

Кировское областное государственное общеобразовательное
автономное учреждение «Лицей естественных наук»
Кировская область
Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды

**Оценка экологических условий обитания *Wolffia*
в пойменных озерах реки Вятки в черте города Кирова
в динамике за период с 2015 по 2018 год**

Номинация «Экологический мониторинг»

Выполнил учащийся
9 класса КОГОАУ
«Лицей естественных наук»
г. Кирова Кировской области,
Козвонин Денис Валерьевич

Научный руководитель -
учитель КОГОАУ
«Лицей естественных наук»
г. Кирова Кировской области
педагог дополнительного
образования МОАУ ДО «ЦРТДЮ г.
Кирова,
Двинина Галина Геннадьевна

Научные консультанты-
Кочурова Татьяна Ивановна
научный сотрудник МБУ
«Кировский городской
зоологический музей», к.б.н.
Колеватых Екатерина Петровна
зав. каф. микробиологии
Кировского ГМУ, к.м.н.,

Киров, 2019

Содержание

Введение	3
1. Обзор литературы	5
1.1 Биологические особенности вольфии (<i>Wolffia</i>)	5
1.2 Условия обитания и роль <i>Wolffia</i> в природных экосистемах	6
1.3 Химико - биологическая оценка экологического состояния поверхностных водных объектов	7
1.4 Краткая физико-географическая характеристика территории исследования	9
2. Методы и материалы исследования	11
2.1 Наблюдение за условиями обитания <i>Wolffia</i>	11
2.2 Методы физико-химического анализа	11
2.3 Микробиологические методы исследования состояния водоема	12
2.4 Оценка состояния водоема по макрозообентосу	12
3. Результаты оценки экологических условий обитания <i>Wolffia</i> в пойменных озерах реки Вятки в черте города Кирова в динамике за период с 2015 по 2018 года	13
3.1 Результаты наблюдений за условиями обитания <i>Wolffia</i> в 2015- 18 гг.	13
3.2 Результаты физико-химического анализа проб воды за 2017-18 гг.	14
3.3 Результаты оценки экологического состояния пойменных озер реки Вятки по микробиологическим показателям за 2016-2018 гг.	16
3.4 Результаты оценки экологического состояния пойменных озер реки Вятки по макрозообентосу в 2015-2018 гг.	17
3.5 Результаты наблюдений за условиями обитания <i>Wolffia</i> в условиях лабораторного эксперимента	18
Выводы	20
Заключение	21
Список литературы	23
Приложения	

Введение

Важной проблемой современной экологии и биогеографии является распространение видов, причем зачастую виды-вселенцы происходят с других континентов. Возрастающие темпы урбанизации окрестностей города Кирова, расширение его административных границ подкрепляют значимость исследования городской среды, особенно выявления ее экологических особенностей, оценки степени антропогенной трансформации.

Проблема адвентивных видов является достаточно значимой в оценке экологического состояния поверхностных водных объектов любой территории. Существенную роль могут играть даже самые маленькие виды растений и животных, которые являются важными звеньями биологических цепей и могут приводить к существенным сдвигам в сложившихся экосистемах данной местности с дальнейшими непредсказуемыми последствиями.

В рамках данного вопроса представляем работу, посвященную обнаружению и оценке экологических условий обитания самого маленького цветкового растения на планете, представителя рода *Wolffia* Horkel et Schleid в пойменных озерах реки Вятки в черте г. Кирова. Вольфия (*Wolffia*) - новый род растения, не встречавшегося ранее на территории Кировской области [25].

Впервые в ходе изучения пойменных озер в черте г. Кирова *Wolffia* была обнаружена Кочуровой Т.И., научным сотрудником зоологического музея, и автором данной работы в 2015 г. в оз. Курья (старица р. Вятки – главной водной артерии Кировской области) [10]. Растение было обнаружено в пробах макрозообентоса, в ходе проведения экологического мониторинга водоемов, находящихся в городской черте. Правильность определения была подтверждена Еленой Михайловной Тарасовой, специалистом-ботаником, директором государственного заповедника «Нургуш».

В последующие годы (2016-2018) параллельно с оценкой экологического состояния пойменных озер проводился также мониторинг распространения этого растения. Несмотря на то, что меняются погодные условия, вольфия в старице Курья растет и размножается. Научный интерес представляет изучение ареала распространения этого нетипичного для подзоны южной тайги растения, определение его экологического статуса, а также выявление условий, позволяющих размножаться данному новому роду. Размножение вольфии может повлиять на экологическое состояние водоемов. Данное исследование сможет предупредить экологические риски и поможет принять меры к поддержанию экологического равновесия в окружающей среде.

Цель работы – оценить экологические условия обитания *Wolffia* в пойменных озерах реки Вятки в черте города Кирова.

Задачи исследования:

1. Изучить литературу по проблеме исследования;
2. Провести наблюдения за вновь выявленным родом растений *Wolffia* в естественных условиях и условиях эксперимента;

3. Определить экологические условия обитания *Wolffia* в пойменных озерах реки Вятки в черте города Кирова.

Объект исследования – высшее водное растение вольфия (*Wolffia* Horkel et Schleid).

Предмет исследования – экологические условия обитания *Wolffia* в пойменных озерах реки Вятки в черте г. Кирова.

Гипотеза исследования: предполагаем, что *Wolffia* является толерантным к условиям среды растением и способна выдерживать климатические условия, характерные для Кировской области, а также высокую степень влияния антропогенного фактора на водоемы.

В работе были использованы следующие **методы исследования:** наблюдение за растением *Wolffia* в естественных условиях и условиях эксперимента; метод биоиндикации озер по макрозообентосу; микробиологический анализ воды; химический анализ проб воды.

Район исследования – участок левобережной поймы р. Вятки в центральной и северной частях г. Кирова, участок правобережной поймы р. Вятки в центральной части г. Кирова. Месторасположение пойменных озер реки Вятки (старица Курья; водоемы Заречного парка; Ежово озеро) представлено на карте в Приложении 1 (рис.1).

Период исследования – 2015 - 2018 гг.

Истинный современный статус *Wolffia* в нашем регионе пока не ясен: вряд ли занос произошёл с соседних регионов, так как ни в одном из них растение не наблюдалось. То есть это не явление расширяющегося ареала. Данный вид будем считать адвентивным (англ. *adventive plants*) – растением, появление которого на данной территории не связано с естественным ходом развития местной флоры и является результатом случайного проникновения с водными или воздушными течениями, с животными или в результате непреднамеренного привнесения человеком и т.п. Бесконтрольное распространение адвентивных растений расценивается как один из видов крайне нежелательного биологического загрязнения среды, например, в случае проникновения в данную местность так называемых карантинных видов живых организмов. Поэтому необходимо продолжение наблюдений за вольфией. Важно выяснить причины её появления и предположить влияние её на экологическую систему озера.

К сожалению, определение вольфии до вида пока выполнить не удалось, но можно предположить, что это *Wolffia arrhiza* (L., 1771) Hork. ex Wimmer, которая встречается в ряде регионов Российской Федерации и в настоящее время расширяет ареал.

Обзор литературы

1.1. Биологические особенности вольфии (*Wolffia*)

Рясковые (лат. Lemnoideae) — водные, свободноплавающие, большей частью многолетние, травянистые растения. Рясковые относят к числу ботанических курьезов или растений-загадок, до сих пор мало изученных в отношении их биологии и систематики. Не разработана также единая морфологическая терминология для обозначения всех органов рясковых [12]. К этому семейству относятся самые маленькие цветковые растения, величина их редко превышает 1 см. Как отмечает Иванова И.Г., в результате гидрофильной эволюции они достигли крайней степени редукции всех своих органов, поэтому по простоте строения они занимают первое место среди цветковых растений [8]. Семейство Рясковые включает в себя 6 родов и около 30 видов, встречающихся на всех континентах, кроме Антарктиды. В России встречается 5 видов: *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Lemna gibba*, *Wolffia*, *Spirodela polyrrhiza*.

Вольфия (лат. *Wolffia*) – род водных однодольных растений семейства рясковых (Lemnoideae) подсемейства вольфиевые (Wolffioideae) (таблица 1, рис. 2 Приложение 2) [4,12].

В природе *Wolffia* встречается в тропических лесах Азии, Африки, а также в Атлантической и Центральной Европе, Средиземноморье и Индии, преимущественно в окультуренных районах.

В России в Липецкой, Брянской, Воронежской [6,7], Тамбовской [2], Волгоградской [21], Курской и Московской областях [29] встречается вид - *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. Также в Московской области обнаружен вид вольфии - *W. globosa* (Roxb.) Hartog et Plas [29].

В Московском регионе *Wolffia arrhiza* впервые достоверно была обнаружена сразу в нескольких не связанных друг с другом местах в 2011 г. Во всех этих местах вольфия успешно перезимовала, поскольку способна образовывать турियोны. Истинный современный статус *W. arrhiza* в московском регионе пока не ясен: если занос произошел из краевой части расширяющегося в настоящее время природного ареала (Брянская и Курская области), ее следует считать прогрессирующим видом, если из вторичного, также расширяющегося, ареала (Воронежская, Липецкая и Тамбовская области) – адвентивным [29]. В 2002 г. в Московском регионе был обнаружен еще один вид вольфии - *W. globosa* (Roxb.) Hartog et Plas. Впервые в Пехорке эта вольфия была обнаружена и с тех пор встречается там постоянно, но ее численность от года к году заметно колеблется [29].

В большинстве регионов *Wolffia* характеризуется как род, нуждающийся в общегосударственной или региональной охране, а также представляет значительный интерес с точки зрения ботанико-географической: вновь обнаруженные местонахождения существенно расширяют известные ареалы рода или являются новыми для регионов.

Wolffia принадлежит к многолетним бескорневым растениям-гидрофитам, плавающим на поверхности воды. По строению представляет собой особые образования (листецы или "листоветви"), не

дифференцированные на листья и стебель, а соединенные в группы по 2 короткими ножками, представляющими собой суженную часть листеца. Форма и окраска листьев: листецы мелкие, по форме яйцевидно-эллипсоидные, размером до 1 мм; по окраске обычно зеленые, с вкраплением коричневых пигментных клеток; листецы состоят, в основном, из клеток хлоренхимы, разделенных большими межклеточными полостями, заполненными воздухом или другим газом, что обеспечивает плавучесть растения.

Растение многолетнее. Перезимовывают растения семенами (что бывает редко), обычно в виде листецов, иногда листецы утолщаются, становятся более округлыми и заполняются крахмалом. Такие образования называют турионами или покоящиеся почки. Осенью турионы погружаются на дно водоема, а весной всплывают и начинают размножаться дальше [17]. Размножается преимущественно вегетативно, для этого служит один базальный кармашек в виде щелевидного углубления. Интенсивный рост идет с июня по август, растения удваивают массу своего тела за 1 - 6 суток, а удвоение количества листецов происходит за 2 - 3 суток. Способы опыления - перекрестный, с помощью ветра или насекомых [12].

1.2. Условия обитания и роль *Wolffia* в природных экосистемах

Условия обитания и размножения *Wolffia* :

- предпочитает стоячую воду, например, небольшие озёра; в неподходящих для неё условиях не размножается; проточная вода для неё губительна;
- растение нуждается в ярком освещении, хорошо растёт при естественном освещении;
- если растение произрастает в благоприятных условиях (температура воды от 20°C до 32°C), то половина растений постоянно находится в процессе деления. При понижении температуры размножение прекращается. Дочернее растение отпочковывается от листеца родителя и, развившись, отправляется в свободное плавание. Материнское растение при этом погибает. Крайне редко можно наблюдать цветение. Основной период цветения вольфии выпадает на июнь-август;
- условия зимовки: листецы вольфии способны к осени накапливать большое количество крахмала и зимовать на дне, а также образовывать покоящиеся почки - турионы, способные переживать неблагоприятные условия и зимовать.

