

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение г. Москвы
«Курчатовская школа»

**ОЦЕНКА КЛАССА КАЧЕСТВА ВОДЫ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЕМА В ПАРКЕ ОРУЖЕЙНИКОВ В РАМКАХ
РАЗРАБОТКИ ПЛАНА ПО ЕГО ЭКОРЕАБИЛИТАЦИИ**

Работу выполнила:

Ученица 11 класса
ГБОУ «Курчатовская школа»
г. Москвы

Чернова Дарья

Научные руководители:

Преподаватели биологии, экологии
Курчатовской школы
Пономарёва Наталья Леонидовна
Каргапольцева Ирина Анатольевна

Москва, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	4
1.1. Пруды: определение, классификация, строение	4
1.2. Экологические проблемы городских прудов	4
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	7
2.1. Характеристика исследуемого водоёма	7
2.2. Изучение макрозообентоса	7
2.3. Оценка класса качества воды в водоеме методами биоиндикации	8
2.4. Определение содержания тяжелых металлов в донных отложениях	8
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	9
3.1. Фауна макрозообентоса пруда парка Оружейников	9
3.2. Оценка качества воды пруда методами биоиндикации	10
3.3. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях	11
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ И БЛАГОУСТРОЙСТВУ ВОДОЕМА	13
4.1. Программа реабилитации	13
4.2. Благоустройство водоёма	14
ВЫВОДЫ	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	19
ПРИЛОЖЕНИЯ	21

ВВЕДЕНИЕ

Крупные промышленные города с их производственными предприятиями, транспортом, коммунальным хозяйством и высокой численностью населения являются эпицентрами загрязнения среды. Для достижения экологически нормальных параметров среды город не может обойтись без природных доноров, снабжающих урбаноэкостистему чистым воздухом, водой, почвой. Такими «донорами» могут быть естественные и антропогенные уголья с ненарушенным растительным покровом, внегородская атмосфера и различные водные объекты – реки, пруды, родники и т.д.

В 2019 году были произведены работы по реконструкции и благоустройству парка Оружейников в Ленинском районе города Ижевска. На сегодняшний день в данном районе города это единственный благоустроенный парк. В данном парке находится водоем, который активно используется местными жителями в рекреационных целях. За последние годы водоем значительно обмелел, площадь зарастания водными и прибрежно-водными растениями в водоеме составляет более 50 %. Наблюдается засорение акватории пруда твердыми коммунальными отходами. При благоустройстве парка Оружейников работ по благоустройству и оздоровлению изучаемого водоема проведено не было. Для того чтобы разработать план по восстановлению и благоустройству водоема, необходимо сначала изучить качество его воды, донные отложения. Поэтому **целью** моего исследования стало: оценить класс качества воды и загрязнение донных отложений водоема в парке Оружейников г. Ижевска в рамках разработки плана по его экореабилитации.

Задачи: 1. Изучить фауну макрозообентоса водоема; 2. Оценить класс качества воды в водоеме методами биоиндикации по макрозообентосу; 3. Оценить содержание тяжелых металлов в донных отложениях и сравнить с

ПДК; **4.** Разработать рекомендации по реабилитации и благоустройству водоема.

Практическая значимость: Предложенные нами практические рекомендации по восстановлению водоема могут быть использованы для полной экореабилитации пруда в парке Оружейников. После проведения мероприятий по очистке возможно будет оценить эффективность наших рекомендаций. Полученные данные могут быть использованы для составления универсального плана по восстановлению городских водоемов, что снизит интенсивность их загрязнения.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Пруды: определение, классификация, строение

Согласно Большой Советской энциклопедии, пруд – это искусственный водоём (водохранилище) небольшого размера (площадью обычно не более 1 км²), образуемое путём перегораживания плотиной русла небольшой реки, ручья, балки, лога (Пруд..., [Электронный ресурс]). Пруды создаются для хранения воды с целью водоснабжения, орошения, разведения рыбы (прудовое рыбное хозяйство) и водоплавающей птицы, а также для санитарных и спортивных потребностей (Пруд..., [Электронный ресурс]).

В водном кодексе Российской Федерации до сих пор не раскрыто определение прудов (Водный кодекс, 2015).

Строение прудов

В большинстве этих водоемов можно выделить, граничащие одна с другой зоны:

- Береговая, включающая подмываемые водой откос и побережье;
- Литораль, в состав которой входит береговая мель и подводный откос.
- Пелагиаль, или глубоководная часть (Константинов, 1979).

1.2. Экологические проблемы городских прудов

Основная причина загрязнения водных бассейнов – сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод. Преобладающая

часть воды, используемая в промышленности, сельском хозяйстве, в хозяйственно – бытовых целях, возвращается в водоемы загрязненной. Источниками загрязнения поверхностных вод становятся объекты, вносящие в них загрязняющие вещества, микроорганизмы или избыточную теплоту.

Суммарный объем загрязненных сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты Российской Федерации, распределяется между жилищно-коммунальным хозяйством (51 %), промышленностью (35 %) и сельским хозяйством (13 %).

Ниже перечислены основные источники загрязнения водоемов:

Промышленные стоки, поступающие в системы производственной канализации. На долю промышленности приходится 70 – 80% всех сточных вод. Промышленные сточные воды очень сильно различаются степенью загрязненности. Различают четыре класса сточных вод: загрязненные неочищенные, недостаточно очищенные, нормативно очищенные, условно чистые (не требующие очистки).

Стоки с ливневых канализаций. Около трети всей массы загрязняющих веществ вносится в водоисточники с поверхностным и ливневым стоками с территорий санитарно неблагоустроенных населенных мест, сельскохозяйственных объектов и угодий, что влияет на сезонное (в период весеннего паводка) ухудшение качества питьевой воды, ежегодно отмечаемое в крупных городах (Рудский и др., 2007).

Хозяйственно – бытовые (коммунальные) стоки составляют примерно 20% всего объема сточных вод. Они имеют относительно устойчивый состав. От одного человека в среднем поступает 65г взвешенных веществ, 8г азота аммонийного, 3,3г фосфатов, 9г хлоридов, 60 – 75г органических веществ.

Диффузные источники загрязнения: Взвешенные вещества, удобрения, пестициды, нефтепродукты, тяжелые металлы, смываемые ливневыми и талыми водами с полей и городских улиц. Воздействие

данного источника усугубляется отсутствием (как правило) очистки. Воздействие диффузных источников загрязнения сложно не только предотвратить, но даже учесть. Наиболее подвержены воздействию этих источников малые реки.

Загрязнения, поступающие из атмосферы в результате их осаждения и вымывания атмосферными осадками.

