

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение школы: отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|--|
| Закономерности распределения и аккумуляции ртути в представителях ихтиофауны озера Байкал (Республика Бурятия). |

УДК 597.2/.5:546.49(282.256.341)

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 2ГМ81 | Сультимов Цырен Мункуевич | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------------|----------------------------|---------|------|
| Доцент | Осипова Нина Александровна | к.х.н., ст. науч. сотр. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Рыжакина Татьяна Гавриловна | канд. экон. наук | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Миронова Вероника Евгеньевна | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор | Барановская Н.В. | д.б.н., доцент | | |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение школы: отделение геологии

Планируемые результаты обучения по программе
 05.04.06 «Экология и природопользование»

| Код | Результат обучения | Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон |
|--|--|---|
| Общие по направлению подготовки (специальности) | | |
| P1 | Применять глубокие базовые и специальные, естественно-научные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), ОПК- 1, 2, 3, 6, 7, 8, ПК-1, 2, 4, 6, 10), CDIO Syllabus (1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3., 5.2.5, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами» |
| P2 | Разрабатывать природоохранные мероприятия, практические рекомендации по охране природы и обеспечению устойчивого развития, диагностировать проблемы охраны природы, проводить оценку воздействия планируемых сооружений на окружающую среду с учетом российских и международных стандартов | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), УК-2 (соотв. ОК-2 из ФГОС ВО), ОПК- 2, 6, 7, 8, ПК - 2, 3, 4, 5, 6, 9), CDIO Syllabus (1.2, 2.1, 4.1, 4.3, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4, 5.2.7-5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами» |
| P3 | Организовывать и проводить экологическую экспертизу различных видов проектного задания, осуществлять экологический аудит любого объекта, владеть основами проектирования | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), УК-2 (соотв. ОК-2 из ФГОС ВО), ОПК-6, 7, 8, ПК- 3, 4, 5, 7, 8, 9), CDIO Syllabus(2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.3, 4.4, 4.7), Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.6, 5.2.10, 5.2.14.-5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами» |
| P4 | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-5, ОПК-3, 5, 7, 9, ПК- 9, 10), CDIO Syllabus(2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 4.1, 4.7), Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE иFEANI, требования профессиональных стандартов26.008 |

| | | |
|----|--|--|
| | квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации | «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами» |
| P5 | Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе. Разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в сфере охраны окружающей среды, в том числе на иностранном языке | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, УК-6 (соотв. ОК-3 из ФГОС), ПК- 1, ПК-2, ПК-4, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6, ОПК-8), Критерий 5АИОР (п. 5.2.12-5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами» |
| P6 | Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС), УК-6 (соотв. ОК-3 из ФГОС), ОПК-2, 3, 4, 5, 6, 8, ПК-1, 3, 4, 6, 10), CDIO Syllabus(2.2, 2.4, 2.5, 3.2, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.13-5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами» |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение школы: отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 Барановская Н.В.

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--------------------------|
| магистерской диссертации |
|--------------------------|

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| | |
|---------------|---------------------------|
| Группа | ФИО |
| 2ГМ81 | Сультимов Цырен Мункуевич |

Тема работы:

| | |
|---|-----------------------|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 58-46/с от 27.02.2020 |
|---|-----------------------|

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 31.05.2020 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|---|
| <p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Литературные и фондовые материалы, данные по ранее проведенным исследованиям, результаты собственных научных исследований</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Характеристика озера Байкал и его ихтиофауны . Обзор литературы по источникам поступления ртути в озеро Байкал. Обзор литературы по ранее проведенным исследованиям содержания ртути в организме рыб озера Байкал. Характеристика метода анализа. Отбор проб и пробоподготовка. Изучение содержания ртути в мышечной и костной ткани обыкновенного окуня, отобранного в озере Байкал</p> |

| | |
|---|---|
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | 1. Карта отбора проб обыкновенного окуня в озере Байкал |
|---|---|

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

| Раздел | Консультант |
|---|---------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Рыжакина Т.Г. |
| Социальная ответственность | Скачкова Л.А. |
| Иностранный язык | Миронова В.Е. |

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Введение, Эколого-географическая характеристика Озера Байкал и его ихтиофауны, Материалы и методы исследования.

