

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

Кафедра анатомии и физиологии человека и животных

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Заведующий кафедрой анатомии  
и физиологии человека и животных, кандидат  
биологических наук, профессор  
Елифанов А.В.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

магистерская диссертация

на тему

ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ СБРАСЫВАЕМЫХ СТОЧНЫХ  
ВОД С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЗМОВ-БИОИНДИКАТОРОВ (*DAPHNIA MAGNA*  
*STRAUS*) ДЛЯ ГОРОДА, С ВОЗРАСТАЮЩИМ АНТРОПОГЕННЫМ  
ДАВЛЕНИЕМ

06.04.01. Биология

Магистерская программа «Биотехнология»

Работу выполнил

Студент 2 курса

Очной формы обучения

Андросова Юлия Олеговна

Научный руководитель

доцент кафедры анатомии и физиологии  
человека и животных

Кыров Дмитрий Николаевич

Рецензент

кандидат биологических наук,  
ассистент кафедры экологии и генетики

Артёменко Сергей Владимирович

Тюмень, 2021

## АННОТАЦИЯ

91стр., 95 ист. литературы, 5 таблиц, 29 рисунков, 2 приложения.

В данной работе рассматривается процесс биотестирования проб воды из реки Тура г. Тюмень после сброса очищенных сточных вод. Тест-объектами в данной работе выступают *Daphnia Magna*, выживаемость которых отображает степень загрязнения водоёма. Так же были проанализированы эколого-физиологические особенности дафний и их использование в очистке сточных вод. Проведено полугодовое исследование в трёх контрольных точках реки Тура с разведением в разных концентрациях. Проведён сравнительный анализ с предыдущими исследованиями и отмечена разница в загрязнении водоёма.

Ключевые слова: *Daphnia Magna*, биотестирование, р. Тура, острая токсичность, выживаемость.

# Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОЧИСТКИ. ....	6
1.1. История открытия и виды загрязнений природных поверхностных вод	6
1.2. Основные объекты и производимые ими сбросы в стоки .....	10
1.3. Методы очистки сточных вод .....	12
1.4. Особенности формирования гидрохимического режима речных систем Тюменской области .....	29
1.5. Список гидробионтов .....	31
1.6. Использование дафний в современном биомониторинге.....	38
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	42
2.1. Эколого-географическая характеристика реки Туры.....	42
2.2. Приготовление к биотестированию. Культивационная вода.....	44
ГЛАВА 3. ХОД БИОТЕСТИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1. Первый месяц (Декабрь).....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2. Второй месяц (Январь) .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3. Третий месяц (Февраль) .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.4. Четвёртый месяц (Март).....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.5. Пятый месяц (Апрель) .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.6. Шестой месяц (Май).....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.7. Сравнительный анализ полученных данных с литературными источниками .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	53
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	64

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Поверхностные воды (пресноводные водоёмы и водотоки) являются одними из важнейших объектов для жизнедеятельности человека. Изучение водных объектов необходимо в целях определения их токсического воздействия, так как, в последнее время, всё более заметна тенденция к активному распределению токсикантов в поверхностных водах из-за активного антропогенного воздействия. Сама токсичность является биологической характеристикой, именно поэтому для её определения используют живые организмы, ведь приобретённые расчётно-аналитическими методами концентрации каждого элемента отдельно не дают с экологического ракурса оценить их влияние на совокупность растений и животных, объединённых общей областью распространения. В практике по всему миру метод биотестирования (из числа биологических методов) все чаще используется для скрининга загрязнения, итогом которого является оповестительная информация о местах и степени токсического загрязнения водных объектов.

Использование водных ресурсов бассейна реки Тура направлено на водоснабжение постоянно растущих скоплений архитектурных и инженерных сооружений города Тюмень. Ввиду этого, экосистема реки ощущает всё усиливающее антропогенное воздействие, основным отрицательным эффектом которого является токсическое влияние на гидробиоту. Именно поэтому изучение водной экосистемы бассейна реки Тура именно так актуально.

Цель и задачи исследования.

Цель работы: оценка методом биотестирования с помощью тест-объектов *Daphnia magna* антропогенно загрязнённых экосистем бассейна реки Туры.

Согласно цели были поставлены следующие задачи:

1. Обобщить и проанализировать современные подходы по оценке токсичности тест-объектов *Daphnia magna* биологическими методами.

2. Изучить токсическое воздействие на экосистему реки Тура, учитывая ее расположение вблизи населенного пункта.
3. Дать оценку силы токсического загрязнения р. Тура после мероприятий по очистке выбрасываемых в реку сточных вод.
4. Выявить изменение токсичности вод реки Тура в протяженности во времени.
5. Предложить биотехнологические методы по улучшению качества очистки сточных вод, для снижения токсичности.

Необходимость данной научной работы заключается в получении новых данных о токсичности вод для экосистем бассейна реки Тура методом биотестирования.

# ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОЧИСТКИ.

## 1.1. История открытия и виды загрязнений природных поверхностных вод

Природа представляет собой целостную систему с множеством сбалансированных связей. Стабильное состояние биосферы, включая атмосферу, гидросферу и литосферу, достигается за счет непрерывного круговорота веществ и энергии [Щукина, с. 3-4]. Однако рост населения, развитие промышленности и сельского хозяйства привели к резкому увеличению антропогенной нагрузки и серьезным нарушениям природного круговорота, особенно в водоемах. Проблема сохранения водоемов стала одной из важнейших задач [Власов, с. 18].

Во многих случаях возможность использования воды для тех или иных целей ограничивается её качеством. Все возрастающее загрязнение водоемов обусловлено сбросом неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, а также поступлением в водные объекты поверхностных стоков.

Для охраны водных объектов используется комплекс организационных и технических мер, включающий классификацию водных источников по назначению, установление стандартов на воду и нормативов на сброс сточных вод, контроль качества воды и ее использования, очистку сточных вод и воды водоемов, разработку технологий, предотвращающих сброс сточных вод и др. [Круглов, с. 12-17].

В качестве экономических стимулов сокращения сброса стоков используются лимиты и нормативы платы за забор свежей воды, нормы допустимого сброса и нормативы платы за сброс сточных вод в водные объекты. За загрязнение водоемов действующим законодательством предусмотрена административная и уголовная ответственность, а также приостановка и закрытие предприятий [Шапоренко, Леонов, с.32-33].

Однако для решения существующих проблем по охране и восстановлению водных объектов потребуются длительный период времени и значительные объемы финансирования [Гухман, с.68]. В перспективе разработка и реализация

малоотходных технологических процессов позволит не только снизить до приемлемого уровня нагрузку на водные объекты, но и получить экономический выигрыш за счет рационального использования водных ресурсов и утилизации уловленных из сточных вод продуктов. При этом очистка сточных вод может стать составной частью производственного цикла, а удаляемые из воды примеси - сырьём для производства различных товаров [Калиниченко, с.104-106].

В настоящее время очистка сточных вод является основной мерой снижения загрязнения водных объектов и остаётся, в большинстве случаев, затратной технологией (затраты на очистку стоков достигают 20% себестоимости продукции промышленного предприятия). Эффективность большинства существующих очистных сооружений недостаточна. Процессы деградации водоемов продолжаются и могут стать практически необратимыми.

Все это требует применения новых более эффективных и экономически оправданных технологий очистки сточных вод и методов восстановления водоемов, разработка которых невозможна без знания теорий процессов, позволяющих удалять из воды вредные примеси [Федорова, Карпункина, Максимчук, с.23-26].

В последнее время выделяют несколько типов действия антропогенных химических веществ на водные экосистемы: токсическое, канцерогенное, мутагенное, эвтрофирующее, сапробное, осолоняющее, механическое.

Наибольшую угрозу для благосостояния водных экосистем представляет токсическое действие. Понятие "токсичность" означает ядовитость (от греч. toxicon – яд), т.е. способность вызывать вредное и / или смертельное воздействие на живые организмы. В водной токсикологии под токсичностью подразумевают возможность воды оказывать опасное, патологическое и даже смертельное, воздействие на организм [Прокофьева, Самарина, с.151].

Сам термин «качество воды» используют для характеризования «состава и свойств воды, определяющих её доброкачественность для определённых типов водопользования», поэтому токсичность считают одной из её характеристик.

Химические методы измерения концентрации загрязняющих веществ в воде позволяют выявить соотношение этих содержаний констатированным нормативам качества воды для конкретных видов водопользования (рыбохозяйственного, рекреационного, питьевого и т.д.). Они информируют о силе воздействия на водную экосистему. Однако, их недостатком является невозможность оценить реальный биологический эффект как каждого индивидуально загрязняющего вещества, так и их совокупности, а ко всему прочему продуктов их преобразования и метаболизма. Помимо этого, количество химических соединений, загрязняющих водную среду, настолько большое, что с трудом есть возможность в контроле ситуации [Верещагина, с.5-6].

Биологические методы можно условно разделить на методы биоиндикации и методы биотестирования. Каждая группа методов имеет свои достоинства и недостатки. Среди методов анализа экологического состояния водных объектов метод биоиндикации занимает одно из главнейших мест [Шигалов, Губейдуллина, Кадырова, с.177-179]. Он опирается на возможности каждого отдельного вида жителей водоёмов демонстрировать своим развитием и жизнедеятельностью в водной среде степень её загрязнения, то есть выступать в роли биоиндикаторов, а значит отражать сложившиеся в водоёме условия среды. Благодаря этому можно изучать видовой состав и численность обитателей вод в зависимости от её свойств. Этот метод является самым наглядным и доступным для определения токсичности воды.

В настоящее время, по оценкам некоторых учёных, подвергается мониторингу всего около 0,3% поступающих в окружающую среду химических веществ [Вахидова, с.11-12]. Методы биоиндикации, традиционные для гидробиологии, благодаря им исследователи водных биоценозов могут красочно пронаблюдать, как антропогенное воздействие влияет на гидробиоту. Преимущественно учёные фиксируют отклик, формирующийся за отведенный, достаточно продолжительный отрезок времени. Большая часть гидробиологических показателей характеризуется известной «консервативностью» и не допускает определить адаптационно-



приспособительные варьирования в сообществах, отличить межгодовые природные колебания от антропогенных процессов [Гимазутдинова, с.51].

Биотестирование, в отличие от биоиндикации, является характеристикой влияния на водные биоценозы. Методы биотестирования дают возможность получить данные о токсичности любой пробы воды, загрязненной антропогенными или природными химическими веществами. Опираясь на это можно заметить, что методы биотестирования хоть и являются биологическими, однако они близки к методам химического анализа вод [Лепеш, Панасюк, Чурилин, с.37]. Тем ни менее, отличием от химических методов заключается в том, что конкретно этот метод позволяет конкретно определить совокупную токсичность, обусловленную фигурированием комплекса загрязняющих воду химических веществ и их метаболитов. Прослеживается определенная аналогия интегральной токсичности с такими показателями, как продуктивность водоема или с другими показателями, отображающими наиболее обобщённые для экосистемы параметры [Исхакова, Ткачева, с.11-13].

Обобщённая характеристика токсичности воды, как и сами показатели эффективности, диагностирует биологическую значимость воды, т.е. её главнейшее качество как среды обитания и одного из важнейших элементов для жизнедеятельности человека. Интегральный показатель токсичности дает возможность в определённых случаях кроме общего неспецифического воздействия на гидробионты вычленить некоторые характерные реакции на отдельные химические вещества или группы веществ. К примеру, ртуть, представляет собой сильный ингибитор клеточного деления у водорослей, что позволяет по изменению конкретных морфологических структур предварительно оценивать наличие ртути в исследуемой пробе воды.

Методы биотестирования часто применяются в различных областях природоохранной деятельности. Биотестирование представляет собой основной метод при разработке нормативов ПДК химических веществ (биотестирование токсичности отдельных химических веществ), а в особенности при оценке

опасности для окружающей среды и здоровья населения [Ягафарова, с.24-26]. В итоге, оценка степени загрязнения по результатам химического анализа, а точнее интерпретация полученных результатов с точки зрения опасности для окружающей среды, в свою очередь в большой степени отталкивается от данных биотестирования.

В отличие от биотестирования токсичности химических элементов, биотестирование природных вод является оценкой токсичности водной среды неизвестного состава и может иметь в связи с этим ряд особенностей. Тем ни менее, даже если учёному, участвующему в проведении исследования, известны пути загрязнения водного объекта, и он может догадываться, какие именно химические вещества могут фигурировать в пробе природной воды, результат биотестирования нельзя предугадать досконально []. Он будет зависеть от ряда факторов:

1. Совокупности эффектов влияния группы содержащихся в воде химических веществ.
2. Температуры воды.
3. Скорости метаморфозов и метаболизма химических соединений в конкретных водных экосистемах.
4. Гидрохимического режима и т.д.

Именно поэтому, только биотестирование проб воды может точно определить реальную токсичность пробы природной воды для гидробионтов и позволил оценить степень риска токсического загрязнения водной экосистемы [Петрушин, с.41].

## **1.2. Основные объекты и производимые ими сбросы в стоки**

Отходы нефтяной и химической промышленности способствуют структурным изменениям, снижая концентрацию кислорода, увеличивая вязкость воды. Основными составляющими таких отходов являются фенолы, АПАВы, тяжелые металлы, взвешенные вещества, для этого постоянно подвергаются мониторингу эти показатели, а также водородный показатель, ХПК и БПК воды [Поварова, с.189].

Целлюлозно-бумажные комбинаты опасны своими древесными компонентами, красителями, лаками, а так же и фенолами. При разложении производится метан, сероводород, диоксид углерода, которые оказываются очень вредоносными. Также высокой токсичностью отличаются текстильные и швейные предприятия, сбросы которых включают в себя акватории остатков натуральных и синтетических волокон, краску, тяжелые металлы, меняющие ферментативную реакцию водной среды [Коваленко, Благодарная, Шевченко, с.185].