Образование загрязняющих веществ непосредственно в водоемах, что чаще всего связано с созданием водохранилищ (усиленное развитие фитопланктона, в том числе сине-зеленых водорослей, выделяющих токсичные вещества) (Рудский и др., 2007).

Антропогенные воздействия на экосистемы в большинстве случаев приводят к исчезновению из них наиболее специализированных видов, видов с узкими экологическими спектрами. За этим следует сокращение трофических связей, упрощение трофических сетей, высвобождение ресурсов, экологических ниш, словом, происходят изменения структуры сообществ и экосистем. В водоемах или участках рек, не подверженных загрязнению, в сообществах гидробионтов среди доминирующих видов преобладают стенобионтные, а в условиях загрязнения – эврибионтные. Разнообразие сообществ животных резко уменьшается, когда отношение стено- и эврибионтных видов оказывается менее 60% (Алимов, 2000).

Антропогенное воздействие может изменить условия питания в водоеме, что приводит к реорганизации трофической структуры. А. Ф. Алимовым и Н.П. Финогеновой доказано, что под влиянием загрязнения трофическая структура бентоса обычно упрощается, формируются более простые сообщества. Олигохеты, обычно немногочисленные в донных биоценозах, в местах спуска бытовых стоков часто развиваются в огромных количествах. Поэтому многими гидробиологами массовое развитие олигохет расценивается как показатель загрязнения (Шитиков, 2005).

Защисление водной среды оказывает на донные сообщества как прямое воздействие, так и опосредованное. Прямое – это сокращение числа таксонов, непрямое – распространение литоральных сообществ и устойчивых к защислению видов на большие глубины и, как следствие, повышение значения донных сообществ в общей продуктивности экосистемы. Резкое сокращение численности поденок наблюдается при снижении уровня рН до 6 – 5,5. (Моисеенко, 2005).

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика исследуемого водоёма

Пруд образован путем запруживания родникового ручья (приложение 1, рисунок 1). Длина пруда – 66 м. Наибольшая ширина – 35 м. Площадь пруда – 1646 м². Грунты илисто-детритные и глинисто-илистые. Точки отбора проб представлены на карте-схеме (приложение 1, рисунок 2)

2.2. Изучение макрозообентоса

Пробы отбирались гидробиологическим скребком и ситом (Жадин, 1960; Зилов, 2008). Всего было отобрано 14 проб макрозообентоса (7 качественных и 7 количественных) на 7 станциях исследования.

Качественные пробы отбирались ситом с диаметром ячейки < 1 мм. Отобранный грунт промывался в сите с диаметром ячейки < 1 мм.

Выборка организмов производилась пинцетом, макрозообентос складывался в банки и фиксировался 96 % спиртом. Отобранный материал подписывался. На этикетке указывалась номер пробы, дата, сборщик пробы.

При изучении бентоса отмечались следующие гидрологические параметры: скорость течения воды измеряли поплавковым способом; температуру воды измеряли водным термометром; прозрачность с помощью диска Секки; глубину; тип грунта (Жадин, 1960).

Определение беспозвоночных проводилось по определителю пресноводных беспозвоночных (Определитель..., 1977; Чертопруд, 2011).

2.3. Оценка класса качества воды в водоеме методами биоиндикации

Индекс Майера. Метод основан на том, что различные группы водных беспозвоночных приурочены к водоемам с определенной степенью загрязненности. При этом организмы – индикаторы относят к одному из трех разделов (приложение 2, таблица 1).

Индекс сапробности по Р. Пантле и Г. Буку в модификации Сладечека
Методика основана на расчете индекса сапробности по организмам-индикаторам, для которых индекс сапробности уже известен. Индивидуальные сапробности для индикаторных видов взяты из справочников (Унифицированные методы..., 1977; Щербина, 2010). При расчете сапробности необходимо определить частоту встречаемости вида (h) индикаторного вида по шкале (Печерских, 1996) (приложение 2, таблица 2).

Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея. По методу Гуднайта Уитлея оценивали состояние водоема по отношению численности олигохет к общей численности животных бентоса. (приложение 3, таблица 3).

2.4. Определение содержания тяжелых металлов в донных отложениях

Содержание металлов определялось в лаборатории АО Агротехцентр "Удмуртский". Были определены следующие металлы: Cu, Mn, Ni, Zn. Данные металлы были выбраны для продолжения дальнейшего анализа результатов исследования, а именно, сравнения полученных концентраций с данными других авторов по другим водным объектам Удмуртии.

Метод основан на способности атомов избирательно поглощать электромагнитное излучение в различных участках спектра. Сначала материал измельчают в ступке, получают вытяжку, затем пробу анализируемого материала растворяют; раствор в виде аэрозоля подают в пламя горелки. Под действием пламени (3000°C) молекулы солей диссоциируют на атомы, которые могут поглощать свет. Затем через пламя горелки пропускают пучок света, в спектре которого есть соответствующие тому или иному элементу спектральные линии.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Фауна макрозообентоса пруда парка Оружейников

Всего отмечено 59 видов макрозообентоса (приложение 4, табл. 1). Наибольшее видовое богатство выявлено среди гастропод – 14 видов, двукрылых – 8 видов, клопов – 8 видов, стрекоз – 7 видов, пиявок – 6, олигохет – 5 видов (рис. 4).

