

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ  
Кафедра экологии и генетики

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
Заведующий кафедрой  
д.б.н., профессор

\_\_\_\_\_ И.В. Пак  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
магистерская диссертация

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ И КОМПЕНСАЦИЯ УЩЕРБА  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

06.03.01 Биология  
Магистерская программа «Биотехнология»

Выполнила работу  
студентка 2 курса  
очной формы обучения

Зуева Карина Алексеевна

Руководитель  
д.б.н., доцент

Жигилева Оксана Николаевна

Рецензент  
начальник отдела по экологической  
безопасности,  
ООО «Газпромнефть-Развитие»

Устьянцев Антон Витальевич

Тюмень  
2022

## РЕФЕРАТ

С. 70, табл. 20, рис.1, библ. 63, прил. 1.

В данной работе рассмотрены методы оценки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий, методы оценки экологических рисков и расчета компенсации ущерба. Проведено биотестирование сточных вод, взятых с нефтяного завода, с помощью четырех тест-объектов. Произведена биологическая оценка качества сточных вод, определены наиболее чувствительные тест-объекты и тест-функции. Выявлено, что пробы сточных вод являются токсичными для всех тест-объектов, что говорит о недостаточном уровне очистки. Из растений наиболее чувствительным тест-объектом оказались водоросли *Chlorella vulgaris*, а из животных – *Daphnia magna*. Определен ущерб деятельности нефтяного завода в пересчете на ихтиомассу.

Ключевые слова: *Daphnia magna*, *Chlorella vulgaris*, *Lepidum sativum*, *Paramecium caudatum*, биотестирование, сточные воды, уровень загрязнения, оценка качества сточных вод, экологические риски.

This paper considers methods for assessing wastewater from oil producing and oil refineries, methods for assessing environmental risks and calculating damage compensation. Biotesting of wastewater taken from the oil plant was carried out using four test objects. A biological assessment of the quality of wastewater was made, the most sensitive test objects and test functions were identified. Wastewater samples were found to be toxic for all test objects, which indicates an insufficient level of purification. Of plants, the most sensitive test object was the algae *Chlorella vulgaris*, and of animals, *Daphnia magna*. The damage to the activity of the oil plant in terms of ichthyomass was determined.

Key words: *Daphnia magna*, *Chlorella vulgaris*, *Lepidum sativum*, *Paramecium caudatum*, biotesting, wastewater, pollution level, wastewater quality assessment, environmental risks.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
1.1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	7
1.2. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЯМАЛО- НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА.....	12
1.3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ НЕФТЕПЕРЕРАБАЮЩИХ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	18
1.4. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ.....	23
1.5. ПРОЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ.....	31
1.5.1. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕННЫХ ПОРОД РЫБ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЕКТАХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ.....	33
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	39
2.1. ОТБОР ПРОБ.....	39
2.2. МЕТОДЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ.....	39
2.3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА УЩЕРБА РЫБНОМУ ХОЗЯЙСТВУ.....	43
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	47
3.1. ОЦЕНКА СТОЧНЫХ ВОД НПЗ.....	47
3.2. БИОТЕСТИРОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕПЕРЕРАБАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	50
3.3. ОЦЕНКА УЩЕРБА РЫБНОМУ ХОЗЯЙСТВУ И ЕГО КОМПЕНСАЦИЯ.....	57
ВЫВОДЫ.....	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБ СТОЧНЫХ ВОД НПЗ.....	70

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БПК – биологическое потребление кислорода

ГТС – гидротехнические сооружения

ИЗВ – индекс загрязнения воды

НДП – нефтеперерабатывающее предприятие

НПП – нефтеперерабатывающее предприятие

ПАВ – поверхностно активные вещества

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПХЗ – показатель химического загрязнения

СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества

УГМС – управление гидрометеорологической службы

ФАР – федеральное агентство по рыболовству

ХПК – химическое потребление кислорода

ЭВЗ – экстремально высокое загрязнение

## ВВЕДЕНИЕ

Формирование оценки воздействия экологических рисков началось в 70-х годах 20 века. С тех пор он стал мощным средством профилактики, используемым во многих странах мира. Современное законодательство требует учета воздействия на человека и окружающую среду, особенно на крупных предприятиях, в том числе на нефтеперерабатывающих и нефтеперерабатывающих заводах.

В России широко реализуются природоохранные мероприятия, особенно при очистке промышленных стоков. Одним из принципиально важных направлений деятельности по сохранению водных ресурсов последние годы становится разработка и внедрение новейших технологических и технических процессов производства, перевод на бездренажные циклы, при которых очищенные стоки не сбрасываются в водоток, а повторно используются в технологических процессах. Закрытые бездренажные циклы производственного водоснабжения практически целиком исключают загрязнение поверхностных водных объектов сточными водами и позволяют использовать пресную воду для компенсации безвозвратных потерь.

На территории нефтяных предприятий образуется несколько видов сточных вод: производственные от нефтепереработки; бытовые от бытовых помещений; атмосферная вода после выпадения осадков на территории предприятий [Кузнецова, Овсянкина, с. 4].

Оценка качества воды и водоемов является одной из перостепенных задач экологического мониторинга в отношении природных ресурсов. Воды дренажных систем являются основным источником изменения состава природных вод в регионе и во всем мире. На сегодняшний день качество дренажных вод определяют по физико-химическим, биологическим и гидробиологическим показателям. Наиболее актуальным показателем качества сточных вод является их биологическая оценка путем проведения процедуры биотестирования, позволяющая в комплексе определить уровень токсического

воздействия исследуемой воды на биологические виды, недоступный химическим исследованиям.

Долгое время контроль загрязнения окружающей среды осуществляли только физико-химическими методами, определяя концентрации загрязняющих веществ и контролируя соответствие значений измеряемых концентраций нормированных показателей предельно допустимым концентрациям (ПДК). Наличие одномоментно большого количества веществ и соединений даже в концентрациях, не превышающих предельно допустимые, могут приводить к непредсказуемым биологическим эффектам.

Контроль за токсичностью водных объектов может быть проведен только методами биотестирования. Биологические методы часто превосходят физико-химические методы анализа по степени чувствительности.

Цель работы – провести оценку качества сточных вод и компенсации ущерба деятельности нефтеперерабатывающего предприятия.

Задачи исследования:

1. Оценить соответствие пробы воды нормам ПДК;
2. Провести биологическую оценку сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия различными методами;
3. Сравнить результаты биотестирования с использованием разных тест-организмов;
4. Рассчитать ущерб и компенсацию ущерба деятельности НДП при помощи внедрения ценных пород рыб в естественную среду обитания.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Расположение Тюменской области весьма удачно в отношении водных ресурсов – она находится в бассейнах крупных рек Сибири, таких как Иртыш, Тура, Пышма, Ишим и Тобол. Кроме крупных речных артерий, речную сеть также формируют более 5000 малых рек и ручьев. Также на территории насчитывается более 500 озер площадью более 1 га, из них 10 – площадью более 2000 га.

Объем поверхностных водных ресурсов, согласно данным величины среднемноголетнего объема стока, колеблются в пределах 75-80 км<sup>3</sup>. Большую его часть составляют транзитные реки сопредельных территорий. Неравномерное распределение поверхностного стока приводит к недостаточной водообеспеченности некоторых районов, например, Армизонского, Бердюжского и Сладковского. В таких районах источником водоснабжения служат в основном озера. Также на объемы поверхностных вод влияют циклы маловодных и многоводных лет [Рустамова, с. 51-57].

Удовлетворение потребности населения в питьевой воде, а также водоснабжения различных отраслей экономики в целом удовлетворительное. В целом, в Тюменской области по результатам контроля качества питьевой воды, безопасной питьевой водой обеспечено 88,2% населения [Результаты контроля ...]. В 2020 году проводились мероприятия по развитию жилищно-коммунального хозяйства. Увеличилась доля населения, обеспеченного питьевой водой – с 88,7% в 2019 г. До 89,3% [Доклад о состоянии..., с. 11].

Для исследования санитарно-химических показателей из разводящей сети водоснабжения Тюменской области в 1 полугодии 2019 г. было отобрано 3183 пробы. Из них 17,3% (550) оказались не соответствующими нормативным требованиям. На микробиологические показатели было исследовано 4944 пробы,

из них обнаружено 1,6% (77) несоответствий нормам. Не регистрировались несоответствующие пробы на паразитологические и радиологические показатели. Доля неудовлетворительных проб воды по нормативам органолептических показателей составила 21,5%, остальные не удовлетворяли нормативам содержания химических веществ [Результаты контроля ...].

В 2020 году проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, оказалось 18,0%, несоответствий микробиологическим показателям – 2,2% [Доклад о состоянии..., с. 11].

В 2017 объем отведенных предприятиями стоков в поверхностные водные объекты, составлял 315,43 млн м<sup>3</sup>, в числе которых 231,09 млн м<sup>3</sup> оказались нормативно чистыми и нормативно очищенными. Из них составили загрязненные воды в объеме 84,34 млн м<sup>3</sup> (26,74%): 75,75 млн м<sup>3</sup> (24,01%) недостаточно очищенных и 8,59 млн м<sup>3</sup> (2,72%) неочищенных вод. В общем объеме стоков, подлежащих очистке, доля загрязненного сброса составляет 87%. Проектная мощность 83 эксплуатируемых канализационных очистных сооружений относительно 2016 года увеличилась на 10,31 млн м<sup>3</sup>/год и составила 160,37 млн м<sup>3</sup>/год [Рустамова, с. 51-57].

В 2020 году в поверхностные водные объекты региона было сброшено 331,89 млн м<sup>3</sup> дренажных вод, из которых 72,2% стоков являются нормативно чистыми. Доля загрязненных сточных вод составила 24,9% от общего объема водоотведения [Доклад об экологической ситуации..., с. 15].

На качество поверхностных вод, кроме сбросов сточных вод, существенное влияние оказывает техническое и санитарное состояние водоохранных зон и прибрежных защитных полос. Поскольку водоохранные территории выполняют важные природоохранные функции, в том числе функции сохранения биоразнообразия, нарушения их использования (размещение отходов производства и потребления, химических и ядовитых веществ, движение и стоянка автотранспорта и др.) могут быть дополнительными источниками антропогенного влияния на водоемы.

В 2020 году в рамках эпидемиологического мониторинга за циркуляцией энтеровирусов в водных объектах Тюменской области были взяты 104 пробы для исследования воды открытых водоемов на энтеровирусы в сезон копания населения в 52 контрольных точках. Исследованные пробы оказались отрицательными во всех точках [Доклад о состоянии..., с. 131].

Также в 2020 году были исследованы 242 пробы сточных вод методом ПЦР, в том числе на культуре клеток. В 2 пробах (0,8%) обнаружены РНК неполио энтеровирусов [Доклад о состоянии..., с. 131].

Периодические маловодия привели к ухудшению экологического состояния озер региона. Основными негативными процессами являются обмеление, обрастание, заиление и загрязнение. Изменение гидрологического режима привело к истощению и деградации водоемов, угнетению естественных экологических систем. В целях сохранения водных объектов необходимо проводить их очистку, восстановление и экологическую реабилитацию [Зайнуллин, Галаяутдинов, с. 44-48].