Вольфия играет важную роль как в природных экосистемах, так и в жизни человека:

- служит источником корма для животных (рыбы);
- в странах Юго-Восточной Азии используется как пищевое растение (содержит много белков, углеводов, витаминов), культивируется наряду с овощами. В пищу используют в качестве пищевой добавки содержащей витамины и микроэлементы;
- растение богато витаминами А, В1, В2, В6, С, в особенности много в них витаминов Е и РР (никотинамид), по содержанию необходимых аминокислот

рясковые превосходят такие продовольственные культуры, как кукуруза и рис. Сухая масса содержит в среднем около 35% белков, примерно столько же углеводов и 10-15% жиров. Остальное приходится на клетчатку. Белок рясковых отличается высокими потребительскими свойствами;

- ценное удобрение и мульча (листецы способны накапливать азот, фосфор, калий);

- очистка технических и промышленных вод с помощью рясковых. В природе рясковые особенно хорошо растут в эвтрофных, т.е. обогащенных питательными веществами (нитраты, аммиак, фосфаты), водоемах. Опыты показали, что эти растения устойчивы к очень высоким концентрациям этих веществ - таким, которые наблюдаются в водоемах, куда поступают отработанные коммунальные, сельскохозяйственные и промышленные воды. Благодаря быстрому росту рясковые поглощают огромное количество таких веществ, тем самым очищая воду. Эти свойства рясковых позволили их использовать для очистки технической воды. Поскольку рясковые могут накапливать и токсичные тяжелые металлы, эти растения предлагают использовать и в очистке промышленных вод. Помимо металлов рясковые могут также удалять из отработанных вод токсичные органические соединения. Ряска малая накапливает в больших количествах гербициды;

- применение рясковых в биотехнологических процессах. Другой формой использования рясковых является их применение в биотехнологических процессах, в частности в биореакторах - как поставщика ферментов для ускорения химических превращений.

Таким образом, удивительные особенности самых крошечных цветковых растений позволяют использовать их для решения самых разнообразных проблем - от снабжения населения пищей до применения в сложных биотехнологических процессах. Кроме того, уже несколько десятилетий рясковые, в силу их нетребовательности к среде, небольших размеров и простоты строения, рассматривают как ценный модельный объект для морфогенетических, физиологических, биохимических экспериментов [12,17,27].

1.3. Химико-биологическая оценка экологического состояния поверхностных водных объектов

Оценка экологического состояния водных экосистем является актуальной задачей и находит отражение в действующем законодательстве [3]. Экологическое состояние - это совокупность условий среды обитания и жизнедеятельности населения, определяемых воздействием природных и антропогенных (производственных, социальных и бытовых) факторов. Существуют огромное количество методов оценки экологического состояния окружающей среды, в том числе экологический мониторинг. Экологический мониторинг включает в себя контроль изменений состояния окружающей среды под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Основными задачами экологического мониторинга являются: наблюдение за источниками, антропогенных воздействий, за состоянием природной среды и

происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия, прогноз изменения состояния природной среды под влиянием антропогенных факторов [32].

Антропогенные загрязнения действуют на живые организмы, и в том числе на человека, в самых различных сочетаниях, комплексно. Их интегральное влияние можно оценить только по реакции живых организмов или целых сообществ. Экологическую опасность, или риск, следует оценивать с учетом не только характера и силы антропогенного воздействия, но и биологических свойств реагирующей системы.

Оценка степени экологической опасности традиционно осуществляется путем определения в окружающей среде отдельных потенциально вредных веществ или воздействий и сравнения полученных результатов с законодательно установленными для них предельно допустимыми величинами. Но важны не сами уровни загрязнений и воздействий, а те биологические эффекты, которые они могут вызвать и о которых не может дать информацию даже самый точный химический или физический анализ. Поэтому наряду с физико-химическими методами необходимо использовать методы биологического контроля и диагностики.

Таким образом, для определения статуса экологического благополучия/неблагополучия водных объектов, испытывающих современные антропогенные нагрузки, используется комплексный, экологически обоснованный подход с широким набором химико-биологических показателей.

В число характеристик и параметров по физико-химическим показателям входят: класс качества воды, наличие и концентрации нормируемых, в том числе опасных веществ для водных объектов; концентрация растворенного кислорода; концентрация биогенных соединений (различных форм азота и минерального фосфора); концентрация взвешенных веществ; рН [20].

Биологические показатели включают в себя гидробиологические и микробиологические показатели и отражают отклик сообществ водных организмов (биотической компоненты экосистемы) на воздействие условий среды обитания, которая характеризуется по физико-химическим показателям [16].

В число характеристик и параметров по гидробиологическим, микробиологическим и показателям входят: класс качества воды, установленный по характеристикам планктонных сообществ, макрозообентоса и микробиологическим показателям.

Организмы макрозообентоса наиболее четко отражают степень загрязнения в преобладающем числе водоемов. Зообентос – один из важнейших элементов экосистем водоемов, он отличается стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени и является удобным объектом для наблюдений. Зообентос – совокупность животных, обитающих на дне и в придонных слоях воды. По размерному признаку выделяют микрозообентос, мезозообентос и

макрозообентос [9]. Макрозообентос – организмы, длина тела превышает 2,0 мм. Это личинки насекомых, моллюски, кольчатые черви, ракообразные, плоские черви и др. Представители макрозообентоса имеют сравнительно крупные размеры и растянутые жизненные циклы (обычно от года до нескольких лет), а также относительно стабильны, что позволяет им аккумулировать загрязняющие вещества [9].

Чистые водоемы заселяют личинки веснянок, поденок, вислокрылок и ручейников. Они не выносят загрязнения и быстро исчезают из водоема, как только в него попадают сточные воды. Умеренно загрязненные водоемы заселяют водяные ослики, бокоплавы, личинки мошек (мокрецов), двустворчатые моллюски-шаровики, битинии, лужанки, личинки стрекоз и пиявки. Чрезмерно загрязненные водоемы заселяют малоцетинковые кольцецы (трубочники), личинки комара – звонца (мотыли) и ильной мухи (крыска) [13].

Немаловажную роль в оценке качества воды (состояния водоема) принадлежит бактериальному звену. Микробиологический анализ воды помогает определиться с вероятностью ее загрязнения патогенными микроорганизмами. Микроорганизмы, опасные для человека, могут находиться в водной среде. Микроорганизмы, микробы - собирательное название группы живых организмов, которые слишком малы для того, чтобы быть видимыми невооружённым глазом (их характерный размер - менее 0,1 мм). По существующим нормативам [15] в водоемах, которые могут использоваться для питьевых, хозяйственных и иных целей человека определенных микробов не должно быть вообще, присутствие же других должно быть минимальным. Методика посева и выращивания микроорганизмов на специальных питательных средах и дальнейшем учете их количества и видового состава позволяет судить о пригодности использования воды человеком в пищевых или хозяйственных целях. Благодаря специальным индексам и коэффициентам результаты биоиндикации оказываются объективными, достоверными и сопоставимыми, что дает основание для прогноза состояния экосистем [33].

Итак, оценку экологического состояния поверхностных водных объектов производят по комплексу характеристик и параметров, на основе показателей, определяемых в ходе мониторинга.

1.4. Краткая физико-географическая характеристика территории исследования

Территория исследования находится в черте города Кирова (Кировская область) Предуральской провинции лесной зоны, физико-географическая страна - Восточно-Европейская равнина [34]. Город Киров расположен в долине реки Вятки, в среднем её течении, на северо-востоке Европейской части России, в подзоне южной тайги. Территория исследования имеет равнинный тип рельефа и располагается на левобережье р. Вятки, в пределах низкой и высокой пойм и первых надпойменных террас. Рельеф холмисто-овражистый с преобладающими абсолютными высотами 100 – 150 м над у. м.

За Кировом река глубоко рассекает Вятский увал, обнажая по левому берегу на протяжении около 1 км его внутреннее геологическое строение. Как отмечает Кротов П.И., представленные в разрезе 48 слоев татарского яруса пермской системы наглядно отражают все разноцветье татарской толщи: красная песчаная глина, пестрый мергель, серый плотный известняк, красно-бурый мергель, плотный пестрый песчаник, белый глинистый мергель [24]. Целостность этого памятника природы была частично нарушена из-за прокладки канализационного коллектора вдоль подножья склона.

Выше по течению Филейского геологического обнажения высота коренного левого берега составляет около 30 м, в пойме находятся многочисленные старичные озёра и протоки, в том числе протока Курья, обильно заливаемая водой в весенний период. Старица Курья расположена ниже профилактория «Авитек». Во время строительства автомобильного моста протока Курья превратилась в старичное озеро, но на картах по-прежнему обозначается как протока. Питание Курьи снеговое и родниковое. Многочисленные естественные выходы подземных вод коренного берега не дают пересыхать Курье в летний период. Длина озера Курья около 1290 м., ширина – от 40 до 115 м. Координаты старицы Курья - 49°62' с.ш., 58°64' в.д. [36] - (рис. 3 Приложение 3).

Ежово озеро находится между левым обрывом Вятки и железнодорожной насыпью. Оно протянулось от улицы Пролетарской до переезда у Трифонова монастыря вдоль улицы Лесной. Раньше здесь была слобода Ежовка, а обрыв Вятки называли Кикиморскими горами. Более 20 родников вытекают с этого обрыва и наполняют Ежово озеро. Сейчас Ежово озеро – один из немногих в городе водоемов с родниковой водой [35]. Длина озера – около 1420 м., ширина около 60 м. Координаты центра озера - 49°43' с.ш., 58°36' в.д. [36] - (рис. 4 Приложение 3).

Климат Кировской области умеренно-континентальный. Преобладают континентальный воздух умеренных широт и погода, неустойчивая по температурам и осадкам в течение года. Для региона характерна продолжительная умеренно холодная и снежная зима, затяжная весна, ранняя осень и умеренно тёплое короткое лето. Абсолютный минимум температур воздуха находится в пределах минус 46-52°C, средние значения температуры января минус 13-14°C. Средняя температура воздуха летом составляет плюс 16,4°C, абсолютный максимум в июле плюс 35-37°C [5].

Преобладающая растительность на исследуемой территории – пойменные луга с кустарниками: ива, ольха, черёмуха. На склоне коренного берега Вятки - остатки елово-пихтового леса с подлеском из кустарников: рябины, калины, жимолости, черёмухи, шиповника. В последнее время наблюдается интенсивное зарастание озер высшими водными растениями. Крупные водоемы используются местным населением для рыбной ловли. Таким образом, региональные природно-климатические условия, географическая зональность определяют особенности режима водоема [26].

2. Материалы и методы исследования

2.1. Наблюдение за условиями обитания *Wolffia*

Наблюдения за местообитанием *Wolffia* проводились в полевых условиях на неглубоких водоёмах ежегодно в период 2015-2018 гг. С поверхности водоёма отбирались пробы воды с плавающими растениями. В пробе определялся вид растений, поиску *Wolffia* уделялось отдельное внимание, наличие и количество фиксировалось в дневнике наблюдения. В дневнике наблюдения фиксировались погодные условия и температура воды. Обнаруженное место обитания фотографировалось. Наблюдения за местообитанием растения проводились весной, летом и осенью.

Для изучения условий обитания *Wolffia* в природных условиях ежегодно в июне проводили отбор проб воды для выполнения химического и микробиологического анализа воды из старицы Курья и еще одного пойменного водоема (Ежово озеро), в котором также предполагалось её обитание. Одновременно проводили исследования макрозообентоса, как важной составной части пресноводных экосистем.

Для дальнейшего лабораторного изучения брали пробы воды с растениями. В специально смоделированных условиях обитания продолжали наблюдения за *Wolffia* в зимний период времени.

2.2. Методы физико-химического анализа

Физико-химический анализ проб воды из старицы курья и Ежова озера в 2017 г. проводили на базе школьной химической лаборатории КОГОАУ «Лицей естественных наук» под руководством учителя химии Навалихиной О.В.

При проведении физико-химических анализов соблюдали определенные меры безопасности [14, 30].

При проведении анализа руководствовались стандартной методикой отбора проб воды [30]. Показатели температуры воды и запах определяли на месте сбора проб [30].

Определении гидрохимических показателей (водородный показатель (рН); химическое потребление кислорода, или окисляемость; сульфаты, хлориды, железо, нитриты, аммоний, фосфаты, жесткость воды) проводили по стандартным методикам (Таблица 3-10 Приложение 4) [30].

Физико-химический анализ воды старица Курья и Ежова озера в 2018 г. проводили по показателям, позволяющим оценить экологическое состояние водных экосистем, а также для оценки условий обитания *Wolffia*, используя методики химического количественного анализа, предусмотренные государственными стандартами или нормативными документами, внесенные в государственный реестр методик (Таблица 11 Приложение 4) [37]. Химический анализ был проведен в научно-исследовательской экоаналитической лаборатории ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» специалистом-технологом. Показатели температуры воды и запах определяли на месте сбора проб [30].