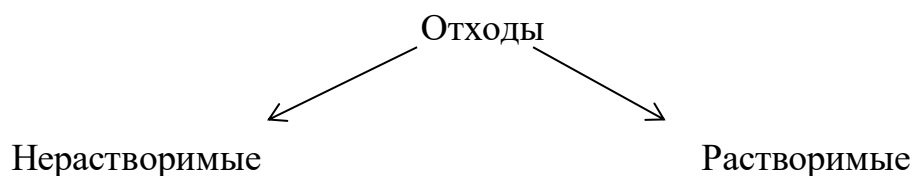
От предприятия по производству молочной продукции в воду могут сбрасываться остатки шерсти, шкур, крови, жира, сырных крошек, творожных остатков, быстро закисающих и ощелачивающих водную среду. Помимо этого, активно развиваются различные грибы, бактерии, вирусы. Для этого так же необходимо проверить воду на жиры и перед сбросом провести хлорирование воды или другое обеззараживающее мероприятие.

Заводы, по изготовлению спиртосодержащей продукции являются источниками сброса гниющих быстро отходов производств, которые включают в себя грубодисперсные, коллоидные и растворенные вещества.

Отходы от сельского производства особенно губительны для экосистемы, ведь в них содержится большое количество грибов, вирусов, бактерий, попадающих с полей. Это остатки плодов, овощей и минеральных удобрений, а также пестицидов, нитратов.

В целом, любое предприятие загрязняет сточные воды всевозможными фосфатами и нитратами при уборке помещений. Попадает в городские стоки и сильно влияют на микрофлору водной системы большое количество очищающих средств на синтетической основе, а также вирусы, гельминты [Круглов, с.10]..

Символично производственные отходы промышленных, сельскохозяйственных предприятий, городских поселений можно поделить на две группы:



В связи с данной классификацией отходов необходимо применять соответствующие методы очистки сточных вод для ее наиболее эффективной и качественной очистки для последующего использования человеком.

Таблица 1. Основные методы очистки сточных вод для растворимых и нерастворимых соединений

Соединения	Методы очистки сточных вод
Растворимые вещества	Биологический
	Физико-химический
Нерастворимые вещества	Механический

### 1.3. Методы очистки сточных вод

Вода – это один из важнейших элементов, необходимый для жизнедеятельности человека. Она является незаменимым ресурсом для большинства отраслей промышленности, служащим источником жизни для всего живого. Именно из-за этого так необходима усиленная очистка сточных вод. В зависимости от качественных параметров примесей и степени их связывания имеются различные варианты их очистки [Парфенова, с.32].

Использованная вода может включать в себя различные вредные примеси и невозможно без должной очистки сбросить ее в водоем. Любая сточная вода представляет угрозу для жизнедеятельности не только гидробионтов, нанося огромный экологический ущерб, но и для здоровья самого человека. Если не подвергать очистке сточную воду, то, как следствие станет резкое снижение количества кислорода в водной среде, начнется активное размножение патогенных

организмов и вода перестанет быть не только не пригодной для питья, но и для использования в промышленности.

Совокупность работ, процессов и действий, нацеленных на деферризацию от загрязняющих веществ и примесей из сточных вод, называют очисткой сточных вод. При этом полностью убирают или разлагают вредные вещества, оказывающие токсичное влияние на экосистему в точке сброса стоков.

В наше время не существует идеального способа дезинфекции и очистки сточных вод, из-за этого в опытах, в основном, пользуются группой нескольких методов очистки. Их обобщенная классификация: механический способ, химический способ, физический способ, биологический способ, биохимический способ [Лапин, с.81].

Метод очистки стоков опираясь на анализ состава загрязнений и от необходимой степени очистки. Помимо этого, берутся во внимание и другие параметры - грунтовые условия, мощность очистного сооружения и т.д.

Загрязняющие вещества могут иметь различные места происхождения, для этого и используются индивидуальные системы устранения загрязнений из стоков очистных сооружений с использованием самых разнообразных методов очистки сточных вод.

- **Механический метод очищения сточных вод**

Первым этапом в любом случае идет механическая очистка, где подвергаются фильтрации нерастворимые фракции:

### **1. Механизированные решётки**

Данный метод очистки отделяет крупные частицы, пропуская сточные воды через стержни, выгружая их в подготовленный мусоросборник. Потом идут отстойники в механизированных решётках, которые предназначены для отделения взвешенных частиц.

Данный процесс ориентирован на расслаивание дисперсионной среды по трём слоям – верхний (плавающие плёнки), средний – водная среда, нижний – тяжёлая масса (оседающие частички). Для выделения основной массы взвешенных и коллоидных элементов используют как горизонтальные, так и вертикальные отстойники.

Из-за действия сил тяжести и непрерывной деятельности обоих модулей в отстойниках идёт очистительный процесс без гидролиза (смешивание с водой) и загнивания, а в свою очередь последующего загрязнения растворившимися частицами. Нижний слой откачивают насосами и осушают.

Сами же решётки подразделяют на нескольких видов: стационарные, дробилки и самоочищающиеся. Каждый из них отличается своей производительностью и подходит для удаления конкретного типа загрязнений [Каретникова, с.603].

К ключевым функциям решёток относят:

- Снижение нагрузки на этапе биологической очистки;
- Защита оборудования от крупных частиц мусора;
- Удаление крупных загрязнений.

## 2. Отстойники

Отстойники – это накопительный аппарат, в котором идёт осаждение механических и взвешенных примесей. Их основное применение сводится к удалению органических загрязнений, однако и в качестве очистки от других примесей имеет место хороший результат. Помимо этого, они значительно снижают нагрузку при использовании методов биологической очистки. К отстойникам можно отнести Бензо-масло-отделители и нефтеловушки. Отстойники подразделяют на:

- Горизонтальные: жидкость в которых движется параллельно земле;

- Вертикальные: в первую очередь стоки попадают в нижнюю часть, в которой оседает тяжёлый осадок, а очищенная вода идёт вверх и выводится через специализированные карманы;
- Радиальные: схожи по структуре с вертикальными, но включают в свою конструкцию перемешивающий агрегат, управляющий сточной водой и собирающий осадок по центру устройства, чтобы в последующем вывести его;
- С тонкослойными элементами: в структуру устройства добавлены ламели, повышающие эффективность очистки, из-за увеличения площади сбора осадка.

### **3. Жиро-масло-отделители и нефтеловушки**

Для удаления нефти, жиров и масла применяют индивидуальные отстойники, включающие в себя специальные пластины из материала, притягивающего к себе их взвешенные фракции. Тем ни менее необходимо не только притягивать взвешенные вещества, но и оттолкнуть воду. Для этого используют введённый коагулянт, который создаёт необходимую среду для нерастворимой части. А с помощью гравитации вверх поднимаются капельки жира, масел и фильтруются жиρούловителями – специальными отделениями, в которых осаждаются тяжёлые частички и всплывают те, что легче воды [Курбатов, Аснис, Ваграмян, с.49-52].

### **4. Центрифугирование**

Под этим понятием подразумевается использование центробежных сил, которые создаются в процессе движений, благодаря которым идет процесс постепенного очищения воды от загрязненных взвешенных элементов.

Этот процесс сам по себе довольно энерго-затратный из-за активного вращения корпуса, использующегося для очищения от мелкодисперсных осадков из сточных вод. Однако, этот метод используется крайне редко, ведь он более целесообразен для выведения и сохранения осадка, который может представлять собой ценный продукт для локальной очистки производственных вод, необходимый для использования в других сферах. Тем ни менее, данный метод применяют, если

состав воды мелкодисперсный или если нет возможности использовать реагенты для очистки. С помощью центрифугирования можно заметно уменьшить площадь, используемую чтобы установить оборудования. Также если необходимо лишить воды осадок для какого-либо использования можно использовать центрифугирование.

## **5. Песколовки.**

Песколовки (мембранные ловушки) позволяют фильтровать воду, очищая её от твердых и тяжелых примесей органического и минерального происхождения (песочных частиц, битого стекла, строительного мусора, осколков костей и др.). Песколовки подразделяют на виды по направлению потоков: центробежные, вертикальные, горизонтальные и аэрируемые [Баринов, с.803]. Чтобы осуществить фильтрацию применяют методы центрифугирования, макро- и микрофильтрацию. Часто задействуют тангенциальные песколовки, действующие по принципу вращения: вода подается сверху вниз по кругу, поднимаясь с центра. Данная ловушка обладает невысокой скоростью, но из-за периодического осаждения песка вода осветляется. После чего осадок подвергают утилизации. Такая очистка хороша тем, что не только справляется с удалением частиц мусора из сточных вод, но и предотвращает повреждение приборов и оборудования [Гасанов, с.11-13].

Гидроциклон - механизм, необходимый для создания в ходе работы вращательных движений сил центробежного направления, отделяющих тяжелые частички, поступающие в накопитель, который располагается снизу очистителя. Вода в очиститель подается сверху и перемещаясь по спирали активизирует центробежные силы, выталкивающие очищенную воду в проем наверху. Существенным отличием гидроциклонов от песколовок и радиальных отстойников является скорость разделения. Она зависит от высоты давления на входе и остроты угла на выходе агрегата [Чуркина, с.34-35].

Сам по себе метод фильтрации довольно широкий, включающий в себя всевозможные составляющие, к примеру, специальные системы перегородок,



задерживающие твердые частицы, но пропускающие воду. Материалами для фильтра служат пенополиуритан, полистирол, полипропилен (синтетика) и кварцевый песок, керамзит, дробленый гравий, бурый уголь, представляющие собой природные компоненты. Наиболее эффективным и менее затратным считается фильтр с нисходящим потоком, однако, хоть восходящий и быстро заливается, однако его тоже применяют в некоторых случаях [Курбатов, Аснис, Ваграмян, с.49-52].

Для удаления самых мелких крупиц идеально подходит микрофильтрация, ведь она позволяет отфильтровать частицы размером 0,1-1мм. Тем ни менее такие элементы, как полимеры, керамические остатки, стекло, металл, способны помешать микрофильтрации [Александрова, с.44].

В целом, фильтрация сама по себе тоже подразделяется, опираясь на то, чем именно идёт очистка:

- Сетчатые фильтры – это установки, очищающие сточную воду сквозь сетчатые структуры. По конструкции они могут быть различны, но в основном используются плетеные металлические сетки из полимерного волокна или проволоки. Выбор, из чего и какого размера сделать сетку полагается на технологические параметры.

- Дисковые фильтры – установки, оснащенные фильтром из пластиковых дисков, на поверхности которых расположены насечки разных размеров, задерживающие загрязнения.

- Засыпные фильтры – вертикальные агрегаты с распределительными устройствами типа «паук» или ложное дно, на которые засыпается гравий, активированный уголь или другое мелкодисперсное вещество. Благодаря этим материалам создаются каналы и поры, через которые и осуществляется фильтрация. Большим плюсом является как раз-таки то, что засыпку можно сменить в зависимости от загрязнений, среди

которых встречаются газы, ионы и другие вещества, с трудом убирающиеся из сточных вод [Сауткина, Чеснокова, Рогаткин, с.232].

- Мешочные фильтры – установки, использующие для фильтрации тканевый мешок, необходимый для обезвоживания осадка.

- **Химические методы очистки сточных вод**

Химическим же методом принято считать те методы, когда в процессе очищения воды в нее добавляют реагенты. В основу химического метода положены три химические реакции: окисление, восстановление и нейтрализация, а также осаждение [Бордунов, Бордунов, Леоненко, с.8].

### **Окисление**

При помощи окисления идет процесс обезвреживания таких элементов, как медь, цинк цианиды, сульфиды, сероводород. В зависимости от вида загрязнения применяют разные окислители, такие как хлор, озон, фтор, перекись водорода, перманент калийный и другие реагенты [Бузаева, с.7-12]. Но чтобы пользоваться реагентами, необходимо иметь специализированный склад для хранения, а это приравнивается к значительным затратам [Вислоухова, с.209]. Самым эффективным окислителем является озон, очищающий воду от запаха и привкуса, дезинфицирует и обесцвечивает воду, но тем ни менее он считается самым дорогим. Заменой озона выступает хлор, который более доступен и распространен для очищения [Лобанов, Пойлов, Софронова, с.1638-1639].

### **Восстановление**

Данный прием применяют для обработки водных акваторий. Её применяют, если в сточной воде обнаруживаются такие элементы, как ртуть, мышьяк и хром. Этап восстановления необходим для преобразования загрязнений до более крупных частиц, которые в последующем убираются путем отстаивания или фильтрацией. Представителями являются такие реагенты, как активированный уголь, сульфат железа, сероводород, гидросульфида натрия, диоксид серы. В зависимости от загрязнения подбирается и метод восстановления.

## Нейтрализация

Ещё одним способом нейтрализации является накопление кислых и щелочных потоков и их выведение по очереди. Тем ни менее он не всегда выгоден, так как необходимы дополнительные резервуары, для механического перемешивания или барботирования (пропускание газа сквозь слой жидкости с помощью трубок, подведенных ко дну резервуара). Наиболее доступным и распространенным реагентом является гашеная и негашеная известь [Гуславский, Канарская, с.31].

## Осаждение

Основой этого метода является создание нерастворимого осадка при добавлении добавок-реагентов специального назначения. Это является водоподготовкой для дальнейшего очищения. Данный метод работает с такими же показателями в техническом плане. В нем используются такие же типы смесителей, необходимые для коагулирования водопроводной воды и, помимо этого, лопастные смесители, круглые с тангенциальной подачей. Благодаря этим техническим приёмам идёт осаждение токсичных элементов в которую реагенты подаются уже на первом этапе [Великанов, Наумов, Примак, с.44-48].

Для каждого загрязнения, как и всегда, применяются индивидуальные реагенты, учитывая присутствие в воде тех или иных веществ и химических элементов, как например, чтобы очистить воду от фосфора добавляют соли железа, алюминий и известь. Коагулянтами являются различные соли, как окись магния, углекислый калий, окись магния, окись железа, сульфат железа, хлорное железо, сернокислый глинозем [Гомеля, Трус, Носачева, с.67-72].