В Тюменской области большое внимание уделяется решению проблем охраны водных объектов. В целях снижения уровня загрязненности регулярно проводятся реконструкции старых канализационных сооружений и сооружение новых. Также проводятся мероприятия по очистке дна водных объектов, устанавливаются границы водоохраных зон, в том числе их закрепление на грунте специальными информационными знаками.

Наблюдательная сеть Тюменской области за загрязнением поверхностных вод состоит из 27 пунктов – 25 речных и 2 озерных. Из них 23 пункта находятся в ведении Тюменского ЦГМС – филиала ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», 4 – в ведении Объединенной гидрометеорологической станции Тобольск. Отбор проб проводится каждую некаду на 4 постах (р. Тура – выше и ниже по течению реки по отношению к г. Тюмень; р. Ишим – выше и ниже по реке по отношению к г. Ишим), ежемесячно на 10 постах; на остальных постах пробы отбираются в зависимости от утвержденной программы наблюдений от 4 до 11 раз в год [Справка по гидрохимической ...].

В 2017 году наблюдается улучшение качества поверхностных вод на территории деятельности Обь-Иртышского УГМС по сравнению с 2016 годом. На действующих 27 створах в 18 из них загрязненность воды не изменилась, в 9 створах наблюдаются изменения. Так, в 3 створах наблюдается улучшение качества воды с изменением класса, с изменением разряда – в 4 створах. Ухудшение качества наблюдалось в 2 створах: р. Тура – с. Салаирка, р. Демьянка – с. Демьянское [Рустамова, с. 51-57]. Ухудшение качества с последующим переходом в другой класс наблюдалось не было.

По сведениям Тюменского центра гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в марте 2020 года были выявлены превышения предельно допустимых концентраций в следующих точках: р. Тура: в створах выше и ниже г. Тюмень, с. Салаирка, — ХПК, азот нитритный, азот аммонийный, фенолы, нефтепродукты, железо, медь, марганец; р. Ишим: в створах выше и ниже г. Ишим, с. Ильинское — ХПК, медь, марганец; р. Тобол: в створе с. Коркино – нефтепродукты, фенолы, азот аммонийный, медь, марганец, ХПК; в створе выше г. Ялуторовска – ХПК, азот нитритный, азот аммонийный, нефтепродукты, медь, марганец; в створе ниже г. Ялуторовск: ХПК, азот аммонийный, азот нитритный, фенолы, нефтепродукты, медь, марганец.

В марте 2020 года зарегистрировано 2 случая экстремально высокого загрязнения марганцем воды рек Тура (в черте с. Салаирка), р. Ук (в черте г. Заводоуковск), а также 3 случая высокого загрязнения марганцем воды реки Туры (1 случай в черте с. Салаирка и по 1 случаю выше и ниже г. Тюмень), 1 случай р. Тобол (в черте с. Коркино) [Содержание загрязняющих ...]. В 1 полугодии 2021 года высокое загрязнение речной воды марганцем отмечается в 22 случаях, при этом в черте с. Салаирка зарегистрировано 6 случаев, 2 случая выше и 3 случая ниже г. Тюмень, 1 случай в с. Покровское. Отмечается 6 случаев загрязнения р. Тура нитритным азотом [Состояние окружающей среды...]. Случаи загрязнения обусловлены чаще всего природными факторами. Значительное количество марганца поступает в водоемы с подземным стоком;

рост его концентрации в воде обусловлен также процессами растворения различных минералов, остатков животных и растительных организмов.

В силу гидрогеографических особенностей Тюменской области в отношении, расположенной в нижнем течении рек Иртыш, Тобол и Тура, многоводные годы представляют опасность подтопления и затопления территорий. Анализ данных о гидродинамическом режиме подземных вод за 2017 г. показал, что на большей части территории по сравнению с 2016 г. уровень подземных вод повысился в среднем на 0,01-0,22 м [Рустамова, с. 51-57].

В связи со сложной паводковой обстановкой и существующей угрозой подтопления и затопления муниципальных территорий весной 2017 года в шести муниципальных образованиях области был введен режим ЧС.

По состоянию на 01.01.2017 на территории области числилось 174 гидротехнических сооружения (ГТС), из которых 1 находится в федеральной собственности, 4 в областной, а остальное 169 – в муниципальной собственности.

По данным Северо-Уральского управления Ростехнадзора, 48 муниципальных ГТС, требующих капитального ремонта (реконструкция, восстановление), имеют неудовлетворительный уровень безопасности. Данные ГТС учитываются как постоянная составляющая показателя, характеризующего результаты выполнения мероприятий, направленных на приведение ГТС в безопасное техническое состояние. В случае возникновения аварийной ситуации общая сумма вероятного ущерба жизни, здоровью людей, имуществу физических и юридических лиц составляет 3 925 млн рублей. Гидротехнических сооружений региональной и федеральной собственности с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности не было.

Для защиты населения и земельных территорий региона от негативного воздействия паводковых вод, а так же для предотвращения развития ЧС, за счет средств бюджета были проведены противопаводковые мероприятия, включающие в себя строительство плотин и противопаводковых дамб; обеспечивается сохранность гидротехнических сооружений (капитальный и

текущий ремонт, страхование, декларирование гидротехнических сооружений и др.), спрямляются и расчищаются русла рек с целью увеличения их стока; проведены работы по установлению границ затопления и зон подтопления водных объектов Тюменской области с целью их учета в землеустроительной документации и при принятии решений о размещении новой инфраструктуры.

В 2020 году ситуация с паводком сложилась более благоприятно. При критическом уровне воды в р. Ишим около пункта Казанское уровень воды 20 апреля 2020 года составил 736 см. Затоплений в населенных пунктах не было [МЧС России ...].

## 1.2. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Ямало-Ненецкий автономный округ относится к активно осваиваемым территориям в связи с большими запасами месторождений нефти и газа. При этом серьезно страдают поверхностные водные объекты. ЯНАО является одной из территорий, обеспеченных водными ресурсами. Особенности водоемов в этом районе являются медленная циркуляция веществ из-за постоянных низких температур и заболоченность водоразделов. В совокупности это способствует неполному разрушению растительного опада и накоплению промежуточных продуктов растительной биомассы. Это, в свою очередь, повышает кислую реакцию среды и способствует увеличению подвижности ряда металлов [Исследования гидрохимических ..., с. 107-112].

Основной характеристикой территории в отношении гидрологического статуса является преобладание поверхностных стоков, которые могут равняться общему стоку рек в отдельные периоды наблюдения. Для рек ЯНАО характерной чертой являются умеренные половодья и низкая межень. Половодье держится сравнительно недолго – до 5 дней в году. Во время летней межени уровень вод в низовьях определяется больше уровнем моря [Геоэкологическое состояние ..., с. 374].

Реки п-ва Ямал относятся к бассейну Карского моря и двум водоразделам. Большая часть рек протекает в широтном направлении. Направление главного водораздела протекает с севера на юг к востоку от оси п-ва. Реки его западной части впадают по большей части в Байдарацкую губу, некоторые сразу в Карское море. Реки восточной части впадают в Обскую губу [Гидрология заболоченных ..., с. 121].

Источниками питьевого водоснабжения населенных пунктов и вахтовых поселков объектов первоочередного освоения месторождений на полуострове Ямал являются поверхностные водные объекты: Обская губа, Варихадьта, Сеяха, Надымская Обь, Сармикеттарка, Янгутские каналы, озера. Все водохранилища относятся к бассейну Карского моря.

Питьевой водой надлежащего качества на 2019 год обеспечено более 88% населения. Питьевой водой низкого качества обеспечены 11,35% населения области [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 16].

В 2020 году качественной питьевой водой из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения обеспечены 88,9% населения области (475 259 человека) [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 23], что говорит о росте доступности качественной питьевой водой по сравнению с 2019 годом на 1,25%. Некачественной питьевой водой обеспечены 12,2% населения области (67 090 человека) [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 23], что в целом говорит о росте доступности питьевой воды населения ЯНАО.

Согласно материалам от Управления Роспотребнадзора по ЯНАО в 2017 году на территории округа действовало 78 источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, 24 из которых поверхностные, находящиеся в Надымском, Приуральском, Ямальском, Тазовском и г. Лабытнанги, 54 – подземные, находящиеся в городах: Салехард, Надым, Ноябрьск, Муравленко, Губкинский, Новый Уренгой, Пуровском, Приуральском и Красноселькупском районах [Федеральная экологическая ...].

В 2019 году на территории ЯНАО находилось в эксплуатации 67 источников централизованного хозяйственно–питьевого водоснабжения, 25 из

которых поверхностные, остальные 42 – подземные [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 14-25]. В 2021 году количество источников централизованного хозяйственно–питьевого водоснабжения не изменилось [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 23].

Удельный вес проб из поверхностных источников водоснабжения, не соответствующих санитарным правилам, в 2019 году составил по санитарно-химическим показателям 33,6% [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 14-25]., в 2021 году – 34,1% [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 23], по микробиологическим показателям в 2019 – 9,3 % [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 14-25], в 2021 – 2,8% [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 23], по паразитологическим показателям – 0% в 2019 и 2021 гг. [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 14-25; Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 23].

Удельный вес проб из подземных источников водоснабжения, не соответствующих санитарным правилам, в 2019 году составил: по санитарно-химическим показателям – 22,9%, по микробиологическим показателям – 0,38% [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 14-25]. В 2021 году по санитарно-химическим показателям – 24,6%, по микробиологическим показателям – 0,48% [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 23].

В 2019 г. на территории ЯНАО находилось в эксплуатации 25 поверхностных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в Надымском, Приуральском, Ямальском, Тазовском районах и г. Лабытнанги. Из них 60% (15 объектов) не проходят соответствие требованиям СанПиН и гигиенических нормативов, что аналогично 2018 году и ниже значений этого показателя в 2017 году на 2,5%. Наибольшее число проб воды с несоответствием санитарным нормам регистрировалось в Тазовском, Ямальском и Надымском районах [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 16]. В 2021 году число источников в целом не изменилось, однако изменилось соотношение несоответствующих санитарным нормам проб – наибольшее их количество регистрируется в Ямальском районе [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 15].

В 2019 г. на территории ЯНАО находилось в эксплуатации 43 подземных водных источника, из которых 3 (7,1%) не соответствовали требованиям СанПиН. В 2018 г. этот показатель вырос до 13,2% за счет увеличения количества источников водоснабжения [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 16]. В 2020 и 2021 году не отвечают требованиям СанПиН только 2 из них [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 16].

В 2019 г. 2 подземных источника (4,7%) водоснабжения не соответствовало СанПин из-за отсутствия санитарных зон. В 2018 г. значение данного показателя увеличилось до 5,6%, что связано с уменьшением общего количества источников водоснабжения до 53 [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 17].

Источники подземного водоснабжения эксплуатируются в крупных городах, таких как Надым, Новый Уренгой, Салехард и др., а также в Красноселькупском и Приуральском районах [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 17].

В 98 мониторинговых точках на территориях ЯНАО в 2017 году проводились исследования качества питьевой воды. По полученным данным в 172 пробах в воде отмечено превышение гигиенических нормативов по железу и марганцу; встречается превышение содержания аммиака [Федеральная экологическая ...].