При оценке результатов химического анализа руководствуются СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [23].

2.3. Микробиологические методы исследования состояния водоема

Микробиологический анализ проб воды проводили на базе бактериологического отделения лаборатории направленного регулирования межмикробных взаимодействий в экзо- и эндомикроэкологических системах на базе кафедры микробиологии и вирусологии ФГБОУВО Кировского ГМУ под руководством заведующей кафедры Колеватых Е.П.

Пробы для микробиологических анализов берут в тех точках и в те же сроки, которые намечены для гидробиологических исследований. Обязательным условием микробиологических анализов является соблюдение стерильности. Поэтому пробу воды отбирают в стерильные бутылки, проба воды зачерпывается бутылкой, погружаемой на глубину 5-10 см.

Отобранная проба закрывается стерильной ватной пробкой с марлевой салфеткой, поверх накладывается салфетка из жесткой бумаги и завязывается ниткой. Транспортировка в лабораторию осуществляется в течение 6 ч., где и производится высеивание образцов на питательные среды. Посевы производятся способом вливания или рассевом на поверхности. В первом случае в чашку вносят 0,1 см³ пробы воды и заливают теплым агаром круговыми вращениями чашки по столу. Высевы дублируют 2-3 раза. Засеянные чашки выдерживают в термостате при температуре 30-35°C. Время инкубации для учета разных групп микроорганизмов оказывается разным.

После культивирования микроорганизмов на питательных средах из них готовят микропрепараты и окрашивают по разным методикам для возможности их дифференцировки (бактерии различных видов имеют свои особенности строения и окраски). После приготовления препарат изучают в световой микроскоп при увеличении 1000х и определяют вид бактерий. В научных целях может применяться электронная микроскопия (очень значительные степени увеличения). При работе с микробиологическим материалом требуется соблюдать определенные правила: стерильность, использовать халаты, шапочки и маски, уметь пользоваться бактериологической петлей, спиртовкой и так далее. После работы весь инструментариум обрабатывается, а препараты с микроорганизмами обеззараживаются [11].

2.4. Оценка качества воды водоема по макрозообентосу

Пробы макрозообентоса отбирали с помощью водного сачка. Проба включает небольшое количество воды с илом и беспозвоночных животных, обнаруженных в сачке. Взятую пробу разбирали сразу на берегу водоема, если позволяла погода, или переносили в лабораторию и рассматривали там. Перед разбором проба промывается в сачке, все обнаруженные беспозвоночные переносятся в чистую воду, налитую в чашки Петри. Содержимое чашек Петри тщательно разбирается и определяется по видам и группам видов беспозвоночных животных. Для определения использовали

таблицы с рисунками наиболее распространенных видов беспозвоночных и определитель [28]. Составляли список обнаруженных организмов.

По организмам макрозообентоса была выполнена биоиндикация экологического состояния озер с использованием индекса Майера [1;19]. Для этого в исследуемом водоеме устанавливали присутствие индикаторных групп, с учетом их индикаторной значимости рассчитывали индекс Майера и определяли класс качества воды (Таблица 12 Приложение 5).

3. Результаты оценки экологических условий обитания *Wolffia* в пойменных озерах реки Вятки в черте города Кирова в динамике за период с 2015 по 2018 года

3.1. Результаты наблюдения за условиями обитания *Wolffia* в 2015-2018 гг.

Вольфия (*Wolffia* - новый вид растения, не встречающегося ранее на территории Кировской области [25]. Впервые в ходе изучения пойменных озер в черте г. Кирова *Wolffia* была обнаружена автором данной работы и Кочуровой Т.И., научным сотрудником зоологического музея, в 2015 г. в протоке Курья. Растение было обнаружено в пробах макрозообентоса. Летом 2016 г. обитание вольфии на этом озере было подтверждено вновь, что свидетельствовало о благополучной зимовке растения в условиях нашего региона. Вольфия по-прежнему была отмечена в составе смешанных с рясками группировок, проективное покрытие которых в месте наблюдения достигало 100% площади водного зеркала [10]. Была поставлена задача пронаблюдать за распространением *Wolffia* по ближайшим пойменным водоёмам в левобережье р. Вятки.

В июне 2017 году вольфия снова была обнаружена в оз. Курья в большом количестве. Причём в пробе воды у коллектора количество растений *Wolffia* среди водорослей семейства рясковых было в разы меньше, чем в пробе воды у трамплина (рис. 5-10 Приложение 6). Вода у коллектора отличалась большим бактериологическим загрязнением, чем вода у трамплина, что, вероятно, и явилось благоприятным условием для размножения *Wolffia*. Кроме этого в месте взятия пробы у коллектора в Курью стекают воды Филейского родника и понижают температуру воды на несколько градусов. Химический анализ воды в Курье здесь показал повышенный уровень карбонатной жёсткости, что тоже может влиять на размножение *Wolffia*.

Наблюдение летом и осенью также проводилось в соседних с Курьей водоёмах, расположенных в радиусе 100 метров между протокой и р. Вятка. Ни в одном из них *Wolffia* не была обнаружена (рис. 7-8 Приложение 6).

Также вольфия в июне 2017 г. была выявлена в Ежовом озере. Но в августе 2017 года при повторном наблюдении в Ежовом озере вольфии не обнаружено. Возможно, это связано с тем, что Ежово озеро питается родниковой водой, имеет температуру воды ниже воды протоки Курья, и эти условия Ежова озера для *Wolffia* неблагоприятны, поэтому она исчезла (вероятно, опустилась на дно).

Истинный современный статус *W.* в нашем регионе пока не ясен: вряд ли занос произошёл с соседних регионов, так как ни в одном из них растение не наблюдалось. То есть это не явление расширяющегося ареала. Данный вид будем считать адвентивным (англ. *adventive plants*) – растением, появление которого на данной территории не связано с естественным ходом развития местной флоры и является результатом случайного проникновения с водными или воздушными течениями, животными или растениями, в результате непреднамеренного привнесения человеком и т.п. Бесконтрольное распространение адвентивных растений расценивается как один из видов крайне нежелательного биологического загрязнения среды, например, в случае проникновения в данную местность так называемых карантинных видов живых организмов. Поэтому необходимо продолжение наблюдений за вольфией. Важно выяснить причины её появления и предположить влияние её на экологическую систему озера.

Результаты наблюдений за *Wolffia* в старице Курье в июне-октябре 2018 г. показали, что растение благополучно перезимовало и активно размножается.

В августе 2018 г. автором был собран гербарий и отправлен в октябре 2018 г. научным сотрудником Кировского зоологического музея Кочуровой Т.И. в Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, где и хранится в научном гербарии.

Осенью (24.09.2018 г.) из старицы Курья была взята проба воды с *Wolffia* для наблюдения в лабораторных условиях (рис. 10 Приложение 6).

В настоящее время идет эксперимент по моделированию условий обитания *Wolffia*.

3.2. Результаты физико-химического анализа проб воды за 2017-2018 гг.

Для выяснения благоприятных причин разрастания вольфии был проведён физико-химический анализ проб воды из старицы Курья и Ежова озера.

Пробы воды в 2017 г. отбирались для выяснения условий обитания вольфии в 2 точках Курья: первая проба у трамплина, вторая в роднике у протоки Курья. Вода из родника была взята как образец контрольной чистой воды, а из Курья для того чтобы изучить условия обитания вольфии. Результаты занесены в таблицу 13 (Приложение 7).

По результатам физико-химического анализа в 2017 г. в старице Курья наблюдается превышение нормативов по запаху (в 2 раза) и карбонатной жесткости (в 1,35 раза).

В пробе воды из протоки Курья присутствует отчетливый гнилостный запах (фекальных и сточных вод), обращает на себя внимание. Это связано с проложенным вдоль протоки трубопроводом городской канализации. В некоторых местах запах ощущается очень сильный, что говорит о негерметичности труб. Предполагаем, что в старицу Курья попадает органическое загрязнение из канализации, что влияет на размножение вольфии. Большинство показателей химического анализа проб воды не

превышают допустимую концентрацию веществ по СанПиН для поверхностных и родниковых вод.

Превышение нормы по карбонатной жесткости связано с прохождением вод через карбонатные горные породы, из которых сложен коренной берег реки Вятки.

По результатам анализа проб воды из Ежова озера видно, что большинство показателей соответствует требованиям СанПиН, при этом первая проба озера не соответствуют норме рН (<8,5) 8,54 – таблица 14 (Приложение 7)

Физико-химический анализ показателей Курьи в 2018 г. – таблица 15 (Приложение 7) соответствует нормам ПДК, за исключением показателей запаха (больше в 2 раза), взвешенных веществ, который превышает ПДК в пробах у коллектора в 100 раз, у трамплина в 220 раз. Взвешенные вещества могут содержать как минеральные, так и органические вещества [18], поступающие с поверхностными стоками в водоемы. Возможно, органические и минеральные компоненты взвешенных веществ (например, азот и фосфор) используются в процессе метаболизма вольфии и др. растений [22]. Взвешенные твердые вещества, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспензированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды и на проникновение в нее света, на температуру, состав растворенных компонентов поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования. Концентрация взвешенных частиц зависит от пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, в частности прохождения коллектора вдоль протоки Курьи. В связи с чем возможно поступление биогенных веществ в водоемы, что может служить локальному развитию изучаемого растения. Возможно, это также является благоприятным условием обитания *Wolffia*.

Показатель рН в старице Курья - 7,6, что соответствует слабощелочной реакции, при которой наблюдаются наилучшие условия для произрастания водной растительности, в т.ч. вольфии [31].

Анализ проб Ежова озера в 2018 г. - таблица 15 (Приложение 7) показал, что большинство показателей в норме. Превышение идет по нитритам в 9 раз, и по общей жесткости в 1,5 раза. Возможно, ухудшение экологического состояния Ежова озера в 2018 г. связано с нарушением природоохранного законодательства организациями, находящимися на прилегающей к водоему территории.

Представляет интерес показатель температуры воды – в Курье (+ 17-19 °С), в Ежовом озере (+13-15°С), а также то, что при этом южное растение нормально себя чувствует в северных широтах.

Итак, возможные благоприятные условия обитания *Wolffia*: 1) превышение содержания взвешенных веществ, содержащих органические и минеральные компоненты, участвующие в процессе метаболизма растения;

2) слабощелочная реакция воды, при которой создаются наиболее благоприятные условия для роста вольфии.

3.3. Результаты оценки экологического состояния пойменных озер реки Вятки по микробиологическим показателям за 2016- 2018 гг.

В связи с тем, что при исследовании методом биоиндикации в 2016 г. было выявлено ухудшение экологического состояния водоемов Ежово озеро и протока Курья, было решено провести оценку состояния данных водоемов по микробиологическим критериям. Бактериологический анализ воды из Ежова озера за два года, представленный в таблице 16, а из протоки Курья в таблице 17 (Приложение 8) говорит, что санитарно-гигиеническое состояние водоемов в 2017 году существенно улучшилось, это отражают фактически все показатели:

- 1) Общее микробное число в пробах из Ежово озера снизилось в 1,5 (проба №1) и в 5 раз (проба №2). Показатели проб из Курьи так же уменьшились за исключением образца, взятого непосредственно у коллектора: превышает норматив в 5 раз.
- 2) Обсемененность различными видами микроорганизмов уменьшилась в ряде случаев на порядки, опять же за исключением образца, взятого у коллектора в Курье, где отмечается увеличение количества стафилококков. Следует отметить полное отсутствие сальмонелл в пробах 2017г.
- 3) В образце, взятом у коллектора из Курьи, был выявлен достаточно редкий вид микроорганизмов *Rhodotorula spp.*, наличие которого свидетельствует о попадании в протоку отходов производства, связанного с применением дрожжевых грибов или же воды использованной в банно-прачечной сфере. Выявление данного микроорганизма указывает на микробное загрязнение антропогенного происхождения, так как они вегетируют на кожных покровах человека в небольших количествах.
- 4) Улучшение микробиологических показателей можно объяснить более низкими температурами окружающей среды в 2017г.
- 5) Показатели микробиологического загрязнения (превышение нормы по всем показателям) также являются благоприятными условиями для размножения и обитания вольфии.
- 6) Бактериологический анализ 2018 г. - таблица 18 (Приложение 8) показал, что практически во всех пробах наблюдается превышение нормы по микробиологическим показателям, также обнаружена *Candida membranifaciens*, свидетельствующая о следах пластика (бутылок или пакетов).