Так же как и большинство, этот метод имеет свои недостатки, его минусом является образование на выходе избытка шлама и солей. Ещё одна проблема в очистке состоит в том, что состав воды постоянно меняется, соответственно смена реагентов, поступающих в неё, идёт параллельно смене состава. Осаждение чаще всего применяют для фильтрования промышленных стоков [Пискарев, Аристова, с.34-37].

- **Физические методы очистки сточных вод**

Эти методы опираются на физические законы, чтобы очистить воду. Так же, как и в любой очистке есть и у этого метода свои способы очистки:

### **Магнитная очистка**

Непрерывное воздействие магнитного поля на воду смягчает её и продлевает срок работоспособности оборудования, ионы кальция, кремния и магния не создают накипи на сортирующих поверхностях фильтров, а те соли, что уже успели образоваться, с легкостью разрыхляются и удаляются из стоков, как и не растворимые соли, содержащиеся в толще воды [Бескровный, с.44].

В последнее время этот метод считается наиболее альтернативным в использовании твердых и жидких ингибиторов в обратно осмотических системах. Его используют для формирования новых физико-химических свойств воды, чтобы подготовить её к дальнейшему очищению. Само по себе магнитное поле, оказывая влияние на воду, чистит её, оставляя в сохранности солевой состав. Такую систему очистки обычно ставят на промышленных сооружениях: компрессорные станции, магистрали. При использовании такой обработки процесс коагуляции позволяет быстро очистить воду и повышает скорость выпадения осадка [Калинин, Арнаутовский, Воякин, с.56-57].

### **Электромагнитная обработка**

Хоть эффект и схож с магнитной очисткой водных стоков, однако эффект недолговечен и держится чуть больше суток. Электромагнитные волны в диапазоне звуковых частот имеют огромное преимущество, заключающееся в небольших размерах, простоте монтажа и обслуживании, экологической безопасности и более низких расходах. Диапазон применения данной очистки довольно велик в первую очередь для воды с повышенной жесткостью. Помимо этого, очищенная данным способом вода сохраняет кальций и магний, необходимые человеческому организму

элементы для опорно-двигательной, сердечно-сосудистой и нервной систем [Ибрагимова, Колесникова, Халиков, с.9-12].

### **Обработка с помощью ультразвука и ультрафиолета**

Данный вид обработки больше подходит как дезинфектор, уничтожающий большинство вредных микроорганизмов и бактерий. Ультразвук влияет на внешнюю оболочку клетки микроорганизмов, разрушая её, в процессе этого начинается кавитация - процесс образования пузырьков, разрываясь, которые создают перепады температур. Внутри пузырьков есть газ, от чего температура и давление имеют высокий показатель [Маслова, с.49-50].

С такой же силой ультрафиолетовое излучение губит вредоносные бактерии и микроорганизмы начисто, как и ультразвук. Такой свет вызывает нарушения на уровне структуры ДНК за счет облучения, что не позволяет бактериям и микроорганизмам воспроизводить себе подобных. Этот метод крайне эффективен и в основном применяется для борьбы с загрязнениями водных акваторий [Курдюмов, Твердунов, с.19].

### **Ионизирующее облучение**

Для того чтобы убрать яды и токсины применяют метод фильтрации с помощью ионизирующего облучения. Пенный концентрат флотационного шлама, с насыщенными пузырьками очищает воду от бактерий и микроорганизмов и после этого можно сбрасывать очищенную жидкость в водоемы без вреда для биоценоза. Этот метод не радиоактивен и часто совмещается с флотацией или адсорбцией [Цыбульский, Черняев, с.27-28].

#### **• Физико-химическая очистка сточных вод**

Физико-химическую очистку применяют для очистки от мелкодисперсных и взвешенных частиц. К ним можно отнести как остатки органики и минеральных веществ, так и газы, которые были растворены в воде.

## **1. Очистка реагентами (коагуляция и флокуляция)**

В этом способе обычно идёт применение коагулянтов для очистки, при котором адсорбции частицами гидроксида поддаются мелкие загрязняющие частицы и выпадают в осадок на дне очистительного сооружения. В воду вводят специальные реагенты, которые делают загрязняющие частицы больше в размерах и в последующем осаждают. В качестве коагулянтов чаще всего выступают соли кислот, железа и алюминия, или реагенты, которые основаны на гидрохлориде [Потапов, Бровкин, с.16-17].

Флокулянтами являются синтетические высокомолекулярные полимерные соединения, влияющие на мелкие загрязняющие частицы, провоцируя их выпадение в хлопьевидный рыхлый осадок путем механической, тепловой либо электролитической реакций. Этот способ идеально подходит, чтобы снизить расход дорогих реагентов и сокращения реакции коагуляции. Так же её используют и без ввода коагулянтов совсем. В этом случае идёт образование хлопьев, поглощающих даже очень сильные загрязнения [Кереметин, с.18-19].

Молекулярно-гидратная оболочка загрязняющих веществ прочно связывает их с водой, поэтому для ее разрушения используется метод смены заряда частиц. Загрязнения, имеющие в своём составе железо (Fe-) и алюминий (Al-) заряжены положительно, а коллоиды – отрицательно, что приводит к активному взаимодействию и дальнейшей нейтрализации. Этот метод позволяет сделать воду прозрачной и бесцветной до 95%, что способствует их применению на текстильных и целлюлозно-бумажных предприятиях.

## **2. Флотация и электрофлотация**

Чтобы удалить из сточной воды АПАВы, жировые эмульсии, растворенные в воде органические соединения и тонкоэмульгированные нефтепродукты, используют напорную флотацию совместно с рентгеновской установкой. Результатом этой очистки служит приклеивание взвешенных частиц к пузырькам

воздуха на молекулярном уровне, что способствует концентрации частиц на поверхности раздела фаз и очищает воду на 85-95% [Ксенофонтов, Титов, с.27-28].

Взвешенные частицы можно разделить на три группы по структуре отделяемого вещества:

1. Твердые с водоотталкивающими свойствами: в эту группу входят частицы масла или жира, удаляемые при формировании крупных пузырьков в сточной воде.

2. Углеводы и белки, с гидрофильной поверхностью, можно убрать с помощью небольших групп газа, а точнее сжатым воздухом.

3. Загрязнения в виде хлопьев удаляются комплексным методом: совмещая в себе биологическое разложение и нагнетание воздуха с соединением пузырьков газа [Назаров, Назаров, Хабибуллина, с.108-110].

Метод электрофлотации подразумевает использование электролиза, при котором небольшие крупинцы поднимаются к поверхности с помощью микроскопических пузырьков электролитических газов [Черников, Наврузова, Попова, с.7-9].

### **3. Ионный обмен**

При этом способе применяют синтетические ионообменные смолы – иониты, устраняющие как ионы металлов с солями (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, ртути, кадмия, ванадия, марганца), а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ. Самых по себе их продают как капсулы, добавляемые в фильтра очистительных сооружений [Гимаева, с.31-32]. Благодаря этому методу становится возможным очищать стоки до предельно допустимых концентраций с дальнейшим её применением в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения [Диденко, Богданова, с.144-145].

Основой для данной очистки выступает применение сорбентов – специальных веществ, притягивающих органические соединения. Огромным плюсом сорбции является то, что он удаляет даже те органические соединения, убрать которые не получается с помощью других методов [Бузаева, с.18]. Данный метод полностью воздействует на растворенные и тонкоэмульгированные нефтепродукты, очищая от них сточные воды. Сорбентами выступают цеолиты, уголь или керамзит. Один из них добавляют в один или несколько слоев по специализированным блокам [Гимаева, с.31-32].

Чтобы полностью до очистить стоки от нефтеперерабатывающих заводов в основном используют ГАУ, имеющего некоторое количество ценных характеристик: большим коэффициентом фильтрации, химической стойкостью и механической прочностью. При процессе восстановления сорбционной емкости «МИУ-С» по нефтепродуктам совместно с щелочной регенерацией в некоторой степени идёт в комплексе с сорбционной ёмкостью по ионам металлов. Чтобы обеспечить акцессорную регенерацию обменной ёмкости по ионам металлов применяют смесь NaCl [Москвичева, с.42].

#### **4. Экстракция**

При очистке таким способом идёт процесс извлечения растворенных в стоках примесей путём их трансформации в экстрагент - своеобразная жидкость, имеющая свойство не смешиваться с водой [Баканов, с.363]. Ими выступают растворители органического происхождения (бутилацетат, бензол и др.). По ходу очистки выделяют экстракт и рафинат [Куи, с.44]. Экстрактом является раствор полученных примесей в экстрагенте. Рафинат - резидуальный водный раствор, очищенный от загрязнений [Назаров, Назаров, Хабибуллина, с.108-110].

#### **5. Электролиз**

Основой для этого метода служит использование электрического тока для очистки сточных вод, проходя сквозь них и удаляя вредные примеси. Результатом такого влияния является возникновение сильных окислителей. Так же, к примеру,



если в состав воды уже входил хлор или его соединения, то они результативно очищают и обеззараживают воду [Бреус, Скрыбин, Фесенко, с.62].

- **Биологический и биохимический метод очистки сточных вод**

Этот метод опирается на использование микроорганизмов активного ила, с последующим разьединением смеси, уже прошедшей химическую реакцию. Данный метод считается одним из самых универсальных, так как он позволяет убрать из стоков примеси железа, аммония, марганца и сероводорода, истребить патогенные микроорганизмы, лишить воду сторонней цветности и вкусов, а также смягчить воду.

Стадии очистки:

1. Скопление загрязнений идёт на поверхности биомассы;
2. При внешних ферментативных воздействиях происходит расщепление высокомолекулярных органических веществ и их трансформация в относительно некрупные молекулы;
3. В последующем реакция начинается с внутренними ферментами клетки. Во время него проходит процесс окисления низкомолекулярных веществ до кислорода и углекислого газа, с синхронным комплектованием новых клеточных веществ.

### **Биологические пруды**

Биологическим прудом подразумевается неглубокий искусственный водоём, применяемый для очистки и доочистки сточных вод [Жуйков, с. 26-34].

В таких биологических объектах живёт большое количество водорослей, вырабатывающих кислород и обогащающие им воду, чтобы помочь в развитии полезных микроорганизмов [Юнусова, Зайнуллин, с.379]. Для этого необходимо соблюдать оптимальный уровень температуры и кислотности (рН). Для жизнедеятельности очень необходимы аммонийный азот и углекислый газ,

выделяющиеся при разложении органики. Чтобы это осуществить ставят фильтрационные поля, в которые сбрасывают стоки [Лукьянчиков, с.9].

В основном, биологические пруды, так как сами по себе они не глубокие их используют для очистки промышленных стоков и рек, впадающих в водохранилище [Согин, с.71].

Как и у всех методов очистки у биопрудов тоже есть минусы, такие как:

- Низкая производительность из-за небольшой глубины;
- Чтобы разбить хотя бы один пруд необходимо большое количество земель, которые можно было бы применить в сельском хозяйстве или для других целей;
- Сезонность играет так же очень большую роль: в умеренном климате биопруды имеют огромную эффективность, но только летом. Зимой же их использование крайне неудобно [Лукьянчиков, с.13-14].

Биологические пруды подразделяют на несколько типов:

- Контактные: в таких водоёмах большую роль играет биологическое окисление из-за того, что они все стоячие;
- Проточные водоёмы: в одном случае сточные воды разбавляют проточной речной водой, в другом - не разбавляют;
- Анаэробные: Эти пруды опираются на анаэробные методики и достигают в глубину более 3 метров;

В основном, пруды устраивают таким образом, чтобы стоки проходили несколько фаз очистки, задерживаясь на каждой из них на несколько дней [Борзенков, Кумани, Лукьянчиков, с.18-20].

Анаэробная очистка основывается на применении специализированных бактерий, спокойно проживающих и без кислорода. Этот процесс называется брожением. Анаэробные процессы дают возможность изменить трудно окисляемые вещества таким образом, чтобы они стали легко усваиваемыми. Часть органических

загрязнений расщепляются, а то что остаётся служит субстратом для прироста биомассы [Катраева, с.12].

У данного метода очистки есть две основных ступени: первой ступенью является организация рецикла иловой смеси ёмкости, похожей по форме на цилиндр. Эта смесь повышает концентрацию биоциноза, а чтобы не повредить всю выстроенную систему, применяется насосное оборудование или специализированные мешалки. Для второй ступени идеально подходит специальное конусное днище, скапливающее в себе осадок. Ту уже идёт доокисление веществ, а группы микроорганизмов оседают и уплотняются [Ягафарова, с.31-33]. Чтобы этот процесс прошёл удачно, необходимо применять особые закрытые резервуары с трубкой для отвода биогаза (метантенки). Процентное соотношение при такой очистке достигает 85%.

В аэробной очистке участвуют микроорганизмы, но уже те, которые существуют только с присутствием кислорода. Вода очищается тоже двумя этапами: поглощение органических частиц и неосаждающихся твёрдых примесей активным илом и дальнейшее окисление аэробными бактериями [Залетова, с.11-12].

Непрерывающаяся подача сжатого воздуха благодаря активным биоокислительным процессам даёт возможность эффективно смешивать сточную воду с активным илом в зоне аэрации. Очистка при таком комбинировании может достигать 99% [Демина, с.52-55].

Последним этапом любой очистки является обеззараживание воды. Такая завершающая обработка нужна для того, чтобы убрать вирусы и патогенные микроорганизмы, вредящие здоровью человека. С эпидемиологической точки зрения самыми опасными считаются хозяйственно-бытовые, промышленно-бытовые отходы, а ещё сточные воды инфекционных больниц, поверхностно-ливневые стоки и жидкие отходы некоторых предприятий (птицефабрик, мясокомбинатов и др.). Самым эффективным обеззараживанием считается применение ультрафиолетового излучения с длиной волны 200-400нм. Такое бактерицидное облучение влияет на

ДНК бактерий, разрушая его и предотвращая его деление и размножение. Такая очистка очень выгодна, ведь она не вредит биоценозам благодаря тому, что во время неё не образуются токсичные вещества [Камруков, с.38-40].