Удельный вес проб, взятых из поверхностных и подземных источников водоснабжения и несоответствующих нормам СанПиН, в 2017 году составил:

- по санитарно-химическим показателям – 19,5% и 62,5% соответственно;
- по микробиологическим показателям – 1% и 0% соответственно;
- по паразитологическим показателям – 0% в обоих случаях.

Крайне сложная ситуация складывается в Шурышкарском районе – здесь полностью отсутствуют хозяйственно-питьевые водопроводы, вода населению поступает по трем техническим водопроводам в п. Мужы, Горки, Овгорт. При этом два последних водопровода эксплуатируются всего лишь 3 месяца в году.

В п. Мужы построены станции водоочистки 480 куб. м/в сутки, в п. Лопхари 220 куб. м/в сутки, но пусконаладочные работы не завершены, указанная ситуация длится уже более 10 лет [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 21].

Всего в муниципалитетах ЯНАО находится в эксплуатации 71 хозяйственно-питьевой водопровод, из которых 29 (40,1%) не соответствуют санитарным требованиям (в 2015 г. – 43,8%, в 2016 г. – 40%, в 2017 г. – 39%, в 2018 г. – 38,6%). ЯНАО относится к регионам с некондиционными водами за счет компонентов природного происхождения: железа и марганца, что подтверждается результатами социально-гигиенического мониторинга [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 19-20].

В соответствии с данными, представленными Нижне-Обским бассейновым водным управлением, объем воды, забранной из природных водных объектов округа, в 2017 году составил 211,6 млн. м<sup>3</sup>, из них: 26,01 млн. м<sup>3</sup> – из поверхностных водных объектов, 184,35 млн. м<sup>3</sup> – из подземных и 1,24 млн. м<sup>3</sup> – морской воды. Допустимый объем забора воды из поверхностных водных объектов составляет 30,71 млн. м<sup>3</sup>. В 2019 году удельный вес проб воды в местах водозабора из поверхностных источников централизованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям ухудшился на 10% в сравнении с 2018 годом. По микробиологическим показателям отмечается ухудшение показателей (на 8,3 % в сравнении с 2018 годом) [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 16].

Химический состав поверхностных водных объектов существенно зависит от антропогенного фактора, который связан с развивающимся промышленным освоением ЯНАО. Каждый год в реки и озера сбрасывается около 38 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, из которых 70-90% – недостаточно очищенные. Сравнивая с реками Европейской части России, воды рек ЯНАО обладают существенно меньшей способностью к самоочищению. В связи с этим в реках и озерах Ямала растет содержание тяжелых металлов, нефтепродуктов, синтетических ПАВ.

По данным мониторинга, в 2017 г. в реки и озера Ямала было отведено 37,16 млн м<sup>3</sup>, из них: нормативно объем чистой составил 0,6 млн. м<sup>3</sup>;

нормативно-очищенной на сооружениях очистки – 5,49 млн. м<sup>3</sup>; без очистки – 1,61 млн. м<sup>3</sup>; недостаточно очищенной – 29,46 млн. м<sup>3</sup> (Таблица 1).

Таблица 1

Перечень предприятий – основных загрязнителей по ЯНАО  
[Федеральная экологическая ...]

Наименование предприятия	Объем сброса загрязненных сточных вод, млн. м <sup>3</sup>	Водный объект
АО «Энерго-Газ-Ноябрьск»	8,6	р. Янг-Яха (бассейн р. Пур)
АО «Ямалкоммунэнерго», г. Надым	3,05	р. Пр. Арко-Вэло-Яха (бассейн р. Надым)
АО «Салехардэнерго»	1,67	р. Васьеган (бассейн р. Обь)
АО «Ямалкоммунэнерго», г. Губкинский	2,4	р. Айваседа-Пур (бассейн р. Пур)
АО «Ямалкоммунэнерго», г. Муравленко	2,2	Болото б/н (бассейн р. Пур)
АО «Уренгойгорводоканал»	9,8	р. Хэнуяха, ручей б/н, р.Еваяха

На территории ЯНАО находятся в эксплуатации 53 канализационных очистных сооружения, из которых к объектам первой группы относятся 47,2%, ко второй группе – 49,1%, к третьей группе – 3,8%. [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 27]. В 2021 году данные показатели не изменились [Доклад «О состоянии ... », 2021, с. 25].

В 2019 г. удельный вес канализационных очистных сооружений, обеспеченных санитарно-защитными зонами должных размеров составил 41,5%, что выше показателя 2016 года (31,3%). При этом количество сооружений без санитарно-защитных зон составляет 11 объектов [Доклад «О состоянии ... », 2020, с. 27]. В 2021 году данные показатели не изменились.

Перед регионом стоит проблема эффективной очистки и обеззараживания дренажных вод. Это обусловлено длительным эксплуатационным износом

оборудования на очистных станциях и сооружениях, использование морально устаревших технических объектов и технологий, а также недостаточной мощностью самих очистных сооружений [Федеральная экологическая ...]. Также огромную роль в загрязнении поверхностных вод Ямала играет смев загрязняющих веществ с прибрежных территорий. Загрязнение идет, в частности, нефтью и продуктами ее переработки.

### 1.3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Развитие научно-технического прогресса приводит к глобальным экологическим проблемам, особенно в нефтеперерабатывающей сфере. В основном они проявляются в виде глобальных изменений природы, связанных с загрязнением биосферы. Экономическая выгода НПЗ предполагает расположение их вблизи мест проживания населения, что не может не сказываться также и на здоровье людей.

Процесс решения ряда экологических задач давно вышел на новые, более глобальные уровни, в том числе и мировой. К примеру, страны ЕС делают упор на технологии энергетического сбережения, а США – на биотехнологии и генную инженерию. Таким образом, решение экологических задач приобрело мировой формат разделения труда. Однако многие страны, находящиеся на стадии переходной экономики и развивающиеся, еще не понимают значимости происходящих изменений в сфере рационального природопользования, и либо не прошли интеграции в эту сферу, либо только начинают интегрироваться в нее. Чаще всего это происходит стихийно под напором внешних факторов, а не благодаря внутренней государственной политике. В то же время неполное понимание или его отсутствие государственными структурами необходимости пересмотреть отношение к традиционным ресурсоемким экономическим системам приводит к увеличению разрыва между ними и развитыми странами,

дальнейшему снижению конкурентоспособности и ухудшению состояния экосферы планеты [Герасимчук, с. 17].

Чаще всего нефтезаводы эксплуатируют технику, которая требует для работы больших объемов и количества веществ повышенной опасности. Почти каждое третье вещество относится к высшим классам опасности. Кроме того, в пререработке участвует пожароопасное, токсичное и взрывоопасное сырье. Аварии с утечкой паров углеводородов, нефти и нефтепродуктов не так уж редки, а сами утечки могут возникать вследствие недостаточной плотности или технической изношенности резервуаров хранения и транспортировки [Першин, Квартовкина, с. 84-85].

Таким образом, проблема антропогенного влияния на территорию стоит очень остро, особенно в тех случаях, когда это влияние превышает экологическое возможности данных территорий.

Основными источниками загрязнения являются сероводород  $H_2S$ , оксид углерода  $CO$ , диоксид углерода  $CO_2$ , углеводород, диоксид азота  $NO_2$ , сернистый газ  $SO_2$ , канцерогенные вещества, формальдегиды [Охрана окружающей среды..., с. 113-115]. Повышение их концентраций в атмосфере выше ПДК может приводить к нарушению функций сердечно-сосудистой системы. Углеводороды обладают токсическим воздействием на ЦНС, а отравление парами нефти и нефтепродуктов может привести к ослаблению функций зрения и осязания.

Оксид азота оказывает влияние на органы дыхания, разрушая альвеолы и приводя к изменению состава крови. Диоксид серы вызывает головокружение и рвоту, а от его избытка могут развиваться болезни щитовидной железы и органов пищеварения [Першин, Квартовкина, с. 84-85].

Экологические риски встречаются на всех этапах нефтедобычи и переработки, начиная с момента проведения географических изысканий.

Геолого-геофизические исследования морского дна проводятся с помощью сейсморазведки, действие гидроударов вызывает гибель многих морских организмов. При гидроударе до 150 атм. возникает ударная волна,

которая легко приводит к повреждению тканей и органов взрослых рыб и мальков, нарушает оболочки икры. Известны случаи нарушения путей миграции лососей при сейсморазведке.

Шумы, возникающие при сейсморазведке, мешают ориентировке организмов, поиску пищи и общению между ними; особенно это важно для китообразных. Животные, привлеченные шумами, могут получать травмы от гидроудара, несовместимые с жизнью [Глава 3. Экологические риски..., с. 48].

Многие виды рыб и беспозвоночных стремятся покинуть районы сейсморазведки. За ними следуют хищники, для которых рыбы и беспозвоночные являются кормовой базой. Кроме того, некоторые организмы существуют в строго ограниченных условиях, и многие из них гибнут при вынужденных миграциях, а оставаясь в прежней среде, гибнут вследствие непривычных условий существования.

Экологические риски, которые связываются с бурением скважин, можно разделить на следующие пункты: риски, связанные со сбросами в море; риски, связанные с разливом нефти; риски, связанные с выбросами в атмосферу; риски, связанные с уровнем сейсмической опасности [Глава 3. Экологические риски..., с. 48-49].

Бурение скважин практически на всех этапах, от разведки до добычи, сопровождается выбросами твердых и жидких отходов. К жидким отходам относятся токсичные примеси, используемые в работе бурового оборудования, тяжелые металлы, глинистый шлам, увеличивающие мутность воды. Буровые растворы на масляной основе очень опасны. Шламы, пропитанные таким раствором, являются основным источником углеводородного загрязнения при проведении буровых работ [Глава 3. Экологические риски..., с. 48-49].

Не менее важным источником загрязнения являются пластовые воды, состав которых характеризуется повышенным содержанием нефтяных углеводородов, тяжелых металлов, а также повышенной минерализацией, что приводит к нарушению гидрохимического режима в зоне работ. Пластовые воды также могут содержать естественные радионуклиды, которые выпадают в

осадок, контактируя с морской водой. Пластовой воды образуется тем больше, чем длительнее эксплуатируется месторождение [Глава 3. Экологические риски..., с. 49].

Разработка нефтегазовых месторождений зачастую сопровождается аварийными разливами, причиной которых становятся аварии на оборудовании, человеческий фактор или форс-мажорные природные условия. Особо тяжелые последствия таких выбросов приобретают вблизи берегов или в районах, где водообмен существенно замедлен.

Аварии при буровых работах представляют собой залповые выбросы углеводородов, когда происходит вскрытие зон с высоким пластовым давлением [Глава 3. Экологические риски..., с. 49].

Разливы нефти приводят к ухудшению химических и физических показателей воды, гибели живых организмов в результате попадания нефти на поверхность кожи и оперения, проглатывания нефти и нефтепродуктов, а также нарушения изменения мест гнездования и нереста и маршрутов миграции.

Длительная эксплуатация месторождений приводит к повышению сейсмической опасности региона, поскольку истощение пород происходит на масштабной территории. В результате работ под тяжестью строений комплекса может произойти обрушение верхнего слоя пород. Это, в свою очередь, приводит к серьезному нарушению экологического равновесия и человеческим жертвам, вызывает ударную волну и может приводит к землетрясениям даже в отдаленных районах [Глава 3. Экологические риски..., с. 50].