Оценка экологического состояния пойменных озер реки Вятки по микробиологическим показателям показала, что санитарно-гигиеническое состояние водоемов в 2017-18 гг. существенно улучшилось по сравнению с 2016 г. Однако, практически во всех пробах наблюдается превышение нормы по микробиологическим показателям. Возможно, микробиологическое загрязнение водоемов благоприятно влияет на размножение и рост вольфии.

3.4. Результаты оценки качества воды пойменных озер реки Вятки по макрозообентосу за 2015-2018 гг.

Данные о составе макрозообентоса исследуемых водоемов включены в таблицы 19-24 (Приложение 9).

При анализе таксономического богатства подсчитано общее количество присутствующих групп донных беспозвоночных в водоемах. В старице Курья в 2015 г. были отмечены представители 18 различных групп донных беспозвоночных, в 2016 г. – представители 13 групп, в 2017 г. – представители 26 групп, в 2018 г. – 24 групп. Таким образом, в течение последних двух лет зарегистрирован рост таксономического богатства макрозообентоса старицы Курья.

В 2015 г. в Курье обитали брюхоногие моллюски (битиния, катушки, прудовик большой), двустворчатые моллюски (шаровки), ракообразные (водяной ослик), водяные клещи, пиявки, малощетинковые черви (трубочник), ручейники (личинки 2 вида), личинки бабочек, двукрылых и др. В 2016 г. преобладали брюхоногие моллюски (прудовики, катушки, битинии), двустворчатые моллюски (шаровки), пиявки. В 2017 г. в большом количестве обнаружены личинки поденок, брюхоногие, двустворчатые моллюски; также в большом разнообразии представлены ракообразные и жесткокрылые. В 2018 г. в самом большом количестве и разнообразии представлены брюхоногие моллюски (битинии, прудовики, катушки); отряд Жесткокрылые также был разнообразен (плавунец, плавунчик, водолуб и др.). В большом количестве встречаются ракообразные, пиявки и представители чистых водоемов – ручейники и веснянки.

Значение индекса Майера свидетельствовало о том, что сообщество водных организмов в 2015 г. находилось в относительно благополучном состоянии, водоем характеризовался как умеренно загрязненный. В 2016 г. произошло сокращение видового состава ручейников до 1 вида, а также сократилось общее количество других групп с 18 (2015 г.) до 13 (2016 г.). Эти факты свидетельствуют об ухудшении условий жизни в водоеме. По индексу Майера, который составил всего 10 баллов, Курья стала относиться к грязным водоемам. В 2017 году, наряду с увеличением таксономического состава макрозообентоса до 26 групп, расширился перечень индикаторов чистых вод (появились личинки поденок), водоем стал характеризоваться как чистый. Это свидетельствует о том, что в водоеме улучшились условия проживания донных беспозвоночных.

Возможно, эти результаты были связаны:

- в 2015 г. с просачиванием в озеро сточных вод (вдоль Курьи проходит городской коллектор), во время отбора проб ощущался стойкий запах канализации;
- в 2016 г. с занесением загрязнений с прилегающей территории во время высокого весеннего половодья 2016 г. и жарким летом;
- в 2017 г. с невысоким уровнем воды в половодье и холодным весенне-летним периодом.

Результаты 2018 г. показали, что количество групп макрозообентоса в протоке Курья существенно не изменилось по сравнению с 2017 г. (24), водоем – чистый, о чем свидетельствует наличие личинок веснянок. Класс качества воды по индексу Майера – II, что свидетельствует о благополучном экологическом состоянии водоема.

Таксономический состав макрозообентоса Ежова озера в 2016 г. насчитывал 15 групп. Доминировали ракообразные (бокоплавцы, водяные ослики) и брюхоногие моллюски (прудовики, катушки, битинии), пиявки, жесткокрылые. Из индикаторов чистых вод присутствовали личинки ручейников и мелкие двустворчатые моллюски. Индекс Майера соответствовал 3 классу и характеризовал водоем как умеренно-загрязненный.

В 2017 г. таксономическое богатство увеличилось до 21 группы, появились личинки поденок (индикаторы чистых вод) В большом количестве обнаружены брюхоногие, двустворчатые моллюски, ракообразные и жесткокрылые. Индекс Майера увеличился до значения чистых вод (2 класс качества).

Результаты исследования 2018 г. показали, что количество групп снизилось до 16, исчезли личинки поденок, водоем характеризовался как умеренно загрязненный. Возможно, ухудшение экологического состояния Ежова озера в 2018 г. связано с нарушением природоохранного законодательства организациями, находящимися на прилегающей к водоему территории.

Таким образом, применение метода биоиндикации по макрозообентосу выявило наличие достаточно резких колебаний в оценке экологического состояния старицы Курья (от грязного до чистого). В Ежовом озере изменения были менее выражены: качество воды изменялось от умеренно загрязненного до чистого. При этом вне зависимости от состояния зообентосных сообществ в Курье популяция вольфии чувствовала себя хорошо.

3.5. Результаты наблюдений за условиями обитания *Wolffia* в условиях лабораторного эксперимента

Забор образцов воды, содержащих вольфию, рис. 11 (Приложение 10) был произведен 24 сентября 2018 г, место отбора образцов старица Курья - широта: 58.64632594, долгота 49.62666035. Время 9.00, температура окружающего воздуха +8°C, воды + 12°C.

Через 6 часов после забора образцов в специальные емкости - культуральные флаконы вольфия была внесена группами по 20 растений – рис.12. Во флаконах были различные виды воды: во флаконе №1 была вода из открытого бассейна, находящегося на дачном участке, №2 - вода из скважины, №3 - водопроводная фильтрованная и №4 - вода из Курьи. Все флаконы были размещены на подоконнике, окно выходило на южную сторону дома, продолжительность инсоляции составляла порядка 9 часов в начале наблюдений и уменьшилась до 6 часов в конце в связи с

естественным убыванием дня. Температура воздуха в комнате была 23-24 градуса, температура воды на подоконнике 20-22 градуса.

Таким образом, инкубация вольфии велась в течение 1 месяца, при наблюдении за ее ростом и размножением, отмечено, что лучше всего вольфия размножалась во флаконе №3 с обычной фильтрованной водопроводной водой, что отражено в таблице 25 (Приложение 10).

Учитывая крайне медленное размножение вольфии (предположительно из-за слабой инсоляции и неоптимальной температуры воды), было принято решение модифицировать эксперимент, создав для растения более благоприятные условия. Для этого был взят аквариум емкостью 30 литров – рис. 13 (Приложение 10), в него была залита отстоявшаяся в течении 3х дней профильтрованная водопроводная вода в объеме 10 литров и все растения из культуральных матрасов перемещены в аквариум.

Искусственное освещение осуществлялось штатной лампой накаливания мощностью 20 Вт, находившейся в крышке аквариума, в течении 7-8 часов в сутки. Наблюдение за растением в последующие 20 дней снова показало невысокую эффективность в плане роста и размножения растения. Поэтому дополнительно был установлен аэратор, фитолампа - рис.14-15 (Приложение 10) - с преобладанием синего спектра с длиной волны 440-485 нм и небольшим количеством красных светодиодов с длиной волны 625-740 нм для водных растений. По периметру аквариум обтянут фольгированным светоотражающим и теплоизолирующим пенополистиролом рис.16 (Приложение 10)

Режим освещения 8-9 часов в сутки, аэрация 3-4 часа в сутки при температуре 22-24 С - рис.17 (Приложение 10).

Рост растений резко ускорился, количество растений вольфии по отдельным особям оценить достаточно сложно, поэтому в дальнейшем планируется примерная оценка по площади «островков» занимаемой отдельными колониями с применением палетки – рис. 18 (Приложение 10). За 10 дней эксперимента количество особей увеличилось

Для дальнейшей экспериментальной работы планируется приобретение и установка термонагревательного устройства, а так же применение фитоламп другого спектра, для выявления наиболее оптимального, обеспечивающего быстрый рост растений. Кроме этого будет проведен подбор добавок в водную среду, включающих различные химические компоненты для создания благоприятных условий роста и размножения (рН среды, макро и микроэлементы). Конечная цель – создание модели «биореактора» для высокоэффективного разведения *Wolffia*.

Выводы

1. Проанализирована литература по проблеме исследования, обнаруженное местообитание вольфии предположительно является самым северным в её ареале.

2. В ходе наблюдения за условиями обитания в 2015-2018 гг. *Wolffia* установлено: 1) на правом берегу Вятки в Старице Заречного парка *Wolffia* нет; 2) в Ежовом озере на левом берегу в средней части города Кирова условия не благоприятны для размножения, *Wolffia* наблюдалась в июне 2017 г., но в крайне малом количестве; 3) ниже по течению реки Вятки в старице Курья *Wolffia* наблюдается в большом количестве с июня по октябрь. С каждым годом количество увеличивается, значит, условия создались благоприятные для размножения. Данный вид будем считать адвентивным растением.

3.1. По результатам химанализа в 2017 г. в старице Курья наблюдалось превышение нормативов по запаху (возможно связано с просачиванием сточных вод из городской канализации) и карбонатной жесткости (связано с прохождением подземных вод через карбонатные горные породы); в 2018 г. – по содержанию взвешенных веществ (обусловлено прошедшими накануне сильными дождями). Остальные гидрохимические показатели не превышали допустимую концентрацию веществ по СанПиН для поверхностных вод.

Исследование проб из Ежова озера в 2017-2018 гг. показало более низкую температуру воды и превышение нормативных значений по запаху, содержанию нитритов и общей жесткости. Низкая температура могла стать причиной исчезновения вольфии в Ежовом озере в 2018 г.

Итак, возможные благоприятные условия обитания *Wolffia*: 1) превышение содержания взвешенных веществ, содержащих органические и минеральные компоненты, участвующие в процессе метаболизма растения; 2) слабощелочная реакция воды, при которой создаются наиболее благоприятные условия для роста вольфии.

3.2. Оценка экологического состояния пойменных озер реки Вятки по микробиологическим показателям показала, что санитарно-гигиеническое состояние водоемов в 2017-18 гг. существенно улучшилось по сравнению с 2016 г. Однако, практически во всех пробах наблюдается превышение нормы по микробиологическим показателям. Возможно, микробиологическое загрязнение водоемов благоприятно влияет на размножение и рост вольфии.

3.3. В течение 2017-2018 гг. зарегистрирован рост таксономического богатства макрозообентоса в старице Курья. Биоиндикация по макрозообентосу выявила наличие резких колебаний в оценке экологического состояния старицы Курья (от грязного в 2016 г. до чистого в 2017-2018 гг.). Вне зависимости от состояния зообентосных сообществ популяция вольфии чувствовала себя хорошо.

4. Эксперимент по инкубации *Wolffia* показал, что лучше всего она размножалась во флаконе с обычной фильтрованной водопроводной водой. В продолжение эксперимента по созданию для *Wolffia* более благоприятных условий размножения осуществлён подбор оптимального температурного и

светового режима. В настоящее время идёт подбор добавок химических компонентов в водную среду.

Таким образом, возможные благоприятные условия обитания *Wolffia* в старице Курья: хорошее прогревание воды, отсутствие высоких концентраций токсических веществ (нитриты, ионы аммония), слабощелочная реакция воды. Наличие нетоксичного органического и микробиологического загрязнения водоема, предположительно, не препятствует росту и размножению вольфии. Вне зависимости от состояния зообентосных сообществ популяция вольфии чувствовала себя хорошо.

Заключение

В ходе выполнения работы большую практическую и консультативную помощь автору оказывали: научный руководитель - Двинина Галина Геннадьевна, научные консультанты - Кочурова Татьяна Ивановна, научный сотрудник МБУ «Кировский городской зоологический музей», к.б.н.; Колеватых Екатерина Петровна, зав. каф. микробиологии ФГБОУ ВО Кировского ГМУ, к.м.н. Автор выражает им сердечную признательность и низкий поклон. Также автор благодарит учителя химии Навалихину О.В. за помощь в проведении химанализа в 2017 г., и сотрудников экоаналитической лаборатории ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» за проведение химического анализа. Автор благодарит своих родителей - Козвонина В.А. и Козвонину Е.М. за консультативную, техническую, материальную помощь в проведении исследования.