Способ гиперfiltrации по-другому называют обратным осмосом. Применение полупроницаемых мембран создаёт давление, которое запускает процесс разделения растворов методом фильтрования. Эти мембраны пропускают молекулы воды и задерживают ионы солей, которые в последующем подвергают утилизации. Чтобы запустить процесс гиперfiltrации применяют рулонные, трубчатые, фильтр-прессные аппараты и устройства с полым волокном [Мосин, Игнатов, с.13-14].

Электрохимическая очистка делится на целую группу методов, основанных на применении электрического тока на сточную воду, добавляя в неё растворимые и нерастворимые электроды.

1. Электрокоагуляция является отличным методом, чтобы убрать из стоков коллоидных и взвешенных элементов. Помимо этого, с помощью него хорошо удаляются примеси с высокой адсорбцией к коагулянту, такие как красители, нефтепродукты, жиры и масла [Викулина, Викулин, с.11].

2. Электрофлотация воздействует на загрязнители таким образом, что они налипают на пузырьки воздуха, сформированные в процессе электролиза. Такой метод позволяет удалять из стоков остатки жиров, нефтепродуктов и взвешенных веществ [Демина, с.52-55].

3. Электрохимическая деструкция содействует в расщеплении сложных химических примесей на более простые и условно безвредные компоненты. Образующиеся в это время ионы гипохлорида обеззараживают сточные воды от вредоносных бактерий. В основном, такой метод используют, чтобы очистить стоки фармацевтических предприятий и инфекционных больниц [Мишурина, Муллина, с.29].

Эффективная очистка бытовых и промышленных стоков нуждается в грамотном подходе, использовании специализированного оборудования и реагентов. Считается, что наибольшую действенность имеют физико-химический, биологический и комбинированный методы очистки, благодаря их эффективному удалению различных видов загрязнений. Однако главное не только правильно подобрать способ очистки, а также в грамотной эксплуатации и обслуживании оборудования [Акульшин, Крыгина, Акульшин, с.116].

Очистка сточных вод не простая, трудоёмкая и затратная процедура, однако для качественной жизнедеятельности сейчас и в дальнейшем, она крайне необходима. Её проведение означает, что эффективность применения специальных установок и агрегатов, а также строгое соблюдение технологий постоянно должно контролироваться. Только в таком случае очищенные и обеззараженные сточные воды не станут опасными для здоровья человека и окружающей среды [Ледвина, Краснощеков, с.105-106].

#### **1.4. Особенности формирования гидрохимического режима речных систем Тюменской области**

Нарастающее любопытство по поводу влияния хозяйственной деятельности на бассейны водных объектов вызывают изменения состава поверхностных и подземных вод. Обыкновенно, более яркие негативные последствия таких воздействий на небольших реках и водоемах проявляются гораздо острее и быстрее, проявляясь в изменениях речного стока и, как следствие, ухудшениях состояния водной биоты в целом, чем на средних и крупных водотоках.

Урбанизация территории сопровождается сложными процессами изменения концентраций химического состава водных объектов, качества воды в целом, а также нарушением сложившихся биоценозов.

Водотоки, которые протекают через город, всегда подвергаются сильному техногенному воздействию. Если же водный объект проходит через естественные природные понижения местности, то в его состав могут включаться стоки с

прилегающих территорий в результате таяния снегов, дождевые и ливневые смывы, аварийные утечки и другие компоненты.

Чаще всего в водотоки осуществляются периодические или постоянные сбросы расположенных неподалёку предприятий, а по берегам возникают несанкционированные мусорные свалки. Анализ вод и почв на таких участках часто может выявить специфичные для производств загрязнители. Так, признаком деятельности ЦБК являются превышения ПДК аммония, железа и марганца. Наряду с химическими факторами возникают изменения на физическом уровне, например, тепловое загрязнение рек стоками ТЭЦ. Стоит также учитывать, что многие «городские» водотоки посезонно испытывают рекреационную нагрузку, вследствие которой могут происходить существенные преобразования водных и прибрежных биотопов [Убаськин, с.15].

В числе приоритетных и широко распространенных поллютантов находятся ароматические углеводороды. Некоторые моно- и низкомолекулярные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются высоко токсичными, а большая часть высокомолекулярных ПАУ обладают тератогенными, канцерогенными и генотоксичными свойствами. ПАУ — гидрофобные (жирорастворимые) вещества, вследствие чего, устойчивы к биодеструкции. В загрязненных речных экосистемах ПАУ проникают в пищевые сети через аккумуляцию в тканях живых организмов и вызывают физиологические функциональные расстройства у гидробионтов различного уровня организации [Артеменко, с.45-50].

Наряду с ПАУ и сложными органическими соединениями, значимым фактором является загрязнение водной среды тяжелыми металлами. Данный вид загрязнителя может поступать как прямым путём, так и опосредованным. Прямое поступление происходит со сбросами, стоками или оседанием из воздуха. Опосредованное - со смывами с прилегающих площадей, в том числе с тальми водами в весенний период.

Исходя из всего вышесказанного, можно отметить, что основным факторам антропогенного загрязнения относят: промышленные выбросы, сбросы и отходы, транспорт, сельскохозяйственные химикаты, удобрения и химические мелиоранты.

Одной из определяющей составляющей при формировании гидрохимического режима речных систем является способность рек к самоочищению. Под самоочищением водной среды понимают совокупное влияние физических, химических, биологических факторов и процессов, направленных на снижение содержания загрязняющих веществ в воде до уровня, не представляющего угрозы для функционирования экосистемы. В экологическом смысле «самоочищение» является следствием способности к саморегулированию, через процессы включения поступивших в водный объект веществ в биохимические круговороты с участием биоты и физико-химических факторов. Стимулирование самоочистки рек приводит к снижению уровня тяжелых металлов в тканях животных, а также включению поступающих в воду веществ в общий биогеохимический цикл [Башаров, Сергеева, 2012].

При поступлении в водную экосистему токсичные элементы накапливаются в ее компонентах и могут вызывать риски вторичного загрязнения. Это приводит к неблагоприятным последствиям для жизнедеятельности биоты и нарушает устойчивость самой экосистемы. Биодоступные формы токсичных элементов оказывают прямое воздействие на живые организмы. Оно может выражаться в виде мутагенных, канцерогенных, эмбриотоксических, гонадотоксических и других эффектов. Поступление токсикантов можно контролировать. Прогнозирование их распределения по компонентам водной экосистемы представляет значительные трудности [Артеменко, с.9-20].

### **1.5.Список гидробионтов**

Для проведения биотестирования применяются всевозможные гидробионты (реальных и потенциальных тест-объектов для биотестирования) - водоросли, микроорганизмы, беспозвоночные, рыбы [Харламова, с.55-56]. Самыми

востребованными на данный момент объектами являются ювенальные формы (молодь) планктонных ракообразных-фильтраторов *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia affinis*, ракообразных из класса жаброногих (*Branchiopoda*), включающий в своё семейство *Artemia*, род зелёных водорослей из класса протококковых *Scenedesmus quadricauda*.

Опираясь на их тест-функции, проводят биотестирование. Жизненная функция или критерий токсичности, применяемые в биотестировании для определённого отклика тест-объекта на сведоносное действие среды.

Тест-функции, используемые в качестве показателей биотестирования для различных объектов

- выживаемость (смертность) тест-организмов.

Для культур одноклеточных водорослей и инфузорий

- гибель клеток,
- изменение (прирост или убыль) численности клеток в культуре,
- коэффициент деления клеток,
- средняя скорость роста,-
- суточный прирост культуры.

Одними из востребованных, так же, считаются особи семейства *Artemia*.

*Artemia* – это планктонные организмы, населяющие морские мелководья и солёные озёра. Питаются фитопланктоном, фильтруя воду с помощью грудных конечностей. Наиболее известный вид – *Artemia salina* [Бойко, с.308].

Артемии встречаются практически на всех континентах. Обитают в солёных озёрах при уровне солёности от 25 ‰ до 250 ‰ (25-250 г/л). Подобные концентрации смертельны для большинства живых организмов, но в процессе эволюции эти рачки сумели адаптироваться к этим суровым условиям, тем самым заняв экологическую нишу, в которой отсутствуют хищники, а они являются



высшей формой жизни. Замершая эмбриональная стадия развития артемий, вызванная агрессивной внешней средой. Эмбрионы могут находиться в состоянии покоя на протяжении нескольких десятилетий, пока не окажутся в благоприятных для себя условиях. Именно спящие цисты широко используются в коммерческих целях [Шарапова, с.27].

Цисты имеют крошечные размеры, всего 0,2-0,25 мм в диаметре. Внешняя оболочка надёжно защищает как от сильных морозов, так и от летнего зноя. Кроме того, она обладает особой структурой поверхности, позволяющей цепляться, например, за перья перелётных птиц, и тем самым артемии мигрируют на дальние расстояния. В ювенальной стадии развития артемии внешне выглядят как миниатюрные копии взрослых. Грудные ноги-вёсла становятся полностью функциональными и начинают выполнять функции передвижения, кормления и дыхания. Усики-антенны уменьшаются и теряют своё первоначальное значение. По мере взросления начинают проявляться половые различия. У самок появляется припухлость в нижней части тела – формируется яичный мешок, у самцов начинают расти вторые усики на голове, которые прекратятся в клещи, с помощью которых они будут удерживать самок во время спаривания [Сёмик, Ушакова, с.137-138].

Биотесты на артемии стандартизированы в ряде стран, в том числе и в России. Их применяют для оценки токсичности поверхностных, подземных и сточных вод, водных вытяжек почв, донных отложений и отходов [Ковачева, с.159-161].

Ещё одним объектом, выступающим в качестве тест-организма является *Scenedesmus quadricauda*.

Род зелёных водорослей из класса протококковых. Образует ценобии (колонии) из 4-16 продолговатых клеток, соединённых боковыми стенками. Поверхность клеток гладкая или с различными выростами, крайние клетки нередко с шипами. Размножается сценедесмус автоспорами, образующимися в каждой клетке по 4, 8 или 16 и там же соединяющимся в новый ценобий. Обитают в пресных водах. Самый многочисленный род среди хлорококковых водорослей. В

мировой флоре около 200 видов и более 1000 разновидностей и форм [Григорьев, с.43].

Использование в качестве тест-объектов в токсикологических экспериментах *Scenedesmus quadricauda* неслучайно и обусловлено тем, что эти водоросли встречаются в значительном количестве в естественных водоемах, мезофильны, и не требуют специальных условий для ведения альгологически чистых культур, хотя, в зависимости от конкретных задач исследования, можно использовать и другие массовые формы водорослей, встречающихся в водоемах и вызывающих цветение воды [Никитина, с.26].

Нами же использовался другой объект - *Daphnia magna*.

В род *Daphnia* входит около 50 видов, среди которых основными являются *Daphnia magna*, *D. pulex*, *D. longispina*, *D. carinata*. Однако наиболее распространенный это вид *Daphnia magna* Straus [Хаитов, с.24]. Его представители относятся к фракции фильтратов, которые проживают в большей части в толще воды. Местом обитания данных организмов считаются стоячие и слабопроточные водоемы, каких по территории России располагается в большом количестве. Их роль велика в процессах очищения водоёмов от взвешенных в воде веществ, тем ни менее они подвержены влиянию растворимых, мелкодисперсных компонентов в сточной воде [Шилова, Рогачева, Губина, с.2-6].

Актуальность использования *Daphnia magna* как тест-объекта опирается главным образом на то, что она без больших проблем разводится в лабораторных условиях, проявляет устойчивость в искусственной среде (при культивировании). Помимо этого, она позволяет отмечать огромное количество тест-реакций, а также у неё достаточно короткий жизненный цикл, благодаря которому можно проследить результаты токсического воздействия (в низких концентрациях) в течение ряда поколений [Крылов, с.124-125].

Небольшой биологический цикл *Daphnia magna* дает возможность проследить их рост и развитие на всех этапах развития в течение их жизни. По

ходу жизни вычлняют несколько стадий, каждая из которых сопровождается линькой: изначальные 3 - ювенильные, проходящие через 20-24-36 часов, четвертая, в которую идёт созревание яиц в яичнике и пятая, включающая в себя, откладку яиц в выводковую камеру проходящая с интервалом 1-1,5 суток. После наступления шестой стадии, каждая линька дафнии проходит одновременно с откладкой яиц. Период формирования рачков при оптимальной для них температуре ( $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) и достаточной подкормке составляет примерно 5-8 дней. Продолжительность эмбрионального периода составляет где-то 3-4 дня, однако, если увеличить температуру воды до  $25^{\circ}\text{C}$ , его длина может сократиться до 48 часов. Благодаря такой скорости партеногенеза смена поколений происходит каждые 3-4 дня. По началу, в кладке находится всего 10-15, однако потом их количество может возрасти даже до 30-40. В природных условиях дафнии могут прожить до 20-25 дней, а в лабораторных даже около 3-4 месяца и более, если температура воды будет в оптимальных границах. Но если поднять температуру больше  $25^{\circ}\text{C}$ , то срок их жизни резко сократится до 25 дней [Башаров, Сергеева, 2012].

Размеры тела взрослых особей могут достигать 6 мм в длину, учитывая, что юные дафнии всего лишь 0,7 - 0,9 мм. На теле дафний расположены несколько пар грудных ножек, которые позволяют им отфильтровывать мелкие взвешенные в воде вещества. Тем ни менее, они являются крайне восприимчивыми к смене условий среды обитания, любое даже кратковременное отклонение от стандартных критериев воды (перепады температуры, снижение количества пищи, загрязнение) прерывают процесс партеногенеза, из-за чего из неоплодотворенных яиц вылупляются не самки, а самцы. Их отличием от самок являются небольшие размеры, удлинённые передние антенны, а на первой паре грудных ножек располагаются коготки.