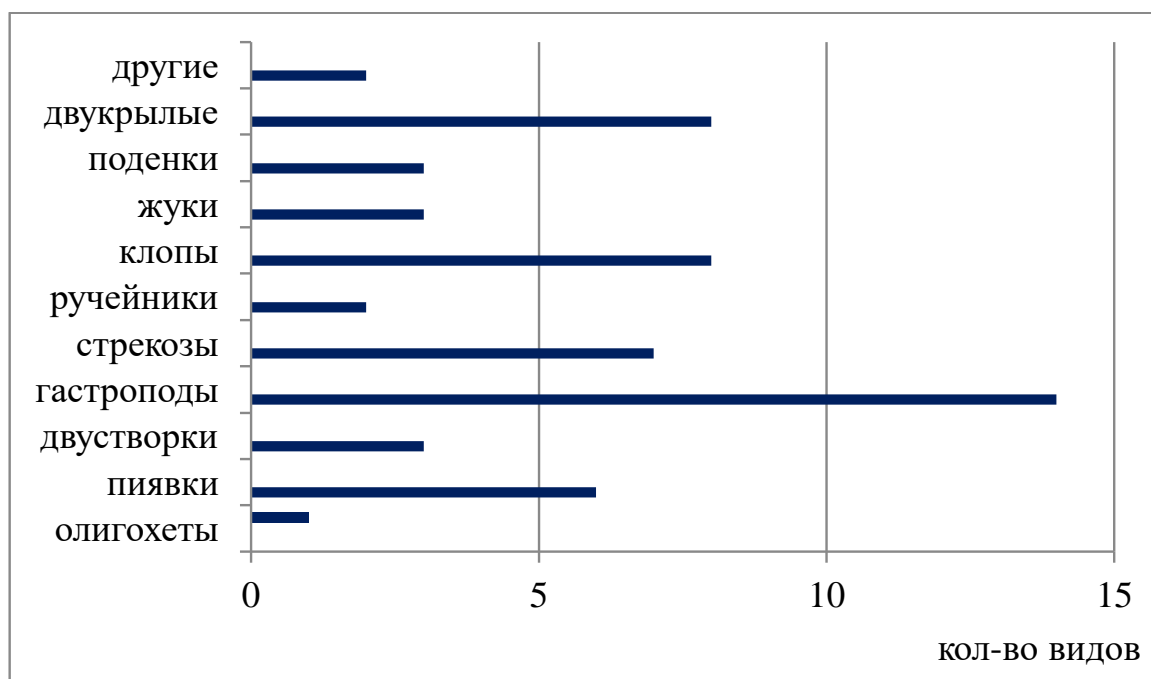


Рис. 4. Соотношение групп макрозообентоса

В пруду представлены пелофильно-детритный и фитофильный биоценозы.

В пелофильно-детритном биоценозе отмечено 32 вида макрозообентоса. Видовое богатство составляют в основном моллюски – 9 видов, двукрылые – 6 видов, пиявки – 4 вида, малощетинковые черви – 3 вида. Доминантами по численности являются малощетинковые черви из семейства *Tubificidae* и двукрылые, среди которых наибольшим видовым богатством обладают представители семейства *Chironomidae* (представители п/сем *Tanypodinae*). Из пиявок доминируют представители семейств *Erpobdellidae* и *Clossiponiidae*.

В фитофильном биоценозе всего было отмечено 41 вид макрозообентоса, видовое ядро составляют в основном гастроподы – 11

видов, водные клопы – 7 видов, стрекозы – 6 видов. Наиболее многочисленными из стрекоз являются представители подотряда *Zygoptera*: стрелка красивая *Coenagrion pulchellum*, стрелка-девушка *Coenagrion puella*. Среди водных клопов по численности доминируют плавт обыкновенный *Ilyocoris cimicoides*, гладыш обыкновенный *Notonecta glauca*. Из поденок доминирует типичный фитофильный вид – *Cloeon sp. dipterum*. Среди двукрылых в зарослях водных растений в массе развиваются личинки комаров-звонцов подсемейства п/сем Chironominae.

3.2. Оценка качества воды пруда методами биоиндикации

Индекс Майера. Индекс Майера на станциях отбора проб изменялся от 7 (станция № 7) до 12 (станции № 1 и 2) (рис. 5).

Таким образом, вода в водоеме парка Оружейников по биоиндикационному индексу Майера на станциях № 3, 4, 5, 6, 7 относится к грязной, 4 класс вод.

Вода на станциях № 1 и 2 по индексу Майера относится к умеренно-загрязненной, 3 класс вод. Воды 3 класса экологически полноценные, могут использоваться для питья с предварительной очисткой, а также рыбоводства и орошения. Станции отбора проб № 1 и 2 находятся рядом с впадением в пруд родникового ручья, что обуславливает их меньшую степень загрязнения.

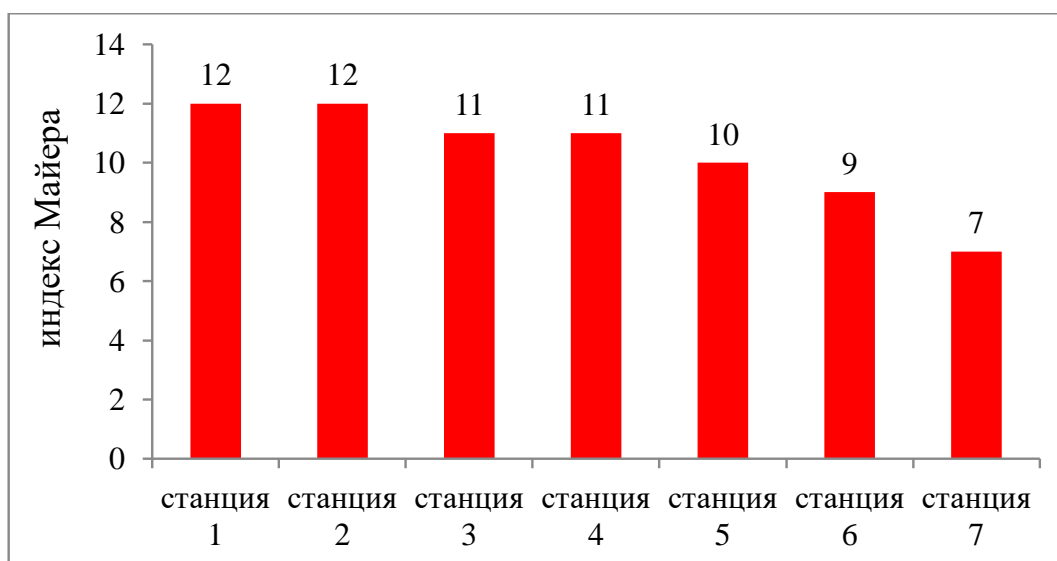


Рис. 5. Значение индекса Майера на станциях исследования

Индекс сапробности. Индекс сапробности на станциях исследования в водоеме изменялся от 2,1 до 3. Вода на станциях исследования № 1-6 относится к умеренно-загрязненной, 3 класс вод, на станции № 7 – к загрязненной, 4 класс вод. Средний индекс сапробности изучаемого водоема равен 2,3 (Приложение 5, таблица 5). Несмотря на то, что пруд имеет родниковое питание, загрязнение его органикой приближается к α -мезосапробной зоне – загрязненный, 4 класс вод. Высокие значения индекса связаны с сильным обмелением пруда, отсутствием его проточности, что связано с засорением системы водослива твердыми коммунальными отходами (ТКО) (рис. 6).

