	д, б	и	и	1				
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Sm. var. <i>solea</i>	д, б	и	ал		1			1
<i>Campylodiscus noricus</i> var. <i>costata</i> Grun.	д, б	и	ал		1			
Другие низшие водоросли								
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.								2
<i>Microcystis anadontae</i> (Hansg.) Elenk. Emend.								3
<i>Ostillatoria lacustris</i> (Kleb.) Geitl.								2
<i>Beckia bella</i> (G. Beck.) Elenk.								3
<i>Chlorella</i> sp.				1	4	1		2
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Bréb.				1	1			1
<i>Pediastrum boreanum</i> (Turp.) Menegh.				1		1	1	
<i>P. simplex</i>						1		
<i>Staurostrum gracilis</i> Ralfs.						1		
<i>Volvox aureus</i> Ehr.						1	1	1
<i>Phacotus</i> cf. <i>pallidus</i> Korsch.						4		
<i>Pseudokephyrion schilleri</i> Conr.								3

Изучение систематического состава сообществ низших водорослей Матырского водохранилища показало их достаточно высокое видовое разнообразие. Диатомовые водоросли представлены 89 видами, разновидностями и формами, принадлежащими 29 родам. Синезеленые насчитывают 4 таксонов, принадлежащих 4 родам. Другие низшие микроскопические водоросли представлены 8 таксонами, относящимися к 7 родам (табл. 5.1).

Изучение систематического состава сообществ низших водорослей Матырского водохранилища показало уменьшение их видового разнообразия в 2011 году по сравнению с 2010 годом (табл. 5.2).

Таблица 5.2

**Сопоставление видового разнообразия низших водорослей
Матырского водохранилища в 2010 и 2011 годах**

	2010 год		2011 год	
Таксоны	Вид	Род	Вид	Род
Диатомовые	177	33	89	29
Синезеленые	30	18	4	4
Другие низшие водоросли	16	14	8	7

По видовому разнообразию и оценкам обилия в сообществах доминируют диатомовые водоросли. Для большинства таксонов известны эколого-географические характеристики. В соответствии с ними установлено, что по местообитанию планктонные виды составляют 22%, донные 34% и эпифитные виды обрастатели – 44%. Это соответствует небольшим глубинам водоема и широкому развитию зон мелководий.

Установлено, что по географическому распространению среди групп диатомей соотношение видов космополитов, обитающих в водах всех географических зон, и бореальных видов равно. Их содержание достигает по 47%. Группа североальпийских диатомей, характерных для северных и горных водоемов, относительно немногочисленна, и насчитывает 6%.

Таблица 5.3

Схема сукцессий диатомовых и синезеленых водорослей Матырского водохранилища в течение вегетационного сезона 2011 года

Май	Диатомовые водоросли – <i>Fragilaria construens</i> → <i>Fragilaria brevistriata</i> → <i>Diatoma elongatum</i> → <i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i> → <i>Navicula exigua</i>
Июнь	Диатомовые водоросли – <i>Aulacoseira granulata</i> → <i>Aulacoseira italica</i> → <i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i> → <i>Fragilaria construens</i> → <i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> → <i>Fragilaria crotonensis</i> → <i>Fragilaria capucina</i> → <i>Synedra ulna</i> → <i>Diatoma elongatum</i> → <i>Cyclotella atomus</i> → <i>Cyclotella meneghiniana</i> → <i>Cocconeis pediculus</i>
Июль	Диатомовые водоросли – <i>Aulacoseira granulata</i> → <i>Aulacoseira italica</i> → <i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i> → <i>Fragilaria construens</i> → <i>Cyclotella meneghiniana</i> → <i>Fragilaria brevistriata</i> → <i>Navicula exigua</i>
Август	Диатомовые водоросли – <i>Stephanodiscus hantzschii</i> → <i>Stephanodiscus rotula</i> → <i>Aulacoseira italica</i> → <i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i> → <i>Fragilaria construens</i> → <i>Fragilaria brevistriata</i>
Сентябрь- начало октября	Диатомовые водоросли – <i>Stephanodiscus hantzschii</i> → <i>Aulacoseira granulata</i> → <i>Aulacoseira italica</i> → <i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i> → <i>Fragilaria construens</i> → <i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> → <i>Fragilaria brevistriata</i> → <i>Diatoma vulgare</i> → <i>Navicula cryptocephala</i> → <i>Navicula verecunda</i> → <i>Achnanthes lanceolata</i> → <i>Synedra ulna</i>

В общем составе диатомей по отношению к галобности (минерализация вод) доминируют виды индифференты, предпочитающие минерализацию 0,2-0,3‰ – до 80%. Галофилы, живущие в пресной воде, но на которые повышение минерализации до 0,4-0,5‰ оказывает стимулирующее действие, составляют 16%. На долю галофобов, процветающих при минерализации 0,02‰, приходится до 4%. Виды мезогалобы (солонатоводные), предпочитающие минерализацию 0,05‰, но обычные для пресных водоемов, в 2011 году не наблюдаются. В 2010 году в водах Матырского водохранилища они составляли 4,8% при доминировании индифферентных видов – 79%.

По отношению к активной реакции среды среди таксонов с установленной реакцией pH преобладают виды алкалифилы (pH равно 7, оптимум распространения при pH более 7). Они составляют – 59%. Довольно много видов индифферентов, развивающихся при кислой и щелочной реакции воды – до 23%. Группа алкалибионтов, предпочитающих pH более 7, составляет 12%. Ацидофилы (pH менее 7) немногочисленны – до 6%. Для сравнения – в 2010 году они составляли до 1,8%. Это свидетельствует о преобладании щелочной реакции среды пресноводного водоема

Общая закономерность развития фитопланктона в целом заключается в том, что весной по мере прогревания вод до 4-10 оС, начинают развиваться диатомеи, поскольку они по своей природе являются умеренно теплолюбивыми водорослями. При температурах вод от 23-25 оС и более, т.е. в середине лета (июль – первая половина августа) в эвтрофных водоемах обычно начинают активно развиваться синезеленые водоросли. В условиях повышенных загрязнений водной среды начинают развиваться виды синезеленых, характерные для загрязненных местообитаний, и вызывающие “цветения” вод. В дальнейшем, с середины августа, по мере охлаждения вод и вплоть до октября месяца в составе сообществ микроскопических водорослей доминируют диатомовые.

Особенностью сукцессий низших водорослей Матырского водохранилища в 2010 году является то, что в середине лета, а именно во второй половине

июня – до середины августа в составе фитопланктона продолжают доминировать планктонные виды диатомей, среди которых наряду с характерными для этого времени видами рода *Aulacoseira* распространяются также представители рода *Stephanodiscus*. Развития фитопланктона, представленного синезелеными водорослями, на уровне “цветения” вод, что повсеместно свойственно загрязненным водоемам региона, не происходит. Как и в условиях аномально жаркого лета 2010 года, которое должно было бы способствовать обильному “цветению” вод синезелеными водорослями, условий для “цветения” вод и в 2011 году не сложилось. Это позволяет подчеркнуть достаточно высокий уровень процессов самоочищения водоема.

В систематическом и экологическом составе сообществ низших водорослей в течение вегетационного сезона происходит последовательная сукцессионная смена доминирующих и субдоминирующих видов диатомовых водорослей (табл. 5.3). Наблюдаются виды и внутривидовые таксоны широкого экологического и географического диапазона распространения, характерные для эвтрофных водоемов.

- Май – доминируют диатомовые водоросли. Среди них обрастатели и планктонные виды – *Fragilaria construens*, *Fragilaria brevistriata*, *Diatoma elongatum*, *Aulacoseira italica* var. *tenuissima* и *Navicula exigua*.
- Июнь – доминируют диатомовые водоросли. Среди них планктонные виды – *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira italica*, *Aulacoseira italica* var. *tenuissima*, *Cyclotella atomus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria crotonensis* и *Fragilaria carucina*. Из группы обрастателей и донных *Fragilaria construens*, *Fragilaria construens* var. *venter*, *Synedra ulna*, *Diatoma elongatum*, *Cocconeis pediculus*.
- Июль – доминируют диатомовые водоросли. Среди них *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira italica*, *Aulacoseira italica* var. *tenuissima*, *Fragilaria construens*, *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria brevistriata*, *Navicula exigua*. виды
- Август – доминируют диатомовые водоросли. Среди них планктонные виды *Stephanodiscus hantzschii*, *Stephanodiscus rotula*, *Aulacoseira italica*, *Aulaco-*

seira italica var. tenuissima и обрастатели *Fragilaria construens*, *Fragilaria brevistriata*.

- Сентябрь-начало октября – доминируют диатомовые водоросли. Среди них в планктоне процветают *Stephanodiscua hantzschii*, *Aulacoseira granulate*, *Aulacoseira italica*, *Aulacoseira italica* var. *tenuissima*, а также обрастатели и донные *Fragilaria construens*, *Fragilaria construens* var. *venter*, *Fragilaria brevistriata*, *Diatoma vulgare*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula verecunda*, *Achnanthes lanceolata*, *Synedra ulna*.

Преобладание в составе сообществ низших водорослей диатомей отражено и в их количественных показателях, которые представлены в средней численности клеток на литр вода, показателях биомассы, а также в баллах. Соответствующие данные представлены в таблицах (табл. 5.4-5.8; см. табл. 5.1). Зеленые водоросли рода хлорелла в сообществах низших водорослей заметного распространения не имеют. Они появляются в пробах спорадически, и какой-либо закономерности в этом не наблюдается. Хлорелла выявляется в пробах по месяцам опробования с незначительными количественными оценками (средней численности, биомассы и баллов). В 2011 году средние суммарные показатели численности фитопланктона в верховьях водохранилища составили 6096 млн.кл./л, биомасса 2,98 мг/л, в приплотинной части – соответственно 7645 млн.кл./л и 2,90 мг/л. Для сравнения: в 2010 году средние суммарные показатели численности фитопланктона в верховьях водохранилища составили 10070 млн.кл./л, биомасса 14,58 мг/л, в приплотинной части – соответственно 22350 млн.кл./л и 13,10 мг/л. Таким образом, в 2011 году наблюдается значительное уменьшение средней численности и биомассы фитопланктона.

В составе синезеленых водорослей полностью отсутствуют виды, которые вызывают «цветение» вод. Интересной особенностью состава синезеленых водорослей в 2011 году явилось появление и распространение вида *Microcystis anadontae* (Hansg.) Elenk. Emend. Известно, что данный вид обитает на старых раковинах *Anadonta*, *Planorbis* и других моллюсков. Она наблюдается в пробах 4-6 и 7, отобранных в сентябре-начале октября (см. табл. 5.1 и 5.8). Водные

объекты бассейна Верхнего Дона заведомо испытывают постоянную направленную антропогенную нагрузку различного, в том числе и токсического, характера. В этих условиях сформировалась определенная структура природно-антропогенных сообществ низших водорослей, основные элементы которой выражены во всех водоемах и водотоках (Анциферова, 2005). Она проявляется в низком видовом разнообразии, сходстве видового состава сообществ по различным водоемам и доминированием 1-2 видов, создающих высокие показатели биомассы и численности, при единичном развитии других. В структуре сообществ низших водорослей Матырского водохранилища прослеживается следующая закономерность: общее число видов достигает в пробе 20-30. Повсеместно доминируют от 2-3 редко до 5-6 видов, способных к быстрому популяционному росту (например, виды *Aulacoseira granulata*, *A. italica* и *A. italica* var. *tenuissima*, *Diatoma elongatum*).

Анализ процессов эвтрофикации водохранилищ, в т.ч. на основе оценки эколого-биологического качества вод, дает основание рассматривать их как природно-антропогенные экосистемы. Сбалансированность процессов самоочищения вод, которая выражается в сбалансированности образования и деградации органического вещества, обеспечивается не только различными биохимическими процессами, но также гидробионтами, имеющими высокие видовые и количественные показатели. Сообщества микроскопических водорослей являются непосредственными участниками саморегуляции водной экосистемы. Они выступают также как биологические индикаторы, позволяющие проводить эколого-биологическую оценку состояния водохранилища.

Согласно сложившимся представлениям, эвтрофикация и загрязнение вод приводят к увеличению сапробности. Сапробность показывает экологическое состояние водоема в зависимости от количества и активности разлагающегося органического вещества автохтонного и аллохтонного происхождения и оценивается по способности организмов развиваться в воде с различными величинами содержания органических загрязнений. Для некоторых видов низших водорослей определена сапробная валентность и индикаторная значимость по си-

стеме Кольквитца-Марссона, которая многократно усовершенствована различными исследователями (Экологический мониторинг..., 1995; Макрушин. Биологический анализ качества вод, 1974; Методика изучения биоценозов внутренних водоемов, 1975; Унифицированные методы исследования качества вод..., 1977). Использование этих данных позволяет дополнить характеристику степени эвтрофирования вод Матырского водохранилища данными сапробиологического анализа (табл. 5.9). Воды пресных водоемов по видам индикаторам разделены на четыре зоны сапробности, характеризующие обстановку, в которой происходят процессы самоочищения загрязненных вод.

Зона полисапробных (р) вод характеризуется преобладанием редуционных процессов, когда деструкция органики превышает ее первичную продукцию. В этой зоне наблюдается очень низкое содержание кислорода и большие концентрации растворенной углекислоты. Происходит интенсивное разложение органического вещества с образованием в донных осадках сернистого железа и сероводорода. Виды полисапробы в водах Матырского водохранилища в 2011 году не обнаружены. В 2010 году они составили 9 баллов (обнаружен вид-индикатор *Navicula hungarica*).