Небольшое количество яиц в половой системе самки претерпевает редукционное деление и может начать свое развитие только после оплодотворения.

Ветвусых рачков *Daphnia magna Straus* используют как тест-объекты в водно-токсикологических исследованиях уже больше 65 лет. Опору для данного

широкого её использования основал ещё Э. Науманн в своей работе «*Daphnia magna Straus als Versuchstiere*». Во второй половине XX века, ввиду с возникающей потребностью определения токсичности сточных вод и контроля природных вод, биотестирование на дафниях привело к широкому использованию их в исследовательской работе. Их часто стали применять в массовом мониторинге загрязнения вод в США, Франции, Германии и других европейских странах, а кроме того и в России, в которой становление данной методики связывают наперво с работами Н.С. Строганова и Л.А. Лесникова [Акульшин, Крыгина, Акульшин, с.116].

Тестирование с помощью *Daphnia magna* легализованы в группе стран (США, Франция, Германия, Венгрия). Этот вид организмов представляет собой базовый объект биотестирования для экологов и токсикологов. Рачки способны к быстрой адаптации в лабораторных условиях и крайне восприимчивы к токсическим веществам. В пригодных условиях для жизни, легко воспроизводимых в лабораториях, размножение *Daphnia magna* идёт путем партеногенеза. Потомками появляются только самки, похожие друг на друга по генотипу, благодаря чему учёные знают, чего ожидать от каждого поколения, выращенного от каждой материнской особи, отображаясь в крайне схожей реакции на какой-либо токсичный элемент. Кормом для *Daphnia magna Straus* в лабораторных условиях часто выступают другие тест-организмы, к примеру, *Chlorella vulgaris Beijer*, который в свою очередь представляет собой особей из рода одноклеточных зелёных водорослей, относимый к отделу *Chlorophyta*. Данный факт идеален для выполнения Приказа МПР России от 15 июня 2001 г. N 511 "Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды".

В странах Европейского экономического сообщества устоялись нормы на биотестирование сточных вод и мониторинга токсичности индивидуальных веществ с помощью *Daphnia magna*.

Используя методы определения токсичности с помощью дафний, можно сравнивать концентрации различных токсикантов в воде, тем ни менее, из-за разведения разных клонов результаты имеют огромный разброс, который может достигать 35% и более. Ввиду этого, даже имея огромное количество плюсов, биотесты с дафниями не могут быть однозначно универсальными и унифицированными в исследованиях. Лучшим решением будет сочетать их с другими биологическими и гидрохимическими методами.

В международном стандарте оговаривается, что наиболее подходящим организмом для тестирования является все же *D. Magna*. В работе с этим видом применяют два вида тестирования (24-часовой острый и 21-дневный хронический), опираясь на смертность и расчет количества токсического вещества, которая вызывает гибель особей в 50%-ов случаев, рассчитывают влияние токсикантов на гидробиоту. Однако, чтобы определять снижение воспроизводства организмов, опыт на данных организмах проводят в более длительном времени. В основном же на беспозвоночных проверяют физиологические, морфологические и генетические изменения, из-за воздействия того или иного химического вещества.

Средообразующая деятельность *D. magna* в сточных водах вторичного отстойника биологических городских сооружений улучшает качество очистки по бактериологическому показателю: количество общих колиформных бактерий за 2 суток снижается на 100%. На сточных водах из вторичного отстойника городских очистных сооружений возможно получение «живого корма» - культуры *D. magna*, которая не обладает токсичностью [Акульшин, Крыгина, Акульшин, с.110].

При введении культуры *D. magna* в технологический процесс очистки сточных вод на стадии вторичного отстойника возможно использование ее индикационных свойств, для оценки качества сточных вод по изменению их физиологического состояния.

Список методик, для которых в качестве тест-организмов выступают *D. Magna*:

1. Методика мониторинга токсического загрязнения водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной, природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna Straus*. Длительность теста 48 ч. ПНД Ф 14.1:2:4.16-09 16.1:2.3.3.14-09; ФР.1.31.2012.12372.

2. Методика расчёта индекса токсичности нанопорошков, изделий из наноматериалов, нанопокровов, отходов и осадков сточных вод, содержащих наночастицы, по смертности тест-организма *Daphnia magna Straus*. Длительность теста 48 ч. ФР.1.39.2010.09102.

3. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний (*Daphnia magna Straus*). Длительность теста 96 ч. ФР.1.39.2007.03222.

#### **1.6. Использование дафний в современном биомониторинге.**

Биотестирование применяется уже довольно давно и тест объектами выступают совершенно разные организмы, от водорослей и рачков до рыб и раков.

К примеру, Ростовский водоканал для ежемесячного проведения биомониторинга качества очистки сточных вод и состояния реки Дон в месте их сброса, специально культивируют ракообразных дафний. Мелкие рачки позволяют оперативно оценить токсичность проб воды [Мичукова, Канарский, Канарская, с.3].

В ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» есть необычные «сотрудники» – раки (невские и австралийские) и улитки. Эти животные-биоиндикаторы контролируют состояние воды в реке Нева, а также качество очищенной сточной воды перед сбросом в водный объект.

В системе водоотведения – на Юго-Западных очистных сооружениях – раки дежурят с декабря 2005 года перед выпуском очищенных сточных вод в Финский залив. В зимнее время года «несут службу» речные раки, а летом – австралийские (более теплолюбивые).

А следить за составом дымовых газов, выходящих с завода по сжиганию осадка на Юго-Западных очистных сооружениях, помогают улитки [Снопченко, с.1].

Но все эти животные-биоиндикаторы не заменяют собой методы приборного и лабораторного контроля, а только дополняют их. Чтобы полностью контролировать токсичность среды, параллельно проверяются и другие показатели.

Как и в случае с раками использование дафний для определения качества воды относится к технологии биомониторинга. Этот способ известен уже давно и с успехом применяется в различных сферах индустрии. Однако, инновационность методики с недавних пор была разработана казанскими учеными и заключается она в повышении скорости проведения теста. В отличие от старых способов, требующих нескольких суток для получения достоверного результата, программно-аппаратный комплекс, разработанный в КФУ, выполняет заданную операцию в течение 15 минут.

На программное обеспечение специалистами КФУ уже получен патент, а документацию на полный биомониторинговый комплекс, включая компьютер и специальный бокс для воды с дафниями, ученые в настоящее время готовят к передаче в Роспатент [Мичукова, Канарский, Канарская, с.5].

Помимо обычного вида биотестирования выделяют такие направления, как биосигнализация, экотоксикологические тесты, тесты по биоаккумуляции, биodeградации, эвтрофикации.

Одним из современных методов для обеспечения безопасного пользования водными ресурсами большой интерес представляет биосигнализация – автоматизированная система определения токсичности воды. В системах биосигнализации используются тесторганизмы различной таксономической принадлежности. К примеру, система биосигнализации с использованием дафний (*Daphnia magna*) называется DaphTox II.

В системе DaphTox II дафний помещают в прозрачный блок с проточной водой. Инфракрасные лучи проходят сквозь кювету, обеспечивая непрерывный контроль за активностью перемещения 20 животных в поступающей из поверхностного водоисточника воде. Активность перемещения может изменяться в результате поступления токсических веществ. Последующее резкое и сильное повышение или снижение двигательной активности дафний служит критерием срабатывания сигнальной системы.

Рачки более чувствительны к изменению состава воды, по сравнению с рыбами, но и продолжительность их жизни намного меньше, что связано с необходимостью регулярно заменять рачков [Павлюк, с.11-15].

ООО «Тюмень водоканал» так же использует метод биотестирования на рачках для проверки природных поверхностных вод, после сбрасывания очищенных стоков в реку Тура.

Так или иначе, не только крупные организации пользуются данным методом. К примеру, в 2009-2012 годах были проведены исследования по проверке на токсичность реки Тура и в результате было выяснено, что она считается одной из самых грязных рек (Табл. 2).

Таблица 2. Классы качества вод в реке Туре (2009-2012)

Год	T1 «Посёлок Док»	T2 «Мост Челюскинцев»	T3 «Посёлок Яр»	T4 «Село Каскара»	T5 «Деревня Чикча»
2009	«Грязная» 4Б	«Грязная» 4А	«Грязная» 4В	«Грязная» 4Б	«Грязная» 4Б
2010	«Грязная» 4А	«Грязная» 4А	«Грязная» 4В	«Грязная» 4Б	«Грязная» 4А
2011	«Грязная» 4А	«Грязная» 4Б	«Грязная» 4Г	«Грязная» 4В	«Грязная» 4А
2012	«Грязная» 4А	«Грязная» 4Б	«Экстремально грязная»	«Грязная» 4В	«Грязная» 4В



По истечению четырех лет подводились итоги и выстраивались исследователями графики и таблицы (табл. 3) с показателями выживаемости тест-организмов [Артеменко, с.15].

Таблица 3. Выживаемость *D.magna* под влиянием воды из зон реки Туры, %

Год	2009					2010					2011					2012					
Сутки	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9	
Контроль	100,0- 0,18	100,0 - 0,18	100,0 - 0,18	96,7± 3,26	96,7± 3,26	100,0 - 0,18	100,0 - 0,18	100,0 - 0,18	96,7± 3,26	96,7± 3,26	100,0 - 0,18	100,0 - 0,18	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00	100,0 - 0,18	100,0 - 0,18	100,0 - 0,18	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00
Т1	96,7± 2,65	96,7± 2,65	93,3± 2,91	93,3± 2,91	93,3± 2,91	100,0 -0,18	98,0± 1,98	98,0± 1,98	98,0± 1,98	98,0± 1,98	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00	96,0 ± 2,45	96,0 ± 2,45	96,0 ± 2,45	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00	96,0 ± 2,45	96,0 ± 2,45	96,0 ± 2,45	96,0 ± 2,45
Т2	96,7± 2,65	96,7± 2,65	93,3± 2,91	73,3± 2,99	73,3± 3,00	96,0± 2,77	94,0± 3,36	92,0± 3,84	90,0± 4,24	86,0± 4,91	96,0 ± 2,45	96,0 ± 2,45	90,0 ± 3,16	86,0 ± 2,45	82,0 ± 3,74	96,0 ± 2,45	96,0 ± 2,45	90,0 ± 3,16	86,0± 4,91	82,0 ± 5,83	82,0 ± 5,83
Т3	76,7± 4,37	76,7± 4,37	76,7± 4,37	70,0± 3,49	70,0± 3,49	86,0± 4,91	78,0± 5,86	76,0± 6,04	74,0± 6,04	74,0± 6,20	88,0 ± 2,00	80,0 ± 4,47	78,0 ± 3,74	74,0 ± 2,45	62,0 ± 3,74	88,0 ± 2,00	80,0 ± 2,00	78,0 ± 5,47	78,0 ± 8,00	74,0 ± 8,12	63,3 ± 8,43
Т4	90,0± 4,49	90,0± 4,49	90,0± 4,49	90,0± 4,49	90,0± 4,49	92,0± 3,84	88,0± 4,60	88,0± 4,60	86,0± 4,91	86,0± 4,91	96,0 ± 2,45	94,0 ± 2,45	92,0 ± 2,00	88,0 ± 3,74	84,0 ± 3,74	96,0 ± 2,45	94,0 ± 2,45	92,0 ± 3,84	88,0 ± 3,74	84,0 ± 3,74	84,0 ± 5,10
Т5	90,0± 4,49	90,0± 4,49	90,0± 4,49	56,7± 3,67	40,0± 3,49	96,0± 2,77	96,0± 2,77	94,0± 3,36	92,0± 3,84	92,0± 3,84	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00	94,0 ± 2,45	91,0 ± 2,45	90,0 ± 3,16	98,0 ± 2,00	98,0 ± 2,00	94,0 ± 2,45	94,0 ± 2,45	92,0± 3,84	90,0± 4,49

Таким образом, применение технологий природных поверхностных вод является целесообразным. Перспективы развития биотестирования используя как тест-объект *D. magna* относятся к поиску наиболее ощутимых тест-функций, разработке экспрессных методов установления токсичности, и, безусловно, автоматизации наблюдений за тест-организмами.

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Эколого-географическая характеристика реки Туры

Реке Тура присвоен номер бассейну: № 14010501212111200004350 государственного водного реестра РФ. Его классифицируют как водоток 11А или большая река. Представляет собой реку гидрокарбонатного типа средней минерализации по О.А. Алекину.

Площадь данного водного объекта составляет 80 400 км., а протяжённость её равняется 1060 км., 260 км. из которых (нижнее течение) располагается по территории Тюменской области. Верхнее и среднее течение проходит через Свердловскую область.

Подачу воды в реку осуществляется преимущественно снеговым питанием с участием дождевого и грунтового, однако процент осадков в зимний период гораздо меньше, чем в летний. Это объясняется тем, что расходы дождевой воды идут не только на поверхностный сток, но также на испарение, попадание в почву, и применение её растительностью.

В водах реки Тура на 2012 год насчитывалось около 298 видов и крупных таксонов макрозообентоса. Преимущественно это амфибиотические насекомые (хирономиды – 101, ручейники – 34, мокрецы – 17, поденки – 14, жуки – 8, стрекозы – 7), моллюски (брюхоногие – 32, двустворчатые – 13) и черви (олигохеты – 24, пиявки – 6). Предположительно, из-за длительного поступления загрязняющих веществ, видовой состав ихтиофауны может сократиться более чем в два раза.

Вода в реке Туре в месте водопользования (по данным ФГБУ Тюменский ЦГМС за 2012 г.) по водпосту г. Тюмень характеризовалась как «грязная» 4Б класса. Величина УКИЗВ 4,34 - 5,99. Водоемы города Тюмени по влиянию на состояние водных организмов в разные сезоны года оценивались как токсичные на уровне от «умеренной» до «очень высокой» (4 - 1 класс токсичности), по суммарному

химическому показателю (ИЗВ6) – как «умеренно загрязненные» - «чрезвычайно грязные» (III - VII класс качества). Именно для этого ведётся мониторинг сбрасываемых в водоём очищенных стоков, чтобы контролировать соблюдение рыбохозяйственных и санитарно-гигиенических критериев качества воды и донных отложений.