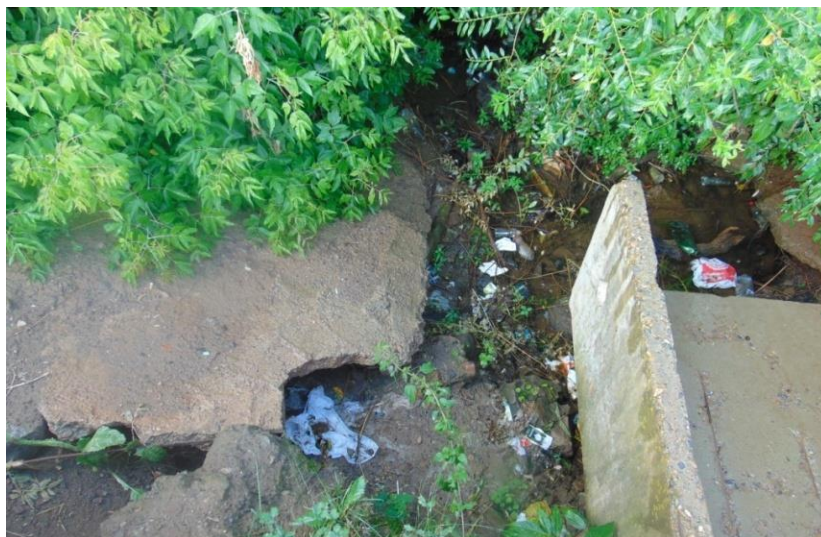


Рис. 6. Засорение системы водослива пруда ТКО

Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея. Олигохетный индекс на станциях исследования изменялся от 14,3 (станция № 1) до 68,4 (станция № 7) (Приложение 5, таблица 6). Согласно олигохетному индексу Гуднайта и Уитлея качество воды в изученном водоеме относится к умеренно загрязненной.

3.3.Содержание тяжелых металлов в донных отложениях

Содержание марганца изменялось от 385 мг/кг (станция № 2) до 900,41 мг/кг (станция № 5). Содержание меди варьировало от 28,25 мг/кг (станция № 2) до 95,15 мг/кг (станция № 7). Содержание цинка выявлено минимальное на станции № 2 – 37,93 мг/кг, а максимальное на станции № 7

– 96,13 мг/кг. Содержание никеля изменялось от 4,45 мг/кг (станция № 1) до 16,46 мг/кг (станция № 7) (Приложение 6, таблица 7)

В изучаемых донных отложениях отмечено высокое содержание марганца (табл. 7). Согласно литературным данным, в Удмуртии отмечается фоновое повышенное содержание марганца в почве, воде и в донных отложениях.

В России не разработаны нормативы загрязняющих веществ для донных отложений, при этом, в Водном кодексе Российской Федерации (2008) дно водоемов считается одной из составных частей поверхностных водных объектов. Поэтому мы сравнивали уровни содержания тяжелых металлов в донных отложениях с нормативами, принятыми в Бельгии (Deckere, 2000) (табл. 8), так как Бельгия находится на одной широте с Удмуртией.

Таблица 8.

Нормативы содержания тяжелых металлов в донных отложениях в Бельгии

Элемент	Mn	Cu	Zn	Ni
ПДК в донных отложениях, Бельгия	–	8	67	11

Содержание меди во всех пробах донных отложений превышает норматив Бельгии от 3,5 раз ПДК (станция № 2) до 11,87 ПДК (станция № 7).

Содержание цинка превышает норматив Бельгии в донных отложениях со станция №№3-7 в 1,04 (станция № 4) раза до 1,43 раза (станция № 7).

Содержание никеля превышает норматив Бельгии в донных отложениях только со станции № 7 в 1,49 раз (Приложение 6, таблица 9).

На станции № 7 отмечается наибольшее превышение ПДК Бельгии по всем анализируемым металлам. Это связано скорее всего с тем, что эта станция расположена вблизи к водостоку пруда. Здесь происходит наибольшая аккумуляция металлов и вынос их с течением из верховьев пруда. Водосток пруда значительно загрязнен твердыми коммунальными отходами, что снижает водообмен в водоеме и увеличивает скорость заиление водоема и загрязнение его донных отложений.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ И БЛАГОУСТРОЙСТВУ ВОДОЕМА

Изыскания по разработке методов восстановления городских водоемов активно ведутся группой ученых в Республике Татарстан (Деревенская и др., 2012; Набеева и др., 2012). В Удмуртии подобные исследования единичны и посвящены изучению и восстановлению Ижевского водохранилища (Котегов и др., 2013). В ходе принятия решения о необходимости разработки проекта по восстановлению водоема, находящегося в черте города, необходимо учитывать его значимость для жителей города и перспективы использования водного объекта. Пруд в Ленинском районе города Ижевска находится в оживленном месте микрорайона «Строитель» в парке Оружейников и является излюбленным местом отдыха горожан. Рядом с прудом находится МБОУ «СОШ № 85».

4.1. Программа реабилитации:

1. Провести дноуглубительные работы в водоеме.
2. Провести скашивание прибрежно-водных и извлечения водных растений.
3. Для поднятия уровня воды в водоеме восстановить и почистить родник, воды которого стекают в водоем. Дебит родника 9,8 л/с.
4. Поставить помпу аэрации в водоеме для снижения интенсивности развития сине-зеленых водорослей и заморов рыб в водоеме.
5. Провести берегоукрепительные работы.

Для скашивания прибрежно-водных и извлечения водных растений осенью рекомендуем нанять разнорабочий. Средняя их оплата разнорабочих – **100-150 руб/час**. Для извлечения ила использовать мини земснаряд – **93 руб/м³**. Для утилизации образовавшегося отхода – растительная биомасса и избыточный ил – необходимо провести биотестирование отхода в аккредитованной лаборатории. Стоимость биотестирования 2700 руб. за пробу. Итого – проба донных отложений + проба фитомассы = **5400 руб**. Далее необходимо получить паспорт отхода – 2000 руб. за паспорт*2 отхода = **4000 руб**. Для вывоза отхода необходимо найти полигон, который лицензирован на наш вид отхода, и заключить с ними договор. Для избыточного ила это будут иловые поля или шламовые поля. Объект размещения отходов, включенный в государственный реестр объектов размещения отходов, принимающий избыточный ил и фитомассу – ОАО "ПОЛИЭФ" 453434, Республика Башкортостан, г. Благовещенск, ул. Социалистическая, 71 (<http://urpn18.ru/>). Стоимость размещения 1 т. – **960 руб/т**. Стоимость оплаты специализированного транспорта с водителем, имеющим сертификат обучения по обращению с отходами, – 800 руб/час. Расстояние от Ижевска до Благовещенска – 342 км. Приблизительное время в пути – 7 ч. Итого расходы на транспорт – 5600 руб*2 = 11200 руб. Таким образом, примерная сумма реализации рекомендаций от 150000 руб. в зависимости от объема иловых отложений и фитомассы, а также потраченного времени на скашивание макрофитов. Более точные расчеты можно будет привести после детального исследования толщины ила в водоеме и объемов фитомассы.