Отдельной стороной экологических рисков являются риски при транспортировке углеводородов, газа и продуктов их переработки. Они связаны не только непосредственно с добычей и транспортировкой углеводородов и нефтепродуктов, но также и с используемой для этих целей техникой.

Добыча и транспортировка нефти и нефтепродуктов в прибрежной зоне и на плато приводит к росту риска загрязнения вод обозначенных территорий за счет аварийных ситуаций либо несанкционированных сбросов как самой нефти или продуктов ее переработки, так и ГСМ буровых установок, судов и

обслуживающих механизмов, а также стоков с очистных сооружений, в том числе и бытовых [Глава 3. Экологические риски..., с. 50].

При транспортировке по трубопроводной системе рисков не меньше. При утечке масштаб токсического поражения часто зависит от характера повреждения трубопроводов. Аварийные разливы нефти в частных случаях на наземных магистральных трубопроводах, когда они происходят на крупных реках или вблизи них, также представляют опасность для прибрежных морских экосистем, так как любое загрязнение речных вод рано или поздно сказывается на состоянии вод устьевого района [Глава 3. Экологические риски..., с. 51].

Сама прокладка трубопровода также является элементом экологического риска, так как земляные работы сопровождаются повышением мутности за счет увеличения содержания взвешенных веществ, состоящих из мелких фракций донных отложений; изменением гидрохимического режима морской воды при выбросе загрязняющих веществ из донных отложений во время земляных работ. Сам транспорт, особенно по подводному трубопроводу, сопровождается изменением температуры придонных вод в районе трубопровода. Сами изменения могут ограничиваться узкой полосой вдоль труб, но нельзя исключать эти изменения как возможный сигнальный фактор для мигрирующих донных рыб [Глава 3. Экологические риски..., с. 52].

Для континентального шельфа Российской Федерации риски, связанные с разработкой месторождений нефти и газа и транспортировкой углеводородов, значительно выше, чем в других регионах. Это определяется сложностью природно-климатических условий; необходимостью использования уникальных технологий и оборудования; недостаточностью уровня развития инфраструктуры; несовершенной нормативной базой; большим числом грузовых операций из-за особенности схемы нефтеперевозки.

#### 1.4. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

Качество сточных вод оценивается по нескольким критериям, в частности, проводится санитарно-химический анализ температуры, окраски (в градусах), органолептических показателей (запах в баллах, может быть описан как рыбный, травянистый, глинистый, затхлый), показателя рН, прозрачности. Проводятся исследования сухого и плотного остатков (мг/л), прокаленного остатка, взвешенных веществ, окисляемости [Бабкин, Журавлева, с. 26-30].

Среди показателей качества очистки стоков на первую ступень ставится окисляемость. Данный параметр характеризует наличие в растворе восстановителей минерального или органического происхождения, которые при определенных параметрах среды вступают в окислительно-восстановительную реакцию с сильными окислителями. В стоках городских агломераций преобладают органические окислители [Кутковский, с. 119-122].

Присутствие в стоках окислителей различной природы подразделяет окисляемость на химическую – при преобладании минеральных окислителей – и биохимическую – при преобладании органических окислителей. Окисляемость выражается в мг/л  $O_2$ .

Подсчет химической окисляемости происходит при помощи химических окислителей, от выбора которых зависит тип окисляемости - перманганатная, бихроматная, йодатная. Йодатная и бихроматная окисляемости носят также название химической потребности в кислороде, поскольку измеряется количество кислорода, необходимое для полного прохождения реакции окисления примесей. Наиболее полное окисление достигается бихроматной окисляемостью [Баженов, Денисов, с. 26-31].

При измерении окисляемости с применением аэробных бактерий имеет место быть биохимическая окисляемость, а в качестве оценочного показателя используется биохимическая потребность в кислороде (БПК). Показатель определяют при температуре 25°C 20 суток и обозначают БПК<sub>20</sub> (для многих

видов сточных вод  $BPK_{20} = BPK_{полн}$ ), и за 5 суток –  $BPK_5$ . 120 часов обычно достаточно для полного окисления углеродистой фракции органических примесей, содержащихся в городских стоках. Для полной аэробной очистки требуется 20 дней ( $BPK_{20}$ ) — время, необходимое для окисления сложных биоразлагаемых соединений азота, таких как протеины и протеины [Реховская, Макарова, с. 470-472].

Важным показателем биохимического окисления является соотношение двух величин –  $BPK_{полн}$  и ХПК. Чем выше это соотношение, тем большая часть примесей органического происхождения может быть изъята из дренажных вод в процессе их очистки. Биологические методы очистки целесообразно применять при соотношении  $BPK_{полн}/ХПК \geq 0,5$ . У городских стоков это соотношение обычно составляет примерно 0,86, а у производственных сточных вод колеблется в пределах 0,25-0,80 [Терехова, с. 48-52].

К показателям качества сточных вод относятся также: азот (общий – N, аммонийный –  $NH_4^+$ , нитритный –  $NO_2^-$ , нитратный –  $NO_3^-$ ); фосфаты; хлориды; сульфаты; тяжелые металлы; ПАВ; нефтепродукты; растворенный кислород.

Не менее важным показателем оценки санитарного состояния водоемов имеет показатель количества растворенного в воде кислорода. При увеличении количества загрязняющих веществ в сточных водах этот показатель падает, поскольку кислород расходуется на естественное их окисление [Котелевцев, Маторин, Садчиков, с. 145].

Для комплексной оценки дополнительно применяются санитарно-бактериологические показатели, такие, как микробное число. Микробное число – это число бактерий, содержащихся в единице объема воды. Оно отображает степень общей обсемененности сточных вод различными микроорганизмами, в том числе и патогенными.

Физико-химические методы применяются в инженерной практике за счет своей простоты. Однако из-за большого количества загрязняющих элементов имеется вопрос выбора нескольких методов для определения оценочных

характеристик. Они позволяют оценить состояние среды обитания водных организмов, а состояние самих организмов характеризуют лишь косвенно.

Широкое применение имеют комплексные показатели, например, ПХЗ-10. Оценка качества сточных вод производится по 10 ингредиентам, среди которых определяются как общие обязательные компоненты (кислород, БПК, вещества азотной групп и т.д.), так и наиболее характерные для данного типа сточных вод вещества.

Комбинаторный индекс загрязнения определяется с учетом повторяемости загрязненности конкретными веществами. Метод требует строгого соблюдения методики отбора проб.

Важным методом оценки считается показатель Эрисмана, который оценивает качество воды по четырем критериям – санитарному, органолептическому, санитарно-токсикологическому и эпидемиологическому.

Широко в практике применяется индекс загрязнения воды (ИЗВ). Оцениваются такие показатели, как рН, растворенный кислород и БПК. [Шабанов, Маркин, с. 10-14]

К химико-аналитическим методам выявления неорганических составляющих дренажных вод относятся фотометрия, атомно-абсорбционная спектрометрия и пламенно-эмиссионная спектрометрия.

В фотометрических методах определяется поглощение света анализируемым раствором, обычно после введения в него реактива, который вступает в реакцию с определяемым компонентом стоков с образованием соединения, интенсивно поглощающего свет [Большаков, с. 64-69].

При анализе дренажных вод измерения чаще всего производят в видимой области спектра (т. е. измеряют поглощение света окрашенными или мутными растворами), значительно реже в УФ-области. ИК-спектрометрия в основном используется для идентификации и установления строения органических соединений.

Относительно концентрированные стоки анализируются при помощи титрования с цветными индикаторами для фиксации окончания титрования,

либо при помощи специализированных методов, например, при помощи электрохимического (потенциметрическое, кондуктометрическое и т.д.) или оптического титрования (колориметрическое, нефелометрическое и др.). Эти же методы могут применяться и к разбавленным стокам. Анионы чаще всего определяются при помощи титриметрических методов, особенно в тех случаях, когда в исследуемом материале присутствуют анионы, мешающие анализу друг друга [Водоотведение: учебник, с. 278].

Обнаружение наличия и определение органических веществ осуществляется при помощи титриметрических либо фотометрических методов анализа. Наиболее важную роль играют методы определения суммарных показателей загрязнения, а также хроматография. Последний метод особенно важен для отдельного определения органических примесей [Соколов, Лебедева, Павликов, с. 24-27].

Биологическая оценка представляет собой описание и анализ состояния экосистемы с точки зрения количественного и качественного состояния популяций животных и растений. Любая экосистема находится в сложной системе подвижных биологических связей и находится в равновесии с внешней средой, которое нарушается внешним влиянием антропогенных факторов. В первую очередь, антропогенное вмешательство сказывается на качественном состоянии сообществ и соотношении видов.

Методы биологической оценки позволяют решить те задачи, которые недоступны для решения физическими или химическими методами. Определение степени загрязненности среды по составу ее биоты позволяет быстро определить благополучие среды, а также выявить степень и характер загрязнения, в том числе выявить пути его распространения. Кроме того, биологические методы позволяют дать количественную и качественную характеристику естественного процесса самоочищения среды по составу ее биоты [Еремкина, с. 23-26].

Биотестирование как метод определения качества сточных вод представляет собой использование тест-объектов – биологических объектов

растительного или животного мира – в заранее заданных и контролируемых условиях для оценки влияния этих условий на организм в целом, а также на отдельные его органы, системы органов или отдельные органые функции [Еремкина, с. 23-26].

Максимально комплексные методики биотестирования были созданы для гидробионтов, и применяются чаще всего для оценки токсичности вод различного происхождения, в том числе и воды, подвергшейся воздействию антропогенных факторов, а также для экспресс-анализов в целях рекреации.

В зависимости от целей и задач токсикологического биотестирования в качестве тест-объектов применяются различные организмы: высшие и низшие растения, бактерии, водоросли, водные и наземные беспозвоночные и другие.

Типичным примером использования биотестирования является тестирование водоема с токсичными веществами. При сбросе токсических веществ, которые зачастую содержатся в дренажных водах промышленных предприятий, происходит угнетение и истощение обитающего в водоеме фитопланктона. Обогащение водоема биогенными веществами, которые нередко содержатся в сточных водах бытового происхождения, продуктивность фитопланктона резко возрастает. Перегрузка водоема питательными веществами приводит к нарушению экологического баланса и быстрому разрастанию планктонных водорослей, вызывая окрашивание воды в цвет, характерный для данного планктона (так называемое «цветение воды»). Чаще всего в таком эффекте принимает участие один-два вида. Разложение избыточной биомассы, в свою очередь, приводит к загрязнению водоема токсичными веществами биогенного происхождения [Ким, Давыдова, с. 99-101]. Повышение их концентрации приводит к гибели зооценоза и делает воду непригодной для хозяйственно-бытового использования. Помимо этого, многие планктонные водоросли еще при жизни выделяют токсичные вещества. Явление зарастания водоемов в связи с деятельностью человека носит название антропогенной эвтрофикации.

Биоиндикация позволяет выявить только уже существующее загрязнение исследуемой среды благодаря функциональным отклонениям от нормы исследуемых особей и экологического состояния и соотношения сообществ находящихся в данной среде организмов. Медленные изменения в качественном составе биоты формируются в результате длительного воздействия антропогенных факторов и проявляются в глубоких количественных и качественных изменениях [Ким, Давыдова, с. 99-101]. Качественный состав гидробионтов в загрязненном водном объекте становятся итоговой оценочной характеристикой для оценки его токсикологических свойств в определенное время и не позволяет оценить ее в момент исследования.