В число техногенных источников, которые загрязняют водные объекты, включают предприятия строительного комплекса, машиностроения, легкой и пищевой промышленности, металлообработки, лесной и деревообрабатывающей промышленности, речного транспорта и коммунального хозяйства, осуществляющие сброс сточных вод в бассейн р. Тура. Вода подвергается загрязнению благодаря таким поступлениям и именно для этого организация ООО «Тюмень Водоканал» устанавливает ВОС-ы и подвергает тщательному анализу сбрасываемые воды. Опираясь на полученные данные Ереминой Е.С. (2005 г.), в р. Туру выведено более 25 ливневых коллекторов, по которым осуществляется сброс ливнестоков со всей территории г. Тюмени. Исследование химического состава талой снежной воды говорит о высокой степени загрязнения тяжёлыми металлами, которые, в конечном итоге, попадают в реку.

## **2.2. Приготовление к биотестированию. Культивационная вода**

При работе со сточными водами обязательно соблюдали требования техники безопасности по ГОСТ 12.1.007-76 и ГОСТ 12.1.008-76. А пробоподготовка выполнялась при использовании необходимых средств защиты по ГОСТ 12.4.016-83, ГОСТ 12.4.020-82 и ГОСТ 12.4.034-2001.

Воздух в производственных помещениях соответствовал санитарно-гигиеническим требованиям ГОСТ 12.1.005-88, то есть без содержания в нем различных токсических паров и газов. Температура воздуха в лаборатории была от 17°C до 27 °C, атмосферное давление в пределах 630-800 мм рт. ст. Само помещение содержалось по нормам пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

Для работы с электроустановками выполняли действия по ГОСТ Р 12.1.019-2009 и инструкциям, прилагаемым к самому оборудованию.

Все рабочие поверхности и столы были в надлежащей чистоте до и после проведения эксперимента.

Чтобы приступить к работе были освоены методические приемы водной токсикологии и проведены пробные эксперименты, для усвоения её на практике. Так же было пройдено обучение безопасности труда по ГОСТ 12.0.004-90.

## **2.2. Приготовление к биотестированию. Культивационная вода.**

Для того чтобы проводить биотестирование изначально составляют программу по отбору проб сточной воды (однако благодаря тому, что этот эксперимент шёл параллельно мониторингу качества сбрасываемых стоков, программа уже была), подготавливают посуду, место для хранения, оборудование и всё остальное, необходимое для отбора и проведения биотестирования. Такие проводимые процедуры должны исключать попадание чего либо (токсических веществ, органических элементов и др.) в исследуемую воду.

Для проведения такого тестирования необходимо не менее 0,5л воды, для неповторного анализа. Сам отбор, транспортировка и хранение проб, а так же подготовка к биотестированию ни в коем случае не должны повлиять на состав проб.

Помимо этого главным фактором при отборе служит выбор места, ведь проверка осуществляется в тех точках, где находится место наибольшего перемешивания, то есть, в там, где взвешенные частицы распределены наиболее равномерно, а так же, до места их хлорирования [Павлюк, с.17].

Отбор проб производился в стеклянные литровые тары из тёмного стекла, заранее обработанными 10%-ным раствором азотной кислоты и в дальнейшем нейтрализацией её остатков пищевой содой, без пузырьков воздуха. Так как

консервирование проб не допускается, биотестирование проводилось не позднее 6 часов после отбора.

В момент забора воды заполнялся специальный акт, с пометкой шифра пробы, который проставляют и на тару с водой, даты и времени отбора, точного места отбора, температуры воды и воздуха, а так же, ФИО и подпись отбировавшего пробы.

Когда проба прибыла в лабораторию, то была занесена в журнал на токсичность, с указанием всех данных, а так же с номером привезенного акта.

Чтобы проводить анализ, изначально как по методике мы довели воду до комнатной температуры, а затем избавились от крупнодисперсных включений, путем фильтрации через пористый обеззоленный фильтр «белая лента». «Синюю ленту» не применяли из-за её способности задерживать коллоидные вещества, что влияет на показатели биотестирования.

Следующим действием была проверка pH среды, которая должна быть в пределах 7,0-8,5. В одной из проб pH равнялась 9, поэтому для нейтрализации щёлочности мы добавляли 10%-ный раствор HCl. Если было бы наоборот, то добавляли бы 10%-ный раствор NaOH. Однако, при добавлении не должно произойти никакой химической реакции (выпадение осадка и др.), а так же объем пробы не должен увеличиваться более чем на 5%. В нашем случае всё было соблюдено.

Для подготовки культивационной воды питьевую воду отстаивают и 2-3 суток (до полного дехлорирования) в бутылках из бесцветного стекла. Такая вода, используемая для культивирования дафний в качестве контрольной пробы при биотестировании и для разбавления исследуемых на острую и хроническую токсичность вод и водных вытяжек, должна удовлетворять следующим требованиям:

1. отсутствие органических загрязняющих веществ, хлора, токсических веществ, антагонистических для дафний организмов (сине-зеленых водорослей) и пищевых конкурентов (простейших, многоклеточных);
2. pH равняется 7,0-8,5 ед. pH;
3. жесткость общая от 80 до 250 мг/дм<sup>3</sup> (выраженная в CaCO<sub>3</sub>);
4. отсутствие углекислого газа, метана и др. газов (при наличии газов для их удаления культивационную воду кипятят 30 мин, затем охлаждают и аэрируют);
5. температура от (+19) до (+25) °С.

В культивационной воде требуемого качества выживаемость тест-культуры рачков дафний за 48-часовой период биотестирования должна быть не ниже 100% (контролируется при проведении биотестирования).

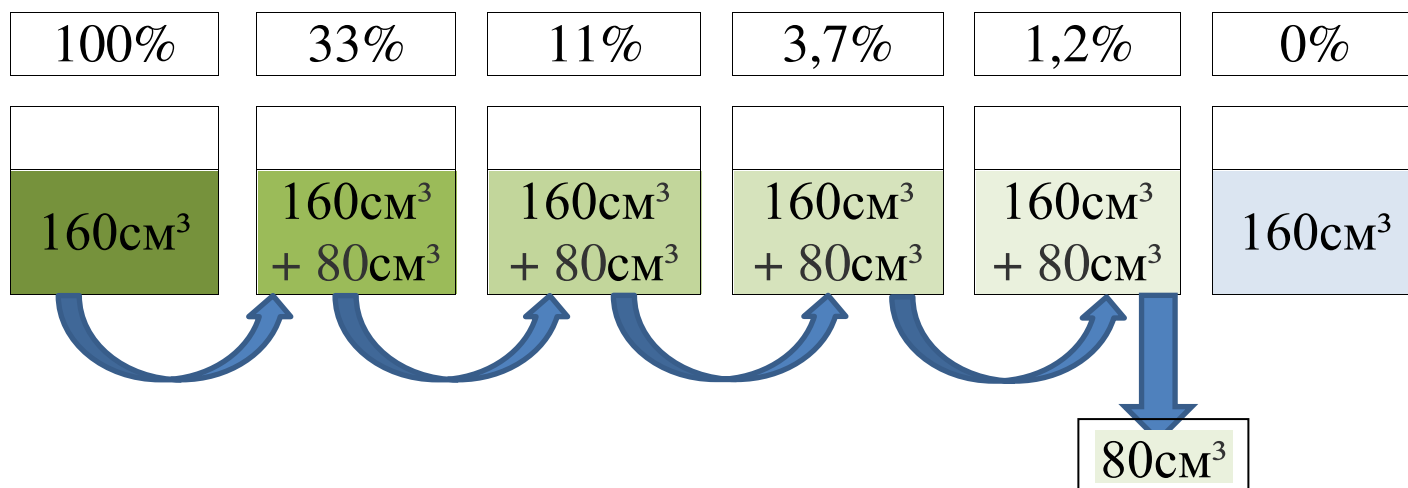
Выращивание культур дафний производилось в климатостате Р-2, поддерживающим искусственное освещение: 12-часовой световой и ночной периоды и температуру в 20±1°С. Самок дафний, при выращивании, содержали в стаканах, объёмом 1 дм<sup>3</sup>, заполненных на 3/4 объема культивационной водой. Чтобы вода не испарялась, стаканы прикрывали стеклянной пластиной, а образующую дрожжевую и бактериальную плёнку снимали раз вдвое суток стерильной марлевой салфеткой.

Чтобы начать биотестирование необходимо подготовить тест-объекты, на которых и будет идти проверка воды на токсичность. Поэтому нами отбиралось для каждой проверки по одной особи женского пола среднего размера, имеющую выводковую камеру, заполненную эмбрионами. Её содержали в климатостате до появления молоди. Появившийся молодняк выращивали и повторяли процедуру с одной женской особью, получая, таким образом, третье поколение. После выведения синхронизированных культур дафний в третьем поколении, допускается использование их в биотестировании. Так же, сразу, до отсаживания, рачков необходимо покормить, так как после этого по ходу эксперимента корм в воду больше не добавляют.

Когда всё необходимое было подготовлено (дафнии в третьем поколении, привезена исследуемая вода и проведена её водоподготовка), приступают к приготовлению разведений исследуемой сточной воды для биотестирования.

Чтобы приготовить разбавленные растворы согласно методике взяли культивационную воду. Из тары с исследуемой водой отобрали 500мл., оставшиеся 500мл., оставили для возможного повтора эксперимента, а так же подготовили шесть стаканов на 200 см<sup>3</sup>. Разбавление для биотестирования производится до 100, 33, 11, 3,7 и 1,2%-ных концентраций (кратно трём). Обычно если такого разбавления не хватает, то продолжают уменьшать процент концентрации, однако в нашем эксперименте это не потребовалось (Рис. 1).

Чтобы получить такие разбавления в первый из стаканов приливали 160см<sup>3</sup> 100%-ной исходной воды, отобранной заранее, а в последний 160см<sup>3</sup> – контрольной (культивационной) воды. В другие четыре приливали по 160см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Следующим шагом было внесение во второй стакан 80см<sup>3</sup> исследуемой воды, в третий перелили 80см<sup>3</sup> из второго стакана, а в четвёртый и пятый соответственно из третьего и четвёртого.



**Рисунок 1. Концентрация приготовленной культивационной воды**

Каждое из разбавлений проводилось в трёх параллельных сериях. Подготовленную воду по 50см<sup>3</sup> разливали по пробиркам, объёмом 100см<sup>3</sup>. В дальнейшем, в каждую из 18 ёмкостей производилась высадка дафний по 10 штук в

возрасте 6-24 часов согласно методике из-за их определённой чувствительности к токсикантам. Для этого вылавливали дафний из посуды, где шло их выращивание, отсаживая в пустые пробирки с помощью стеклянной трубки с оплавленными краями и внутренним диаметром 6 мм, стараясь не захватывать культивационную воду. Как помещение закончилось, сразу добавляли контрольный или опытный раствор объёмом 50см<sup>3</sup>.

Процедура биотестирования проводилась, строго соблюдая требования к температуре, длительности фотопериода и качеству сделанной культивационной воды.

Пробирки помещают в кассету устройства экспонирования рачков (УЭР-03), благодаря вращающимся движениям которой идёт непрерывная и распределённая аэрация всех проб, не вызывая стрессовой реакции у самих рачков (6 – 8 оборотов в минуту).

Проверка токсичности на этом устройстве идёт за 48 часов, так что нами засекалось время начала эксперимента. Однако учёт смертности вёлся каждые 24 часа во всех пробах тестируемой воды. Обычно, если по истечению первых 24 часов наблюдают гибель более 50% дафний во всех пробирках, в том числе и в контроле, то эксперимент считается неудачным и прекращается. Его повторяют заново только по необходимости после тщательной проверки всего подготовленного и переделывания культивированной воды. Гибель присваивают тем особям, которые в течение 15 секунд наблюдения оставались неподвижными.

Если в контроле такой смертности не наблюдают, то результаты просто вносят в рабочий журнал и продолжают эксперимент с увеличением разбавлений, для поиска той концентрации, которая не будет столь губительна. В любом случае, данная проба уже будет считаться крайне токсичной.

Помимо подсчёта смертности измеряли рН и температуру в каждой пробе, которые должны быть в границах  $t=20\pm 2$  и рН 7,0-8,2. Любые отклонения помечаются в рабочем журнале.



Среднее значение смертности по отношению к контролю считали по формуле из методики (формула 1), учитывая только данные за все пройденные 48 часов, и заносим их в таблицу.

Формула 1

$$A = \frac{\bar{X}_k - \bar{X}_r}{\bar{X}_k} \cdot 100\%,$$

где  $X_k$  – среднее количество выживших особей в контрольной группе;  $X_r$  – среднее количество особей, которые выжили в исследуемой (тестируемой) воде.

Для более точного определения летальной концентрации раствора, вызывающей 50%-ную гибель дафний за 48 часов экспозиции расчеты проводят по данной формуле (формула 2):

Формула 2

$$ЛКР_{50-48} = 10^{\frac{(\lg P_6 - \lg P_m) \times (A_m - 0,5)}{A_m - A_6} + \lg P_m}$$

где,  $P_6$  – наибольшее разбавление, при котором процентное соотношение смертности дафний в исследуемой воде ( $A$ ) оказался ниже 50%;  $P_m$  – наименьшая величина разбавления, где процент смертности в исследуемой воде оказался выше 50%;  $A_6$  и  $A_m$  – величины  $A$ , соотносимые данным разбавлениям, выраженные в долях.

В качестве  $P_6$  и  $P_m$  нами брались те значения, между которыми и должно располагаться точка перехода величины смертности 50%.