1.2. Благоустройство водоема:

Вокруг пруда планируется высадить следующие растения:

1. Аир болотный (*Acorus calamus*) (рис. 7). Представляет из себя многолетнюю траву с прямостоячим цветоносным стеблем, высота 50-120 см, листья аира ярко-зеленые, мечевидные, расположены отдельными

пучками на верхушках и боковых ответвлениях корневищ. Способен очищать воду в водоеме.

2. Астильба китайская сорта вижнс ин пинк (*Astilbe chinensis Visions in Pink*). На зелено-голубых стеблях цветут розовые ромбовидные и достаточно крупные соцветия. Хорошо переносят солнечное место посадки, предпочитают расположение у воды.

3. Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*) одно из наиболее привлекательных прибрежно-водных растений, имеет злаковидные листочки, соцветия пурпурного цвета, произрастает до глубины 10 см, а также на болотистом грунте или по берегам водоема, предпочитает солнечные участки, быстро разрастается, поэтому территорию посадки необходимо ограничить, раз в несколько лет растение нужно делить иначе ухудшается качество цветения. Цветет с начала лета по август.

4. Лилейник желтый (*Hemerocallis lilioasphodelus*) – многолетнее растение, образующее куст с высотой до 1 м, листья ярко-зеленые широколинейные, с цельными краями, двурядные и обычно прямые, имеет высокие безлистные цветоносы, цветы ярко-желтые, цветет с первой половины мая в течении месяца, хорошо выносит избыточное увлажнение.

5. Ирис ложноайровый (*Iris pseudacorus*) – многолетнее травянистое растение высотой 75-160 см. Листья широколинейные, мечевидные, собраны в розетку, напоминают листовые пластинки аира, окрас зеленый. Цветет в июне-июле.

6. Ирис сибирский сорта Эго (*Iris sibirica Ego*) – травянистое многолетнее растение высотой 70-110 см. Тонкий стебель со светло-зелеными листьями и нежно-голубыми цветками. Растет в виде плотных, хорошо сформированных кустов.

7. Хоста сорта Блу Маус Иэрс (*Hosta Blue Mouse Ears*) – многолетнее растение с высотой листвы 15-22 см, высота цветоносов до 35 см, ширина до 35 см. Листья округлые, сердцевидные или широкоовальные; голубые, сине-голубые или сине-зеленые. Цветки бело-нежно-сиреневые, собраны в

кистевидные соцветия. Период цветения июль-первая декада августа. Предпочитает умеренно увлажненную суглинистую почву. Свободно плавающие растения.

8. Водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae*) – многолетнее растение. Листья 2-2,5 см в диаметре. Цветет недолговечными, но сменяющимися друг друга в течение всего лета белыми цветками с высотой 3-5 см. Водокрас хорошо растет как в светлых, так и в затененных водоемах. Выдерживает морозные зимы, если его погрузить ниже уровня промерзания воды. Слабо разрастается поэтому подходит для небольшого водоема. Кроме всего прочего данное растение спасает воду от испарения и зацветания.

Такие растения как аир болотный, ирис сибирский, ирис ложноаировый, сусак зонтичный высаживаются в контейнерах во избежание разрастания на глубине до 20 см. Грунт для посадки водных растений требуется не слишком плодородный. Идеальным считается субстрат, составленный из суглинистой почвы, мелкого песка (просеянного) и торфа в пропорции 7:2:1. После посадки поверхность почвы нужно присыпать слоем гравия, это предотвратит всплытие почвы после погружения в водоем.