Зона олигосапробных (о) вод показывает степень интенсивности процессов минерализации органических загрязнений до образования минерального субстрата. Для нее характерно законченное окисление. В средних географических широтах центральной России такого типа воды образуются в результате минерализации из загрязненных вод. Они распространены повсеместно и достаточно равномерно. В водохранилище сумма баллов сапробной валентности видов олигосапробов составляет 507 баллов.

Мезосапробная зона подразделяется на α -мезосапробную и β -мезосапробную. В ней интенсивно протекают процессы редуции органического вещества (однако, несколько меньшие, по сравнению с полисапробной зоной) и преобладают окислительные процессы.

Таблица 5.4

**Список видов низших водорослей, представляющих фитопланктон Матырского водохранилища в мае 2011 года.
Средняя численность и средняя биомасса фитопланктона**

Таксон	Номер пробы							
	Матыра 2		Матыра 3		Матыра 4		Матыра 5	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
Диатомовые водоросли								
<i>Coscinodiscus lacustris</i>					3	0,00501		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.			6	0,00042				
<i>Melosira varians</i> Ag.							18	0,0043
<i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i> (Grun.) Sim.	30	0,00153						
<i>Fragilaria bicapitata</i> A. Mayer var. <i>bicapitata</i>			180	0,045				
<i>F. construens</i> (Ehr.) Grun.	75	0,005	1020	0,816	810	0,066	18	0,00012
<i>F. construens</i> var. <i>venter</i> (Ehr.) Grun.	60	0,034	60	0,034	60	0,034	15	0,0085
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr. var. <i>ulna</i>	3	0,006	15	0,03	15	0,016	0,5	0,0002
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	600	0,416			15	0,0104		
<i>Meridion circulare</i> Ag. var. <i>circulare</i>	15	0,0006	15	0,0006	15	0,0006		
<i>Navicula anglica</i> Ralfs var. <i>anglica</i>							1	0,0007
<i>N. exigua</i> (Greg.) O. Mull.					315	0,07875		
<i>N. gracilis</i> Ehr.					30	0,0345		
<i>N. hungarica</i> var. <i>capitata</i> Cl.	3	0,0021						
<i>N. cryptocephala</i> Kutz. var. <i>cryptocephala</i>					15	0,009		
<i>N. menisculus</i> Schum.	3	0,00345						
<i>N. placentula</i> (Ehr.) Grun. var. <i>placentula</i>			9	0,0054				
<i>N. reinhardtii</i> (Grun.) Cl. var. <i>reinhardtii</i>	3	0,0045	30	0,0345	15	0,01725		
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr. var. <i>pediculus</i>			60	0,004	60	0,004		
<i>C. placentula</i> Ehr. var. <i>placentula</i>	6	0,0036						
<i>Eunotia faba</i> (Ehr.) Grun. var. <i>faba</i>					6	0,0028		

Таксон	Номер пробы							
	Матыра 2		Матыра 3		Матыра 4		Матыра 5	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.			3	0,00054	15	0,0027		
<i>C. cymbiformis</i> (Ag.?Kütz.) V.H.	3	0,00062						
<i>Cymbella lata</i> Grun. var. <i>lata</i>			30	0,00405				
<i>C. cistula</i> (Hemp.) Grun.	3	0,00054	15	0,0027				
<i>C. turgidula</i> Grun.					60	0,0106		
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Ralfs.					3	0,0006		
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>libyca</i> Ehr.	6	0,02016			45	0,0142		
<i>Gomphonema intricatum</i> Kütz. var. <i>intricatum</i>			6	0,0004	15	0,0015		
<i>G. olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz. var. <i>olivaceum</i>					30	0,06	0,5	0,00126
<i>Epithemia sorex</i> Kütz.	6	0,0036	6	0,0036				
<i>Surirella biseriata</i> Bréb. var. <i>biseriata</i>			9	0,0009				
Другие низшие водоросли								
<i>Chlorella</i> sp.			3	0,00504				
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Bréb.					3	0,0006	0,2	0,000004
<i>Pediastrum boreanum</i>	15	0,063	3	0,0126	3	0,00006		
Суммарное значение средней численности и биомассы	831	0,5647	1470	0,99975	1533	0,36857	53,3	0,006584

Таблица 5.5

**Список видов низших водорослей, представляющих фитопланктон Матырского водохранилища в июне 2011 года.
Средняя численность и средняя биомасса фитопланктона**

Таксон	Номер пробы							
	Матыра 1-2		Матыра 2-1		Матыра 2-2		Матыра 6-2	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
Диатомовые водоросли								
Stephanodiscus binderanus (Kütz.) Krieg.					15	0,0255		
S. hantzschii Grun.	30	0,0148	15	0,022				
Cyclotella atomus Hust.	30	0,045	30	0,0045				
C. meneghiniana Kütz.	9	0,00105	45	0,00315	30	0,0021	1	0,00004
Melosira varians Ag.			30	0,0501	30	0,034	18	0,0043
Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim. var. granulata	330	0,104	630	1,071				
A. italica (Ehr.) Sim. f. italica	720	0,0451			120	0,00751		
A. italica var. tenuissima (Grun.) Sim.	180	0,0117	105	0,00583	75	0,004164		
Fragilaria bicaipitata A. Mayer var. bicaipitata			15	0,00374				
F. brevistriata Grun. var. brevistriata	15	0,00372			30	0,0075		
F. capucina Desm.	180	0,0108	135	0,0081	150	0,009	0,2	0,000012
F. construens (Ehr.) Grun.			30	0,0024			18	0,00012
F.construens var. venter (Ehr.) Grun.							15	0,0085
F. crotonensis Kitt.	270	0,027	180	0,018	148	0,018		
Synedra capitata Ehr.			8	0,16				
S.tenera W.Sm.	3	0,0024						
S. ulna (Nitzsch.) Ehr. var. ulna	120	0,24	75	0,15	165	0,33	0,5	0,0002
Diatoma elongatum (Lyngb.) Ag.			15	0,0104				
Rhoicosphenia curvata (Kütz.) Grun.			3	0,00066				
Navicula anglica Ralfs var. anglica							0,5	0,00035
N. exigua (Greg.) O. Mull.	60	0,015	6	0,0015				

N. gracilis Ehr.	3	0,0035	6	0,0015	15	0,01725		
N. hungarica var. capitata Cl.	9	0,0063	3	0,0018				
Amphipleura pellucida Kütz.					15	0,0015		
Cocconeis pediculus Ehr. var. pediculus	45	0,003	9	0,001	13	0,0012		
C. placentula Ehr. var. placentula	3	0,0018	13	0,0012	13	0,009		
Achnanthes lanceolata (Bréb.) Grun.			9	0,000144				
Eunotia faba (Ehr.) Grun. var. faba	6	0,0028						
E. tennella (Grun.) Hust.	6	0,003						
Cymbella lanceolata (Ehr.) V. H. var. lanceolata							единично	
C. cistula (Hemp.) Grun.			3	0,00048				
C. turgidula Grun.	3	0,00054						
Amphora ajajensis Skabitsch.					13	0,009		
A. ovalis Kütz. var. ovalis	15	0,0135	15	0,054	30	0,108		
A. perpusilla Grun.			6	0,00484	30	0,108		
Gomphonema intricatum Kütz. var. intricatum			6	0,0004			0,5	0,00126
G. olivaceum (Lyngb.) Kütz. var. olivaceum	15	0,03						
Nitzschia acicularis W. Sm.			60	0,102				
N. kuetzingiana Hilse var. kuetzingiana							3	0,00016
Hantzscia amphioxys (Ehr.) Grun. var.	3	0,00018	15	0,0005				
Cymatopleura solea (Bréb.) W. Sm. var. solea	3	0,00648						
Другие низшие водоросли								
Chlorella sp.	120	0,2024	120	0,2024	165	0,2783	1	0,00168
Scenedesmus quadricauda Bréb.	15	0,0003						
Суммарное значение средней численности и биомассы	2193	0,79437	1587	1,881644	1057	0,970024	57,7	0,016622

Таблица 5.6

Список видов низших водорослей, представляющих фитопланктон Матырского водохранилища в июле 2011 года.

Средняя численность и средняя биомасса фитопланктона

Таксон	Номер пробы			
	Матыра 1-2		Матыра 6-2	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
Диатомовые водоросли				
<i>Stephanodiscus rotula</i> (Kütz.) Hendey	30	0,0255		
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round)	15	0,0258		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	210	0,084		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i>	1005	1,7085	135	0,2296
<i>A. italica</i> (Ehr.) Sim. f. <i>italica</i>	1200	0,02348		
<i>A. italica</i> var. <i>tenuissima</i> (Grun.) Sim.			600	0,03548
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grun. var. <i>brevistriata</i>	60	0,015	120	0,03
<i>F. construens</i> (Ehr.) Grun.			660	0,0044
<i>F.construens</i> var. <i>venter</i> (Ehr.) Grun.			90	0,00036
<i>F. crotonensis</i> Kitt.	15	0,0015		
<i>Synedra acus</i> Kütz. Var. <i>acus</i>	3	0,006		
<i>Asterionella gracillima</i> (Hantzsch.) Heib.	3	0,00054		
<i>Meridiom circulare</i> Ag. var. <i>circulare</i>			3	0,0006
<i>Navicula anglica</i> Ralfs var. <i>anglica</i>			3	0,00195
<i>N. lanceolata</i> (Ag.) Kütz. var. <i>lanceolata</i>			3	0,0015
<i>N. gracilis</i> Ehr.			3	0,0015
<i>N. reinhardtii</i> (Grun.) Cl. var. <i>reinhardtii</i>			3	0,00345
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.) Grun.			3	0,00066
<i>Amphora ovalis</i> var. <i>libyca</i> Ehr.	15	0,0135		
<i>Epithemia sorex</i> Kütz.			45	0,027
<i>Rhopalodia gbbi</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehr.) Grun.			6	0,0031
Другие низшие водоросли				
<i>Chlorella</i> sp.	18	0,0302		
<i>Staurastrum gracilis</i>	3	0,2572		
<i>Volvox aureus</i> Ehr.	6	0,0024		
<i>Pediastrum boreanum</i>	3	0,00125		
<i>P. simplex</i>			3	0,00126
<i>Phacotus</i> cf. <i>pallidus</i> Korsch.			135	2,106
Суммарное значение средней численности и биомассы	2586	2,19487	1812	2,44686

Таблица 5.7

Список видов низших водорослей, представляющих фитопланктон Матырского водохранилища в августе 2011 года.
Средняя численность и средняя биомасса фитопланктона

Таксон	Номер пробы					
	Матыра 1		Матыра 3		Матыра 6	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
Диатомовые водоросли						
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	840	0,41496				
<i>S. rotula</i> (Kütz.) Hendey	300	0,255				
<i>Cyclotella krammeri</i> Håkansson	30	0,045				
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	120	0,0084				
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i>	180	0,2227	810	1,377		
<i>A. italica</i> (Ehr.) Sim. f. <i>italica</i>	90	0,00054	360	0,0216	450	0,033
<i>A. italica</i> var. <i>tenuissima</i> (Grun.) Sim.	270	0,01746	360	0,0234	840	0,0546
<i>Fragilaria brevistriata</i> Grun. var. <i>brevistriata</i>			420	0,105	180	0,045
<i>F. capucina</i> Desm.	15	0,0009				
<i>F. construens</i> (Ehr.) Grun.			210	0,00126	90	0,00054
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	9	0,018	6	0,013		
<i>Diatoma vulgare</i> Bory			3	0,002235		
<i>Amphipleura pellucida</i>					15	0,0015
<i>Navicula anglica</i> Ralfs var. <i>anglica</i>			3	0,0025		
<i>N. reinhardtii</i> (Grun.) Cl. var. <i>reinhardtii</i>			3	0,0045		
<i>Achnanthes minutissima</i>			3	0,0015		

Таксон	Номер пробы		Матыра 3		Матыра 6	
	Матыра 1		Матыра 3		Матыра 6	
	Ср. числ.	Биомасса	Ср. числ.	Биомасса	Ср. числ.	Биомасса
	Млн.кл./л	мг/л	Млн.кл./л	мг/л	Млн.кл./л	мг/л
Kütz.						
Rhoicosphenia curvata (Kütz.) Grun.			3	0,00066		
Nitzschia acicularis W. Sm.	6	0,00902				
Другие низшие водоросли						
Volvox aureus Ehr.	3	0,0004				
Pediastrum boreanum (Turp.) Menegh.			3	0,0042		
Суммарное значение средней численности и биомассы	1863	0,99238	2184	1,556855	1575	0,13464

Таблица 5.8

Список видов низших водорослей, представляющих фитопланктон Матырского водохранилища в сентябре 2011 года.
Средняя численность и средняя биомасса фитопланктона.