Результаты исследования опубликованы в сборниках статей и тезисов:

1. Козвонин Д. Определение чистоты водоема (старица реки Курья) методом биоиндикации на основе видового состава макрозообентоса по биотическому индексу // Сборник тезисов: Научно-исследовательские работы учащихся. – Киров: Изд-во Лицея естественных наук. – 2016. - Вып. 19. – С.43;
2. Козвонин Д. В., Двинина Г. Г. Определение чистоты водоема (старица реки Курья) методом биоиндикации на основе видового состава макрозообентоса по биотическому индексу. 2016г. – Электронный ресурс <http://publikation.ru/index/stati/0-23>;
3. Козвонин Д. Биологическая оценка экологического состояния пойменных озер р. Вятки в черте г. Кирова // Сборник тезисов: Научно-исследовательские работы учащихся. – Киров: Изд-во Лицея естественных наук. – 2017. - Вып. 20. – С.44;
4. Козвонин Д. Биологическая оценка экологического состояния пойменных озер р. Вятки // Сборник тезисов: 4-ой всероссийской научно-инновационной конференции школьников «Открой в себе ученого». – СПб. – 2017. – С.7-8;
5. Кочурова Т.И., Козвонин Д.В. О находке вольфии (*Wolffia*, Lemnaceae) в Кировской области // Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика природных и природно-техногенных систем», г. Киров, 2017. – Книга 2 . - с. 219-221;
6. Козвонин Д.В., Двинина Г.Г. Оценка экологического состояния пойменных озер р. Вятки в черте г. Кирова // Материалы III городских научно-

практических чтений памяти ученого-естествоиспытателя С.В. Маракова / отв.ред. Ширяев В.В. – Киров, 2018. -64с. – с.51-55;

7. Козвонин Д.В. Биологическая оценка экологического состояния пойменных озер реки Вятки в динамике за 2015-2017 гг.// Биология - наука XXI века: 22 Международная школа-конференция молодых ученых. 23 - 27 апреля 2018 г. Пущино. Сборник тезисов, 2018 - 444 с.;

8. Козвонин Д. Биологическая оценка экологического состояния пойменных озер р. Вятки в черте г. Кирова в динамике за период с 2015 по 2017 год // Сборник тезисов: Научно-исследовательские работы учащихся. – Киров: Изд-во Лицея естественных наук. – 2018. - Вып. 21. – С.45-46.

В августе 2018 г. автором был собран гербарий и отправлен в октябре 2018 г. научным сотрудником Кировского зоологического музея Кочуровой Т.И. в Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, где и хранится в настоящее время в научном гербарии.

Перспективы исследования: определить видовую принадлежность растения, установить влияние адвентивной флоры на состояние водоема, выявить распространение *Wolffia* в близлежащих водоемах, в лабораторном эксперименте определить оптимальные условия для роста и размножения растения и проанализировать возможность применения данного вида растений в биотехнологических целях.

Список литературы

1. Абакумова, В. А. Руководства по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 35–345 с.
2. Берест, А.В. Тамбовская лесостепь: почва, растительность, ландшафт. Материалы к исследованию Природы. Монография. А.В. Берест. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2011. – 384 с., илл. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25328477>. pdf.
3. «Водный кодекс Российской Федерации» N 74-ФЗ от 03.06.2006
4. Вольфия // Вешин — Газли. — М. : Советская энциклопедия, 1971. — (Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров ; 1969—1978, т. 5).
5. География Кировской области. Атлас-книга/ под ред. и предисл. Е.А. Колеватых, А.М. Прокошева, Г.А. Русских.- Киров: Кир. обл. тип.,2015.- 80с.: ил.
6. Григорьевская, А.Я. Адвентивная флора Воронежской области: Исторический, биогеографический, экологический аспекты: Монография / А.Я. Григорьевская, Е.А. Стародубцева, Н.Ю. Хлызова, В.А. Агафонов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 320с.
7. Григорьевская А.Я., Лепёшкина Л.А., Владимиров Д.Р., Сергеев Д.Ю. К созданию Чёрной книги Воронежской области // Российский Журнал Биологических Инвазий № 1 2013. - с.8-26 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21091283>. pdf.
8. Иванова И.Г. Самый маленький цветок в мире / И.Г. Иванова // Наука и жизнь. – 1972. – № 5. – С. 32-33
9. Константинов, А. С. Общая гидробиология. – М. :Высш. шк., 1986. – 480 с.
10. Кочурова Т.И., Козвонин Д.В. О находке вольфии (*Wolffia*, Lemnaceae) в Кировской области // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем [Текст]: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 4–6 декабря 2017 г.) / отв. ред. Т. Я. Ашихмина. – Киров: ВятГУ, 2017. – 359 с., с. 219-220. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30750416>.
11. Лабинская А.С. Медицинская микробиология. – М.: БИНОМ, 2014. – 723 с.
12. Леонова Г.Г. Семейство Рясковые // Жизнь растений: в 6-ти томах. / А.Л. Тахтаджян, А.А. Федоров. М.: Просвещение, - т.6. Цветковые растения / под ред. А. Л. Тахтаджяна 1982. 543 с., с.493-500
13. Ляндзберг А.Р. Биоиндикация состояния пресного водоема с помощью донных организмов // Исследовательская работа школьников. - № 1, 2.- 2004.
14. Маршанова, Г.Л. Техника безопасности в школьной химической лаборатории: Сборник инструкций и рекомендаций. — М.: АРКТИ, 2002. — 80 с.

15. МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. – М.: Методические указания. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005.–72с.
16. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Бражникова Л.В., Жулидов А.В. Мониторинг качества вод: оценка токсичности. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 159 с.
17. Пашкович В.Д., Юдин Б.С. Водные растения и жизнь животных.- М.: Наука. - 1978. - 128с.
18. ПНД Ф 14.1:2:4.254-09 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций взвешенных и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом. – М.: 2009. -10 с.
19. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под.ред. А.Б. Абакумова. - Л.: Гидрометеиздат, 1983.
20. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Ч. 1. Под ред. Боевой Л.В. Ростов-на-Дону: «НОК», 2009. 1044 с.
21. Сагалаев В.А., Скворцов А.К., Балюк Т.В., Кантемирова Е.Н., Матвеев Д.Е., Анфимова М.В. К флоре Приоперья и Нижнехоперского природного парка // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2004. № 4. С. 77-85. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9284595>. pdf.
22. Садчиков, А. П. Гидрботаника: прибрежно-водная растительность : учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 241 с.
23. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М.: 2000. -15 с.
24. Сидоренко А.В. Геология СССР. - Рипол Классик, 2013. – 890 с.
25. Тарасова Е.М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. – Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. – 440 с., ил.
26. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. - Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. - Новосибирск, 2002. - 114 с. - (Сер. Экология. Вып. 64).
27. Цирлинг М. Б. Аквариум и водные растения. — СПб: Гидрометеиздат, 1991. — С. 115. — 256 с.
28. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. - 219 с.
29. Щербаков А.В., Майоров С.Р. Водные адвентивные растения Московского региона // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2013. № В-2. С. 57-61. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19132691>. pdf.
30. Экологический мониторинг водных объектов // Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / автор-сост. Т.Я. Ашихмина –

Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.: ил. – (Серия тематических сборников и DVD-дисков «Экологическая мозаика». Сборник 15)

31. Экология водных и околводных декоративных растений : метод. указания / С. Б. Криворотов, Н. А. Сионова. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 36 с

32. http://studbooks.net/842069/ekologiya/metody_otsenki_ekologicheskogo_sostoyaniya_okruzhayushey_sredy

33. http://studopedia.su/9_81563_obshchie-printsipi-ispolzovaniya-bioindikatorov.html

34. <http://www.ecosystema.ru/08nature/world/geousst/2-5.htm>

35. <http://www.kirov.kp.ru>

36. <http://eco.geokirov.ru>

37. <https://center-souz.ru/water>

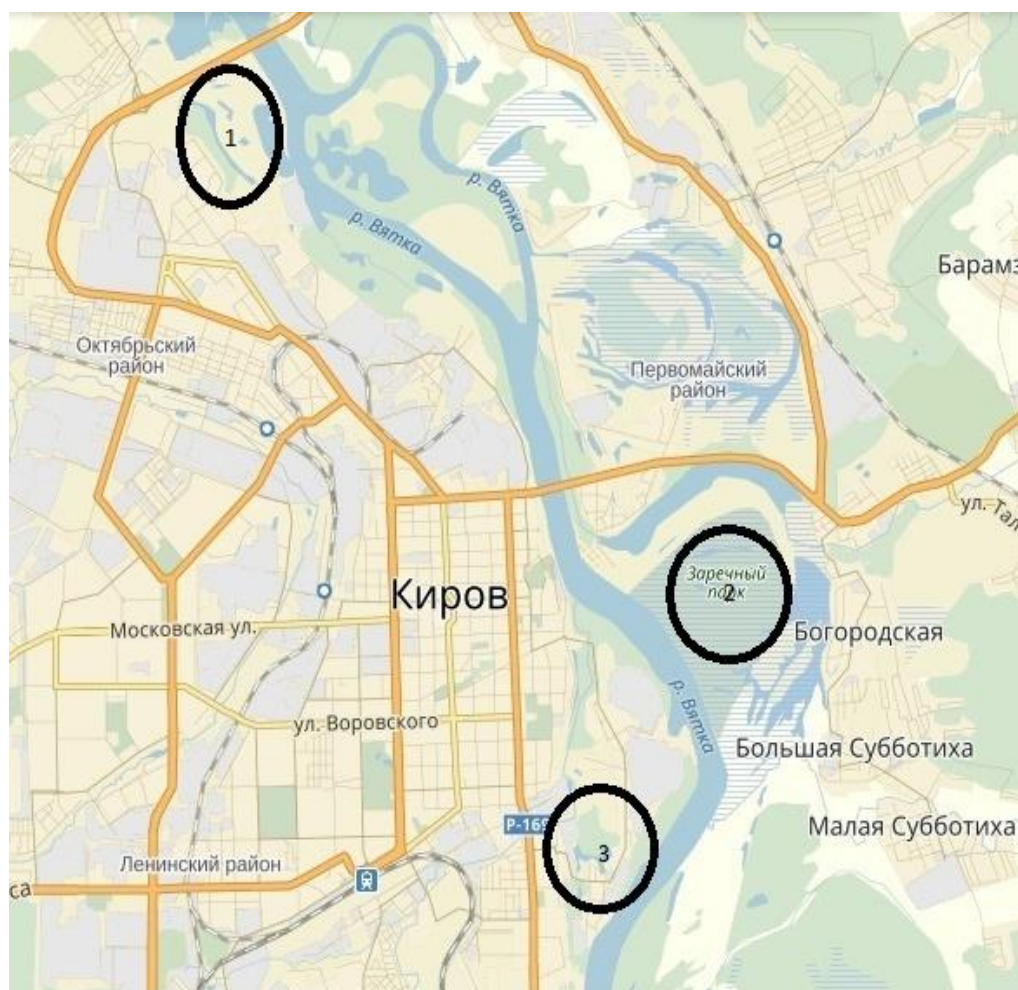
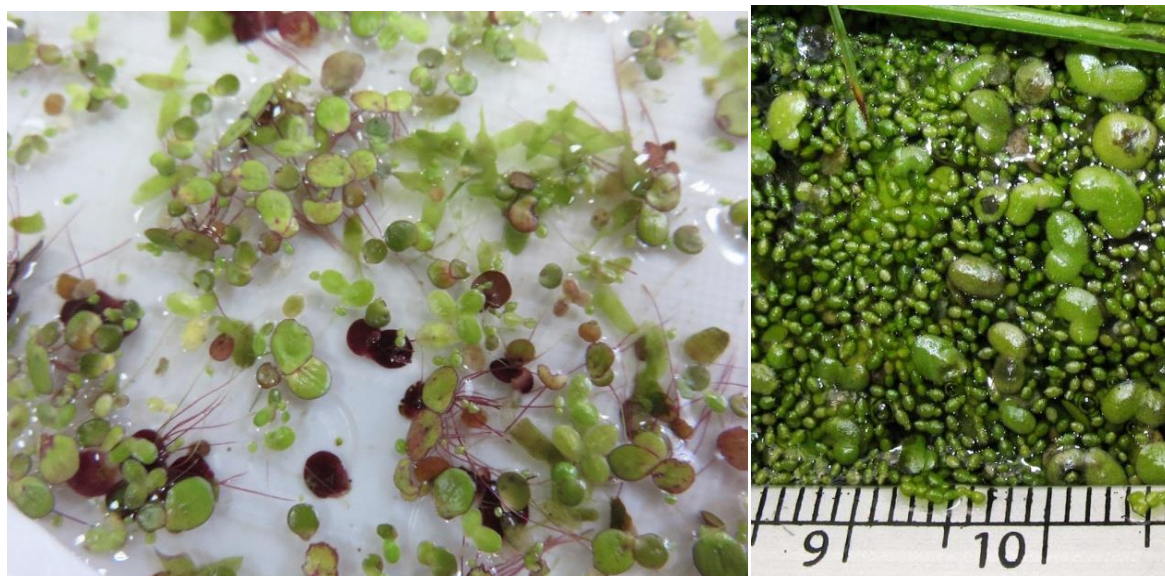


Рис. 1. Район исследования в черте г.Кирова:

1. Старица Курья;
2. Водоемы Заречного парка;
3. Ежово озеро

Классификация вольфии (*Wolffia*) [4,12].