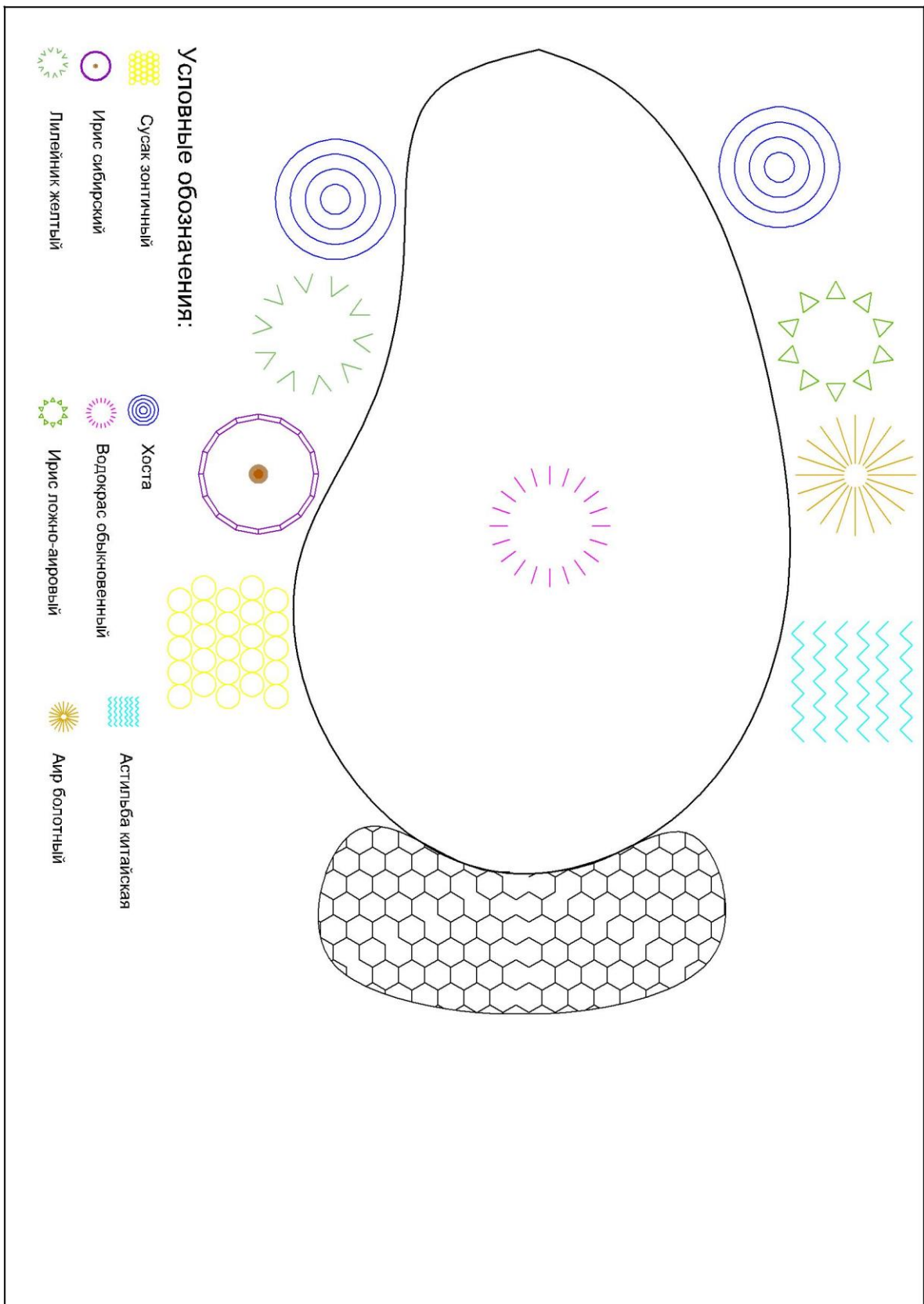


Рис. 7. План озеленения береговой линии водоема декоративными растениями

ВЫВОДЫ

1. Всего отмечено 59 видов макрозообентоса. Наибольшее видовое богатство выявлено среди гастропод – 14 видов, двукрылых – 8 видов, клопов – 8 видов, стрекоз – 7 видов, пиявок – 6, олигохет – 5 видов.

2. Вода в водоеме парка Оружейников по биоиндикационному индексу Майера на станциях № 3, 4, 5, 6, 7 относится к грязной, 4 класс вод. Воды 4 класса экологически неблагоприятны, они имеют ограниченное применение в рыбоводстве и орошении, пригодны для технических целей. Вода на станциях №№ 1 и 2 по индексу Майера относится к умеренно-загрязненной, 3 класс вод.

3. Индекс сапробности на станциях исследования в водоеме изменялся от 2,1 до 3. Вода на станциях исследования № 1-6 относится к умеренно-загрязненной, 3 класс вод, на станции № 7 – к загрязненной, 4 класс вод. Средний индекс сапробности изучаемого водоема равен 2,3.

4. Олигохетный индекс на станциях исследования изменялся от 14,3 (станция № 1) до 68,4 (станция № 7). Согласно олигохетному индексу Гуднайта и Уитлея качество воды в изученном водоеме относится к умеренно загрязненной.

5. Содержание марганца изменялось от 385 мг/кг (станция № 2) до 900,41 мг/кг (станция № 5). Содержание меди варьировало от 28,25 мг/кг (станция № 2) до 95,15 мг/кг (станция № 7). Содержание цинка выявлено минимальное на станции № 2 – 37,93 мг/кг, а максимальное на станции № 7 – 96,13 мг/кг. Содержание никеля изменялось от 4,45 мг/кг (станция № 1) до 16,46 мг/кг (станция № 7).

6. Содержание меди во всех пробах донных отложений превышает норматив Бельгии от 3,5 раз ПДК (станция № 2) до 11,87 ПДК (станция № 7). Содержание цинка превышает норматив Бельгии в донных отложениях со станций №3-7 в 1,04 (станция № 4) раза до 1,43 раза (станция № 7). Содержание никеля превышает норматив Бельгии в донных отложениях только со станции № 7 в 1,49 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от с 1 января 2016 года). – 23 с.
3. Деревенская О.Ю., Мингазова Н.М., Набеева Э.Г., Палагушкина О.В., Павлова Л.Р., Унковская Е.Н., Никитин А.В. Экологическое состояние озер Кабан г. Казани и концепция их восстановления // Сборник трудов III Междунар. конгресса 'Чистая вода. Казань'. Казань: типогр. ООО 'Куранты'. Казань, 2012. – С. 324-328.
4. Жадин В.И. Методика гидробиологического исследования. Ленинград, 1960.
5. Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1979. – 479с.
6. Котегов Б. Г., Аксенова Н. П., Захаров В. Ю. Биологические и химические эффекты антропогенного эвтрофирования Ижевского водохранилища: М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Удмуртский государственный университет". – Ижевск: Удмуртский университет, 2013. – 177 с.
7. Набеева Э.Г., Мингазова Н.М., Мингалиев Р.Р., Зарипова Н.Р., Найшуль А.С., Пожилова Т.А. Экологичное благоустройство и восстановление экосистемы озера Марьино (г. Казань) / // Сб. статей "Научная молодежь Приволжскому федеральному округу" - Казань, 2012. – С. 473 – 474.
8. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон и бентос / под ред. Л.А. Кутиловой, Я.И. Скоробогатова. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 511 с.
9. Печерских В.Н. Элементы мониторинга водоемов. Пособие по экологическому практикуму. – Ижевск: Издательство ИЖГТУ, 1996. - 43 с.
10. Печерских В.Н. Элементы мониторинга водоемов. Пособие по экологическому практикуму. – Ижевск: Издательство ИЖГТУ, 1996 – 47 с.

11. Пруд. Большая Советская энциклопедия. [Электронный ресурс]
<http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/124691>
12. Рудский В.В., Стурман В.И. Основы природопользования: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Аспект Пресс, 2007. – 271 с.
13. Туганаев В.В., Бухарина И.Л. К разработке стратегии экологической оптимизации города Ижевска и пригородного района / Сборник тезисов докладов межрегиональной научно-практической конференции "Реализация стратегии устойчивого развития города Ижевска: опыт и проблемы": Администрация г. Ижевска, 28 сент. 2005 г. / отв. ред. Т. П. Лагунова. – Ижевск, 2005. – С. 151 – 152.
14. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч.3: Методы биологического анализа вод. Прил. 2. Атлас сапробных организмов. – М.: Секретариат СЭВ, 1977. – 227 с.
15. Чертопруд М.В. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. Изд-во КМК, 2011. – 219 с.
16. Щербина Г.Х. Таксономический состав и сапробиологическая значимость донных макробеспозвоночных пресноводных экосистем северо-запада России // Экология и морфология беспозвоночных континентальных вод. – Махачкала: Издательство «Наука ДНЦ», 2010. – С. 426 – 466.
17. Deckere E., Cooman W., Florus M., Devroede-Vander Linder M.P. Characterizing the sediments of Flemish Watercourses: a Manual produced by TRIAD. Brussel: AMINAL-Department Water, 2000. – 110 с.