Таксон	Номер пробы							
	Матыра 1 (1 и 2)		Матыра 3		Матыра 4-6		Матыра 7	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
Диатомовые водоросли								
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	960	0,47424						
<i>S. rotula</i> (Kütz.) Hendey								
<i>Cyclotella krammeri</i> Håkansson	45	0,015						
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	90	0,0063					15	0,00105
<i>Melosira varians</i> Ag.	45	0,0076			240	0,0408	45	0,0076
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i>	195	0,3315	120	0,204	30	0,051	18	0,0306
<i>A. italica</i> (Ehr.) Sim. f. <i>italica</i>					420	0,0252		
<i>A. italica</i> var. <i>tenuissima</i> (Grun.) Sim.	60	0,0039	120	0,0078	360	0,0234	15	0,00225
<i>Fragilaria bica pitata</i> A. Mayer var. <i>bica pitata</i>					180	0,144		
<i>F. brevistriata</i> Grun. var. <i>brevistriata</i>	120	0,03	480	0,12	2220	0,555	750	0,2152
<i>F. capucina</i> Desm.	6	0,00036					15	0,0009
<i>F. construens</i> (Ehr.) Grun.	60	0,00036	240	0,00144	210	0,00126	60	0,00036
<i>F. construens</i> var. <i>venter</i> (Ehr.) Grun.	120	0,018	240	0,036	720	0,108	90	0,0135
<i>F. intermedia</i> Grun.					30	0,024		
<i>F. Inflata</i> (Heid.) Hust.							3	0,0075
<i>F. pinnata</i> Ehr.	30	0,005	15	0,0025			15	0,0025
<i>Synedra capitata</i> Ehr.					6	0,024		
<i>S. tenera</i> W.Sm.	15	0,0118			30	0,0236	15	0,0118
<i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	15	0,03			30	0,024	60	0,12
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.					6	0,00447		
<i>D. vulgare</i> Bory			120	0,08	18	0,0134	30	0,02235
<i>Meridiom circulare</i> Ag. var. <i>circulare</i>	3	0,0006			60	0,0012		

Таксон	Номер пробы							
	Матыра 1 (1 и 2)		Матыра 3		Матыра 4-6		Матыра 7	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
<i>Amphipleura pellucida</i>	9	0,0009						
<i>Navicula anglica</i> Ralfs var. <i>anglica</i>					12	0,04		
<i>N. cryptocephala</i> Kutz. var. <i>cryptocephala</i>	6	0,003	45	0,0225	300	0,15	30	0,015
<i>N. gracilis</i> Ehr.	30	0,015	15	0,0075	90	0,045	15	0,0075
<i>N. hungarica</i> var. <i>capitata</i> Cl.	3	0,006					15	0,0105
<i>N. lanceolata</i> (Ag.) Kütz. var. <i>lanceolata</i>							15	0,0075
<i>N. placentula</i> (Ehr.) Grun. var. <i>placentula</i>	3	0,04						
<i>N. pupula</i> Kütz. var. <i>pupula</i>			3	0,00375				
<i>N. radiosa</i> Kütz. var. <i>radiosa</i>	15	0,017					15	0,017
<i>N. reinhardtii</i> (Grun.) Cl. var. <i>reinhardtii</i>			30	0,045	60	0,09		
<i>N. verecunda</i> Hust.					15	0,000475	175	0,004206
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cl.	6	0,0058						
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr. var. <i>pediculus</i>	30	0,02			300	0,2	30	0,002
<i>C. placentula</i> Ehr. var. <i>placentula</i>	6	0,0036			120	0,072		
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Bréb.) Grun.	9	0,00675	15	0,01167	30	0,02334	315	0,24507
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.) Grun.	3	0,00066	3	0,00066	48	0,01056		
<i>Cymbella cymbiformis</i> (Ag.?Kütz.) V.H.	9	0,00184	6	0,00122				
<i>C. cistula</i> (Hemp.) Grun.					15	0,0027	15	0,0027
<i>C. hustedtii</i> Krasske					12	0,00216	6	0,00108
<i>C. ehrenbergii</i> Kütz.					6	0,00048		
<i>C. lanceolata</i> (Ehr.) V. H. var. <i>lanceolata</i>					6	0,00108		
<i>C. tumida</i> (Bréb.) V.H.					30	0,0008		
<i>C. turgidula</i> Grun.			3	0,000391	3	0,00054		

[illegible]

Таксон	Номер пробы							
	Матыра 1 (1 и 2)		Матыра 3		Матыра 4-6		Матыра 7	
	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л	Ср. числ. Млн.кл./л	Биомасса мг/л
Chlorella sp.	30	0,0506			30	0,0506	6	0,01012
Volvox aureus Ehr.					3	0,0004	3	0,0004
Scenedesmus quadricauda Bréb.	15	0,00026						
Pseudokephyrion schilleri Conr.	45	0,00225					120	0,006
Суммарное значение средней численности и биомассы	2040	1,1982	1509	0,629901	6012	2,726445	2119	1,286572

Таблица 5.9

Матырское водохранилище. Общий систематический список и показатели сапробности видов индикаторов диатомовых водорослей

Виды низших водорослей – индикаторов сапробности	Показатель сапробности	Макс. оценка обилия по балльной шкале	Баллы сапробной валентности					Сапробный индекс	Произведение баллов сапробной валентности на значение обилия					Произведение сапробного индекса на обилие
	<i>s</i>	<i>h</i>	<i>χ</i>	<i>o</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>ρ</i>	<i>S</i>	<i>χ</i>	<i>o</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>ρ</i>	<i>Sh</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9						
Диатомовые водоросли														
Stephanodiscus binderanus	β	1	-	-	+	-	-	2,0	-	-	+	-	-	2,0
S. hantzschii	α	9	-	-	3	7	-	2,7	-	-	27	63	-	24,3
S. rotula	o-β	5	-	4	6	-	-	1,4	-	20	30	-	-	7,0
Cyclostephanos dubius	β	1	-	2	7	1	-	1,9	-	2	7	1	-	1,9
Cyclotella atomus	o	2	-	+	-	-	-	1,0	-	+	-	-	-	2,0
C. comta	o	1	1	7	2	-	-	1,15	1	7	2	-	-	1,15
C. krammeri	β	1	-	-	+	-	-	2,0	-	-	+	-	-	2,0
C. meneghiniana	α-β	5	-	-	4	6	-	2,6	-	-	20	30	-	13,0
Melosira varians	β	3	+	3	5	2	-	1,85	+	9	15	6	-	5,55
Aulacoseira ambigua	β-o	9	-	5	5	-	-	1,5	-	45	45	-	-	13,5
A. distans	χ-o	7	5	5	-	-	-	0,5	35	35	-	-	-	3,5
A. granulata var. granulata	β	9	-	2	8	-	-	1,8	-	18	72	-	-	16,2
A. italica f. italica	o-β	9	-	6	4	-	-	1,6	-	54	36	-	-	14,4
A. italica var. tenuissima	β	9	-	-	9	1	-	2,1	-	-	81	9	-	18,9
Fragilaria bicapitata	o	7	1	7	2	-	-	1,15	7	49	14	-	-	8,05
F. capucina	o-β	3	-	4	6	+	-	1,6	-	12	18	+	-	4,8
F. construens	β	9	-	-	+	-	-	2,0	-	-	+	-	-	18,0
F. crotonensis	o-β	5	-	6	4	-	-	1,4	-	30	20	-	-	7,0

Виды низших водорослей – индикаторов сапробности	Показатель сапробности	Макс. оценка обилия по балльной шкале	Баллы сапробной валентности					Сапробный индекс	Произведение баллов сапробной валентности на значение обилия					Произведение сапробного индекса на обилие
	<i>s</i>	<i>h</i>	<i>χ</i>	<i>o</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>ρ</i>	<i>S</i>	<i>χ</i>	<i>o</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>ρ</i>	<i>Sh</i>
<i>Synedra acus</i>	β	1	-	2	7	1	-	1,85	-	2	7	1	-	1,85
<i>Synedra capitata</i>	β	1	-	1	8	1	-	2,0	-	1	8	1	-	2,0
<i>S. ulna</i>	β	5	1	2	4	3	+	1,95	5	10	20	15	+	9,75
<i>Asterionella formosa</i>	o-β	1	-	6	4	-	-	1,4	-	6	4	-	-	1,4
<i>Diatoma elongatum</i>	o	7	4	6	-	-	-	0,6	28	42	-	-	-	4,2
<i>D. vulgare</i>	B-o	7	-	5	5	-	-	1,5	-	35	35	-	-	10,5
<i>D. vulgare</i> var. <i>ehrenbergii</i>	χ-o	1	6	4	-	-	-	0,4	6	4	-	-	-	0,4
<i>Meridiom circulare</i>	χ-o	2	4	5	1	-	-	0,65	8	10	2	-	-	1,3
<i>Navicula cryptocephala</i>	α	4	-	+	3	7	-	2,7	-	+	12	28	-	10,8
<i>N. gracilis</i>	β-o	2	+	4	5	1	-	1,6	+	8	10	2	-	3,2
<i>N. hungarica</i> var. <i>capitata</i>	β-α	1	-	+	6	4	-	2,4	-	+	6	4	-	2,4
<i>N. pupula</i>	β	1	-	-	8	2	-	2,2	-	-	8	2	-	2,2
<i>N. radiosa</i>	o-β	1	-	4	6	+	-	1,6	-	4	6	+	-	1,6
<i>Cocconeis pediculus</i>	β	2	-	3	6	1	-	2,75	-	6	12	2	-	5,5
<i>C. disculus</i> var. <i>diminuta</i>	χ-o	2	5	5	-	-	-	0,5	10	10	-	-	-	1,0
<i>C. placentula</i>	β	2	2	4	3	1	-	1,35	4	8	6	2	-	2,7
<i>Achnanthes lanceolata</i>	χ-β	7	5	3	2	-	-	0,75	35	21	14	-	-	5,25
<i>A. minutissima</i>	o-p	1	1	4	5	+	-	1,45	1	4	5	+	-	1,45
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	β	1	-	3	5	2	-	1,85	-	3	5	2	-	1,85
<i>Cymbella affinis</i>	o-β	1	-	4	6	-	-	1,6	-	4	6	-	-	1,6
<i>C. cistula</i>	β	1	-	2	8	-	-	1,8	-	2	8	-	-	1,8
<i>C. lanceolata</i>	β	2	-	1	9	-	-	1,9	-	2	18	-	-	3,8
<i>C. ventricosa</i>	β	1	2	4	3	1	-	1,35	2	4	3	1	-	1,35
<i>Amphora ovalis</i>	o-β	2	1	3	4	2	-	1,65	2	6	8	4	-	3,3

Виды низших водорослей – индикаторов сапробности	Показатель сапробности	Макс. оценка обилия по балльной шкале	Баллы сапробной валентности					Сапробный индекс	Произведение баллов сапробной валентности на значение обилия					Произведение сапробного индекса на обилие
	<i>s</i>	<i>h</i>	<i>χ</i>	<i>o</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>ρ</i>	<i>S</i>	<i>χ</i>	<i>o</i>	<i>β</i>	<i>α</i>	<i>ρ</i>	<i>Sh</i>
<i>Gomphonema intricatum</i>	o	2	3	7	-	-	-	0,7	6	14	-	-	-	1,4
<i>G. olivaceum</i>	β	2	1	3	3	3	-	1,85	2	6	6	6	-	3,7
<i>G. longiceps</i>	χ	1	7	3	-	-	-	0,3	1	7	3	-	-	0,3
<i>Epithemia sorex</i>	β	2	-	-	+	-	-	0,4	-	-	+	-	-	0,8
<i>E. zebra</i>	o-β	1	-	+	+	-	-	1,5	1	-	+	+	-	1,5
<i>Rhopalodia gibba</i>	o	2	-	+	-	-	-	1,0	-	+	-	-	-	2,0
<i>Nitzschia acicularis</i>	α	3	-	-	3	7	-	2,7	-	-	9	21	-	8,1
<i>N. linearis</i>	o-β	1	-	5	5	-	-	1,5	-	5	5	-	-	1,5
<i>N. sigmoidea</i>	β	1	-	1	8	1	-	2,0	-	1	8	1	-	2,0
<i>Hantzscia amphioxys</i>	α	1	-	-	1	9	-	2,3	-	-	1	9	-	2,3
<i>Surirella biseriata</i>	β	1	-	-	+	-	-	2,2	-	-	+	-	-	2,2
<i>Cymatopleura solea</i>	β-α	1	-	1	5	4	-	2,35	-	1	5	4	-	2,35
Индекс сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека $S = \frac{\sum sh}{\sum h} = 1,61.$		Сумма показателей обилия (h) = 169							154	507	627	214	-	Сумма произведений индикаторной значимости вида на оценку обилия (Sh) = 272,6

Условные обозначения: *s* – показатель сапробности; *χ* – ксеносапробность; *o* – олигосапробность; *β* – бета-мезосапробность; *α* – альфа-мезосапробность; *ρ* – полисапробность; *S* – сапробный индекс.

Воды α -мезосапробные характеризуются энергичным самоочищением. Они распространены повсеместно и достаточно равномерно. В них широко развиты диатомовые, синезеленые, зеленые водоросли, при фотосинтезе активно выделяющие кислород. В β -мезосапробных водах процессы самоочищения протекают менее активно, чем в α -мезосапробных. Вследствие окислительных процессов нередко наблюдается перенасыщение кислородом, среди продуктов минерализации преобладают такие как нитриты, нитраты. Виды α -мезосапробы суммарно насчитывают 214 баллов.

В водах β -мезосапробного типа преобладающими являются окислительные процессы, нередко наблюдается перенасыщение кислородом. Для Матырского водохранилища характерен тип β -мезосапробных вод, что подтверждается преобладанием видов β -мезосапробов, для них сапробная валентность суммарно составляет 627 баллов.