| |
|--|
| |
| |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|-------------------------|---------|------|
| Доцент | Осипова Н.А. | К.Х.Н., ст. науч. сотр. | | |
| | | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 2ГМ81 | Сультимов Цырен Мункуевич | | |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Уровень образования: магистратура
 Отделение геологии
 Период выполнения (осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

| |
|--------------------------|
| магистерская диссертация |
|--------------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 31.05.2020 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 01.10.2019 | <i>Глава 1. Эколого-географическая характеристика озера Байкал и его ихтиофауны</i> | |
| 01.11.2019 | <i>Глава 2. Ртуть и ее влияние на биоту. Источники поступления ртути в озеро Байкал. Содержание ртути в рыбах озера Байкал</i> | |
| 01.12.2019 | <i>Глава 3. Материалы и методы исследований</i> | |
| 08.03.2020 | <i>Глава 4. Результаты и их обсуждение</i> | |
| 20.04.2020 | <i>Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i> | |
| 20.05.2020 | <i>Глава 6. Социальная ответственность</i> | |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|-------------------------|---------|------|
| Доцент | Осипова Н.А. | К.Х.Н., ст. науч. сотр. | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------|------------------------|---------|------|
| Профессор | Барановская Н.В. | д.б.н., доцент | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 134 страниц текста, состоящая из 6 глав, заключения, включает в себя 32 таблицы 11 рисунков, 1 приложение.

Ключевые слова: ртуть, байкальский окунь, Байкал, атомно-абсорбционный метод, аккумуляция.

Объектом исследования служит байкальский окунь (лат. *Perca fluviatilis*).

Предметом исследования – уровень содержания ртути в мышечной и костной ткани байкальского окуня (лат. *Perca fluviatilis*).

Цель работы: Определение уровней содержания ртути в костной и мышечной ткани (на примере байкальского окуня).

Материал для проведения работ: 4 проб костной и мышечной ткани байкальского окуня, отобранные в летний период 2019 года в бассейне озера Байкал. При отборе проб рыбы была использована точечная сеть наблюдения (4 точек). Работы по отбору проб осуществлялись автором.

Для определения содержания ртути в костной и мышечной ткани использовались методы атомно-абсорбционного анализа в аккредитованных лабораториях 20 корпуса НИ ТПУ.

На основе результатов аналитических работ получены оценки средних содержаний ртути в мышечной и костной ткани Байкальского окуня; сравнены содержания ртути в тканях окуня на опробованной территории с данными других авторов.

Полученные в ходе работы данные могут быть использованы научными и проектными организациями, федеральные и региональные органы по надзору и контролю в сфере природопользования (департамент), научно-

исследовательские институты. Таким образом результаты исследования важны как для науки, так и для экономики региона.

Содержание

| | |
|--|-----|
| Введение..... | 10 |
| 1. Эколого-географическая характеристика озера Байкал и его ихтиофауны | 12 |
| 1.1 Географическое положение | 12 |
| 1.2 Глубины..... | 13 |
| 1.3 Геологические особенности строения | 14 |
| 1.4 Климат | 18 |
| 1.5 Гидрологический и гидрохимический режимы озера Байкал..... | 20 |
| 1.6 Ихтиофауна озера Байкал..... | 23 |
| 2. Ртуть и ее влияние на биоту. Источники поступления ртути в озеро Байкал. Содержание ртути в рыбах озера Байкал..... | 36 |
| 2.1 Обоснование использования вида <i>Perca fluviatilis</i> (байкальский окунь) в целях геоэкологических исследованиях..... | 45 |
| 2.2 Характерные длину признаки, распространение, усреднением размножение и питание главных окуня байкальского | 47 |
| 3 Материалы и методы исследования | 50 |
| 3.1 Отбор проб и пробоподготовка тканей речного окуня для исследований | 50 |
| 3.2 Методы исследования..... | 53 |
| 4 Результаты и их обсуждение..... | 56 |
| 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.. | 64 |
| 6. Социальная ответственность при исследовании ртути в ихтиофауне озера Байкал | 97 |
| Заключение | 111 |
| Список использованных источников и литературы:..... | 113 |
| Приложение А | 119 |

Введение

В современных условиях все больше внимания уделяется вопросам, связанным с загрязнением окружающей среды и ее влиянием на здоровье человека. Вышесказанное в полной мере относится и к загрязнению гидроресурсов. На протяжении длительного периода времени речные воды интенсивно используют в хозяйственном и промышленном значении крупные города и населенные пункты, что впоследствии часто приводит к неблагоприятному состоянию водных экосистем.

Вместе со сбросами сточных вод, атмосферными осадками в природные гидрообъекты привносятся различные металлы, тем самым нарушая естественный геохимический круговорот элементов. В результате, обладая ярко выраженной способностью накапливать металлы, гидробионты, в частности рыбы, концентрируют в своем организме элементы, способные вызвать токсический эффект и нарушить их процессы жизнедеятельности. Кроме этого, избыточное содержание металлов в рыбопродуктах, в конечном итоге, отражается на здоровье человека как потребителя рыбной продукции.