Таким же образом рассчитывается величина  $ЛКР_{10-48}$ , которая показывает такую летальную концентрацию раствора, которая вызывает 10%-ную гибель тест-объектов (формула 3).

$$ЛКР_{10-48} = 10^{\frac{(\lg P_6 - \lg P_m) \times (A_m - 0,1)}{A_m - A_6} + \lg P_m}$$

В качестве  $P_6$  и  $P_m$  нами брались те значения, при которых показатель смертности ( $A$ ) находился ближе всего к величине 10%.

Тем ни менее, как и у любого тестирования, у этого способа определения загрязнённости водоёма, есть свой значительный минус: биотестирование только показывает факт токсичности воды, но не даёт точную оценку, что её вызвало, если говорить точнее, установить какой именно химический элемент вызвал загрязнение и острое токсическое явление определить нет возможности. Однако именно поэтому при биотестировании параллельно идёт проверка на все значимые показатели (АПАВ, нефтепродукты, фенолы, железо, рН и д.р.), дающие уже целую картину, о составе каждой исследуемой пробы.

Полученные результаты обработаны методами математической статистики с использованием пакета “MicrosoftExcel 2010” и “Statistica 6.0 forWindows”. Анализ проводился на основе расчета средних арифметических генеральных совокупностей ( $M$ ) и их погрешностей ( $\pm m$ ). Для выявления достоверности различий между отборами в разные месяцы, а также в сравнении с последней токсичной пробой использовали  $t$ -критерий Стьюдента для зависимых величин при уровне значимости  $\leq 0,05$ . Расчет проводили согласно общепринятым формулам с использованием стандартных программ пакета Excel 2010.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Биомониторинг – один из самых популярных методов определения загрязнений природных водоёмов после сбросов очищенных сточных вод. Именно поэтому усовершенствование этого метода так актуально, ведь быстрое установление токсичности воды, поможет ускорить процесс ремедиации. Он является составной частью экологического мониторинга и включает в себя следующие подсистемы: биотестирование, биоиндикацию и биоаккумуляцию.

Использование дафний применяется на всевозможных этапах мониторинга: их используют для очистки (перерабатывают часть отходов) и для определения токсичности в крупных масштабах (меняется поведение тест-организмов), а так же при определении острой токсичности в течении нескольких суток, определяя данный показатель по их смертности.

2. Опираясь на исследования 2009-2012 годов (Артеменко С.В.) мы могли наблюдать картину сильного загрязнения реки Тура, которая характеризовалась как «грязная» 4Б класса и требовала немедленного вмешательства, для очистки сбрасываемых стоков. Все результаты, которые были получены нами, доказывали, что даже 100%-на концентрация каждой пробы на жизнеспособность тест-объектов не повлияла. Проанализировав все данные можно отметить, что водоочистные сооружения сточных вод справляются со своей работой, выпуская очищенную воду, которая не наносит вред гидробиоте.

3. Составляющие элементы рек всегда зависят от сезонных изменений и погодных условий, показывая разную концентрацию большинства веществ, входящих в их состав. Именно поэтому мы проводили мониторинг качества природных вод в течение полугода, захватив зимние и весенние месяцы. Однако наши результаты показали, что ни зимой, ни весной острой токсичностью пробы природной, изучаемой нами, воды не обладали.

4. Выбранные точки отбора достаточно ярко отражают картину загрязнения, так как можно отчётливо проследить концентрацию токсических веществ в точке сброса очищенных сточных вод и на 500 метров ниже неё. А

выбранная нами точка на 1000 метров выше сброса ЦОСВ считается контрольным створом природной поверхностной реки, которая протекает от города в сторону устья.

5. Помимо рассмотренной острой токсичности, существует шанс оценивать другие функциональные отклонения от нормы, к примеру, хроническое воздействие, изменения трофической и двигательной активностей *D. magna*. В настоящее время нами оптимизируются методики оценки этих тест-функций, которые входят в международные стандарты, в том числе и в аспекте метрологических составляющих методик. Тест-функция трофической активности также привлекла внимание зарубежных ученых в качестве показателя ранней диагностики загрязнения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акульшин А. А., Крыгина А. М., Акульшин А. А. Очистка сточных вод от нерастворимых форм мышьяка //Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – №. 5-2. – С. 116-118.
2. Александрова М. А. Очистка воды от загрязнителей //М.: Чистые пруды. – 2005.
3. Артеменко С.В., Петухова Г.А. Ответные реакции дафний на техногенное загрязнение воды из разных створов реки Туры // Вестник Кемеровского государственного университета №1 (61) Т.2. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otvetnye-reaktsii-dafniy-na-tehnogennoe-zagryaznenie-vody-iz-raznyh-stvorov-reki-tury/viewer>
4. Баканов К. Т. и др. Очистка сточных вод экстракцией //Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова им. И. Раззакова. – 2014. – №. 32-1. – С. 363-369.
5. Баринов А. М., Серпокровлов Н. С. Исследования гидродинамических характеристик тонкослойного отстойника (на примере песколовки-нефтеловушки, установка" ключ П-40") //Научное обозрение. – 2014. – №. 7-3. – С. 880-883.
6. Башаров М. М., Сергеева О. А. Устройство и расчет гидроциклонов //Учебное пособие/Под ред. АГ Лаптева. Казань: Вестфалика. – 2012.
7. Бескровный В. В. и др. Комплексная технология очистки воды от органических веществ //Экология и промышленность. – 2006. – №. 3. – С. 44-48.
8. Бойко Е. Г. и др. Особенности биологии артемии в озерах Урала и западной Сибири //Экология. – 2012. – №. 4. – С. 308.
9. Бордунов В. В., Бордунов С. В., Леоненко В. В. Очистка воды от нефти и нефтепродуктов //Экология и промышленность России. – 2005. – №. 8. – С. 8-11.
10. Борзенков А. А., Кумани М. В., Лукьянчиков Д. И. Применение биологических прудов для доочистки сточных вод в Курской области

//Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2010. – №. 1 (13).

11. Бреус С. А., Скрябин А. Ю., Фесенко Л. Н. Разработка технологии очистки природной воды для питьевых целей на период чрезвычайных ситуаций: производство активного хлора электролизом воды //Инженерный вестник Дона. – 2016. – Т. 41. – №. 2 (41).
12. Бузаева М. В. и др. Очистка сточных вод от нефтепродуктов на модифицированном диатомите и регенерация сорбента //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011. – №. 4.
13. Вахидова И. М. и др. Исследование методов очистки сточных вод производства нитропроизводных соединений //Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – №. 9. – С. 9-13.
14. Великанов Н. Л., Наумов В. А., Примак Л. В. Осаждение частиц взвесей в воде //Механизация строительства. – 2013. – №. 7. – С. 44-48.
15. Верещагина Л.М. Расчет производительности очистных сооружений поверхностных сточных вод в условиях реформирования природоохранного законодательства // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1. С. 4-9.
16. Викулина В. Б., Викулин П. Д. Очистка воды коагуляцией под действием ультразвукового поля //Строительство: наука и образование. – 2016. – №. 1.
17. Вислоухова Е. А. и др. Автоматизация процесса нейтрализации промышленных стоков установки деминерализации воды производства метанола //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2014. – №. 3.
18. Власов В.А. Вопросы управления в области использования и охраны водных объектов в современный период // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2006. № 5. С. 18-27.

19. Гасанов М. А. Использование бентонитовой глины для адсорбционной очистки сточных вод мясокомбинатов при воздействии электрических разрядов // Электронная обработка материалов. – 2005. – №. 5.
20. Гимазутдинова Р. Р. и др. Усовершенствование системы очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. – 2013. – Т. 37. – №. 1. – С. 51.
21. Гимаева А.Р. и др. Сорбция ионов тяжелых металлов из воды активированными углеродными адсорбентами // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2011. – Т. 11. – №. 3.
22. Гомеля Н. Д., Трус И. Н., Носачева Ю. В. Очистка воды от сульфатов известкованием при добавлении реагентов, содержащих алюминий // Химия и технология воды. – 2014.
23. Григорьев Ю. С. Новое аппаратно-методическое обеспечение гидробионтных экспресс-биотестов // Технологии биотестирования в экологической оценке агроценозов и гуминовых веществ: Материалы международной молодежной школы/под общ. ред. ВА Тереховой, КА Кыдралиевой, МГУ, 21-23 ноября 2014 г., Москва: Изд-во «Доброе слово». -217 с. – 2014. – С. 43.
24. Гуславский А. И., Канарская З. А. Перспективные технологии очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – №. 20.
25. Гутаев А. Р., Балкизов А. Б. Обзор и анализ расчета очистных сооружений по механической очистке сточной воды механизированными решетками // инновационные технологии в природообустройстве и водопользовании. – 2017. – С. 23-28.
26. Гухман Г.А. Эксплуатация, реконструкция и охрана водных объектов в городе // Энергия: экономика, техника, экология. 2008. № 11. С. 68-72.
27. Дёмина Л. А. Флотационная обработка воды, отходов, почвы // Энергия: экономика, техника, экология. – 2011. – №. 6. – С. 52-55.

28. Диденко Т. А., Богданова А. О. Применение реагентных и сорбционных методов для очистки подземной воды //Россия молодая: передовые технологии—в промышленность!. – 2015. – №. 2. – С. 144-148.
29. Жуйков В. Ю. Доочистка и обеззараживание сточных вод водорослево-бактериальной микрофлорой биологических прудов : дис. – Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук, 2008.
30. Залетова Н. А., Воронов Ю. В. Новые технологии для решения современных задач очистки сточных вод //Вестник МГСУ. – 2012. – №. 2.
31. Ибрагимова О. А., Колесников И. К., Халиков А. А. Очистка, обеззараживание и обессоливание воды пространственным электромагнитным полем //Энергосбережение и водоподготовка. – 2014. – №. 3. – С. 9-13.
32. Исхакова И. О., Ткачева В. Э. Инновационные методы очистки сточных вод современного гальванического производства //Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. – №. 10.
33. Калинин Т. Г. Схемы комплексного использования и охраны водных объектов (понятие, содержание и проблемы реализации) // Аграрное и земельное право. 2009. № 11 (59). С. 103-114.
34. Калинин А. В., Арнаутовский И. Д., Воякин С. Н. Система очистки воды с использованием электромагнитной очистки и озонирования //Электроэнергетика и информационные технологии. – 2012. – С. 56-59.
35. Камруков А. С. и др. Фотохимическая очистка воды широкополосным импульсным ультрафиолетовым излучением //Безопасность в техносфере. – 2006. – №. 1. – С. 38-44.
36. Каретникова А. А. Характеристики основных типов песколовок и процессов в них //Россия молодая. – 2019. – С. 603.
37. Катраева И. В. Современные анаэробные аппараты для очистки концентрированных сточных вод //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – №. 2 (16).



38. Кереметин П. П. и др. Расчет эффективности процесса коагуляции нефтепродуктов при очистке воды // Вода: химия и экология. – 2010. – №. 10. – С. 17-20.
39. Коваленко А. Н., Благодарная Г. И., Шевченко Т. А. Анализ методов очистки сточных вод от биогенных элементов // Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – №. 74. – С. 185-190.
40. Ковачева Н. П. и др. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры артемии в России // Труды вниро. – 2019. – Т. 178. – С. 150-171.
41. Копылов А.С., Очков В.Ф. Современные концепции охраны водных объектов и совершенствование технологий водоподготовки // Теплоэнергетика. 2010. № 4. С. 56-58.
42. Кочетов О. С., Сошенко М. В., Зубкова В. М. Система очистки сточных вод // Научные механизмы решения проблем. – 2017. – С. 33.
43. Курбатов А. Ю., Аснис Н. А., Ваграмян Т. А. Способы очистки воды от растворенного железа и марганца // Химическая промышленность сегодня. – 2012. – №. 4. – С. 48-56.
44. Круглов В.В. Особенности использования и охраны земельных участков предпринимателями в водоохраных зонах и прибрежных защитных полосах водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2007. № 4. С. 12-17.
45. Круглов В.В. Правовая охрана водных объектов от загрязнения в промышленных регионах страны в условиях рыночной экономики // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. № 7 (79). С. 10-15.
46. Крылов В. В. и др. Влияние медленных магнитных флуктуаций и светового режима на морфо-биологические показатели *Daphnia magna* Straus // Биология внутренних вод. – 2020. – №. 2. – С. 124-128.
47. Ксенофонтов Б. С., Титов К. В. Решение краевых задач очистки воды флотацией методом прогонки // Экология промышленного производства. – 2018. – №. 3. – С. 27-33.

48. Куи Н. К. и др. Очистка высоконагруженных по органике сточных вод методом экстракции // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – №. 12.
49. Курдюмов В. И., Твердунов П. С. Лабораторные исследования процесса обработки воды ультрафиолетовым излучением // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №. 1 (21).
50. Лапин А. П. и др. Очистка воды в гидроциклонах // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – №. 2. – С. 81-84.
51. Ледвина М.В., Краснощеков В.Н. Схемы комплексного использования и охраны водных объектов: содержание и проблемы реализации // Природообустройство. 2011. № 2. С. 105-109.
52. Лепеш Г. В., Панасюк А. С., Чурилин А. С. Современные методы очистки сточных вод промышленных предприятий // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2016. – №. 3 (37).
53. Лобанов С. А., Пойлов В. З., Софронова А. В. Очистка сточных вод от ионов аммония методом окисления // Журнал прикладной химии. – 2006. – Т. 79. – №. 10. – С. 1638-1641.
54. Лукьянчиков Д. И. Использование биологических прудов в процессе очистки промышленных вод от загрязнений и использование их илистых осадков в сельском хозяйстве // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – Т. 6. – №. 6.
55. Лукьянчиков Д. И. Эффективность очистки сточных вод в биологических прудах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – Т. 6. – №. 6.
56. Маркова Ю. А., Копытина В. А. Особенности биологии *Artemia salina* // В мире научных открытий: материалы Всероссийской студенческой научной конференции (с международным участием). 23-25 мая 2017 г.-Ульяновск: УлГАУ, 2017.-Том III. Часть 1. – УлГАУ, 2017.