Исходя из вышесказанного, задачи биомониторинга заключаются в исследовании состояния экосистем, а также их отклика на антропогенное влияние, определение его отклонения от естественного состояния на различных уровнях. На основании этого специалистами делается вывод и прогнозирование экологических последствий антропогенного влияния.

Биологический мониторинг содержания металлов (преимущественно тяжелых металлов) в экосистемах имеет первостепенное значение. Однако биологический контроль как сложная система наблюдения за состоянием экосистем развит слабо. Осуществлению этого вида мониторинга во многом препятствует слабая изученность экологических особенностей накопления металлов живыми организмами [Жулидов, Емец, Никаноров, с. 199].

Специально спланированные исследования показали, что элементный химический состав живых организмов является результатом интеграции не менее пяти основных групп факторов: физико-географических, в том числе геохимических характеристик биогеохимических провинций и локальных эколого-геохимических характеристик экосистем (биогеоценозов); в эту группу факторов входят важнейшие абиогенные факторы и, в первую очередь, концентрация металлов в природных средах (в продуктах питания - для животных); видовые, половые, возрастные и индивидуальные особенности живых организмов; биологическая роль химических элементов; особенности

строения популяций живых организмов; биопродукционные процессы в экосистемах [Жулидов, Емец, Никаноров, с. 199]. По мнению А.В. Жулидова [Жулидов, Емец, Никаноров, с. 199], данное деление в значительной мере условно.

На сегодняшний день лучше всего изучена географическая переменчивость содержания таких металлов, как кальций, натрий, магний, цинк, калий, кобальт, свинец, медь и молибден в теле имго трех видов жуков рода *Silpha* L. (*Coleoptera, Silphidae*) на почти всей территории их мест обитания. В.М. Емцем и А.В. Жулидовым [Жулидов, Емец, Никаноров, с. 199] были изучены следующие виды рода *Silpha*: *S. obscura* L. и *S. carinata* Herbst, которые широко распространены в палеарктической зоне, а также *S. perforate* Gebl., встречающийся в южных регионах Восточной Сибири, в Приморском крае, Монголии, Северном Китае, в Корее и Японии. Данные виды легко различаются по морфологическим характеристикам, за счет чего представляют из себя удобный объект исследований. Помимо этого, виды *Silpha* обладают сходной экологией и биологией: все они полифаги, имаго не имеют крыльев, а расселяться они способны на небольших территориях.

У трех видов *Silpha* содержание в теле макроэлементов (калия, кальция, натрия, магния) сходно и существенно не различается в большинстве пунктов (диапазон изменения концентраций в мг/г массы сухого вещества для калия составляет 6-19, натрия – 4,3-16; кальция – 1,4-3,6; магния – 0,7-1,7); единственные исключения – Ростов-на-Дону и Кзыл-Орда, где у *S. obscura* L. и *S. carinata* Herbst зарегистрированы повышенные концентрации натрия (13-16 мг/л) и кальция (2,5-3,6 мг/г) [Боронина, Садчиков, Тажиева, с. 66-71].

Таким образом, авторы доказали, что содержание макроэлементов и марганца в теле *Silpha* в большинстве случаев не зависит от географического положения местообитания, а также от видовой принадлежности и определяется главным образом особенностями биологической роли этих металлов.

В отличие от макроэлементов и марганца, содержание микроэлементов из числа металлов и свинца в теле видов *Silpha* подвержено значительной географической изменчивости.

Важным элементом биотестирования является исследование генотоксичности и мутагенности вод, водных вытяжек и донных отложений. Для оценки данного параметра применяются различные тест-системы, например, *Allium cepa* L. 1753, тест Эймса *Salmonella typhimurium* Lignieres 1900, ДНК-повреждающий тест на *Escherichia coli* Migula 1895 и многие другие.

Такие исследования имеют первостепенное значение для оценки безопасности очистных сооружений и предотвращения попадания вредных веществ в биоценозы активного ила. Изучение общей мутагенной активности, характеризующей интегральное действие комплекса токсинов на живые организмы, позволяет оценить возможность повреждения молекулы ДНК. Возникающее повреждение приводит к утрате культуральных свойств клеток микроорганизмов, утрате свойств клеток многоклеточных организмов, что в конечном итоге может привести к смене популяций или видов в биоценозе.

При работе с тест-системой *A. cepa* оценивается митотическая активность, частота патологического митоза, типы хромосомных aberrаций в корневой меристеме объекта. Самыми частыми нарушениями становятся отставания хромосом в мета- и анафазах, появление хромосомных постов, фрагментации хромосом и образование микроядер.

Суть работы с данной тест-системой заключается в проращивании луковиц в течение нескольких дней в пробах воды. В качестве контроля используется отстоянная и отфильтрованная водопроводная вода. Через несколько дней проводят фиксацию корешков по методу Карнуа и проводят цитологический анализ на временных окрашенных препаратах. В каждом препарате учитывается общее количество клеток, количество клеток в состоянии деления в той или иной стадии митоза, а также количество и тип патологически протекающих митозов. На основании полученных данных определяется митотический индекс, распределение клеток по стадиям митоза и доля патологических митозов

[Чернышева, Хлебова, Пронина, с. 91-92]. Данный метод можно оценивать как интегральный показатель воздействия водного фактора на организм. Кроме того, после исследования проб воды на химические составляющие можно сделать вывод об их генотоксичном влиянии на данный тест-объект в частности и генотоксичности в целом.

Изучение ДНК-повреждающего действия сточных вод проводится при использовании нативной сточной воды, ее эфирной и водной фракции. Поскольку повреждения ДНК могут быть восстановлены защитными репаративными системами, для комплексной оценки используются мутантные штаммы *E. coli*, у которых подавлена одна из систем репарации. Метод заключается в избирательном ингибировании роста мутантных штаммов по сравнению с диким типом. Бактерии инкубируют в жидкой среде, которая содержит исследуемую пробу воды или ее фракцию, а затем измеряют оптическую плотность микробной суспензии и сравнивают ее с оптической плотностью «нормальных» бактерий. Высокий процент выживаемости в пределах 96-100 указывает на отсутствие ДНК-повреждающей активности, при 86-95% активность считается пограничной. Выживаемость менее 85% говорит о преимущественной гибели штамма [Иванченко, Хабибулин, Решетник, с. 224].

## 1.5. ПРОЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Выбор управленческих решений по реабилитации земель и водных объектов, а также по проведению восстановительных работ на деградированных территориях чаще всего сводится к определению объема, характера, стоимости и графика этих работ. Технологии рекультивации выбираются исходя из характера повреждений и свойств реципиентов. Для рекультивации поврежденных земель и водных объектов применяются различные методы – биологические, механические, физико-химические, а также и технологии санитарии территории [Мукатанов, Ривкин, с. 53].

Особый интерес для рекультивации поврежденных территорий представляют собой биологические методы в сочетании с технической реабилитацией, называемые также биоремедитацией. Биоремедитация основывается на использовании микроорганизмов различных классов и родов для естественного обезвреживания загрязняющих элементов в почве или водных объектах [A Citizen's Guideto...].

Подготовка проекта рекультивации включает в себя также анализ альтернативных способов и технологий для очистки поврежденных и загрязненных объектов, в том числе и прогрессивные методы биотехнологий, доступные в данных условиях. Биотехнология может быть использована в том числе и для восстановления плодородного слоя почв, загрязненных нефтью или продуктами ее переработки.

Мониторинг почвенного покрова осуществляется с целью оценки и прогноза негативных процессов, связанных с загрязнением земель в ходе строительства и эксплуатации НПЗ. Также после завершения строительных работ и проведения работ по рекультивации проводится оценка выполнения работ по рекультивации нарушенных земель согласно ГОСТ 17.5.1.02-85, ГОСТ 17.5.3.04-83 (СТ СЭВ 5302-85), ГОСТ 17.5.3.06-85.

Мониторинг растительности осуществляется с целью контроля выполнения работ по биологической рекультивации. Мониторинг проводится через год после проведения биологической рекультивации (в сезон максимальной продуктивности). Работы по контролю растительного покрова выполняют организации, проводящие техническую и биологическую рекультивации.

Проекты рекультивации выстраиваются на основании расчетов ущерба, наносимых окружающей среде. На примере ущерба рыбному хозяйству рассматриваются исходные данные по основным техническим решениям проекта. Расчет ущерба рыбному хозяйству выполняется на основании «Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биоресурсам»,

утвержденной Приказом Росрыболовства № 1166 от 25.11.2011 г. и зарегистрированной в Минюсте РФ №23404 от 05.03.2012 г.

Определенную при расчетах потерю ихтиомассы предлагается компенсировать искусственным воспроизведением молодняка одного из ценных видов рыб местных популяций для дальнейшего введения их в водоемы Обь-Иртышского бассейна. Перечень объектов воспроизводства водных биоресурсов определяется на основе классификации видов, требующих восполнения. При невозможности возмещения ущерба водным биологическим ресурсам, причиненного указанным видом рыб, объектом возмещения может быть молодь другого вида в соответствии с классификационным перечнем, определяемым специалистами.

#### 1.5.1. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕННЫХ ПОРОД РЫБ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЕКТАХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

На территории НДП находятся различные водоемы различной категории рыбохозяйственного значения. Важнейшее водохранилище, Обская губа, относится к водохранилищам высшей категории рыбохозяйственного значения, но непосредственно не затронуто строительством, но все реки, ручьи и озера, затрагиваемые строительством трассы трубопровода, относятся к водоразделу этого водоема, что имеет особое значение для рыбохозяйства. Наиболее ценные виды рыб, обитающие на рассматриваемой территории, не нерестятся непосредственно в Обской губе, хотя в некоторых заливах и лиманах нерестятся сиг-пыжьян и ряпушка.

Именно в Обской губе эти виды достигают половой зрелости, а после наступления половой зрелости мигрируют отсюда на нерест, а затем снова возвращаются в залив на зимовку. В Обскую губу не мигрируют только представители водной ихтиофауны с низкой потребностью в кислороде. Подъем вонючей (весенней) рыбы в реках обычно начинается вскоре после вскрытия. В Обской губе движение рыб начинается подо льдом, после того как в залив входят

остывшие воды тундровых рек. В результате в Обской губе образуется прибрежная полоса насыщенных кислородом вод. По этой полосе рыбы подходят к Оби. Сроки подъема рыбы зависят от вскрытия рек. Обычно прогулка начинается в конце мая - начале июня. После прогулки осенью неполовозрелые особи падают обратно в залив, а половозрелые особи уходят в верховья рек на нерест.

Молодь большинства сиговых и осетровых рыб постоянно кормится в южной и средней частях Обской губы. Летом и весной большая часть сигов и осетровых рыб (за исключением молоди, оставшейся в заливе) распределяется на корм в дельтах основных притоков Обской губы. Таким образом, в жизни популяций сига и осетра Обская губа играет роль нагульного водоема, обеспечивающего ихтиофауну необходимыми условиями не только для ее роста, но и для выживания в период зимнего отмирания. Таким образом, большая часть сигов (за исключением производителей, зимующих в верховьях незаморных рек) зимой концентрируется в Обской губе. На распределение рыб в Обской губе в зимний период большое влияние оказывает распространение морской воды: заморские воды перемещают рыбу из южных частей губы в ее среднюю часть. В Обской губе осетровые повсюду. Молодь в возрасте от двух до пятнадцати лет находится в бухте круглый год. В заливе также есть взрослые особи, которые кормятся там между нерестами. Раньше взрослые осетры и их молодь встречались в заливе в достаточно большом количестве, но сейчас из-за усиления браконьерства их численность сократилась настолько, что вид занесен в Красную книгу Российской Федерации.