Рис. 1. Пруд в парке Оружейников

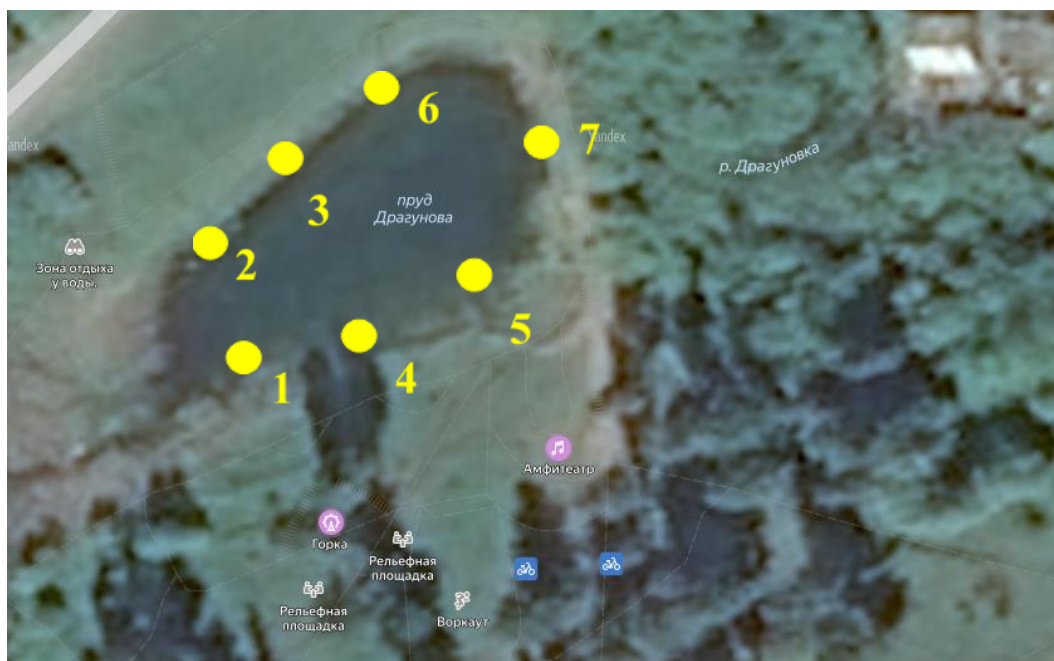


Рис. 2. Точки изучения макрозообентоса и отбора проб донных отложений

Приложение 2.

Таблица 1.

Индекс Майера

Обитатели чистых вод, X	Организмы средней чувствительности, Y	Обитатели загрязненных водоемов, Z
Личинки веснянок Личинки поденок Личинки ручейников Личинки вислокрылок Двустворчатые моллюски	Бокоплав Речной рак Личинки стрекоз Личинки комаров – долгоножек Моллюски- катушки, моллюски- живородки	Личинки комаров-звонцов Пиявки Водяной ослик Прудовики Личинки мошки Малощетинковые черви

Нужно отметить, какие из приведенных в таблице групп обнаружены в пробах. Количество найденных групп из первого раздела необходимо умножить на 3, количество групп из второго раздела – на 2, а из третьего раздела – на 1.

Получившиеся цифры складывают:

$$X \cdot 3 + Y \cdot 2 + Z \cdot 1 = S$$

По значению суммы S (в баллах) оценивают степень загрязненности водоема: более 22 баллов – водоем чистый и имеет 1 класс качества; 17-21 баллов – 2 класс качества; 11-16 баллов – умеренная загрязненность, 3 класс качества; менее 11 – водоем грязный, 4-7 класс качества. (Печерских, 1996).

Приложение 2.

Сапробность гидробионта – физиолого-биохимические свойства водного организма, обуславливающие его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ (Деревенская и др., 2012).

Формула индекса сапробности:

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

где S – индекс сапробности; h – частота встречаемости; s – индекс вида из таблицы индексов сапробности (Унифицированные методы..., 1977; Щербина, 2010).

Таблица 2.

Шкала частоты встречаемости организмов

Шкала частоты	Значение h	% от общего кол-ва организмов
Очень редко	1	<1
Редко	2	2-3
Нередко	3	4-10
Часто	5	11-20
Очень часто	7	21-40
Масса	8	41-100

Приложение 3.

Чем больше значение индекса, тем выше степень загрязнения водоема: $D = \frac{N1}{N2} * 100\%$, D - показатель загрязнения; N1 - количество олигохет; N2 - общая численность бентических организмов (Печерских, 1996)

Таблица 3.

Классификация качества вод суши по показателям зообентоса.

Класс вод	Воды	Численность олигохет %	Индекс сапробности	Индекс Майера
1	Очень чистые	1-20	Менее 1	более 22 баллов
2	Чистые	21-25	1,1-1,5	17-21 баллов
3	Умеренно загрязненные	30-50	1,6-2,5	11-16 баллов
4	Загрязненные	51-65	2,6-3,5	менее 11 – водоем грязный
5	Грязные	66-85	3,6-4,0	менее 11 – водоем грязный
6	Очень грязные	86-100	Больше 4,0	менее 11 – водоем грязный

Приложение 4.

Видовой состав макрозообентоса

Таксон	Встречаемость вида
ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ ANNELIDA	
КЛАСС МАЛОЩЕТИНКОВЫЕ ЧЕРВИ OLIGOSCHAETA	
семейство Tubificidae	
<i>Limnodrilus</i> sp. (Claparede, 1862.)	+++
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> (Rafzel, 1868.)	+
<i>Tubifex tubifex</i> (O.F.Muller, 1773)	++
Семейство Naididae	
<i>Nais simplex</i> Piguët, 1906	+
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	+
КЛАСС ПИЯВКИ HIRUDINEA	
Отряд Rhynchobdellidae	
Сем. Glossiphoniidae	
<i>Helobdella stagnalis</i> (L., 1758)	++
<i>Glossiphonia concolor</i> (Apathy, 1888)	+
<i>Glossiphonia complanata</i> (L., 1758)	+
<i>Protoclepsis tessulata</i> (O.F. Müller, 1774)	++
Отряд Arhynchobdellida	
Сем. Hirudinidae	
<i>Haemoris sanguisuga</i> (L., 1758)	+
Сем. Erpobdellidae	
<i>Erpobdella octoculata</i> (L., 1758)	+++
ТИП МОЛЛЮСКИ MOLLUSCA	
КЛАСС ДВУСТВОРЧАТЫЕ BIVALVIA	
семейство Горошинки Pisidiidae	
<i>Pisidium amnicum</i> (O.F. Muller, 1774)	+
<i>Pisidium inflatum</i> (O.F. Muller, 1774)	+
семейство Шаровки Sphaeriidae	
<i>Musculium</i> sp. Link, 1807	+
КЛАСС БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ GASTROPODA	
Сем. Янтарки Succineidae	
Янтарка обыкновенная <i>Succinea putris</i> (Linnaeus, 1758)	+++
<i>Succinea</i> sp.	+
Сем. Прудовики Lymnaeidae	
Прудовик <i>Lymnaea</i> sp. Lamarck, 1799	+