Домен:	Эукариоты	Семейство:	Рясковые
Царство:	Растения	Подсемейство:	Вольфиевые
Отдел:	Цветковые	Род:	Вольфия
Класс:	Однодольные		
Порядок:	Частухоцветные		

Рис. 2. Вольфия (*Wolffia*) среди других водных растений

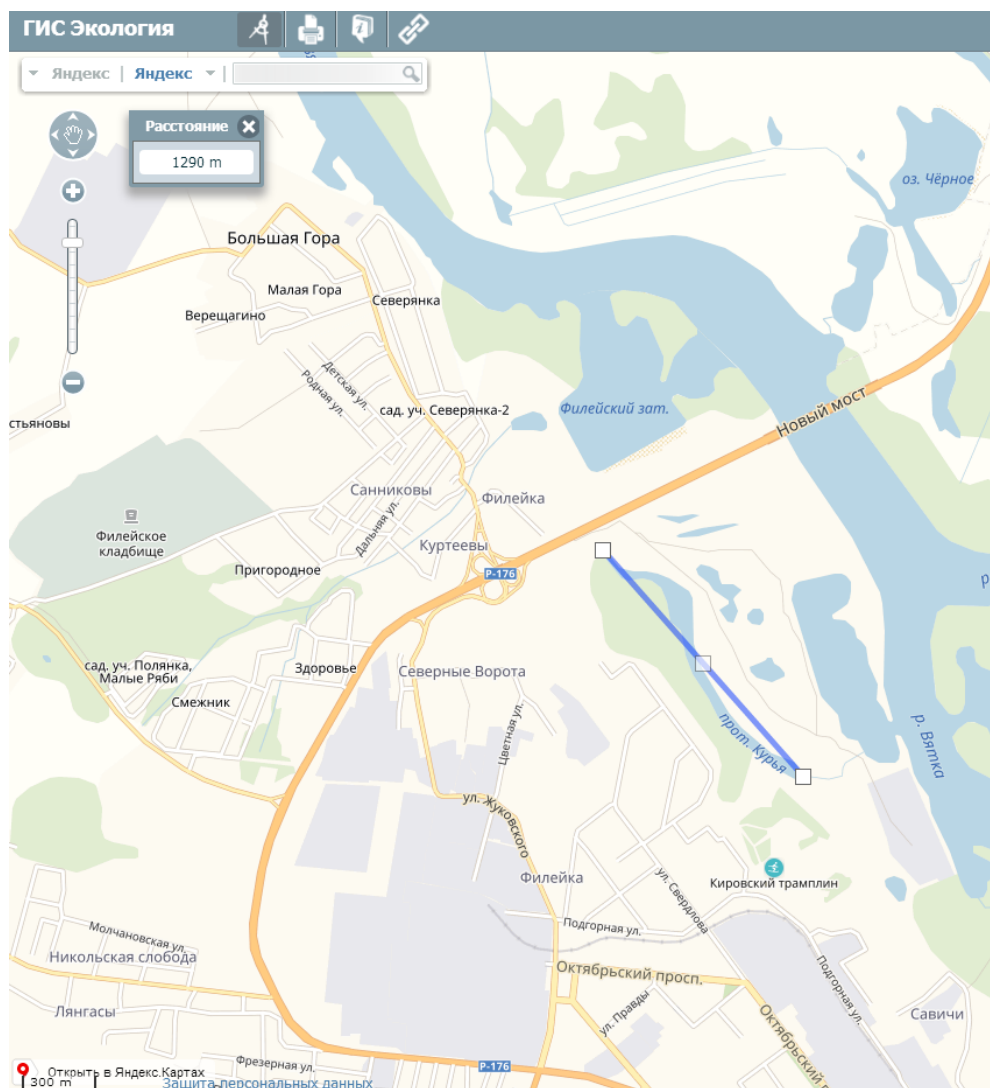


Рис. 3 .Координаты месторасположения старицы Курья
(Координаты старицы Курья - 49°62' с.ш., 58°64' в.д.
Длина озера Курья около 1290м., ширина – от 40 до 115 м.) [36].

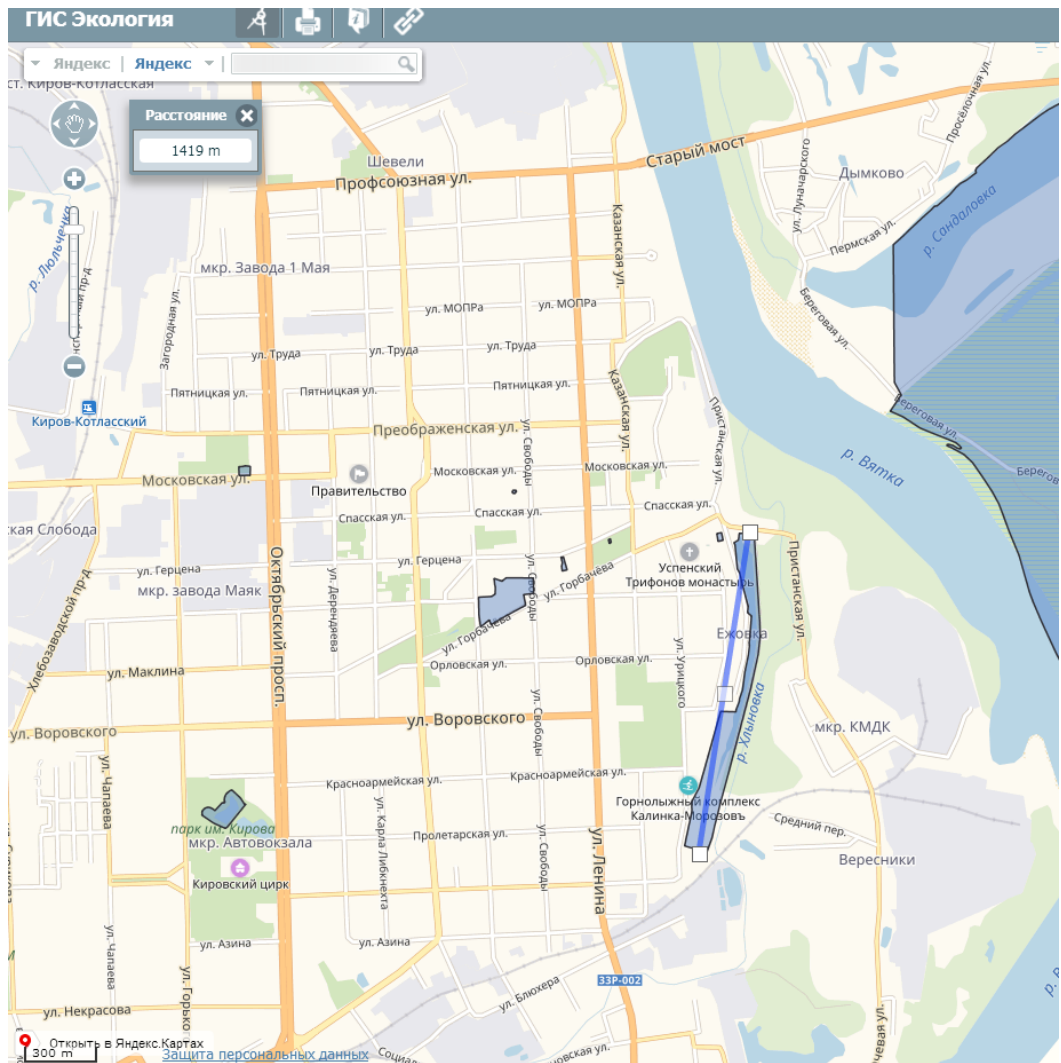


Рис. 4 .Координаты месторасположения Ежова озера
(Координаты центра озера - $49^{\circ}43'$ с.ш., $58^{\circ}36'$ в.д.
Длина озера – около 1420 м., ширина около 60 м.) [36].

Определение запахов естественного происхождения

Характер запаха	Примерный род запаха
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, сточной воды
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прелый, гнилостный
Плесневелый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбы, рыбьего жира
Сероводородный	Тухлых яиц
Травянистый	Скошенной травы, сена
Неопределённый	Не подходящий под предыдущие запахи

Таблица 4 [30].

Определение запахов в баллах

Баллы	Интенсивность запаха	Качественная характеристика
0	Никакая	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабая	Обнаруживается опытным исследователем
2	Слабая	Не привлекает, обнаруживается, если обратить внимание
3	Заметная	Легко обнаруживается
4	Отчётливая	Обращает на себя внимание, делает воду непригодной для питья
5	Очень сильная	Настолько сильный, что вода совершенно непригодна для питья

Таблица 5 [30].

Определение окисляемости (содержание органических загрязнений)

Окраска раствора	Окисляемость, мл кислорода /л
Ярко-розовая	1
Лилово-розовая	2
Слабо-лилово-розовая	4
Бледно-лилово-розовая	6
Бледно-розовая	8
Розово-жёлтая	12
Жёлтая	16 и выше

Таблица 6 [30].

Определение сульфатов

Мутность раствора, объём осадка	Содержание сульфатов, мг/л
Слабая муть через несколько минут	1-10
Слабая муть сразу	10-100
Сильная муть	100-150
Большой осадок, который сразу садится на дно	500

Таблица 7 [30].

Определение хлоридов

Мутность раствора, объём осадка	Содержание хлоридов, мг/л
Опалесценция, слабая муть	1-10
Сильная муть	10-50
Хлопья, оседающие не сразу	50-100
Большой объёмистый осадок	более 100

Таблица 8 [30].

Определения содержания железа общего

Окраска сбоку раствора в пробирке	Окраска сверху раствора в пробирке	Концентрации железа, мг/л
Нет	Нет	Менее 0,05
Едва заметное желтовато-розовое	Очень слабое желтовато-розовое	0,1
Очень слабое желтовато-розовое	Слабое желтовато-розовое	0,25
Слабое желтовато-розовое	Светло желтовато-розовое	0,5
Светло - желтовато-розовое	Желто-розовое	1,0
Желто-розовое	Желто-красное	2,0
Желтовато-красное	Ярко-красное	более 2,0

Таблица 9 [30].

Определение нитритов

Окрашивание сбоку пробирки	Окрашивание сверху пробирки	Концентрация мг/л
Нет	Нет	Менее 0,003
Нет	Чрезвычайнослабо-розовое	0,003
Едва заметно розовое	Очень слабо-розовое	0,007
Очень слабо-розовое	Слабо-розовое	0,013
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,05
Светло-розовое	Розовое	0,1
Розовое	Сильно-розовое	0,2
Сильно-розовое	Красное	0,5
Красное	Ярко-красное	1,0

Таблица 10 [30].