Наибольший удельный вес в Обской губе занимают сиговые виды рыб: ряпушка, муксун, нельма, сиг-пыжьян, чир и пелядь. Меньшее значение имеют крупный и мелкий частик.

Царство Animalia

Отдел Chordata

Класс Actinopterygii

Порядок Salmoniformes

## Семейство Salmonidae

Род *Coregonus*

*Coregonus muksun* (Муксун) Pallas, 1776 – полупроходная рыба, большая часть года нагуливающаяся в опресненных районах моря при солености 6-8‰ [Москаленко, с. 44-45]. Встречается преимущественно в низовьях рек, на Енисее, от Енисейского залива до Осиновских порогов, известен в озерах Верхнего и Нижнего Таймыра, а также во всех крупных речных артериях Сибири. Созревает в возрасте от 6-7 лет до 11-14 лет, в зависимости от места обитания. Плодовитость колеблется от 9 000 до 167 000 икринок, в среднем около 50 000 икринок. Период нереста совпадает с началом ледообразования [Кабицкая, с. 73-77]. Отмечается периоды отсутствия нереста, то есть повторный нерест, особенно у самок, происходит через 2 года. Развитие икры происходит в течение 150-180 дней. В желудках особей в течение года обнаруживаются представители 9 систематических групп: моллюски – *Pisidium sp.*, *Sphaerium sp.*, мизиды – *Mysis oculata v. relictata*; изоподы – *Mesidothea entomon*; амфиподы – *Pontoporeia affinis*, *P. filicornis*, *Pseudalibrotus birulai*, *Gmelinoides fasciatus*; копеподы – *Limnocalanus grimaldii. var. macrurus*, *Acanthocyclops sp.*; клadoцеры – *Sida crystalline*, *Bosmina longirostris*; полихеты – *Marenzellaria wireni*; гелеиды – *Culicoides setosinervis*; хирономиды – *Cryptochironomus camptolabis*, *Prodiamesa bathyphila*, *Cricotopus versidentatus*, *Orthocladus sp.*, *Procladius sp.*, *Psectrocladius sp.* В состав пищевого комка входят также остатки растений [Куклин, с. 69-81].

## Царство Animalia

## Отдел Chordata

## Класс Osteichthyes

## Порядок Acipenseriformes

## Семейство Acipenseridae

Род *Acipenser*

*Acipenser baerii* (Осетр сибирский) Brandt, 1869 – ценная пресноводная рыба с важным промысловым значением. Имеет удлиненное веретенообразное тело. Для вида характерными чертами является наличие жаберных тычинок,

расположенных в виде веера. Их количество составляет от 20 до 49. Нижняя губа прерывистая. Спинной плавник содержит от 30 до 58 лучей, анальный плавник составляют от 15 до 33 лучей. На спинке располагается один-два десятка жучек, по бокам – от 32 до 62 жучек, с брюшной стороны тела от 7 до 16 жучек. У молодых особей жучки отличаются особенной остротой. Между рядами жучек нааходятся мелкие костные пластинки.

В сибирских реках чаще всего встречаются в больших количествах в зоны дельты, которые являются основными нагульными местами. По типу питания бентософаги, избирательность в пище низкая. В дельтах рек могут питаться амфиподами, изоподами и т.д. В реках питаются поденками, ручейниками, личинками хирономид, иногда – моллюсками и мелкой рыбой [Привезенцев, Власов с. 49-55].

Царство Animalia

Отдел Chordata

Класс Actinopterygii

Порядок Salmoniformes

Семейство Salmonidae

Род *Coregonus*

Пелядь, или сырок *Coregonus peled* Gmelin, 1788 является одним из видов товарного выращивания в холодоводных палеарктических водоемах. Встречается в теплых заливах, в местах с супесчаным дном и активно произрастающей водной растительностью. Водится на глубинах от 5 до 25 м. После льедохода неполовозрелые особи ведут стайный образ жизни в прибрежных зонах на небольших глубинах до 2 м, где и нагуливаются практически все лето. Взрослые особи обитают глубже – до 4 м и более. В летний период крупные особи находятся на глубинах от 15 до 25 м. В зимнее время встречается только на максимальных глубинах водоемов.

Миграции соотносятся во времени с нагулом и нерестом. С начала календарной осени отмечается начало движения половозрелых рыб в сторону

нерестилищ. После нереста особи распределяются более равномерно во всей акватории ареала.

Молодняк питается в основном зоопланктоном, в то время как взрослые особи являются зообентософагами. Вторичная пища состоит из брюхоногих и двустворчатых моллюсков, личинок ручейника, хирономид, пиявок [Венглинский, с. 477-489].

Реализация проектных решений оказывает негативное влияние на состояние водных ресурсов в результате гибели кормовых организмов и утраты нерестилищ. Оценка производится на основании продуктивности кормовых для рыб организмов и степени их использования рыбами, а утрата нерестилищ – на основании концентрации личинок на пойме, промыслового возврата от них и средней массы производителей.

Промысел рыбы в Обской губе, также как и в других водоемах Обь-Иртышского бассейна, регулируется действующими правилами. В течение всего года запрещен промышленный лов сиговых рыб в Обской губе. Разрешается лишь лов ряпушки (за исключением района бухты Новый Порт), а также отлов ерша, корюшки и налима. Весенний промысел ерша, налима и корюшки в районе Нового Порта. Этот лов регламентируется количеством ставных неводов и руж. В районе предполагаемого строительства лов рыбы ведет преимущественно МП "Новопортовский рыбозавод", для нужд личного потребления имеют право ловить рыбу представители коренных малочисленных народов Севера. Проводимый в Обской губе в весенний период мелиоративный промысел налима, ерша и корюшки основан на предзаморной миграции рыб из южных участков Обской губы. В мае-июне все рыбы, уходящие от заморных обских вод, оказываются в районе Нового Порта, где создается промысловая обстановка благоприятная для лова. Однако высокие концентрации здесь образуют не только объекты биологической мелиорации, но и ряд ценных охраняемых видов рыб: корюшка и некоторые сиговые, начинают в это же время нагульную и нерестовую миграции на юг из северных участков губы и задерживаются в районе Нового Порта наступающим замором. Роль малых рек рассматриваемого

побережья полуострова Ямал в формировании рыбных ресурсов и в промысле очень велика, несмотря на то, что в самих реках численность зимующих, нагуливающих и нерестящихся рыб невелика и промысел практически не ведется. Важнейшее влияние малые реки оказывают на успешность зимовки огромных скоплений оксифильных рыб в Обской губе в районе Нового Порта и на мелиоративный промысел в Обской губе.

## ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. ОТБОР ПРОБ

Отбор проб проводился согласно ПНД Ф 12.15.1-08 Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод на нефтеперерабатывающем предприятии ручным способом с помощью черпака в стеклянную тару в объеме 1 л [ПНД Ф 12.15.1-08].

Химический состав исследуемых проб воды представлен в приложении.

### 2.2. МЕТОДЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Для биотестирования приготавливались разведения сточной воды в концентрациях 1:1, 1:9, 1:99, 1:999, 1:9999. Контроль биотестирования проводился в чистой водопроводной воде. В качестве тест-объектов были выбраны следующие организмы: *Daphnia magna* Straus, 1820, *Paramecium caudatum* Ehr., *Chlorella vulgaris* Beijerinck, 1890 и *Lepidium sativum* L., 1753. Выбор данных тест-объектов обусловлен их изученностью и чувствительностью к 80% загрязняющих веществ [Муравьева, Буковский, Прохорова, с. 218].

Царство Animalia

Подцарство Protista

Тип Ciliophora

Класс Ciliated

Отряд Hymenostomatida

Семейство Parameciidae

Род *Ciliophora*

Вид *Paramecium caudatum*

*Paramecium caudatum* (Инфузория туфелька) – одноклеточный организм, достигающий в длину 170-330 мкм. Пелликула простейшего покрыта мелкими ресничками, которые используются для локомоции и питания. Тело клетки имеет

веретенообразную форму, сужающуюся сзади в тупую точку. *P. caudatum* имеет две сократительные вакуоли, служащие для удаления избыточной воды. На поверхности пелликула имеется длинная ротовая канавка, ведущая к полости рта. Питается бактериями, мелкими эукариотами. Переваривание пищи происходит в пищевых вакуолях. Размножение происходит путем деления. При определенных условиях может предшествовать аутогамия или конъюгация [Lynn, pp. 12-55].

На предметное стекло помещали каплю воды с инфузориями, удостоверились в их активном состоянии (Приложение 2). В каплю добавили каплю раствора токсиканта максимальной концентрации и наблюдали в течение 15 минут за поведением инфузорий. Далее испытывали действие каждой концентрации в трех повторностях, подсчитывая начальное количество инфузорий в каждой капле по отдельности. Через час после начала опыта определяли численность живых клеток.

Царство Animalia

Тип Arthropoda

Класс Branchiopoda

Отряд Daphniiformes

Семейство Daphniidae

Род *Daphnia*

Вид *Daphnia magna*

*Daphnia magna* (Дафния большая) – распространенное планктонное ракообразное, типичный представитель рода Дафния. Самки достигают размеров до 5 мм, самцы до 2 мм. Тело рачка покрыто прозрачным хитиновым панцирем. Голова имеет две антенны и один большой составной глаз. Конечности расположены на груди в количестве пяти пар. Питаются взвешенными частицами воды, используя фильтрующий аппарат, образованный грудными конечностями. Ими рачок генерирует ток воды к грудному отверстию панциря, поглощая бактерий, водоросли и детрит. Размножается путем циклического партеногенеза [Lampert, p. 608].

Рачки при хорошем питании и оптимуме температуры 18-22 °С созревают в течение 6-8 дней. Эмбриональный период длится в пределах от 72 до 96 часов, а при повышенных температурах может сокращаться до 25-46 часов. Друг за другом следуют партеногенетические поколения. Кладка яиц прекращается примерно за 48-72 часа до гибели рачков. В естественных условиях дафнии живут около 3 недель, а в условиях лаборатории при оптимальных условиях могут жить в пределах 3-4 месяцев, иногда более [Lampert, p. 609].

Предварительно культуру дафний (Приложение 3) выращивали в течение 14 дней в чистой водопроводной воде, отстаивной в течение 72 часов, в емкостях объемом 2 дм<sup>3</sup>. Начальная плотность культуры дафний составила 10 особей. Раз в неделю взрослых рачков в возрасте до 4 недель и молодь пересаживали в посуду со свежей водой. Кормили дафний один раз в сутки суспензией зеленых водорослей. Далее для биотестирования использовали дафний в возрасте до 24 часов. Последнее кормление осуществляли за 2 часа до начала теста. В 5 пробирок вносили по 20 мл разведенных растворов, в одну – отстаивную водопроводную воду для контроля. В каждую пробирку пересаживали по 5 особей. Ежедневно через каждые 24 часа от начала опыта визуально подсчитывали количество живых дафний и регистрировали их количество.