Виды ксеносапробы (χ) характерны для чистых природных вод (например, родников). Суммарно в водах водохранилища они составляют 154 балла. Для сравнения, - в 2010 году содержание ксеносапробов также было заметным и составляло 179 балла. Для поверхностных вод региона в условиях повсеместно сложившейся экологической обстановки они не типичны, и обычно в сообществах низших водорослей представлены лишь единично.

Соотношение видов индикаторов сапробности в целом, а также распространение видов ксеносапробов, указывает на достаточно высокую степень благополучия процессов самоочищения, происходящих в водоеме. Судя по доминированию β -мезосапробов и олигосапробов в водоеме преобладают окислительные процессы, происходит минерализации органических загрязнений до образования минерального субстрата.

В системе Общегосударственной службы наблюдения и контроля состояния природной среды используется шкала оценка качества вод, которые подразделяются на шесть классов (табл. 5.10).

Таблица 5.10

Класс качества воды	Воды	Показатели индекса сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека
1	Очень чистые	< 1,00
2	Чистые	1,00-1,50
3	Умеренно (слабо) загрязненные	1,51-2,50
4	Загрязненные	2,51-3,50
5	Грязные	3,51-4,00
6	Очень грязные	> 4,00

Каждый класс вод характеризуется совокупностью формализованных гидробиологических показателей, одним из них является метод вычисления индекса сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека. Соответственно вычисленный для Матырского водохранилища в 2011 году индекс сапробности $S = 1,61$ (см. табл. 5.9). Для сравнения – в 2010 году индекс сапробности был равен 1,79. Данные показатели показывают, что по эколого-биологическому качеству воды Матырского водохранилища относятся к классу 3 – “Умеренно (слабо) загрязненные”. Соотношение видов индикаторов сапробности в целом, а также распространение видов ксеносапробов, отсутствие обильного “цветения” вод синезелеными водорослями указывают на достаточно высокую степень благополучия процессов самоочищения, происходящих в водоеме.

6. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Результаты двухлетних исследований зоопланктона Матырского водохранилища (2010 – 2011гг.) показали общее высокое видовое разнообразие планктонных сообществ.

Всего за период наблюдений было обнаружено 109 видов и форм собственно-планктонных организмов из 4-х основных систематических групп: простейшие (Protozoa) – 17 видов, коловратки (Rotatoria) – 56 видов и форм, ветвистоусые рачки (Cladocera) – 25 видов и, веслоногие рачки (Copepoda) – 11 видов. В планктоне постоянно обнаруживались также молодь копепоид (науплии и копепоидиты). Существенную часть планктона в отдельные периоды составляли временно-планктонные личинки моллюсков дрейссены (*Dreissena polymorpha*) и представители бентоса (пелагобентос): нематоды, олигохеты, ракушковые рачки, хирономиды и водные клещи (табл.6.1).

Таблица 6.1

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ЗООПЛАНКТОНА В МАТЫРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ 2010-2011 гг.

Видовой состав	Дата отбора проб, месяц 2011				Дата отбора проб, месяц 2010							
	5	6	8	9	4	5	6	7	8	9	10	
Protozoa												
Arcella discoides			+	+				+	+	+		
Arcella vulgaris				+			+		+	+		
Centropyxis aculeata		+		+	+	+	+	+	+	+		
Centropyxis aculeata oblonga			+									
C. discoides									+	+		
C. hemisphaerica								+	+	+		
C. aerophila					+	+						
Cyclopyxis penardi							+	+	+	+		
C. arcelloides	+			+				+				
C. eurystoma								+	+			
Diffugia corona				+	+	+	+	+	+	+		

Видовой состав	Дата отбора проб, месяц 2011				Дата отбора проб, месяц 2010						
	5	6	8	9	4	5	6	7	8	9	10
<i>Diffugia corona ctenulata</i>				+							
<i>D. globulosa</i>	+		+	+		+	+	+		+	
<i>D. gramen</i>			+		+	+		+		+	+
<i>D. sp.</i>				+	+	+	+			+	+
<i>Epistylis plicatilis</i>				+		+		+		+	
<i>Tentinnopsis cratera</i>	+				+	+					
Rotatoria											
<i>Adineta elongata</i>								+	+	+	
<i>Anuraeopsis fissa</i>			+								
<i>Ascomorpha agilis</i>						+					
<i>Asplanchna brightwelli</i>						+				+	
<i>A. herricki</i>						+		+	+	+	
<i>A. priodonta</i>	+		+	+		+	+		+		+
<i>Brachionus angularis bidens</i>						+	+	+	+	+	
<i>Br. budapestiensis lineatus</i>			+				+		+		
<i>Br. calyciflorus anuraeformis</i>					+	+		+		+	
<i>Br. calyciflorus. spinosus</i>									+		
<i>Br. diversicornis diversicornis</i>			+	+				+	+	+	
<i>Br. diversicornis homoceros</i>			+				+		+		
<i>Br. quadridentatus quadridentatus</i>							+		+		
<i>Br. rubens</i>						+					
<i>Cephalodella tachiphora</i>						+					
<i>C. tantilla</i>						+					
<i>C. gibba</i>				+				+	+	+	
<i>Colurella colurus</i>							+				
<i>Conochilus unicornis</i>		+			+	+	+			+	+
<i>Dicranophorus forcipatus</i>				+							
<i>Euchlanis dilatata</i>				+		+	+		+	+	
<i>E. lucksiana</i>						+					
<i>Filinia longiseta longiseta</i>								+		+	
<i>Kellicottia longispina</i>			+			+					
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>	+		+	+		+	+	+	+	+	+
<i>K. cochlearis hispida</i>						+					
<i>K. cochlearis robusta</i>						+					
<i>K. cochlearis tecta</i>	+			+					+		
<i>K. valga monospina</i>					+						

Видовой состав	Дата отбора проб, месяц 2011				Дата отбора проб, месяц 2010						
	5	6	8	9	4	5	6	7	8	9	10
<i>K. quadrata quadrata</i>	+				+	+	+	+	+	+	+
<i>Lecane(M.) bulla bulla</i>			+	+			+	+	+		
<i>L. closterocerca</i>						+	+		+		
<i>L. luna luna</i>				+		+			+	+	
<i>L. luna presumpta</i>									+		
<i>L.(M.) lunaris</i>				+		+	+				
<i>L.(M.) quadridentata</i>						+			+		
<i>L. unguolata</i>										+	
<i>Lepadella ovalis</i>				+			+	+		+	+
<i>Mytilina ventralis ventralis</i>			+						+		
<i>Notholca squamula</i>					+						
<i>Platylabus patulus patulus</i>								+	+	+	
<i>P. quadricornis</i>									+		
<i>Polyarthra dolychoptera brachioptera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>P. dolychoptera dolychoptera</i>					+	+	+	+	+	+	+
<i>P. remata</i>					+	+					
<i>Pompholux complanata</i>				+	+		+	+	+	+	+
<i>Rotaria rotatoria</i>		+	+	+	+					+	
<i>Synchaeta pectinata</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synchaeta styllata</i>					+	+				+	
<i>Testudinella patina</i>							+		+	+	
<i>Trichocerca cylindrica</i>								+			
<i>T. capucina</i>			+					+		+	
<i>T. rattus carinata</i>							+				
<i>T. tenuior</i>			+								
<i>Trichotria pocillum</i>			+				+				
<i>Rotatoria sp.</i>							+				
<i>Hexarthra sp.</i>			+								
Cladocera											
<i>Alona rectangula</i>										+	
<i>A. protzi</i>		+									
<i>A. weltneri</i>							+				
<i>Bosmina coregoni</i>			+				+			+	+
<i>B. longirostris</i>	+	+		+	+	+			+		
<i>B. obtusirostris</i>			+				+	+	+	+	+
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>							+	+	+		
<i>C. quadrangula</i>	+	+	+	+				+		+	+
<i>Chidorus sphaericus</i>	+		+			+	+		+	+	+

Видовой состав	Дата отбора проб, месяц 2011				Дата отбора проб, месяц 2010						
	5	6	8	9	4	5	6	7	8	9	10
<i>Daphnia cucullata cucullata</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>D. longispina longispina</i>						+	+	+	+	+	
<i>Diaphanosoma brachiurum</i>		+	+				+	+	+	+	
<i>Disparalona rostrata</i>	+										+
<i>Graptoleberis testudinaria</i>									+		+
<i>Kurzia latissima</i>											+
<i>Leptodora kindtii</i>					+		+				
<i>Macrothrix laticornis</i>											+
<i>Moina brachiata</i>			+						+		
<i>Monospilus dispar</i>			+	+							
<i>Pleuroxus aduncus</i>									+		
<i>P. trigonellus</i>		+	+			+			+	+	
<i>P. uncinatus</i>	+									+	
<i>Polyphemus pediculus</i>		+				+	+				
<i>Scapholeberis mucronata</i>			+								
<i>Sida crystallina</i>							+				
Copepoda											
<i>Acanthocyclops americanus</i>									+		
<i>A. vernalis</i>								+	+	+	
<i>A. viridis</i>			+	+							
<i>A. lanquidus</i>					+	+		+			
<i>Cyclops vicinus</i>					+			+	+		+
<i>Eucyclops macruioides</i>										+	
<i>Eudiartomus gracilloides</i>	+	+					+	+	+	+	+
<i>Mesocyclops crassus</i>		+	+	+			+	+	+	+	+
<i>M. oithonoides</i>					+	+					
<i>M. leuckarti</i>	+	+									+
<i>Microcyclops varicans</i>							+	+	+	+	+
<i>Nauplii</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Copepodit</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Пелагобентос											
<i>Dreissena juv.</i>			+		+	+	+	+	+	+	
<i>Chironomidae</i>	+		+	+	+	+	+		+	+	
<i>Oligochaeta</i>				+	+	+	+			+	+
<i>Nematoda</i>			+	+	+	+	+			+	
<i>Ostracoda</i>	+		+	+	+	+	+		+	+	
<i>Hydracarina</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+	

Наиболее высокое фаунистическое разнообразие (100 видов и форм) отмечено в 2010 году.

В составе и структуре зоопланктонных сообществ в 2011 году выявлен целый ряд принципиально значимых изменений, в том числе негативного характера, объяснить которые будет довольно сложно, в связи с действием на водохранилище целого комплекса факторов. К ним относятся:

1. Изучение гидрофауны Матырского водохранилища проводилось в аномально неблагоприятные по температурному режиму годы (2010-2011 гг.), когда температура воды достигала критических для многих гидробионтов значений в 28-29°C.

2. Экосистема водохранилища в 2010 году была подвергнута сильнейшему экологическому стрессу – в связи с технологическим ремонтом гидросооружений, производился сброс уровня и обсушивание мелководий.

3. В летний период 2011 года в реке Матыра, выше водохранилища произошла массовая гибель двустворчатых моллюсков в результате клещевой эпизоотии, что привело к загрязнению водохранилища продуктами разложения огромной массы моллюсков, бактериальному загрязнению воды и, по-видимому, к дефициту кислорода в придонных слоях воды. Гибель массы крупных фильтраторов не могла не сказаться отрицательно на процессах самоочищения водоема в целом.

Некоторые показатели, в частности, видовая структура, могут зависеть от факторов методического характера, так в 2011 году число отборов, в соответствии с техзаданием, было сокращено с 7-ми (в 2010 г.) до 4-х, что не позволило выявить группы видов ранне-весеннего и осеннего зоопланктона. Число контрольных станций также уменьшено с 7-ми до 2-х, что не позволило охватить все разнообразие, обследованных ранее, биотопов и, соответственно, биоценозов.

В силу тех или иных причин, в 2011 году отмечено резкое снижение видового разнообразия (вдвое по сравнению с 2010 годом) до 58 видов и форм за

сезон. При этом расчеты коэффициентов фаунистического сходства Сьеренсена показывают, что в двух основных группах зоопланктона (коловратки и веслоногие рачки) в 2011 году происходит переформирование видового состава и общность с видовым составом 2010 года, как таковая, отсутствует ($K_c=0,28; 0,29$). Изменился состав основного ядра зоопланктона, которое составляют виды с наибольшей частотой встречаемости (более 50% от общего числа проб). В 2010 году постоянно, в течение всего вегетационного периода в водохранилище встречались три вида коловраток: *Keratella quadrata*, *Polyarthra dolychoptera*, *Synchaeta pectinata* и молодь копепод. Кроме перечисленных видов, в основное ядро зоопланктона Матырского водохранилища входили ветвистоусые рачки: *Daphnia cucullata*, *Bosmina obtusirostris*, *Chidorus sphaericus*, веслоногие (Copepoda) - *Microcyclops varicans*, *Eudiaptomus graciloides* и молодь моллюсков дрейссен, которые имели не только широкое распространение по акватории водохранилища, но и входили в число видов-доминантов. В 2011 году в течение всего периода наблюдений в планктоне отмечались: коловратки *Polyarthra dolychoptera* ветвистоусые рачки *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia cucullata* и молодь копепод. Среди веслоногих рачков преимущество в развитии имел *Mesocyclops crassus*. В 2010 году ведущей группой по видовому разнообразию были коловратки они составляли от 46 до 61,5% от общего числа видов в различные месяцы, и только в октябре данное соотношение менялось в пользу ракообразных (рис.6.1-6.7). В 2011 году наибольшее разнообразие коловраток обнаруживалось на пике и в конце сезона (август-сентябрь), а в мае-июне ведущей группой по видовому разнообразию были ветвистоусые рачки (Cladocera). Подобное соотношение, не соответствует нормальному для нашей зоны ходу развития зоопланктона (рис.6.2а-6.6а)

2010 г.