Определение аммония

Окраска проб воды	Концентрация аммония, мг/л
Нет	Менее 0,05
Слабо-жёлтая	0,03-0,25
Желтоватая	0,25-0,5
Жёлтая	0,5-2,5
Буро-жёлтая	2,5-5,0
Буро-жёлтая, мутная	5,0-10,0

№ п/п	Определяемая характеристика	Методика измерений
1	Водородный показатель, ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
2	Аммоний-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3.1-95
3	Нитрит-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.3-95
4	Фосфат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.112-97
5	Нитрат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.4-95
6	Общая минерализация, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010
7	Взвешенные вещества, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009
8	ХПК, мгО/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003
9	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97
10	АПАВ, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000
11	Железо общее, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.50-96
12	Сульфат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.159-2000
13	Хлорид-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3.96-97
14	Общая жесткость, °Ж	ПНД Ф 14.1:2:3.98-97
15	Прозрачность, см	ПНД Ф 12.16.1-10

Методика Майера
Индикационные группы

Обитатели чистых водоёмов (X)	Обитатели водоёмов средней загрязнённости (Y)	Обитатели загрязнённых водоёмов (Z)
Личинки веснянок Личинки подёнок Личинки ручейников Личинки вислокрылок Двустворчатые моллюски Водный скорпион	Бокоплав Речной рак Личинки стрекоз Личинки комаров долгоножек Моллюски-катушки Моллюски-живородки Плавунец, гладыш, гребляк.	Личинки комаров-звонцов Пиявки Водяной ослик Прудовики Личинки мошки Малощетинковые черви
X*3	Y*2	Z*1
$S = X*3+Y*2+Z*1$		

Для определения качества воды водоема по методу Майера необходимо отметить, какие из перечисленных в таблице групп живых организмов присутствуют в водной среде.

Количество обнаруженных групп из первой колонки таблицы (X) необходимо умножить на 3, количество групп из второй колонки (Y) - на 2, а из третьей (Z) - на 1. Получившиеся числа складывают. Значение суммы (S) и характеризует степень загрязнённости водоема.

Если сумма более 22 – водоем чистый и относится к I классу качества (очень чистый водоем).

Значения суммы от 17 до 21 говорят о II классе качества (чистый водоем). Как и в первом случае, водоем будет охарактеризован как олигосапробный.

Значения суммы от 11 до 16 баллов соответствуют III классу качества (умеренная загрязнённость) – бета-мезосапробный водоем.

Все значения меньше 11 характеризуют водоем как грязный (IV-VII классы качества) – альфа-мезосапробный или же полисапробный [1,19].



Рис. 5. *Wolffia* в протоке Курья (у трамплина) 28.06.17



Рис. 6. *Wolffia* в пробе воды из протоки Курья (у трамплина) 28.06.17



Рис.7. Вид на старицу Курья, где велись наблюдения за *Wolffia* в июне 2017-18г.



Рис. 8. Вид на старицу Курья в октябре 2017-18 г.



Рис. 9. *Wolffia* в старице Курья (у трамплина) в октябре 2018 г.



Рис.10. *Wolffia*, взятая из старицы Курья для наблюдения в лабораторных условиях

Таблица 13

Результаты физико-химического анализа проб воды старица Курья, июнь 2017 г.

№	Показатели	Значение показателей		Требования СанПиН	
		Курья у коллектора	Родник у старицы Курья	Поверхностные воды	Родниковые воды
1	Температура воды/ °С	+17	+5	-	-
2	Запах, баллы	4	0	< 2	< 2
3	Окисляемость мг кислорода/л	4	2	<10	<5
4	Сульфаты мг/л	отсутствует	1-10	<500	<500
5	Хлориды мг/л	1-10	1-50	<350	<350
6	Железо мг/л	<0,05	<0,05	<0,5	<0,3
7	рН	7,0	8,0	6,5-8,5	6,5-8,5
8	Нитриты	отсутствует	отсутствует	<0,02	<0,02
9	Фосфаты	0,1	отсутствует	<3,5	<3,5
10	Аммоний	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5
11	Карбонатная жесткость, мг/л	135	245	<100	<100
12	Общая жесткость м моль – экв/л.	10,0	16,0	<10,0	<7,0

Таблица 14

Результаты физико-химического анализа проб воды Ежово озеро, июнь 2017 г.

№	Показатели	Значение показателей		Требования СанПиН
		Проба № 1	Проба № 2	Поверхностные воды
1	Температура воды/ °С	+15	+13	-
2	Запах, баллы	2	4	< 2
3	Окисляемость мг кислорода/л	2,22	3,84	<10
4	Сульфаты мг/л	10-100	10-100	<500
5	Хлориды мг/л	10-50	50-100	<350
6	Железо мг/л	<0,05	<0,05	<0,5
7	рН	8,54	8,25	6,5-8,5
8	Нитриты	отсутствует	отсутствует	<0,02
9	Фосфаты	0,1	отсутствует	<3,5
10	Аммоний	<0,05	<0,05	<2,5
11	Карбонатная жесткость, мг/л	65	58	<100
12	Общая жесткость м моль – экв/л.	8,25	8,0	<10,0

Результаты физико-химического анализа проб воды, июнь 2018 г.

№ п/п	Определяемая характеристика	Методика измерений	Результат Курья у колл-ра	Результат Курья у трамп-на	Результат Ежово озеро	Треб-я СанПиН
1	Температура воды/ ⁰ С	Стандартная	+ 17	+ 19	+ 15	-
2	Запах, баллы	Стандартная	4	2	2	<2
3	Водородный показатель, ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97	7,6	7,5	8,1	6,5-8,5
4	Аммоний-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3.1-95	0,06	0,07	менее 0,05	<2,5
5	Нитрит-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.3-95	менее 0,02	0,020	0,18	<0,02
6	Фосфат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.112-97	0,050	менее 0,05	менее 0,05	<3,5
7	Нитрат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.4-95	0,69	0,48	30,2	<45
8	Общая минерализация, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010	255	234	615	<1000
9	Взвешенные вещества, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009	75	170	менее 0,5	< 0,75
10	ХПК, мгО/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003	менее 5	менее 5	менее 5	< 30
11	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97	1,26	1,11	1,15	< 4
12	АПАВ, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000	менее 0,025	менее 0,025	0,10	<0,5
13	Железо общее, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.50-96	0,12	0,20	0,08	<0,5
14	Сульфат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.159-2000	менее 10,0	менее 10,0	85	<500
15	Хлорид-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3.96-97	менее 10,0	менее 10,0	49	<350
16	Общая жесткость, ⁰ Ж	ПНД Ф 14.1:2:3.98-97	5,9	5,7	15,3	<10,0
17	Прозрачность, см	ПНД Ф 12.16.1-10	более 30	более 30	более 30	более 30

**Бактериологический анализ воды
Ежово озеро от 26 июня 2016г. и 28 июня 2017 г.**

Показатели	Единицы	Норматив	Результаты 2016	Результаты №1 2017	Результаты №2 2017
Общие колиформные бактерии	В 100 мл	отсутствие	$4 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$
Общее микробное число	КОЕ/мл	не более 100	250	150	50
Термотолерантные колиформные бактерии	В 100 мл	отсутствие	$5 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$
Коли-фаги	БОЕ/мл	отсутствие	$7 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^3$
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	КОЕ/мл	отсутствие в 1 мл	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$
Споры сульфитредуцкlostридий	КОЕ/мл	отсутствие в 20 мл	$8 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^2$	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	КОЕ/мл	отсутствие	$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^2$	0
<i>Salmonella</i> spp.	КОЕ/мл	отсутствие	0	0	0
<i>Bacillus subtilis</i>	КОЕ/мл	отсутствие	$6 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$
<i>Enterococcus</i> spp.	КОЕ/мл	отсутствие	$8 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^2$
<i>Enterococcus faecalis</i>	КОЕ/мл	отсутствие	$6 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	0

Таблица 17

**Бактериологический анализ воды
старицы Курья от 27 июня 2016 г. и 28 июня 2017 г.**

Показатели	Единицы	Норматив	У грам-плина 2016	У грам-плина 2017	У кол-лектора 2017	Результат Родник 2017
Общие колиформные бактерии	В 100 мл	отсутствие	$6 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^4$
Общее микробное число	КОЕ/мл	не более 100	500	200	500	300
Термотолерантные колиформные бактерии	В 100 мл	отсутствие	$7 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^4$
Коли-фаги	БОЕ/мл	отсутствие	$4 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^5$
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	КОЕ/мл	отсутствие в 1 мл	$6 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^8$	0
Споры сульфитредуцкlostридий	КОЕ/мл	отсутствие в 20 мл	$5 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	КОЕ/мл	отсутствие	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^2$
<i>Salmonella</i> spp.	КОЕ/мл	отсутствие	$6 \cdot 10^2$	0	0	0
<i>Bacillus subtilis</i>	КОЕ/мл	отсутствие	$5 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$
<i>Enterococcus</i> spp.	КОЕ/мл	отсутствие	$7 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^2$
<i>Enterococcus faecalis</i>	КОЕ/мл	отсутствие	$4 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^2$
<i>Rhodotorula</i> spp.	КОЕ/мл	отсутствие	0	0	$7 \cdot 10^5$	0

**Бактериологический анализ воды
старицы Курья и Ежово озеро от 22 июня 2018 г.**

Водоем		Старица Курья				Ежово озеро	
Показатели	Единицы	Норматив	У коллেকтора	У трамплина		1	2
				1	2		
Общие колиформные бактерии	В 100 мл	отсутс.	$6 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^3$
Общее микробное число	КОЕ/мл	не более 100	300	200	150	100	150
Термотолерантные колиформные бактерии	В 100 мл	отсутс.	$6 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^2$
Коли-фаги	БОЕ/мл	отсутс.	$4 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^3$
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	КОЕ/мл	отсутс. в 1мл.	$8 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^2$
Споры сульфитредуцирующих клостридий	КОЕ/мл	отсутс. в 20 мл.	$5 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	КОЕ/мл	отсутс.	$6 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$
<i>Salmonella</i> spp.	КОЕ/мл	отсутс.	0	0	0	0	0
<i>Bacillus subtilis</i>	КОЕ/мл	отсутс.	$4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^3$
<i>Enterococcus</i> spp. <i>Enterococcus faecalis</i>	КОЕ/мл	отсутс.	$6 \cdot 10^7$ $5 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^5$ $6 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$ $7 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$ $8 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^3$ $4 \cdot 10^3$
<i>Stenothrophomonas maltophilia</i>	КОЕ/мл	отсутс.	0	$6 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^2$
<i>Candida membranifaciens</i>	КОЕ/мл	отсутс.	$6 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$	0	0

**Результаты исследования чистоты пойменных озер р. Вятка по зообентосу
2015-2018 гг.**

Название водоема	Критерии оценки чистоты водоема		
	Индекс Майера	Состояние водоема	Класс качества воды
Июнь 2015			
Старица Курья	15	Умеренно-загрязненный	III
Июнь 2016			
Старица Курья	10	Грязный	V
Ежово озеро	16	Умеренно-загрязненный	III
Старица Заречный парк	17	Чистый	II
Июнь 2017			
Старица Курья	18	Чистый	II
Ежово озеро	19	Чистый	II
Июнь 2018			
Старица Курья	21	Чистый	II
Ежово озеро	16	Умеренно-загрязненный	III

**Присутствующие группы бентосных организмов
старицы Курья за 2015 г.**

Представители зообентоса	
1. Битиния	10. Личинка ручейника - 1 вид
2. Водный клещ	11. Личинка ручейника - 2 вид
3. Водолюб большой	12. Личинки хирономид
4. Водяной ослик	13. Пиявка двуглазая
5. Жук-плавунец	14. Пиявка рыба
6. Катунка	15. Пиявка улитковая
7. Клоп плавт	16. Прудовик большой
8. Личинка бабочки	17. Трубочник
9. Личинка двукрылых	18. Шаровка
Индекс Майера – 15 (3 класс, умеренно загрязненно)	

**Присутствующие группы бентосных организмов
в пойменных озерах р. Вятка июнь 2016 г.**

Представители зообентоса		
Старица Курья	Ежово озеро	Старица Заречный парк
1.Битиния	Битиния	Водяной ослик
2.Катушкароговая	Бокоплав	Личинка жука длинноуса
3.Катушка-2-й вид	Водяной ослик	Живородка
4.Катушка – 3-й вид	Водяной скорпион	Жук-плавунчик
5.Клоп плавт	Жук водолюб	Катушка
6.Личинка жука	Жук плавунчик	Клоп-гребляк
7.Личинка ручейника-1 вид	Катушка	Личинки поденки
8.Пиявка малоложноконская	Личинка ручейника – 1 вид	Личинка поденки 2-й вид
9.Пиявка плоская (улитковая)	Паук серебрянка	Личинка ручейника 1-й вид
10.Прудовик большой	Пиявка малоложноконская	Личинка ручейника 2-й вид
11.Прудовик овальный	Планария	Личинка стрекозы стрелки
12.Физа	Прудовик	Личинка стрекозы – 2-й вид
13.Шаровка	Ручейник	Личинка хирономид
14. -	Физа	Пиявка двуглазая
15. -	Эуглеза	Поденка двукрылая
Индекс Майера – 10 баллов (5 класс, грязно)	Индекс Майера – 16 баллов (3 класс, умеренно загрязненно)	Индекс Майера – 17 баллов (2 класс, чисто)