Царство Plantae

Подцарство Phycobionta

Отдел Chlorophyta

Класс Chlorophyceae

Порядок Chlorococcales

Семейство Chlorellaceae

Род *Chlorella*

Вид *Chlorella vulgaris*

*Chlorella vulgaris* (Хлорелла обыкновенная) – зеленые эукариотические микроводоросли сферической формы. Клетка имеет 2-10 мкм в диаметре. Хлоропласты содержат два типа хлорофилла – а и b. Толстая оболочка состоит из целлюлозы. В каждой клетке располагается гомогенная протоплазма,

маленькое ядро и пристенный хроматофор с одним или двумя пиреноидами. Размножение происходит каждые 12 часов путем образования автоспор [Morphology, composition ..., pp. 266-267].

Перед биотестированием культуру водоросли *Chlorella vulgaris* выращивали в течение суток на питательной среде Прата ( $\text{KNO}_3$  – 0.10 г/л,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0.01 г,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 0.01 г,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – 0.001 г на 1 л дистиллированной воды). Затем фильтровали через 4 слоя марли, рассеивали в пробирки с разведенной водой и контролем, измеряли оптическую плотность. Измерение оптической плотности культуры проводили с помощью фотоэлектроколориметра Фитотестер-03 (Приложение 4). Повторное измерение оптической плотности проводили спустя сутки.

Далее рассчитывали относительное (в %) изменение величины оптической плотности для каждого разведения по сравнению с контролем (1):

$$I = (X_k - X_0) / X_k \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $X_k$  и  $X_0$  – средние значения оптической плотности в контроле и в опыте, соответственно.

Царство Plantae

Отдел Magnoliophyta

Класс Magnoliopsida

Порядок Капустоцветные

Семейство Brassicales

Род *Lepidium*

*Lepidium sativum* (Клоповник посевной, или кресс-салат) – однолетнее растение, достигающее в высоту 30-60 см, с голым, редко волосистым стеблем. Нижние листья перистые, 4-10 см в длину и 2,5-3,5 см в ширину, верхние линейные, сидячие. Цветки мелкие, белые или розовые, диаметром 3 мм, собраны в гроздевидные соцветия по 20-30 штук. Плод – стручочек длиной 4,5-6 мм и шириной 3,5-5 мм, семена длиной 3 мм и шириной 1 мм, коричневого цвета [Faulkner, pp. 210-211]. Отличается быстрым прорастанием семян, высоким

уровнем всхожести и чувствительности к присутствию загрязнителей, под действием которых также происходят заметные морфологические изменения в виде задержки роста, искривления побегов, уменьшения массы и длины корней [Ильин, с. 69].

Семена *L. sativum* проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной в чистой водопроводной воде (контроль) и в воде в различных разведениях. В каждой чашке выращивали по 30 семян салата. На 3-и сутки подсчитывали всхожесть, на 7-е сутки – количество корней и их среднюю длину. Полученные результаты сравнивали с контролем (Приложение 5).

### 2.3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА УЩЕРБА РЫБНОМУ ХОЗЯЙСТВУ

Расчет ущерба рыбному хозяйству выполнен на основании «Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биоресурсам», утвержденной Приказом Росрыболовства № 1166 от 25.11.2011 г. и зарегистрированной в Минюсте РФ №23404 от 05.03.2012 г. При расчете ущерба используются исходные данные по основным техническим решениям проекта. Проектируемыми строительными работами рыбному хозяйству наносится единовременный ущерб, который будет обусловлен: 100% временной гибелью кормовых для рыб организмов бентоса на площади дна водных объектов; временным повреждением площади поймы строительством трассы газопровода и автозимника. Потери ихтиомассы от гибели зообентоса в русле водного объекта рассчитываются по формуле:

$$N = B \times (1 + P/B) \times S \times KE \times (K2/100) \times d \times \theta \times 10^{-3}, \quad (2)$$

где N – размер наносимого вреда, кг; B – биомасса кормовых организмов, г/м<sup>2</sup>; S – площадь зоны воздействия, м<sup>2</sup>; P/B – коэффициент для перевода биомассы кормовых организмов в продукцию кормовых организмов; KE – коэффициент эффективности использования пищи на рост (доля потреблённой

пищи, используемая организмом на формирование массы своего тела);  $K_2$  – средний для данной экосистемы (района) и сезона коэффициент (доля) использования кормовой базы;  $d$  – степень воздействия, или доля количества гибнущих организмов от общего их количества, в данном случае отношение величины теряемой биомассы к величине исходной биомассы (в долях единицы);  $\theta$  – коэффициент продолжительности воздействия и времени восстановления исходной биомассы кормового бентоса.  $10^{-3}$  – множитель для перевода граммов в килограммы.

Показатель коэффициента  $K_E$  является обратной величиной кормового коэффициента ( $K_1$ ), то есть  $K_E = 1/K_1$ . Коэффициент  $\theta$  при расчёте размера вреда бентофагам определяется по формуле:

$$\theta = T + \sum_{t=i} K_B(t=i), \quad (3)$$

где  $T$  – показатель длительности негативного воздействия, в течение которого невозможно или не происходит восстановление водных биоресурсов и их кормовой базы (определяется в долях года, принятого за единицу, как отношение  $t_{\text{сут.}}/365$ );  $\sum_{t=i} K_B(t=i)$  – коэффициент длительности восстановления теряемых водных биоресурсов, определяемый как  $\sum_{t=i} K_B(t=i) = 0,5i$ . При этом  $i$  – длительность восстановления (лет). Время восстановления исходной биомассы зообентоса 3 года. Как правило, рост количественных показателей популяций (численности, биомассы) описывается логистическим уравнением. Кривая, соответствующая этому уравнению, имеет S-образный вид. Прямая линия, проходящая через начальную и конечную точки S-образной кривой, пересекает её в середине. Следовательно, коэффициент на время восстановления потерь рыбных запасов  $\sum_{t=i} K_B(t=i)$  равен 0,5. Восстановительный период –  $0,5i$ .

Исчисление размера вреда от потери нерестовых площадей производится по формуле:

$$N = n_{\text{ди}} \times S \times (K_3/100) \times p \times d \times \theta, \quad (4)$$

где  $N$  – размер вреда, кг;  $n_{ди}$  – средняя плотность заполнения (численность молоди рыб) нерестилища в зоне воздействия, экз./м<sup>2</sup>;  $S$  – площадь зоны воздействия, м<sup>2</sup>;  $KЗ$  – коэффициент пополнения промыслового запаса (промвозврат), %;  $p$  – средняя масса рыб промысловых размеров, кг;  $d$  – степень воздействия, или доля количества утраты молоди от общего её количества (в долях единицы);  $\theta$  – коэффициент, учитывающий длительность воздействия и время восстановления нерестилищ. При расчёте размера вреда от временного повреждения пойменных нерестилищ коэффициент  $T = 0$ , так как работы выполняются в период зимней межени. Процесс восстановления повреждённых биотопов начнётся весной.  $\Sigma KB(t=i)$  – коэффициент длительности восстановления нерестилищ. При этом  $i$  – длительность восстановления (лет). Время восстановления исходной биомассы биоресурсов 3 года. В научных отчетах и публикациях разброс средних концентраций личинок рыб на нерестилищах сильно разнится, с учётом средней глубины пересекаемых водоёмов – 0,5 м.

Расчёт количества воспроизводимой молоди выполняется по формуле:

$$L = \frac{N_B}{p * s}, \quad (5)$$

где  $L$  – количество воспроизводимой молоди рыб, экз.;  $N_B$  – количество воспроизводимой товарной рыбы, кг;  $p$  – средняя масса одной особи товарной рыбы;  $s$  – коэффициент промвозврата.

Потери ихтиомассы предлагается компенсировать искусственным воспроизводством молоди одного из ценных видов рыб местных популяций для зарыбления водных объектов Обь-Иртышского бассейна. Список объектов воспроизводства водных биоресурсов определён исходя из рейтинга видов, нуждающихся в пополнении запасов.

## 2.4. МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕННЫХ ПОРОД РЫБ

С целью уменьшения негативного воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания проектными работами при организации нефтеперерабатывающих предприятий устанавливаются природоохранные меры, в том числе искусственное воспроизводство ценных пород рыб с последующим выпуском их молоди. При выборе варианта мероприятий учитывали коэффициент промвозврата и количество молоди для выпуска (Таблица 2).

Таблица 2

Виды рыб для рекультивационных мероприятий

Виды рыб	Коэффициент промвозврата, %	Количество молоди для выпуска, экз.
Осетр сибирский	0,11	14 010
Муксун	1,8	7 706
Нельма	0,8	2 304
Чир	1,2	17 338
Песядь	1,4	42 459
Стерлядь	2,75	27 511
Сиг-пыжьян	1,8	36 693

Выбор варианта мероприятий напрямую зависит от количественных потерь биоресурсов, которые рассчитывали согласно Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биоресурсом, утвержденной приказом Росрыболовства от 25.11.2011 №1166.

## ВЫВОДЫ

1. Пробы сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия не соответствуют нормативам: обнаружено значительное превышение ПДК по содержанию взвешенных веществ, железа, нефтепродуктов, хлорид-ионов, марганца и натрия, а также по БПК<sub>5</sub>; незначительное превышение обнаружено по содержанию фосфат-ионов, кальция и калия.
2. Пробы сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия являются токсичными для всех тест-объектов, что говорит о недостаточном уровне очистки.
3. Разные тест-объекты показали различную чувствительность к разведениям сточной воды. Наиболее чувствительным растительным объектом оказались водоросли *Chlorella vulgaris* – ингибирование роста выше критической отметки наблюдалось во всех разведениях.
4. В опытах с *D. magna* наблюдалась гибель более 50% рачков в течении 96 часов при разведении 1:99, что говорит о наличии острой токсичности воды. Хроническое токсическое действие воды достоверно подтверждается при разведениях 1:999 и 1:9999 за счет снижения плодовитости рачков по сравнению с контролем.
5. Смертность *P. caudatum* превысила критический порог в 10% при разведениях 1:1; 1:9, 1:99 и 1:999, что говорит о токсичности воды в указанных разведениях.
6. В пересчёте на ихтиомассу потери от повреждения кормовой базы составляют 0,50 кг/м<sup>2</sup>. Ущерб по проекту в пересчете на ихтиомассу составляет 21,42 кг/м<sup>2</sup>. Возмещение данного ущерба потребует, согласно заключению ФАР, большого количества молоди промысловых пород рыб (осетр сибирский, муксун или пелядь).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. A Citizen's Guide to Soil Excavation // U.S. Environmental Protection Agency, 2001. URL: <http://www.clu-in.org/products/citguide> (дата обращения: 18.01.2021).
2. Faulkner, H. W. The Mysteries of the Flowers. Stokes company. 1917. Pp. 210-211.
3. Global Market Review // Environmental Business Journal. 2006. Vol. XIX. № 5–6.
4. Lampert, W. Daphnia: Model herbivore, predator and prey // Polish Journal of Ecology. 2006. №54(4). Pp. 607-620.
5. Lynn, D. The ciliated protozoa: characterization, classification, and guide to the literature. Springer, 2010. 279 p.
6. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review / Safi C., Zebib B, Othamane M. [et al] // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier. 2014. №35. Pp.265-278.
7. Tamames R., Chairholder J. M. World Economic and Environmental Order / UNESCO. Madrid, 2000. P. 25-26.
8. Андрианов В.Д. Россия: экономический и инвестиционный потенциал. М.: Экономика, 1999. С. 634.
9. Артеменко С.В., Петухова Г.А. Ответные реакции дафний на техногенное загрязнение воды из разных створов реки Туры // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. Т. 2, №1 (61). С. 7-10.
10. Бабкин В.Ф., Журавлева И.В. Причины антропогенного воздействия на реки России и методы его сокращения // Охрана окружающей среды и природопользование. 2012. № 3. С. 26-30.
11. Баженов В.И., Денисов А.А. Проектирование современных комплексов биологической очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2009. № 2. С. 26-31.