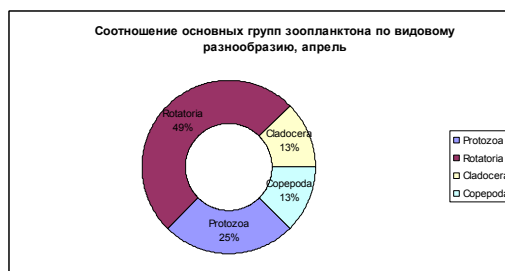


Рис.6.1

2010 г.



Рис. 6.2

2011 г.



Рис. 6.2а

2010 г.

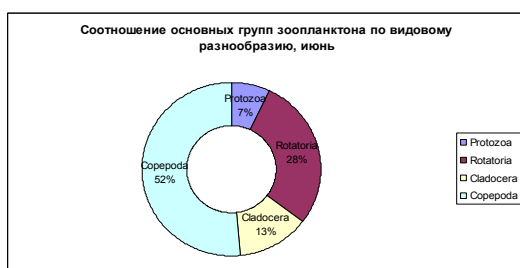


Рис. 6.3

2011г.



Рис.6.3а

2010 г.

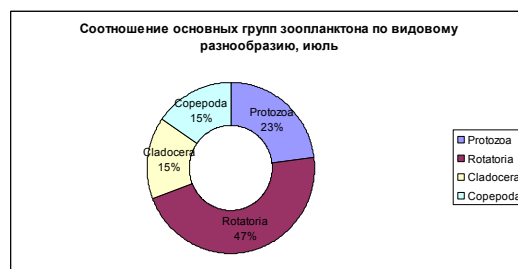


Рис. 6.4

2010 г.

2011 г.



Рис. 6.5



Рис. 6.5а

2010 г.

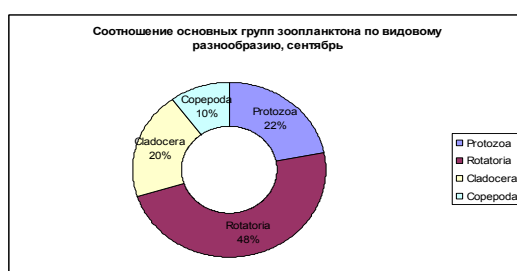


Рис. 6.6

2011 г.

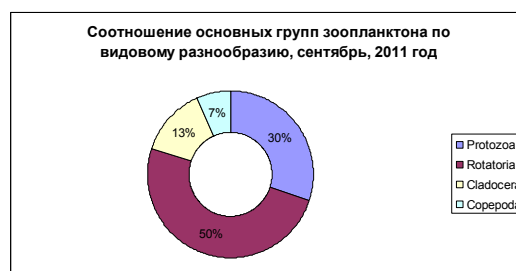


Рис. 6.6а

2010 г.

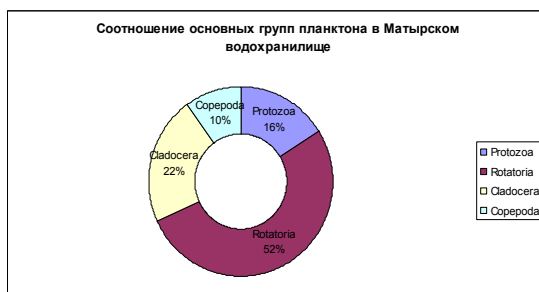


Рис. 6.7

2011 г.



Рис. 6.7а

В среднем за сезон доля коловраток уменьшилась в 2011 году до 45% с 52% в 2010 году, а доля кладоцер и простейших выросла в среднем на 4% (Рис.6.7, 6.7а). Наибольшее число видов, в целом по водохранилищу, было обнаружено в августе и в сентябре, также как и в предыдущем году, но их число было ниже (соответственно 33 и 30 видов), в сравнении с 51 и 50 видами в 2010 году (Табл. 6.2, 6.2а). Разнообразие зоопланктона, на протяжении всего вегетационного сезона, было примерно одинаковым в верховье водохранилища (ст.№1) и в приплотинном участке (ст. №6).

Таблица 6.2

Количественные характеристики зоопланктона
Матырского водохранилища в апреле-октябрь 2010 г.

№ стан-ции конт-роля	Основные группы организмов зоопланктона Кол-во видов/кол-во экземпляров в м ³				Всего	Пелагобентос	Биомасса г/м ³
	Protozoa	Rotatoria	Cladocera	Copepoda			
АПРЕЛЬ							
1	1/1000	3/96000	-	-/1000	4+2/100000	2/2000	0,21
2	4/6000	3/9000	-/2000	-	7+3/20000	3/3500	0,23
3	-	2/4200	1/600	1/40200	4/45000	-	1,0
4	-	5/124800	-/1000	-/2400	5+1/129400	1/1200	0,4
5	1/800	4/36800	-	2/12000	7+2/51200	2/1600	0,3
6	4/4800	3/82800	-	1/3600	8+2/94800	2/3600	0,48
7	2/2040	3/27200	3/3880	3/29920	11+2/64400	2/1360	1,7
					Ср.=72114		
МАЙ							
3	2/1800	5/14400	1/1800	-/3600	8+1/57000	1/35400	0,88
4	4/16000	7/30000	2/6000	-/14000	13+4/90000	4/6000	1,28
6	2/18200	11/361400	1/2600	2/249600	16+5/696800	5/65000	6,8
ИЮНЬ							
1	5/1100	10/20600	4/300	-/64000	19/88700	4/2000	0,445
2	2/1500	4/4500	3/17500	2/54000	11+2/81500	2/1500	2,3
3	-	4/23500	3/300	1/170 000	8/196 500	-	2,4
4	3\1500	12/12000	4/3000	1/131500	24/167000	3/2500	0,837
5	2/200	4/7000	2/1000	1/144500	10/169000	1/500	0,563
6	-	4/19700	3/8000	2/107000	9+2/136700	2/2000	1,669
7	3/4200	8/35400	3/12600	1/109800	15/162000	-	0,541
ИЮЛЬ							
1	1/13340	11/32016	1/2668	1/24012	14+1/72703	1/667	0,316
2	4/5697	3/3798	1/8229	-/19623	8+1/38613	1/1266	0,662
3	1/667	2/1000	4/5669	4/42021	11+1/50024	1/667	1,073
4	4/4500	1/1800	1/900	1/16200	7+1/34200	1/10800	0,179
5	3/4048	2/2530	3/12144	1/15686	9+1/45034	1/13156	1,094
6	-	-	3/68400	2/37610	5/106010	-	5,183
7	-	4/40950	1/5250	2/92400	7/138600	-	1,052
АВГУСТ							
1	2/4200	6/12600	2/4200	1/4200	11/25200	-	0,475
2	-	5/6000	-	1/28500	6/34500	-	1,075
3	-	9/450120	1/7440	1/146940	11/604500	-	2,580
4	3/4500	6/34500	5/22500	4/163500	18+1/228000	1/3000	9,051
5	3/3600	9/25800	4/2400	2/18600	18+2/52800	2/2400	0,839
6	1/1500	2/2800	4/8200	-/10200	7/22700	-	0,787
7	1/2100	4/12600	4/16800	1/522900	10/554400	-	3,066
СЕНТЯБРЬ							
1	-	10/18000	1/200	-/5000	11/23200	-	0,045

2	4/10000	6/9500	4/12500	1/59000	15+3/93000	-	1,070
3	1/1000	2/2000	2/4000	3/12000	8/19000	-	0,540
4	3/3000	3/6000	4/12000	2/44000	12+1/68000	1/3000	1,760
5	7/10000	2/2000	-	2/23000	11+1/50000	1/15000	1,050
6	4/7000	1/500	2/1000	3/17000	10+5/38000	5/12500	0,307
7	4/4000	6/15000	4/10000	3/149000	17+2/198000	2/2000	2,460
ОКТАБРЬ							
1	-	6/7950	4/900	2/4350	12/13200	-	0,114
2	1/300	6/9300	1/600	1/7800	9/18000	-	0,107
3						-	-
4	1/1000	-	4/6750	3/8500	8+1/16750	1/500	0,930
5	-	-	-	2/18000	2/18000	-	1,320
6	-	-	4/9500	2/18500	6+1/28500	1/500	1,015
7							-

Таблица 6.2а

Количественные характеристики зоопланктона
Матырского водохранилища, 2011 г.

№ стан-ции конт-роля	Основные группы организмов зоопланктона Кол-во видов/кол-во экземпляров в м ³				Всего	Биомасса г/м ³
	Protozoa	Rotatoria	Cladocera	Copepoda		
МАЙ						
2	-	1/500	4/6500	2/7500	7/15000	1,0
3	1/1000	1/500	3/22500	2/2500	7/26000	2,4
4	-	1/333	2/10323	1\666	4/11322	1,1
5	-	4\4000	1/3500	1/1000	6/8500	0,4
6	2\333	2/333	2/17649	1/2664	7/20979	1,9
ср.					/24560	1,36
ИЮНЬ						
1	-	2/800	7/55200	2/25600	11+1/82800	0,9
6	2/1000	1/1000	5/14000	4/21000	12+4/45500	1,8
ср.					/64150	1,35
АВГУСТ						
1	1/500	11/19000	5/36500	2\18000	19+1/74000	4,1
6	3/4800	5/9600	5/27600	2/93600	15+4/318000	8,0
3	1/1000	1/500	2/2000	2/2500	6+1/6500	0,3
7	2/3500	2/1000	5/4000	2/6500	11+1/16500	0,6
ср.					/103750	3,25
СЕНТЯБРЬ						
1	5/1000	8/3200	1/1000	1/2000	15+1/7200	0,1
6	5/22800	8/14800	3/1600	2/10400	18+5/66800	0,29
ср.					/37000	0,19
Среднее за год						
	13/3992	26/4274	15/15567	4/14917	54/53777	1,5

Минимальные значения разнообразия зоопланктона отмечены в августе в станции №3 (6 видов), что сопровождалось, также высокой бактериальной загрязненностью пробы. В тот же период в пробе воды из Пионерского пруда (также бактериально загрязненная) и в пробе со станции №3 были обнаружены водные клещи 4-х видов, различных возрастных групп, в том числе, вид, вызвавший гибель моллюсков. Их характеристика приводится в материалах А.Е. Силиной в главе «Донные беспозвоночные». Можно предположить, что гибель моллюсков происходила и, непосредственно, в Матырском водохранилище.

Видовой состав зоопланктона Матырского водохранилища типичен для водных объектов со слабой проточностью и представлен преимущественно лимнофильными пелагическими видами, относящимися к О-β-мезосапробному комплексу. В 2010 году практически отсутствовали организмы зарослевого (фитофильного) комплекса, отмечено и отсутствие самих зарослей макрофитов, несмотря на обширные площади мелководий. В 2011 году доля фитофильных и придонных видов заметно возросла, они обнаруживаются практически во всех таксономических группах зоопланктона.

Таблица 6.3

Доминантная структура зоопланктоценозов
Матырского водохранилища, 2010 г.

Виды-доминанты в % от общей численности	Станции контроля						
	1	2	3	4	5	6	7
апрель							
<i>Acanthocyclops languidus</i>		24,7					
<i>Centropxyxis aculeata</i>						12,5	
<i>Copepodit</i>	14,8	22,4					
<i>Keratella quadrata</i>	13,7		12,7		13,9		
<i>Nauplii</i>	25,3	31,8	12,7				
<i>Natholtsa squamula</i>						12,5	
<i>Polyarthra dolychoptera</i>			28,6	31,8			
<i>Synchaeta pectinata</i>	22,2		25,4	57,2	62,0	37,5	92,0
май							
<i>Dreissena juv.</i>	62,0			20,5			

<i>Keratella quadrata</i>				15,9	17,9		
<i>Nauplii</i>				13,6	30,9		
<i>Polyarthra dolychop- tera</i>					16,4		
июнь							
<i>Bosmina obtusiro- tris</i>		21,0					
<i>Conochilus unicor- nis</i>							16,6
<i>Copepodit</i>			37,7			18,7	
<i>Nauplii</i>	69,1	52,2	41,9		85,5	43,8	61,1
<i>Polyarthra dolichop- tera</i>						19,3	
июль							
<i>Acanthocyclops lan- quidus</i>			14,7				
<i>Bosmina obtusiro- tris</i>		21,3				55,7	
<i>Epistylis plicatilis</i>	18,4						
<i>Dreissena juv.</i>				31,6	35,0		
<i>Copepodit</i>			29,3		16,2	13,0	
<i>Keratella cochlearis</i>							22,7
<i>Nauplii</i>	30,3	49,2	24,0	39,5	21,6	21,0	52,3
август							
<i>Daphnia cucullata</i>						18,1	
<i>Copepodit</i>		43,5	14,8	33,6			13,3
<i>Microcyclops vari- cans</i>		30,4		23,7			
<i>Nauplii</i>			45,1			36,2	79,6
<i>Pompholyx com- planata</i>			19,7				
сентябрь							
<i>Copepodit</i>			25,0				20,6
<i>Eudiaptomus gracil- loides</i>				13,4	20,0		
<i>Dreissena juv.</i>						13,2	
<i>Nauplii</i>	21,6	60,0		40,6	16,0	35,5	44,4
<i>Synchaeta pectinata</i>	62,0						
октябрь							
<i>Chidorus sphaericus</i>				24,6			
<i>Daphnia cucullata</i>						12,3	
<i>Eudiaptomus gracil- loides</i>				30,7	91,7	45,6	
<i>Nauplii</i>	41,7	35,0					
<i>Synchaeta pectinata</i>	41,6						

Таблица 6.3а

Доминантная структура зоопланктоценозов
Матырского водохранилища, 2011 г.