**Присутствующие группы бентосных организмов
в пойменных озерах р. Вятка 28.06.2017 г.**

Представители зообентоса			
№	Старица Курья	№	Ежово озеро
	-		Ресничные черви (Turbellaria) - Планария – 1шт
1 2	Малощетинковые черви (Oligochaeta) - Трубочник - Стилярия озерная	2	Малощетинковые черви (Oligochaeta) - Стилярия озерная – 1шт
3 4	Пияви (Hirudinea) - Пиявка малая ложноконская - Пиявка - 2й вид	3 4	Пияви (Hirudinea) - Пиявка улитковая – 1шт - Пиявка малая ложноконская – 1 шт
5 6 7 8 9 10	Брюхоногие моллюски (Gastropoda) - Прудовик овальный-5 шт - Прудовик большой –3 шт - Катушка (1й вид) – 9 шт - Катушка (2й вид) – 5 шт - Катушка (3й вид) – 1шт - Битиния – 22 шт	5 6 7 8	Брюхоногие моллюски (Gastropoda) - Прудовик большой – 2шт - Прудовик овальный – 2 шт - Битиния – 8 шт - Катушка – 2 шт
11	Двустворчатые моллюски (Bivalvia) - Шаровка – 37 шт	9	Двустворчатые моллюски (Bivalvia) - Шаровка – 5 шт
12 13 14	Ракообразные (Crustacea) - Бокоплав – 1шт - Циклоп – 1 шт - Водяной ослик – 1 шт	10 11	Ракообразные (Crustacea) - Водяной ослик – 1 шт - Ветвистоусый рачок – 1шт
15	Водяные клещи (Hydrachnidae) - Водяные клещи (1 вид) – 1 шт	12	Водяные клещи (Hydrachnidae) - Водяной клещ – 1шт
16 17	Поденки (Ephemeroptera) - Личинка поденки (семейство сифлонуры) – 40 шт - Личинка поденки грязевика – 1 шт.	13 14	Поденки (Ephemeroptera) - Личинка поденки двухвостой – 1шт - Личинка поденки грязевика – 1шт
18	Водные клопы (Hemiptera) - Plea minutissima – 1шт.	15	Водные клопы (Hemiptera) - Водяной скорпион – 2шт
19 20 21 22 23 24	Жесткокрылые (Coleoptera) - Жук водолюб – 1 шт - Личинка жука плавунца - 1 шт - Жук плавунец – 1 шт - Личинка жука плавунчика – 1 шт - Личинка жука (сем. Elodidae) - 5 шт - Жук толстоус – 2 шт.	16 17 18	Жесткокрылые (Coleoptera) - Жук плавунец – 1шт - Жук водолюб – 1шт - Жук плавунчик – 1шт
	-	19	Большекрылые (Megaloptera) - Личинка вислокрылки – 1шт
	-	20	Бабочки (Lepidoptera) - Личинка бабочки огневки – 1шт
25	Ручейники (Trichoptera) - Личинка ручейника настоящего – 1шт	21	Ручейники (Trichoptera) - Домик ручейника настоящего – 1шт
26	Двукрылые (Diptera)Tanypodinae - Личинка мокреца – 1шт		
	Индекс Майера – 18 (2 класс, чисто)		Индекс Майера –19 (2 класс, чисто)

**Присутствующие группы бентосных организмов
в пойменных озерах р. Вятка 10.06.2018 г.**

Представители зообентоса			
№	Протока Курья	№	Ежово озеро
1	Ресничные черви (Turbellaria) - <i>Планария</i> 1шт	1	Ресничные черви (Turbellaria) - <i>Планария</i> – 2шт
2	Пиявы (Hirudinea) - <i>Пиявка малая ложноконская</i> -18шт	2	Пиявы (Hirudinea) - <i>Пиявка малая ложноконская</i> – 8шт
3	- <i>Пиявка плоская (улитковая)</i> -1 шт		
4	- <i>Пиявка большая ложноконская</i> -3шт		
5	Брюхоногие моллюски (Gastropoda) - <i>Прудовик овальный</i> – 21 шт	3	Брюхоногие моллюски (Gastropoda) - <i>Прудовик большой</i> – 3шт
6	- <i>Битиния</i> – 60шт	4	- <i>Прудовик овальный</i> – 6шт
7	- <i>Прудовик обыкновенный</i> – 3 шт	5	- <i>Битиния</i> – 4шт
8	- <i>Улитка лужанка</i> – 1 шт	6	- <i>Катушка</i> – 4 шт
9	- <i>Катушка роговая</i> – 8шт		
10	Двустворчатые моллюски (Bivalvia) - <i>Беззубка</i> – 10 шт	7	Двустворчатые моллюски (Bivalvia) - <i>Беззубка</i> - 10 шт
11	Ракообразные (Crustacea) - <i>Водяной ослик</i> – 21шт	8	Ракообразные (Crustacea) - <i>Водяной ослик</i> – 50шт
12	Веснянки (Plecoptera) - <i>Личинка веснянки</i> – 6шт		Веснянки (Plecoptera) -
13	Водные клопы (Hemiptera) - <i>Плавт</i> – 14шт	9	Водные клопы (Hemiptera) - <i>Гребляк</i> – 3шт
14	- <i>Водяной скорпион</i> – 2шт		
15	Жесткокрылые (Coleoptera) - <i>Жук плавунец</i> – 4шт	10	Жесткокрылые (Coleoptera) - <i>Личинка жука плавунчика</i> – 20шт
16	- <i>Жук водолюб малый</i> – 4шт	11	- <i>Личинка жука</i> – 2шт
17	- <i>Жук плавунчик</i> – 2шт		
18	- <i>Личинка жука</i> - 4шт		
19	- <i>Жук (1 вид)</i> – 3 шт		
20	- <i>Жук (2 вид)</i> – 4 шт		
	Большекрылые (Megaloptera) -	12	Большекрылые (Megaloptera) - <i>Личинка вислокрылки</i> – 1шт
21	Бабочки (Lepidoptera) - <i>Личинка бабочки огневки</i> – 2шт	13	Бабочки (Lepidoptera) - <i>Личинка бабочки огневки</i> – 2шт
22	Ручейники (Trichoptera) - <i>Личинка ручейника-1 вид</i> -6шт	14	Ручейники (Trichoptera) - <i>Домик ручейника настоящего</i> – 1шт
23	- <i>Домик ручейника</i> – 5 шт	15	- <i>Ручейник настоящий</i> - 10 шт
	Индекс Майера – 21 (2 класс, чисто)		Индекс Майера – 16 (3 класс, умеренно-грязно)

Результаты исследования чистоты старицы Курья за 4 года по зообентосу

Критерии оценки чистоты водоема	Период исследования			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Индекс Майера	15	10	18	21
Состояние водоема	Умеренно грязный	Грязный	Чистый	Чистый
Класс качества воды	III	V	II	II



Рис. 11. Образец вольфии от 24.09.18 из старицы Курья

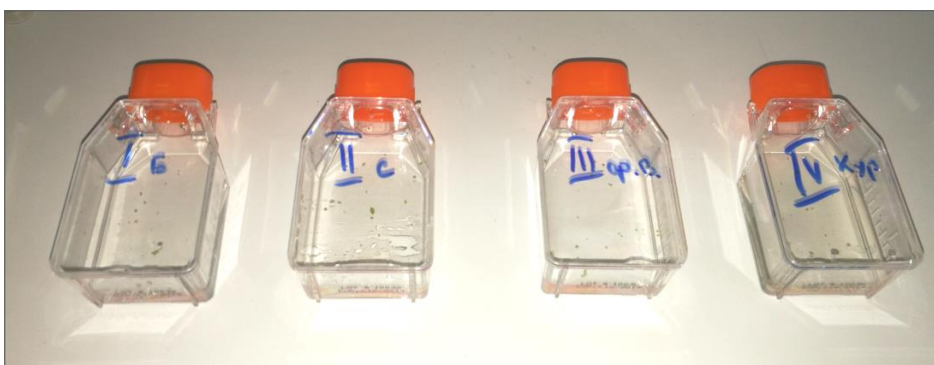


Рис. 12. Вольфия в культуральных флаконах

Таблица 25

Результаты наблюдения за размножением *Wolffia* в условиях эксперимента

№ флакона	1	2	3	4
Количество вольфии	28	30	54	32



Рис. 13 Аквариум для размещения *Wolffia*



Рис. 14 Аэратор для эксперимента



Рис. 15 Фитолампа

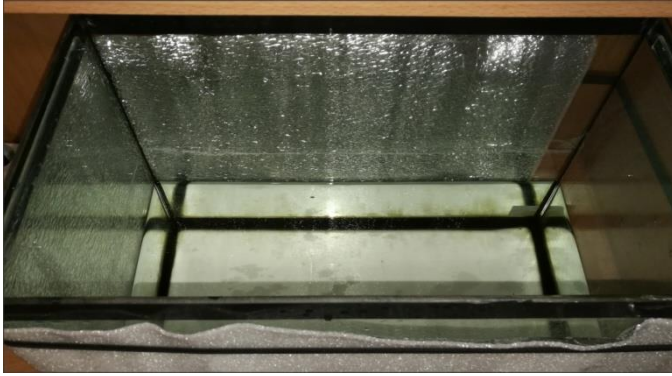


Рис. 16 Фольгированный светоотражающий и теплоизолирующий пенополистирол

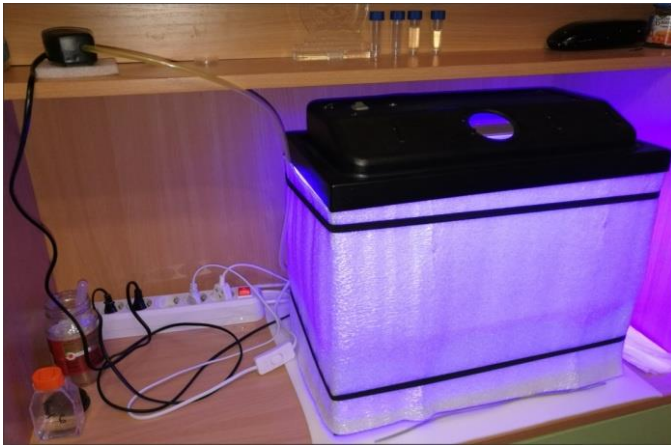


Рис. 17 Освещение аквариума

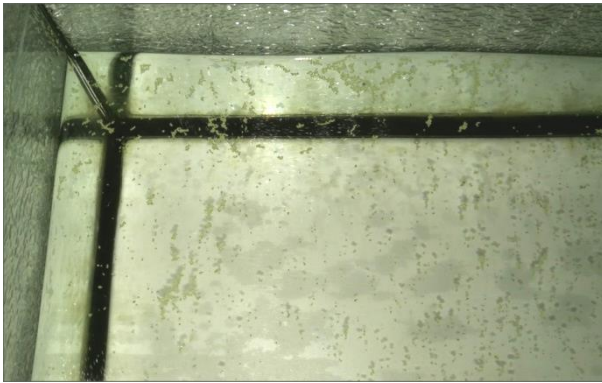


Рис. 18 *Wolffia*, декабрь 2018 г.

Приложение 11

Фотоотчет по исследовательской работе



Рис. 19. Разбор проб макрозообентоса у Ежова озера 28.06.2017 г.



Рис. 20. Определение организмов макрозообентоса в школьной лаборатории с Кочуровой Т.И.



Рис. 21. Проведение микробиологического анализа в лаборатории на кафедре микробиологии и вирусологии Кировского государственного медицинского университета



Рис.22. Автор с заведующей кафедрой микробиологии и вирусологии КГМУ
Колеватых Екатериной Петровной



Рис. 23. Колонии микроорганизмов в чашках Петри