12. Большаков Н.Ю. Биологические методы очистки сточных вод от органических веществ и биогенных элементов: [о биотехнологии, обеспечивающей очистку стоков] // Экология производства. 2013. № 4. С. 64-69.
13. Боронина Л.В., Садчиков П.Н., Тажиева С.З. Комплексная оценка загрязненности поверхностных вод Нижневолжского бассейна на основе интегральных показателей // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2014. № 1 (7). С. 66-71.
14. Венглинский Д. Л. Особенности биологии пеляди *Coregonus peled* из озер Вилюйской низменности // Вопр. ихтиологии. 1963. Т. 3. С. 477-489.
15. Водоотведение: учебник / Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Пугачев Е.А., Саломеев В.П. М.: ИНФРА-М, 2011. 416 с.
16. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования / Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ), Географический факультет; Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт криосферы Земли (ИКЗ); под ред. Н. И. Алексеевского. Москва: Геос, 2007. 585 с.
17. Герасимчук И. Экологическая практика транснациональных корпораций / М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2007. 92 с.
18. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири. / Батуев В.А., Новиков С.М., Москвин Ю.П. [и др]. Санкт-Петербург, 2009. 536 с.
19. Глава 3. Экологические риски при добыче и транспортировке углеводородного сырья // Нефть и газ российской Арктики: экологические проблемы и последствия. Доклад объединения Bellona. 2007. С. 47-56.
20. Гордеева Ф.В., Михайлова Л.В., Петухова Г.А. Функциональные показатели *Paramecium caudatum* в водных экстрактах нефтезагрязненного торфа // Вестник Тюменского государственного университета. 2009. №3. С. 232-237.

21. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тюменской области в 2020 год // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тюменской области. Тюмень, 2021. 224 с.
22. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в ЯНАО в 2019 году» // Управление Федеральной служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в ЯНАО. Салехард, 2020. С. 15-27.
23. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ямало-Ненецком автономном округе в 2021 году» // Управление Федеральной служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в ЯНАО. Салехард, 2021. 212 с.
24. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2020 году // Правительство Тюменской области. Тюмень, 2021. 158 с.
25. Еремкина Т.В. Метод биотестирования: общие требования к компетентности лабораторий // Научно-практический журнал Экология производства. 2008. Т. 52, № 11. С. 23-26.
26. Жулидов А.В., Емец В.М., Никаноров А.М. Тяжелые металлы в организмах ветлендов России. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 294 с.
27. Иванченко О.Б., Хабибуллин Р.Э., Решетник О.А.. Оценка генотоксичности сточных вод в системе экологического мониторинга пивоваренного предприятия // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, №6. С. 223-226.
28. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва – растение». Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 151 с.
29. Справка по гидрохимической сети наблюдений за загрязнением поверхностных вод Тюменской области // Правительство Тюменской области, 2020. URL: <https://admtumen.ru/files/upload/OIV/> (дата обращения: 14.05.2022).

30. Исследования гидрохимических характеристик водных объектов в районе Бованенковского НГКМ / Пыстина Н.Б, Баранов А.В., Ильякова Е.Е., Унанян К.Л. // Вести газовой науки: Охрана окружающей среды, энергосбережение и охрана труда в нефтегазовом комплексе: инновации, технологии, перспективы. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. № 2 (13). С. 107-112.
31. Кабицкая Я. А. Современные подходы к изучению популяции муксуна Обь-Иртышского рыбохозяйственного района // Молодой Ученый, Тюмень. 2016. С. 73-77.
32. Ким А.Н., Давыдова Е.В. Воздействие загрязненного поверхностного стока на окружающую среду // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования: мат. VI Междунар. науч. форума мол. уч., студ. и шк. / под общ. ред. Д.П. Ануфриева. 2017. С. 99-101.
33. Котелевцев С.В., Маторин Д.Н., Садчиков А.П. Экологическая токсикология и биотестирование водных экосистем. М.: ИНФРА-М, 2015. 252 с.
34. Кузнецова В.М., Овсянкина А.В. Современный взгляд на методы очистки сточных вод на нефтеперерабатывающих заводах и предприятиях // Молодой ученый. 2017. №32 (166). С. 4-9.
35. Куклин А.А. Созревание и воспроизводство муксуна *Coregonus muksun* (Pallas) // Вопр. Ихтиологии: Ленинград. 1979. С. 69-81.
36. Кутковский К.А. Виды сточных вод и основные методы анализа загрязнителей // Молодой ученый. 2013. №9. С. 119-122.
37. Москаленко Б.К. Муксун реки Анабара // Известия ВНИОРХ: Москва. 1971. т. XXXV. С. 44-60.
38. Мукатанов А.Х., Ривкин П.Р. Влияние нефти на свойства // Нефтяное хозяйство. 1980. № 4. С. 53.
39. Муравьева С.И., Буковский Е.К., Прохорова Е.К. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны: справ. издание. М.: Химия. 1991. 368 с.

40. МЧС России проводит круглосуточный мониторинг прохождения весеннего половодья в Якутии, Тюменской и Иркутской областях // МЧС России, 2020. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4136387> (дата обращения: 27.04.2020).
41. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей промышленности / Шитскова А.П., Новиков Ю.В., Гурвич Л.С., Климкина Н.В. // Москва: Химия. 1991. 176 с.
42. Оценка токсического влияния поверхностных вод, загрязненных нефтью, в тестах на растениях и животных / Петухова Г.А, Акатьева Т.Г, Петухова Е.С., Артеменко С.В. // Вестник Тюменского государственного университета. 2020. №7. С. 57-66.
43. Очистка сточных вод: библиографический список литературы / Нац. б-ка Чуваш. Респ.; сост. Н. А. Арсентьева. Вып. 4. Чебоксары, 2013. 18 с.
44. Першин С.Е., Квартовкина Л.К. Влияние выбросов предприятий химии и нефтехимии на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2003. №6. С. 84-85.
45. ПНД Ф 12.15.1-08 Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод
46. Постановление Правительства РФ № 913 от 13.09.2016 г. «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».
47. Постановление Правительства РФ № 997 от 13.08.1996 г. «Об утверждении требований по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплу
48. Привезенцев Ю.А., Власов В.А. Рыбоводство. М.: Мир, 2004. 456 с.
49. Результаты контроля качества питьевой воды в Тюменской области (по результатам 1 полугодия 2019 года) // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тюменской области, 2020. URL: <http://72.rospotrebnadzor.ru/content/472/86752/> (дата обращения: 27.04.2020).

50. Реховская Е.О., Макарова А.С. Определение показателей сточных вод // Молодой ученый. 2016. №20. С. 470-472.
51. Рустамова А.А. Загрязнения водных источников Тюмени и влияние их на окружающую среду // Молодежный научный форум: электр. сб. ст. по мат. II междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1(2). С. 51-57.
52. Садчиков П.Н., Давыдова Е.В. Определение параметров концептуальной модели управления качеством очистки поверхностных сточных вод // Вестник МГСУ. 2017. №12 (111). С. 37-45.
53. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 22.06.2000 г.).
54. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
55. Содержание загрязняющих веществ в водных объектах Тюменской области в марте 2020 г. // Правительство Тюменской области, 2020. URL: [https://admtyumen.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11840360@cmsArticle](https://admtyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11840360@cmsArticle) (дата обращения: 27.02.2020).
56. Состояние окружающей среды Тюменской области в 1 полугодии 2021 года // Правительство Тюменской области, 2022. URL: [http://tyumen.gov.ru/ogv\\_ru/about/ecology/eco\\_monitoring/more.htm?id=11921688@cmsArticle](http://tyumen.gov.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11921688@cmsArticle) (дата обращения: 14.05.2022).
57. Соколов Л.И., Лебедева Е.А., Павликов Д.А. Исследования по обезвоживанию осадков природных и сточных вод с применением флокулянтов // Экология и промышленность России. 2010. № 6. С. 24-27.
58. Терехова В.А. Технологии биотестирования в оценке экотоксичности отходов // Экология производства. 2009. Т. 54, № 1. С. 48-52.
59. Федеральная экологическая информация Ямало-Ненецкого автономного округа // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. URL: <http://72.rpn.gov.ru/node/5872> (дата доступа 27.04.2020).

60. Черная Л.В., Ковальчук Л.А. Возможность использования некоторых видов пиявок в качестве биоиндикаторов на загрязнение водных экосистем тяжелыми металлами // Экологические проблемы Северных регионов и пути их решения. Мат-лы Международной конф. Апатиты, 2004. С. 221-222.
61. Чернышева Н.Н., Хлебова Л.П., Пронина Р.Д. Использование тест-системы *Allium cepa* L. для оценки генотоксичности воды р. Чумыш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. №3 (137). С. 90-95.
62. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов. М.: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА им. К.А.Тимирязева. 162 с.
63. Щавелева А.Д. Влияние некоторых антропогенных факторов и биологически активных веществ на жизнедеятельность пресноводных инфузорий: специальность 03.00.16 Экология: автореф. дис. канд. биол. наук. Владивосток, 2004. 151 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБ СТОЧНЫХ ВОД НПЗ

Показатель	Результат измерения, погрешность измерений ( $C \pm \Delta$ ) ед.изм, $P=0,95$	Шифр НД на МИ
ХПК	$>10000$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:2:4 190-2003
Нефтепродукты	$>50$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:2:4 128-98
АПАВ	$(0,125 \pm 0,040)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:158-2000
УЭП	$(0,657 \pm 0,013)$ см/м	Руководство по эксплуатации на кондуктометр Анион 4100
Сульфат-ион	$(2,51 \pm 0,25)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:175-2000
Калий	$(86 \pm 14)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:2:4 135-98
Кальций	$(190 \pm 30)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:2:4 135-98
Магний	$(8,1 \pm 1,2)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:2:4 135-98
Марганец	$(1,60 \pm 1,2)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:2:4 135-98
Натрий	$(1095 \pm 164)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14:1:2:4 135-98
БПК <sub>5</sub>	$>350$ мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97
Взвешенные вещества	$(135 \pm 7)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.254-09
Водородный показатель	$(6,93 \pm 0,20)$	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
Сухой остаток	$(4380 \pm 394)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010
Фосфат-ион	$(0,25 \pm 0,04)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.112-97
Хлорид-ион	$(2133 \pm 192)$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:3.96-97
Железо общее	$>15$ мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:3.2-95