Виды-доминанты в % от общей чис- ленности	Месяц, № станции												
	май					июнь		август				сен- тябрь	
	2	3	4	5	6	1	6	1	6	3	7	1	6
<i>Acanthocyclops vi- ridis</i>											18		
<i>Bosmina longirostris</i>	41	80	88	41	80	22		33		23			
<i>Centropyxis aculeata</i>										15	18		
<i>Ceriodaphnia quad- rangula</i>												13	
<i>Copepodit</i>	23							12			12		
<i>Diaphanosoma bra- chiurum</i>						33	14						
<i>Diflugia corona</i>													22
<i>Dreissena juv.</i>									45				
<i>Keratella quadrata</i>				29									
<i>Nauplii</i>												16	
<i>Mesocyclops crassus</i>						12			16	15			
<i>Ostracoda</i>													12
<i>Synchaeta pectinata</i>												18	

По отношению к факторам внешней среды в составе зоопланктона преобладают виды эврибионтные, эвритермные, обнаружены также стенобионтные термофильные виды: *K. cochlearis tecta*, *Mesocyclops crassus*, *Diaphanosoma brachiurum*, *Microcyclops varicans*, *Hexarthra* sp., *Moina rectirostris*, *Brachionus diversicornis* что, по-видимому, связано с аномально высокими летними температурами 2010-2011 годов. Основная масса обнаруженных видов- это виды с все-светным либо широким (всесветные, кроме Австралии) распространением, единично представлены голарктические виды: *Polyphemus pediculus*, *Acanthocyclops americanus*; европейские и европейско-сибирские: *Polyarthra dolychoptera*, *Daphnia cucullata*. Отдельные виды раковинных амёб являются редкими, впервые обнаружены в ЦЧР и требуют дополнительного подтверждения правильности определения: *Diffugia bistricea*, *D. difficilis*, *D. gramen*. Данные виды приводятся в списке как *D. sp.*

Общая численность зоопланктона испытывала в течение сезона закономерные колебания и изменялась в различных станциях контроля (табл. 6.2).

Средняя численность зоопланктона в апреле, мае составляла около 70 тыс. экз. в м куб., при этом наиболее высокие показатели были отмечены в приплотинном участке и в верховье, в июне средняя численность зоопланктона возросла до 143 тыс. экз., в июле наблюдался небольшой спад, возможно связанный со сбросом уровня – до 69 тыс. экз., наиболее высокую численность зоопланктона в среднем по водохранилищу отмечали в августе – 217 тыс. экз. и, далее, она снижалась до 69 тыс. экз. в сентябре и до 19 тыс. экз. в метре куб. – в октябре (рис. 6.8).

Сезонные изменения общей численности зоопланктона в 2010 году имели два максимума в развитии, первый из них приходился на июнь, второй более высокий (217 тыс. экз./м³) отмечен в августе (рис. 6.8). В 2011 году динамика общей численности зоопланктона имеет вид одновершинной кривой с максимумом, приходящимся на август (рис. 6.8а) и со значениями, примерно вдвое более низкими, чем в 2010 году (104 тыс. экз./м³). Наиболее высокие значения численности зоопланктона обнаруживались в приплотинном участке, абсолютный максимум отмечен в августе (ст. №6) – 318 тыс. экз./м³, лишь в июне численность зоопланктона в верховье была выше, чем у плотины (табл. 6.2а).

Доминантная структура зоопланктоценозов различных участков водохранилища имеет выраженное своеобразие, но при этом в 2010 году отмечались некоторые закономерности. В ранневесенний период, на пике развития коловраточного комплекса именно коловратки формировали основу доминантных комплексов. В различных станциях это были виды: *Synchaeta pectinata*, содоминантами которых выступали коловратки родов: *Polyarthra*, *Notolca* и *Keratella quadrata* а также взрослые рачки *Acanthocyclops lanchowanus* (табл. 6.3). В мае наблюдается первый пик в отрождении планктонных личинок моллюсков *Dreissena polymorpha* и в некоторых станциях контроля они становятся доминантами. В остальные периоды вегетационного сезона основную роль в формировании доминантных комплексов играют копеподы. В летний период – их личиночные стадии: науплии и копеподиты; в октябре – взрослые формы ко-

пепод из подотряда Calanoida – *Eudiaptomus graciloides*. Исследования 2011 года показали полную смену доминантов в сообществах и нарушение каких-либо закономерностей. В мае единственным доминантом во всех станциях и участках водохранилища были ветвистоусые рачки *Bosmina longirostris*. Они оставались доминантами в верховье водохранилища в июне и в августе. В остальных станциях в течение вегетационного сезона состав доминантных комплексов был обеднен и формировался незакономерно (табл. 6.3, 6.3а). Основная доля в общей численности зоопланктона в 2010 году в верховье водохранилища и в приплотинном участке принадлежала коловраткам и копеподам (рис.6.9), в 2011 году преимущество по численности имели ветвистоусые рачки – кладоцеры и коловратки. В приплотинном участке ситуация также изменилась: по численному показателю основную роль в течение 2010 года играли ветвистоусые и копеподы (рис. 6.9а). Средняя численность зоопланктона в Матырском водохранилище в 2011 году составила 53777 экз./м³.

2010 г.

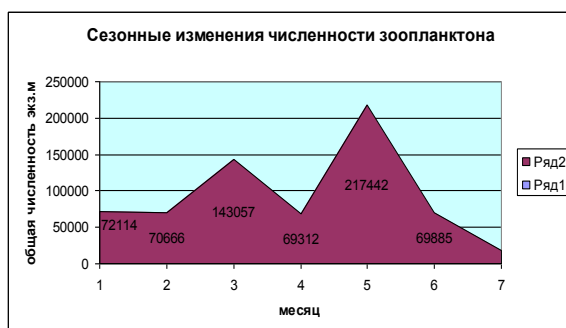


Рис. 6.8

2011 г.

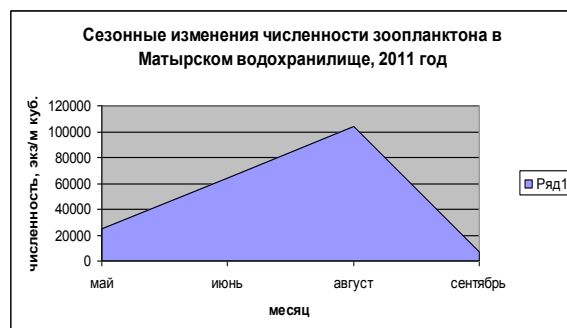


Рис. 6.8а

2010 г.

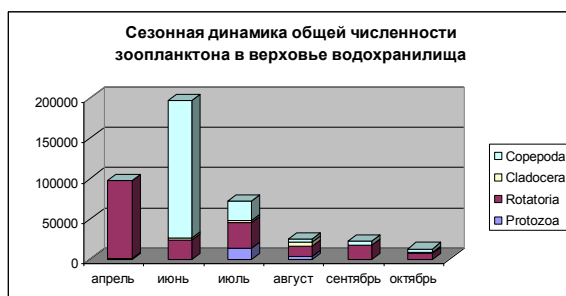


Рис. 6.9

2011 г.

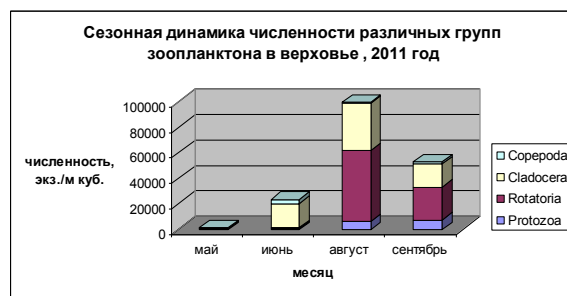


Рис. 6.9а

2010 г.

2011 г.

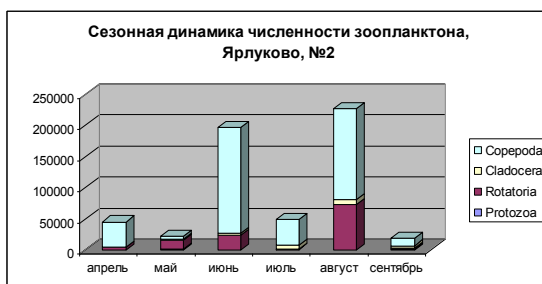


Рис. 6.10

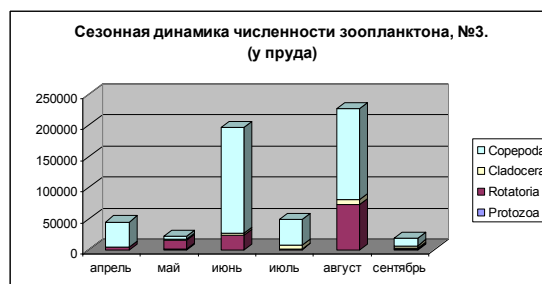


Рис. 6.11

2010 г.

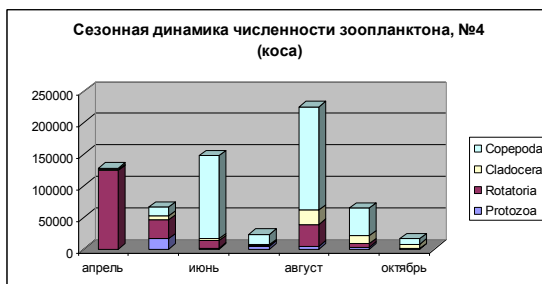


Рис. 6.12

2010 г.

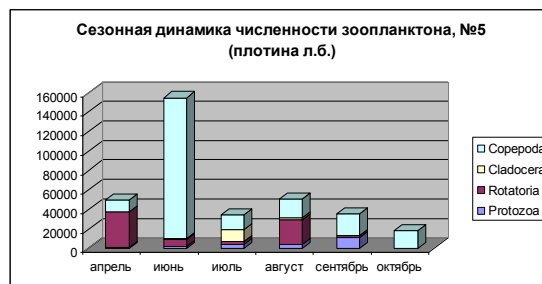


Рис. 6.13

2010 г.

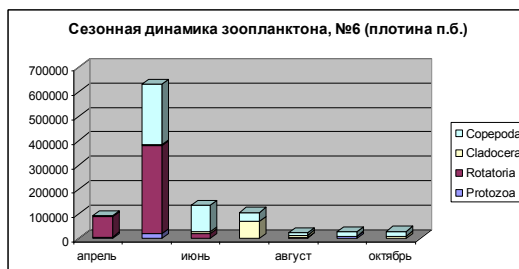


Рис. 6.14

2011 г.

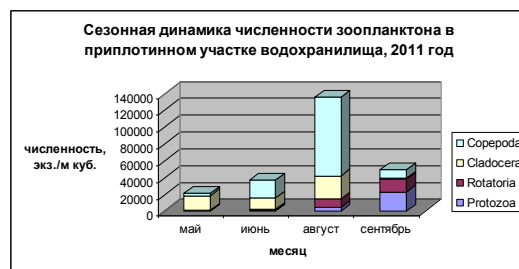


Рис. 6. 14а

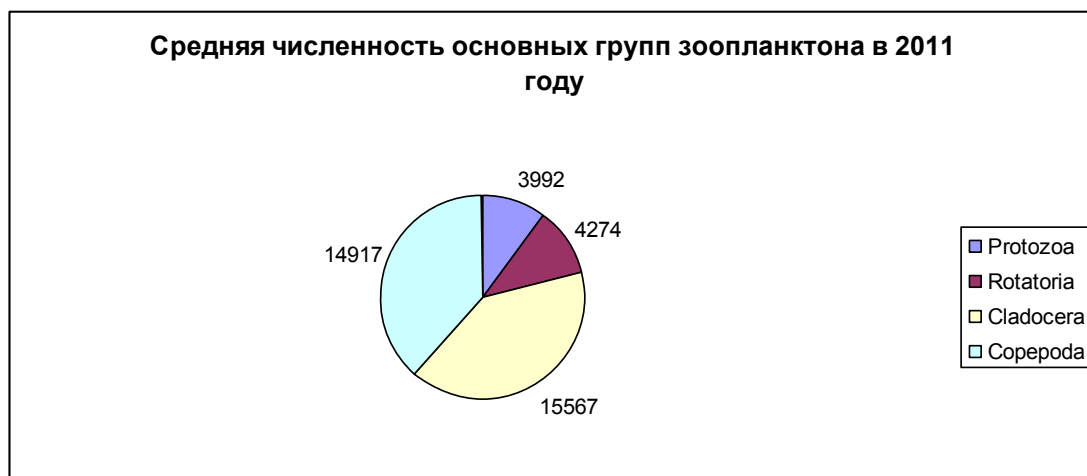


Рис. 6.15 Средняя численность основных групп зоопланктона в 2011 году.