Прудовик уховидный <i>Lymnaea auricularia</i> (L., 1758)	+
Прудовик Балтийский <i>Lymnaea balthica</i> (L., 1758)	+++
Прудовик Ломкий <i>Lymnaea (Lymnaea) fragilis</i> (L., 1758)	+++
Сем. Катушковые Planorbidae	
Катушка завернутая <i>Anisus vortex</i> (L., 1758)	+++
Катушка скрученная <i>Anisus contortus</i> (L., 1758)	+
Катушка окаймленная <i>Planorbis planorbis</i> (L., 1758)	++
Сем. Физы Physidae	
Физа пузырьчатая <i>Physa 26dverse</i> (Costa, 1778)	+++
П/класс Pectinibrachia	
Отряд Вивипароподобные Vivipariformes	
Сем. Живородки Viviparidae	
Живородка болотная <i>Contectiana Listeri</i> (F. Hanley, 1835)	+++
Сем. Затворки Valvatidae	
<i>Cincinna sibirica</i> (Middendorf, 1851)	+
Отряд Rissoiformes	
Сем. Битинии Bithyniidae	
<i>Bithynia product</i> (Moqin-Tandon, 1855)	+
Битиния щупальцевая <i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	+
ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ ARTHROPODA	
КЛАСС ARACHNIDA	
Отряд Acarina	
Водные клещи <i>Hydrachnidia</i> (фаланга)	+
КЛАСС НАСЕКОМЫЕ INSECTA	
Отряд Стрекозы Odonata	
П/отряд Разнокрылые Anisoptera	
Семейство Коромысло Aeschnidae	
Коромысло ситниковое <i>Aeschna juncea</i> (L., 1758)	+
семейство Бабки Corduliidae	
Бабка металлическая <i>Somatochlora metallica</i> (van der Linder, 1885)	++
<i>Eriphesa bimaculata</i> Charpentier, 1825	+
П/отряд Равнокрылые Zygoptera	
семейство Стрелки Coenagrionidae	
Стрелка красивая <i>Coenagrion pulchellum</i>	+++
Стрелка-девушка <i>Coenagrion puella</i>	++
Стрелка изящная <i>Ischnuraa elegans</i> (Charpentier, 1828)	++

семейство Красотки Agrionidae	
Красотка блестящая <i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1782)	+
Отряд Ручейники Trichoptera	
Семейство Limnephilidae	
<i>Anabolia</i> sp. Stephens, 1837	++
<i>Chaetopteryx villosa</i> F., 1789	+
Отряд Heteroptera клопы	
семейство Плавты Naucoridae	
<i>Pyocoris cimicoides</i> (L., 1758)	+++
семейство Гребляки Corixidae	
Сигара <i>Sigara</i> sp. Fabricius, 1775	++
Сигара фаллени <i>Sigara falleni</i> (Fieber, 1848)	+
Семейство Водомерки Gerridae	
Водомерка <i>Gerris</i> sp. F., 1794	+
Водомерка озерная <i>Gerris lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	+
Семейство Водяные скорпионы Nepidae	
Водяной скорпион обыкновенный <i>Nepa cinerea</i> (L., 1758)	+
Семейство Плеи Pleidae	
Плея маленькая <i>Plea minutissima</i> Leach, 1817	+
Семейство Гладыши Notonectidae	
Гладыш обыкновенный <i>Notonecta glauca</i> Linne, 1758	+++
Отряд Жуки Coleoptera	
семейство Плавунчики Haliplidae	
<i>Halipus</i> sp. Latrelle, 1802	++
семейство Плавунцы Dytiscidae	
<i>Nyphodrus ovatus</i> (L., 1761)	+
Семейство Водолюбы Hydrophilidae	
<i>Cercyon</i> sp. Leach, 1817	+
Отряд Поденки Ephemeroptera	
семейство Грязевики Caenidae	
Грязевик <i>Caenis</i> sp. Stephens, 1835	++
семейство Baetidae	
<i>Cloeon</i> гр. <i>diptherum</i> L., 1758	+++
<i>Baetis</i> sp. Leach, 1815	+
Отряд Чешуекрылые Lepidoptera Larvae	
Отряд Двукрылые Diptera	
семейство Комары-звонцы Chironomidae	
п/сем <i>Tanypodinae</i>	+++
п/сем <i>Chironominae</i>	+++
<i>Chironomus</i> sp.	+

семейство Слепни Tabanidae	
Tabanus Gen.sp.	+
семейство Болотницы Lymoniidae	
Gen.sp.	++
семейство Львинки Stratiomyidae	
Oploadontha viridula (F.,1775)	++
Stratiomys longicornis (Scopoli,1763)	++
Семейство Диксы Dixidae	
Dixa sp. Meigen, 1830	++
Отряд Большекрылые насекомые Megaloptera	
Семейство Вислокрылки Sialidae	
Вислокрылка сордида Sialis sordida Klingstedt, 1932	+

Примечание: + встречается редко, ++ встречается часто, +++ встречается массово.

Таблица 5.

Индекс сапробности на станциях исследования в водоеме парка
Оружейников

№ станции	Индекс сапробности	Средний индекс
1	2,1	2,3
2	2,16	
3	2,27	
4	2,2	
5	2,3	
6	2,12	
7	3	

Таблица 6.

Значения олигохетного индекса на станциях исследования в водоеме
парка Оружейников

№ станции	Олигохетный индекс	Средний индекс
1	23,8	37,8
2	14,3	
3	21,4	
4	43,5	
5	66,7	
6	26,9	
7	68,4	

Приложение 6.

Таблица 7.

Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях, мг/кг сухой массы

Номер пробы	Тип грунта	Mn	Cu	Zn	Ni
1	Илисто-детритный	421,71	35,00	44,10	4,45
2	Илисто-детритный	385,00	28,25	37,93	5,17
3	Илисто-детритный	527,98	41,00	80,60	7,30
4	Илисто-детритный	713,51	35,05	69,75	6,66
5	Илисто-детритный	900,41	46,07	89,67	7,04
6	Илисто-детритный	868,05	89,00	82,55	10,11
7	Илисто-детритный	897,43	95,15	96,13	16,46

Таблица 9.

Превышение ПДК Бельгии (в раз) содержания тяжелых металлов в донных отложениях

№ пробы	Медь	Цинк	Никель
1	4,37	0,65	0,4
2	3,5	0,55	0,47
3	5,1	1,2	0,66
4	4,3	1,04	0,6
5	5,75	1,33	0,63
6	11,1	1,22	0,9
7	11,87	1,43	1,49