57. Маслова А. А., Фурсова Д. С. Сточные воды и их очистка // Докл. XX Междунар. науч.-техн. конф. "Современные проблемы экологии". Тула, Инновационные технологии. – 2018. – С. 49-50.
58. Мишурина О. А., Муллина Э. Р. Технология электрохимической очистки сточных вод // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №. 4-1. – С. 29-31.
59. Мосин О. В., Игнатов И. Современные технологии опреснения морской воды // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012. – №. 4. – С. 13-19.
60. Москвичева Е. В. и др. Очистка сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – №. 1. – С. 41-46.
61. Назаров В. Д., Назаров М. В., Хабибуллина М. Р. Очистка нефтесодержащих вод электрофлотацией // Приволжский научный журнал. – 2013. – №. 2. – С. 108-115.
62. Никитина О. Г. Доработка методики определения токсичности водных вытяжек из отходов с использованием микроводоросли сценедесмус // Питьевая вода. – 2007. – №. 1. – С. 26-27.
63. Новиков В.В. Методика измерений количества *Daphnia Magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных, природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета // Токсикологические методы контроля. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. 2014. – С.39.
64. Олькова А. С., Фокина А. И. *Daphnia magna* Straus в биотестировании природных и техногенных сред // Успехи современной биологии. – 2015. – Т. 135. – №. 4. – С. 380-389.
65. Парфенова П. М. Модернизация песколовки для повышения эффективности удаления песка // Инженерные системы и городское хозяйство. – 2019. – С. 32-35.
66. Петрушин Ю. Н. и др. Модернизация очистных сооружений канализации г. Истры и Истринского района // WATER SUPPLY. – 2014. – №. 3. – С. 41.

67. Пискарев И. М., Аристова Н. А. Очистка воды от ионов меди при озонировании методом осаждения // Вода: химия и экология. – 2008. – №. 5. – С. 34-37.
68. Поварова Л. В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – №. 1. – С. 189.
69. Понятие и сущность процесса биоиндикации, требования к нему и используемые методы. Критерии токсичности исследуемой среды. Особенности использования дафний при оценке токсичности воды. Биоиндикация с использованием ветвистоусых рачков рода *Daphnia* // Экология и охрана природы. 2013. URL: [https://revolution.allbest.ru/ecology/00316393\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/ecology/00316393_0.html)
70. Попов С.В., Неграфонтова О.Г. Государственная стратегия использования, восстановления и охраны водных объектов России // Известия ТРТУ. 2002. № 6 (29). С. 163-169.
71. Потапов В. В., Бровкин А. Е. Улучшение качества очистки природных вод с применением реагентов нового поколения // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – №. 7. – С. 15-21.
72. Прокофьева О.А., Самарина В.П. Внедрение замкнутых систем водоснабжения как одна из мер охраны водных объектов от загрязнения сточными водами // Образование, наука, производство и управление (см. в книгах). 2011. Т. II. С. 150-155.
73. Сауткина Т. Н., Чеснокова Е. В., Рогаткин А. Ю. Обзор безреагентных методов очистки воды // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2019. – №. 4. – С. 239-242.
74. Сёмик А. М., Ушакова А. О. Современное состояние запасов жаброногого рачка артемии (*Artemia salina* L.) В соленых озерах республики Крым // Труды южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – 2017. – Т. 54. – №. 1. – С. 137-141.

75. Согин А. В. Поиск новых технологий по очистке биологических прудов, очистных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т. 1. – №. 12.
76. Толкачева Виктория Викторовна. Анализ токсичности природных вод методом биотестирования // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. 2004. URL: <http://earthpapers.net/analiz-toksichnosti-prirodnih-vod-metodom-biotestirovaniya>
77. Тютькова Е. А., Григорьев Ю. С. Чувствительность биотестов на основе водорослей хлорелла и сценедесмус к тяжёлым металлам // Теоретическая и прикладная экология. – 2014. – №. 2. – С. 57-60.
78. Убаськин А. В. Эколого-биологические особенности рачка *Artemia*: Crustacea, Anostraca) соленых озер Павлодарской области (Республика Казахстан) // АВ Убаськин. – 2005.
79. Федорова Е.В., Карпунина О.П., Максимчук Н.С. Учет загрязнения водных объектов стоком с городов в схемах комплексного использования и охраны водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 2. С. 21-29.
80. Федосеева Е.В., Сапункова Н.Ю., Терехова В.А. Практическая экотоксикология: оценка чувствительности биотест-культур // Учебное пособие. 2016. – С.55.
81. Хаитов А. Материалы к изучению экологии и биологии *daphnia longispina muller* в нурекском водохранилище // Кишоварз. – 2009. – №. 2. – С. 24-26.
82. Харламова Т. А. и др. Перспективные электрохимические процессы в технологиях очистки сточных вод // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2013. – Т. 21. – №. 1. – С. 54-61.
83. Цыбульский А. С., Черняев А. В. Электрофизические методы очистки воды // Экология промышленного производства. – 2014. – №. 2. – С. 27-31.
84. Черников Н. А., Наврузова А. С., Попова М. В. Применение коагуляции, флокуляции и флотации при очистке воды // Бюллетень результатов научных исследований. – 2012. – №. 4 (3).

85. Чуркина О. С. и др. Разработка экономически эффективной технологии очистки воды на основе комплексной переработки сапонитовой руды с применением оксихлоридного коагулянта // *Инновационное развитие*. – 2017. – №. 5. – С. 33-35.
86. Шалару В., Семенюк Е., Доброжан С. Биоэкологические группы водорослей среднего Днестра // *EU Integration and Management of the Dniester River Basin*. – 2020. – С. 363-366.
87. Шапоренко С.И., Леонов А.В. Водный кодекс и проблема охраны водных объектов // *Энергия: экономика, техника, экология*. 2008. № 12. С. 32-36.
88. Шарапова Л. И. и др. Биологические характеристики и видовая генетическая идентификация популяций артемии в разнотипных водоёмах Казахстана // *Наука, техника и образование*. – 2016. – №. 9 (27).
89. Шигапов И. И., Губейдуллина З. М., Кадырова А. М. Очистка сточных вод в народном хозяйстве // *Научный вестник Технологического института-филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. ПА Столыпина*. – 2012. – №. 10. – С. 176-187.
90. Шилова Н. А., Рогачева С. М., Губина Т. И. Влияние биогенных металлов на жизнедеятельность *Daphnia magna* // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2010. – Т. 12. – №. 1-8.
91. Шмельков В.Н., Черепкова И.Е., Лысенко Л.С., Лебедева М.В. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение острой токсичности для дафний // База ГОСТов. 2021. URL: [https://allgosts.ru/75/080/gost\\_32536-2020](https://allgosts.ru/75/080/gost_32536-2020)
92. Щукина А.Я. Теоретические основы рыночного механизма охраны водных объектов // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2006. № 1. С. 3-9.
93. Юнусова Г. В., Зайнуллин А. М. Биологические пруды как один из методов доочистки сточных вод // *Актуальные проблемы науки и техники*. – 2020. – С. 379-382.

94. Ягафарова Г. Г. и др. Установка анаэробной очистки сточных вод производства терефталевой кислоты // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №. 9.
95. Ягафарова Г. Г. и др. Разработка метода очистки сточных вод от трудноокисляемых органических соединений // Вода: химия и экология. – 2016. – №. 1. – С. 24-29.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

### ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Анализ проб воды - метод исследования физических, физико-химических, химических, биологических, токсических свойств и состава воды, контактирующей с человеком в промышленных, бытовых или в научных целях.

Биотестирование (биологическое тестирование) - оценка установления токсичности среды по ответным реакциям живых организмов (тест-объектов), информирующих об угрозе вне зависимости от того, какие вещества и в каких комбинациях вызывают изменения жизненно важных функций.

Биотест - комплекс приемов получения информации о токсичности воды для гидробионтов на основе фиксирования реакций тест-объекта.

Биотесты - методики биотестирования.

Водный объект – территория постоянного или периодического сосредоточения природных вод на поверхности суши в формах ее рельефа (водотока, водоема, бассейна подземных вод и др.), либо в недрах, имеющих границы, называемые береговой линией, объем и черты водного режима.

Гидробиологические показатели качества воды - показатели, определяемые при гидробиологическом анализе, характеризующие присутствие и состав в водах фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, перифитона, а в том числе микробиологические показатели.

Гидробионты – морские и пресноводные организмы, постоянно обитающие в водной среде (в воде, донных отложениях) и играющие важную роль в комплектовке химического состава природных вод и гидрохимического режима водных объектов:



Донные отложения – донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно в результате внутриводоемных процессов, в которых участвуют вещества, как естественного происхождения, так и антропогенного.

Загрязнение воды водоемов и водотоков - процесс изменения состава и свойств воды водоемов и водотоков под влиянием поступающих в воду загрязняющих веществ, микроорганизмов, тепла, приводящих к ухудшению качества воды (Р 52.24.309). Загрязненность - содержание в воде загрязняющих веществ, вызывающее нарушение норм качества воды.

Качество воды - характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01).

Критерий токсичности - значение показателя токсичности, на основании которого судят о наличии токсического действия (РД 118-02).

Накопление (аккумуляция) веществ в водных объектах - процесс накопления минеральных, органических веществ (воды, солей, загрязняющих веществ, биомассы гидробионтов, продуктов, выделения и распада гидробионтов, продуктов эрозии и абразии, и др.) в результате геологических, физических, химических и биологических процессов и хозяйственной деятельности человека.

Острое токсическое действие (острая токсичность) - воздействие, вызывающее быструю ответную реакцию тест-объекта. Острое токсическое действие чаще всего определяют по тест-реакции «гибель» или «выживаемость» в условиях кратковременного биотестирования. При использовании коловраток и других организмов микрозоопланктона длительность, воздействия составляет от 6 до 24 ч. Острое токсическое действие наиболее опасно для живых организмов.

Показатель токсичности: - признак тест-объекта, используемый для оценки токсичности воды (РД 118-02); показатели, на основании которых делают выводы о токсичности вещества или загрязненной воды для водного организма.

Проба воды - количество воды, предназначенное для биотестирования.

Регенерация - восстановление организмом утраченных или поврежденных органов и тканей.

Состояние водного объекта — характеристика водного объекта по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам, водопользования (ГОСТ 17.1.1.01).

Створ пункта наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши ГСН" Росгидромета - условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором производят комплекс работ для получения, данных о показателях состава и свойств воды.

Тест-объект - организм, который используют при биотестировании (инфузории, дафнии и т.д.) (Р'52.24.566).

Токсичность воды - свойство воды вызывать патологические изменения или гибель организмов, обусловленные присутствием в ней токсичных веществ (РД 118-02).

Токсикологический эксперимент - эксперимент, в ходе которого оценивают влияние на тест-объект испытываемой воды или химического соединения. Состоит из двух серий: опыт (с воздействием воды или химического соединения) и контроль (без воздействия, но в тех же условиях) (Р 52.24.566).

Токсикологический эксперимент — эксперимент в водной токсикологии, в ходе которого оценивают влияние на тест-объект испытываемой воды или химического соединения. Эксперимент ставят в условиях регулярной смены воды или без нее (в непроточных условиях).

Токсикологические (биотестовые) показатели – показатели биотестирования на различных тест-объектах (дафниях, водорослях, рыбах и т.д.)

Токсиканты - химические вещества, обладающие свойством токсичности.

Токсикология водная – наука о токсичности водной среды для гидробионтов.

Токсикология экологическая (экотоксикология) - наука об окружающей среде, изучающая воздействие загрязняющих веществ на окружающую среду и живые организмы, включая человека.

Токсичность воды (донных отложений) - свойство воды (донных отложений)\* вызывать патологические изменения или гибель организмов, обусловленное присутствием в ней токсичных веществ.

Точка отбора проб - точно зафиксированное местоположение отбора пробы воды или донных отложений.

Требования по качеству воды по токсикологическим показателям нормативные требования к качеству воды, соответствия к которым поверяют с помощью биотестирования токсичности воды.

Фоновый створ - створ, расположенный на расстоянии не менее 1км выше источника загрязнения (условно чистый участок водного объекта).

Экологическое благополучие экосистемы - состояние экосистемы, которое характеризуется нормальным воспроизведением ее основных звеньев.

Экспозиция - период, в течение которого организм находится под воздействием исследуемого фактора, в частности химического вещества;. В зависимости от экспозиции различают острое или хроническое действие.

Шифр пробы 11

Тестируемая проба Природная поверхностная вода

Коэффициент пересчета массы воздушно-сухой пробы на массу абсолютно-сухой (для почв) —

Температура и рН исследуемой пробы перед началом биотестирования,  $t = 20,6^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 7,3$ ; после проведения биотестирования:  $t = 20,2^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 7,4$

Дата и время начала проведения биотестирования 14.12.2020, 11:45 Дата и время окончания проведения биотестирования 16.12.2020, 11:50

Время биотестирования 48 часов Исполнитель Андросова Ю.О.

Степень разбавления, раз (соответствующая концентрация исследуемой пробы %)	Количество выживших дафний												Хср		Смертность дафний в опыте по отношению к контролю, А%	$\Gamma_k = A_{\max} - A_{\min}$	$\Gamma_n = r * 0,01 * X_{\text{ср}}$	Заключение $\Gamma_k \leq \Gamma_n$	Оценка тестируемой пробы	Оценка качества воды (водной вытяжки)	
	после 24 часов экспозиции						после 48 часов экспозиции						Контроль	Опыт						ЛКР <sub>50-48</sub>	БКР <sub>10-48</sub>
	Контроль			Опыт			Контроль			Опыт											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
81(1,2 %)				10	10	10				10	10	10		10	0	0	3,3	+	Не токсичная	-	-
27 (3,7 %)				10	10	10				10	10	10		10	0	0	3,3	+			
9 (11 %)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	3,3	+			
3 (33 %)				10	10	10				10	10	10		10	0	0	3,3	+			
1 (100%)				10	10	10				9	10	9		9,3	7	1	3,1	+			