Биомасса зоопланктона зависит не только от его численности но и от размеров , составляющих его организмов. Поэтому график сезонного изменения средней по водохранилищу биомассы (рис.16) в 2010 году не совпадает с ходом изменения численности организмов в различных станциях контроля. Так, первый максимум биомассы ($2,89 \text{ г/м}^3$) отмечен в мае, а первый пик численности приходится на июнь.

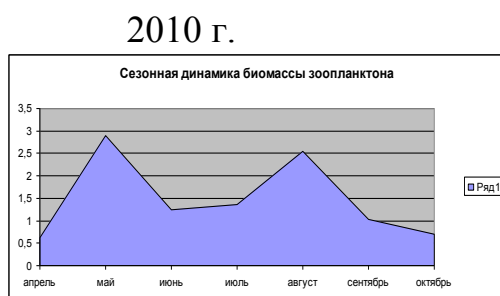


Рис. 6.16

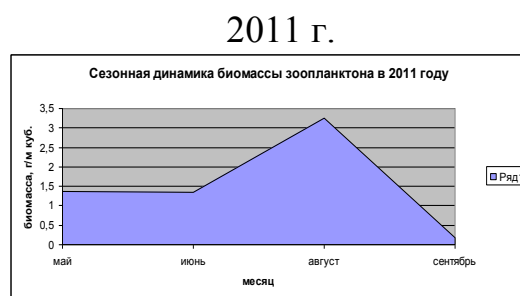


Рис. 6.16а

Второй пик биомассы ($2,55 \text{ г/м}^3$) и максимум средней численности зоопланктона отмечены в августе и совпадают друг с другом, поскольку связаны с развитием в водохранилище более крупных организмов рачкового планктона. Наименьшие значения средней биомассы отмечались в начале вегетационного сезона – в апреле ($0,62 \text{ г/м}^3$) и в конце вегетационного сезона – в октябре ($0,7 \text{ г/м}^3$), что соответствует нормальному ходу сезонных изменений зоопланктона в континентальных водоемах. Наиболее высокие показатели средней за вегетационный сезон биомассы регистрировались в районе «косы» (ст.№4) - $2,06 \text{ г/м}^3$ и в приплотинном участке (ст. №6)- $2,32 \text{ г/м}^3$; высокая средне-сезонная биомасса отмечена также в Пионерском пруде (ст.№7) – $1,76 \text{ г/м}^3$. Перечисленные три станции имеют наиболее высокий кормовой потенциал. Максимальные абсолютные значения биомассы зоопланктона были отмечены в приплотинном участке у правого берега. В мае биомасса зоопланктона в данной станции составляла $6,8 \text{ г/м}^3$, в разгар летнего сезона в июле – $5,2 \text{ г/м}^3$. Наименьшая биомасса зоопланктона постоянно регистрировалась в верховье водохранилища (табл.

6.2, рис.6.17, 6.18).

Сезонные изменения средней биомассы зоопланктона в 2011 году полностью совпали с ходом численности. График изменения биомассы, также как и численности, имеет один выраженный максимум, который приходится на август (рис. 6.16а). Это связано с выходом на первый план, вместо мелких коловраток, более крупных ветвистоусых рачков (рис. 6.15). Средние значения биомассы в 2011 году составили $1,5 \text{ г/м}^3$. На максимуме развития зоопланктона в августе его средняя биомасса составила $3,25 \text{ г/м}^3$, что превышает средние максимальные значения в 2010 году. Наибольшая биомасса зоопланктона зарегистрирована в августе в приплотинном участке – станция №6, где она достигала $8,0 \text{ г/м}^3$. Биомасса зоопланктона в верховье водохранилища была закономерно ниже в течение всего сезона 2011 года (табл. 6.2, рис. 6.17а).

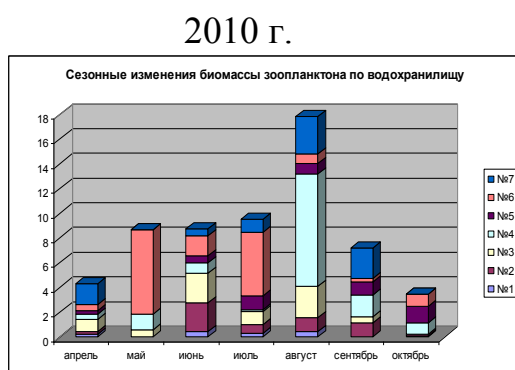


Рис. 6.17



Рис. 6.17

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные *гидрохимические исследования* показали, что в результате длительной эксплуатации Матырского водохранилища макрокомпонентный химический состав его вод окончательно сформирован и достаточно стабилен.

1. Воды Матырского водохранилища имеют околонейтальную или слабощелочную реакцию. Средние значения показателя рН колеблются в интервале 7,2-8,5, при этом минимальные значения отмечены в мае, октябре, максимальные - в июле, августе. Воды относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция, магния. Содержание иона кальция за период наблюдений варьировало в диапазоне от 45 мг/дм³ до 64 мг/дм³. Соответственно, значения общей жесткости оставались примерно на одном уровне – 4,0-4,7 мг*моль/дм³, менялось лишь соотношение кальция и магния.

2. Соединения азота зафиксированы в незначительных концентрациях, гораздо ниже величины ПДК, изменяются в пределах фоновых значений, за исключением апрельских проб 2011 года, где было обнаружено содержание иона-аммония и нитритов выше ПДК в 2-7 раза, что связано с замедленным течением биохимических процессов нитрификации в условиях низких температур.

Концентрации нитритов в 2010 году варьировали в узком диапазоне от едва уловимых концентраций до 0,03 мг/дм³. В 2011 году отмечен резкий всплеск. Максимальные значения фиксировались в точках наблюдения №3-5 до 0,58 мг/дм³. Факт роста концентраций обусловлен разложением значительного количества органических остатков моллюска беззубки и заслуживает пристального внимания и дальнейшего изучения, особенно учитывая второй класс опасности данного компонента.

Среднее содержание нитратов на протяжении двух лет оставалось стабильным и составляло 1,5-3,5 мг/дм³.

3. Содержание растворенных форм фосфора в водах Матырского водохранилища было невелико и в основном находилось на уровне и ниже 0,15-0,30 мг/дм³. Максимальные значения характерны для проб, отобранных в июле, ав-

густе 2010 и в августе 2011 года. Повышение концентрации фосфора до 1,02 мг/дм³, вероятно, связаны с активизацией внутриводоемных процессов разложения фосфорорганических соединений.

На основании полученных данных сделан вывод, что рост концентрации биогенных элементов в 2011 году свидетельствует о замедлении биохимических процессов самоочищения посредством нитрификации и фотосинтеза.

4.Содержание растворенного кислорода в воде Матырского водохранилища варьируют от 5,81 в августе и до 9,5 в апреле и октябре, средние значения за период наблюдений уменьшались с 8,4 мг/дм³ до 6,7 мг/дм³, затем вновь увеличивались до 7,91 мг/дм³. Подобная зависимость демонстрирует наличие обратно пропорциональных связей между температурой воды и количеством растворенного кислорода.

Необходимо обратить внимание на более низкие концентрации кислорода в первой половине 2011 по сравнению с аналогичным периодом 2010 года. И это не смотря на то, что температурный режим летнего сезона 2011 г. был в пределах климатической нормы, а в 2010 аномально жарким. Следовательно, кислород в 2011 году более активно расходовался на окисление в ходе биохимических либо физико-химических процессов.

5.Наиболее важными показателями качества воды, связанными с загрязнением органическими веществами, являются ХПК и БПК₅. Показатель БПК₅ в среднем не превышает 3,5 мгО/ дм³, что также позволяет оценить поверхностные воды исследуемого объекта как незагрязненные легкоокисляемой органикой.

Наиболее высокие значения БПК₅ были отмечены в 2010 году в точках наблюдения №3-5 –до 5,0 мг/дм³, наименьшие значения отмечены в точках №1, 2.

6.Обнаружены превышения концентраций металлов. Наиболее значимые превышения характерны для меди, содержание которой достигают 0,120 мг/дм³. Содержание железа для большинства проб колеблется в узком интервале - от 0,05 до 0,2 мг/дм³, аномально максимальные значения до 0,88 мг/дм³ отмечены в

августовской пробе 2010 года в точке наблюдения №3. Для марганца диапазон колебаний концентраций значительно шире от 0,004 мг/дм³ в апрельских пробах №4-6 до 0,31 мг/дм³ в августовской пробе №3, соответственно разброс средних значений концентрации по водоему также велик от 0,011 мг/дм³ до 0,1 мг/дм³.

7.Сравнивая 2010 и 2011 годы, можно отметить положительные сдвиги в микрокомпонентном составе – по меди, железу и марганцу мы наблюдаем значительное уменьшение концентраций, по цинку ситуация стабильна - значения на уровне прошлого года.

В 2011 году, по сравнению с периодом 2006-2010гг, наблюдаются следующие *качественные и количественные изменения фитопланктона*:

8. Происходит уменьшение таксономического разнообразия сообществ фитопланктона, при этом по-прежнему доминируют диатомовые водоросли. Из состава сообществ низших микроскопических водорослей практически исчезают представители разнообразных зеленых водорослей и синезеленые (цианобактерии). Полностью исчезают виды синезеленых водорослей, вызывающих “цветение” загрязненных вод. Значительно уменьшаются средние суммарные показатели численности и биомассы фитопланктона.

9.Изменяется состав вегетационной сукцессии низших микроскопических водорослей: наряду с изменениями в составе доминирующих и субдоминирующих видов диатомей, характерной чертой сукцессии 2011 года является отсутствие синезеленых водорослей, вызывающих “цветение” вод (ввиду их достаточно заметной частоты встречаемости, в конце августа – начале сентября прежних лет наблюдений они входили в состав сукцессии).

Преобладает щелочная реакция среды пресноводного водоема, но в 2011 году гидрохимическая обстановка несколько меняется, что прослеживается в изменении показателей распространения видов по их отношению:

а) к галобности (минерализации) вод – по-прежнему доминируют индифферентные виды, однако не наблюдаются виды мезогалобы (солонатоводные), предпочитающие минерализацию 0,05‰, но обычные в пресных во-

дах;

б) к активной реакции водной среды (рН) – на протяжении всего периода наблюдений доминируют виды алкалифилы, но при этом наблюдается увеличение содержания видов алкалибионтов.

По эколого-биологическому качеству воды Матырского водохранилища по результатам предшествующих исследований оценивались как “Умеренно (слабо) загрязненные”. Однако в 2011 году зафиксирована разница в значении индекса сапробности, составляющая 0,18. Это сопоставление показывает, что достаточно высокий уровень качества вод несколько улучшился.

Итак, изучение фитопланктона в течение шести лет позволило зафиксировать ряд его качественных и количественных изменений, которые происходят на фоне изменения некоторых гидрохимических показателей. Очевидно, что продолжение гидробиологических исследований, начатых в связи с альголизацией вод Матырского водохранилища как метода их биологической реабилитации, являются чрезвычайно актуальными.

Результаты двухлетних исследований зоопланктона Матырского водохранилища (2010 – 2011гг.) показали общее высокое видовое разнообразие планктонных сообществ.

Расчеты сапробиологических индексов проводились для каждой станции контроля в течение всего вегетационного сезона. Около 90% обнаруженных в ходе исследования зоопланктеров являются индикаторами сапробности. Данные по сапробным индексам для каждой пробы приведены в протоколах проб, в 2011 году значения индексов изменялись в интервале 1,3 -1,6, что соответствует границам олиго-б-мезосапробной зоны т.е. по сапробиологическим показателям можно сделать заключение, что Матырское водохранилище характеризуется как чистый, слабозагрязненный водоем. Единичные виды α -мезосапробного комплекса не имели высокой численности и не изменяли данной характеристики.

10. Поскольку исследования зообентоса были начаты годом позже начала

мероприятия по вселению культуры хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, выявление какого-либо эффекта этого вселения на зообентос, в связи с полным отсутствием предварительных контрольных исследований по той же методике, является невыполнимым.

При исследовании зообентоса выявленные негативные тенденции, отмеченные нами в 2010 г., получили тенденцию резкого развития в 2011 г., проявляясь в элиминации не только крупных, но и мелких форм хищников, моллюсков и других форм фильтраторов. К причинам, приводящим к негативной трансформации, можно отнести внешние факторы влияния на водохранилище как антропогенного, так и климатического генезиса.

В 2011 году отмечено резкое снижение видового разнообразия зоо- и макрозообентоса, причинами являются:

- неблагоприятные по температурному режиму годы (2010-2011 гг.);
- технологический ремонт гидросооружений, сопровождающийся сбросом уровня и обсушивание мелководий;
- работа земснаряда на фоне понижения уровня водохранилища;
- массовая гибель в реке Матыра летом 2011 года двустворчатых моллюсков в результате клещевой эпизоотии, что привело к загрязнению водохранилища продуктами разложения огромной массы моллюсков.

11. Результаты эколого-гидрохимического мониторинга за период 2006-2011гг выявили стойкие положительные сдвиги, отмеченные по содержанию нитратов, нитритов, нефтепродуктов.

Однако зафиксирована неблагоприятная динамика по показателям ХПК. Это свидетельствует о химическом загрязнении вод водохранилища. В тоже время по анализируемым тяжелым металлам превышений не выявлено. Следовательно, необходимо расширить перечень наблюдаемых компонентов для выявления основных загрязняющих элементов. Среди них: кадмий, мышьяк, свинец, никель, хром. Особое внимание следует уделить мониторингу загрязнения

вод водохранилища медью. Необходимо определить источник ее поступления, разработать меры по его локализации. В этой связи при проектировании работ в 2012г необходимо расширение сети эколого-гидрогеохимических исследований с ежемесячной периодичностьб пробоотбора.

Фиксируется улучшение ситуации по тяжелым металлам, выражающейся в уменьшении концентрации железа и марганца более чем на 10%. Компоненты, по которым в 2009 – 2010 гг. было отмечено снижение концентрации, остались на прежнем, не превышающем ПДК уровне. Происходит уменьшение индекса сапробности на 10%, что свидетельствует об улучшении экологической ситуации и выполнении условий Договора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб., 2001. – 147 с.
2. Анциферова Г.А. Биоиндикация в геоэкологии: об эвтрофировании межледниковых, голоценовых и современных поверхностных водных экосистем бассейна Верхнего Дона // Вестник Воронежского университета. Геология, № 1, Воронеж, 2005. – С. 240-250.
3. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоемов. - Пенза, 2008. – 137 с.
4. Винарский М.В. Уральский хребет: «коридор» или «барьер» для расселения моллюсков // Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее. Екатеринбург, 2009. - С.130-132.
5. Глухова В.М. Личинки мокрецов подсемейств Palpomyinae и Ceratopogoninae фауны СССР (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae). – Л., 1979. – 231 с.
6. Голубева Г.В. Индикационные значения отдельных форм хирономид // Экология гидробионтов водоемов Западного Урала: Межвуз. сб. науч. тр. перм. ун-та. – Пермь, 1988. – С. 43–49.
7. Гребенников М.Е., Каримов А.В. Пресноводные моллюски семейств Acroloxidae, Planorbidae и Bulinidae Урала и прилегающих территорий по данным зоологического музея ИЭРИЖ //Экология: от генов до экосистем / Матер.конф.молодых ученых 25-29 апреля 2005 г. – Екатеринбург, «Академкнига», 2005. – С. 58-60.
8. Джувеликян Х.А., Силина А.Е., Косинова И.И. Тяжелые металлы и нефтепродукты в донных отложениях Воронежского водохранилища // Экология и промышленность России. – М., 2006. - №5. – С. 22-27.
9. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. – Л., 1974. – Т. I. – 403 с.

- 10.Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. – Л., 1988. – Т. II. – Вып. 1. – 116 с.
- 11.Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. – СПб., 1992. – Т. II. – Вып. 2. – 125 с.
- 12.Диатомовый анализ. – Л., 1949-1950. – Кн.1-3.
- 13.Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. – М., 1960. – С. 33 – 72.
- 14.Извекова Э.И. Питание / Экология массовых видов донных беспозвоночных // Бентос Учинского водохранилища. – М., 1980. – С. 39–121.
- 15.Извекова Э.И. Питание и пищевые связи личинок массовых видов хирономид Учинского водохранилища. Автореф...канд. биол. наук. – М., 1975. – 20 с.
- 16.Иоффе Ц.И. Донная фауна Обь-Иртышского бассейна и ее рыбохозяйственное значение // Изв.ВНИОРХ, 1947. Т.25, вып.1. – С.116-123.
- 17.Кузикова В.Б., Бусленко Н.М. Донная фауна реки Сыни и ее роль в питании рыб // Сб.науч.тр. ГосНИОРХ. 1989, вып.305. – С.81-89.
- 18.Лазуткина Е.А. Пресноводные гребнежаберные моллюски (Mollusca: Gastropoda: Pectinibranchia) Урала и прилегающих территорий (по материалам коллекции зоомузея ИЭРИЖ УРО РАН) // Проблемы глобальной и региональной экологии/ Матер.конф.молодых ученых, 31 марта - 4апреля 2003. Екатеринбург: «Академкнига», 2003. – С. 109-111.
- 19.Лукин Е.И. Пиявки пресных и солоноватых водоёмов // Фауна СССР. Пиявки. Т. 1. – Л., 1976. – 484 с.
- 20.Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л., 1974. – 60 с.
- 21.Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. – М., 1975. –

С. 73-108.

22. Монаков А. В. Питание пресноводных беспозвоночных – М., 1998. – 320 с.
23. Определитель беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / гидрометиздат Л. – 1977
24. 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.
25. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 2. Ракообразные: Листоногие, Ветвистоусые, Веслоногие, Остракоды, Кумовые, Мизиды, Изоподы, Декаподы, Амфиподы. – СПб., 1995. – 628 с.
26. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 3. Паукообразные и низшие насекомые: Акариды, Орибатида, Галакариды, Гидрахниды, Пауки, Ногохвостки, Поденки, Веснянки, Стрекозы, Клещи. – СПб., 1997. – 448 с.
27. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 4. Высшие насекомые: Двукрылые насекомые (Комары, Мухи). – СПб., 1999. – 1000 с.
28. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 5. Высшие насекомые: Ручейники, Бабочки, Жуки, Большекрылые, Сетчатокрылые. – СПб., 2001. – 836 с.
29. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 6. Моллюски, Полихеты, Немертины. – СПб., 2004. – 528 с.
30. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – СПб., 1994. – Т. 1: Низшие беспозвоночные. – 396 с.

- 31.Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли. – М., 1953. – Вып. 2. – 651 с.
- 32.Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironomidae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). – Л.,1983. – 296 с.
- 33.Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironomidae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). – Л.,1983. – 296 с.
- 34.Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthoclaadiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae) – Л., 1970. – 344 с.
- 35.Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae =Tendipedidae). – Л., 1977. – 154 с.
- 36.Петров П.Н. Водные жесткокрылые подотряда Aderphaga (Coleoptera) юга Тюменской области // Бюлл.Моск.о-ва испыт.природы. Отдел биологический. – 2002. – Т.107. Вып.3. – С.31-38.
- 37.Петров П.Н. Водные жесткокрылые подотряда Aderphaga Урала и Западной Сибири // Фауна, вопросы экол., морфол. и эволюции амфибиот.и водн.насекомых России // Матер.II Всерос.симпоз. по амфибиот.и водным насекомым. – Воронеж: ВГУ, 2004. – С. 126-132.
- 38.Попова А.Н. Личинки стрекоз фауны СССР (Odonata). – М.-Л., – 235 с.
- 39.Попченко В.И. Водные малощетинковые черви Севера Европы. – Л., 1988. – 287 с.
- 40.Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора // М., 1977. – 144 с.
- 41.Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л., 1983. – 240 с.

42. Рылов В.М. Cyclopoida пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные. – М. – Л., 1948. – Т. 3, вып. 3. – 218 с.
43. Селезнев Д.Г., Силина А.Е. Описание программы статистической обработки данных и расчетов биотических индексов для гидробиологических мониторинговых исследований // Гидробиол. исслед. водоемов Среднерусской лесостепи (тр. лаб. мониторинга водн. и наземн. экосист. Среднерусской лесостепи: сектор гидробиол. монит. / биоцентр ВГУ «Веневитиново») – Воронеж, 2002. Т. 1. – С. 229–235.
44. Силина А.Е. Состояние донных биоценозов р. Дон в зоне влияния Нововоронежской АЭС по данным 2003 г. // Сост. и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи. – Воронеж, 2004. – С. 103-122. - (Тр. биол. учеб.-науч. центра Воронеж. гос. ун-та "Веневитиново"; Вып. ХУП).
45. Силина А.Е. К изучению донных зооценозов стоячих водоемов ядерного цикла Нововоронежской АЭС // Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. – Воронеж, 2004. – С. 75-85. – (Тр. учеб.-науч. центра Воронеж. гос. ун-та «Веневитиново»; Вып. XVIII).
46. Силина А.Е. К изучению макрозообентоса водоема-охладителя Нововоронежской АЭС // Сост. и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи – Воронеж, 2003. – С. 98–114. – (Тр. биол. учеб.-науч. центра ВГУ «Веневитиново»; Вып. XVI).
47. Силина А.Е. Эколого-фаунистическая характеристика макрозообентоса Воронежского водохранилища // Гидробиологические исследования водоемов Среднерусской лесостепи / Тр. лаб. биоразнообразия и мониторинга назем. и водн. экосистем Среднерусской лесостепи: сект. гидробиол. монит. Т. 1. – Воронеж: ВГУ, 2002. – С. 266 – 303.
48. Силина А.Е., Прокин А.А. Трофическая структура макрозообентоса

- болотных водоемов лесостепной зоны Среднерусской возвышенности // Биология внутренних вод, М, Наука, 2008, №3 - С. 35-44.
49. Сиренко Л.А. Физиолого-биохимические особенности синезеленых водорослей и задачи их изучения // “Цветение” воды. – Киев, 1969. – Вып. 2. – С. 7-64.
50. Скальская И.А. Зооперифитон водоемов бассейна Верхней Волги. – Рыбинск, 2002. – 256 с.
51. Скальская И.А. Состав пищи мшанок волжских водохранилищ // Биология, сист. и функц. морф. преснов. животных. – Л.: Наука, 1989. – С. 133–143.
52. Сладечек В., Розмайлова В. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Индикаторы сапробности. – М. Изд. отд. Упр. дел секр-та СЭВ. 1977. – 92 с.
53. Смирнов Н.Н. Chidoridae фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные / Н.Е. Смирнов. – Л., 1971. – Т 1, вып. 2. – С. 63-64.
54. Соловьев В.В., Алешин О.А. Моллюски озер юга Тюменской области // Эволюционная и популяционная экология: назад в будущее. – Екатеринбург, 2009. – С.210-213.
55. Степанова В.Б. Фауна хирономид (Chironomidae) Обской губы // Проблемы водной энтомологии России и сопредельных стран. Матер. III Всерос. симпозиума по амфиб. и водным насекомым. – Воронеж, 2007. – С.343-346.
56. Тодераш И.К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. – Кишинев: «Штиинца». – 1984. – 172 с.
57. Тузовский П.В. Определитель дейтонимф водяных клещей – М., 1990. – 238 с.
58. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. Индикаторы сапробности. – М., изд-во СЭВ, 1975. – С. 21-31.

- 59.Шарапова А.Т. Особенности распространения и экологии моллюсков-вселенцев в водоем-охладитель Тюменской ТЭЦ –1 в Западной Сибири // Вестник зоологии, т.42, №2, 2008. – С.185-187.
- 60.Шарапова Т.А. Бентофауна реки Северная Сосьва. 2010. Инф.ресурс: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q>
- 61.Шарапова Т.А. Личинки стрекоз (Odonata) в перифитоне Западной Сибири // Проблемы водной энтомологии России и сопредельных стран. Матер.III Всерос.симпоз.по амфиб.и водным насекомым. – Воронеж, 2007. – С.374-376.
- 62.Шарапова Т.А., Степанова В.Б. Состав и распределение личинок поденок (Ephemeroptera) в равнинных водоемах и водотоках Западной Сибири // Фауна, вопросы экол., морфол. и эволюции амфибиот.и водн.насекомых России // Матер.II Всерос.симпоз. по амфибиот.и водным насекомым. – Воронеж: ВГУ, 2004. – С. 257-261.
- 63.Шарапова Т.А., Степанова В.Б., Бусленко Н.М. Оценка состояния уральских притоков Оби по показателям зообентоса // Освоение Севера и проблема рекультивации: Матер.науч.конф., Сыктывкар, 1994. – С.238-241.
- 64.Шарапова Т.А.Зообентос р.Щучья // Сб.науч.тр.ГосНИОРХ, 1995. Вып.327. – С.56-63.
- 65.Шилова А.И. К вопросу о питании личинок *Cricotopus silvestris* F. в связи с характером строения ротового аппарата. – ДАН СССР 1955, т. 100. № 6. – С. 1191–1193.
- 66.Шилова А.И. Хирономиды Рыбинского водохранилища. – Л., 1976. – 251 с.
- 67.Экологический мониторинг. Методы биомониторинга. – Н. Новгород, 1995. – Часть 1. – 190 с.
- 68.Яковлев В.А. Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования

(практические рекомендации) . – Апатиты, 1988. – 25 с.

- 69.Brundin L. Chironomiden und andere Bodentiere der sudschwedischen Urgebirgs-seen. – Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm, 1949, 30. – 914 pp.
- 70.Fauna Aquatica Austriaca /A comprehensive Species Inventory of Austrian Aquatic Organisms with Ecological Notes . (By Ed. Moog O).– 1 - 2nd Edition, Vienna, 1995- 2002.
- 71.Fauna Europaea [Электронный ресурс] – Режим доступа к изд.: <http://www.faunaeur.org> – Систем. требования: IBM PC; Internet Explorer.
- 72.Silina A.E., Prokin A.A. The trophic structure of macrozoobentos in march water bodies of the forest-steppe zone in the Middle Russian Hills // Inland Water Biology, “Pleiades Publishing, Inc.», 2008. Vol.1№3.– P. 231-240. (USA)
- 73.Wiederholm T. (Ed.) Chironomidae of the Holarctic region. Keys & diagnoses. Part. 1. Larvae // Ent. Scand. Suppl. №19. – Lund, Sweden, 1983. – 457 pp.
- 74.Wiederholm T. (Ed.) Chironomidae of the Holarctic region. Keys & diagnoses. Part. 3. Adult males // Ent. Scand. Suppl. №34. – Lund, Sweden, 1989. – 532 pp.