Актуальность работы. Озеро Байкал - самое глубокое озеро на планете и самый большой пресный водоём в мире. Является промысловозначимым объектом для огромного количества рыб, в том числе и байкальского окуня. Богатство биоресурсами приводит к тому, что в структуре питания местных жителей существенное место отводится потреблению рыбы и рыбопродуктов. Однако, потребляемая в пищу рыба может послужить угрозой для человека. Кроме того, на территории заповедной зоны озера запрещено размещение объектов капитального строительства и связанных с ними объектов инфраструктуры и вырубка лесов. Элементный состав органов и тканей рыб может служить индикатором геоэкологического состояния водных объектов. Именно поэтому необходимы сведения одного из основных промысловых видов рыб – байкальского окуня, для наблюдения за экологическим состоянием оз. Байкал в его заповедной зоне методом ихтиоиндикации.

Практическая значимость. Информация о составе и количестве ртути в тканях (прежде всего мышечной) промысловых рыб имеет важное практическое значение в связи с необходимостью нормирования их в рыбопродуктах. Также эти сведения могут послужить важной составляющей при проведении комплексного мониторинга озера Байкал.

В связи с этим, целью магистерской работы является определение уровней содержания ртути в костной и мышечной ткани (на примере байкальского окуня). Основной акцент сделан автором на исследовании ртути мышечной и костной тканей данного вида рыб.

Исходя из поставленной цели, были определены следующие задачи:

- сравнить содержание металлов в тканях окуня с предельно-допустимыми концентрациями этих веществ в соответствующих продуктах питания;
- определить районы опробования, для которых характерны наибольшие концентрации химических веществ в организме исследуемой рыбы;
- изучить и сравнить содержание ртути в мышечной и костной тканях байкальского окуня;

Объект исследования: Байкальский окунь.

Предмет исследования: Уровень содержания ртути в мышечной и костной ткани байкальского окуня (лат. *Perca fluviatilis*),

Научная новизна: Получены оценки средних содержаний ртути в мышечной и костной ткани Байкальского окуня; сравнены содержания ртути в тканях окуня на опробованной территории с данными других авторов.

1. Эколого-географическая характеристика озера Байкал и его ихтиофауны

В главе 1 будет рассмотрена эколого-географическая характеристика озера Байкал, в частности: географическое положение, климат, геологические особенности строения, глубины озера, её водный режим и ихтиофауна озера.

1.1 Географическое положение

В южной области Восточной Сибири, практически в самом центре Азии располагается озеро Байкал. Будучи ограниченным данными координатами: $51^{\circ}29'$ – $55^{\circ}46'$ северной широты и $103^{\circ}43'$ – $109^{\circ}58'$ восточной долготы, данное озеро раскинулось с юго-западной части вплоть до северо-восточной. По форме озеро схоже с гигантским полумесяцем, что обусловлено его размерными параметрами. Его протяжённость достигает 636 километров, ширина же составляет 81 километр, а прибрежная линия — 2000 километров. Его площадь приравнивается $31\,500\text{ км}^2$, что делает его самым крупным озером на континенте и седьмым среди других озер на Земле. Байкал является глубочайшим озером на нашей планете, его максимальная глубина достигает невероятной отметки в 1637 метров, а средняя — 730 м. Под охраной находится большая часть его береговой линии. Само озеро располагается в котловине, вокруг которой находятся горы и холмы. Рельеф западной части побережья представлен скалами и обрывами, однако на восточном побережье он ровнее, а хребты удалены на дальние расстояния [3].

Не считая общепризнанных параметров у Байкала есть и другие. Благодаря международному коллективу авторов, основываясь на данных, полученных при составлении ими барометрической электронной карте, можно сказать, что у озера имеются отличительные морфометрические характеристики. По объему пресной воды, данному озеру принадлежит лидирующая позиция среди остальных пресноводных озер на Земле. В нём содержится 20% всех совокупных пресноводных запасов на планете и 80% пресноводных запасов России. Объём водной массы Байкала настолько

велик, что превышает запасы вод совокупности всех американских Великих озёр [18].

Озеро наполняют воды 336 рек, а вытекает из него — р. Ангара. Бассейн озера Байкал простирается на 588 тыс. км², 53 % из которой относится к территории России, а 47 % – к Монголии. Если допустить, что в Байкал прекратится поступление новых вод за счёт притоков, то реке подобной Ангаре потребовалось бы 383 года, чтобы полностью опустошить озеро, для заполнения же чаши Байкала всем рекам мира понадобилось бы более полугода (приблизительно 200 дней). Высота данного озера стабильна и составляет 456–457 благодаря зарегулированию Иркутским водохранилищем [3].

1.2 Глубины

Данное озеро является глубочайшим в мире. Сегодня его наибольшая глубина — 1637 метров, которая была определена в 1983 г Сулимовым Л. Г., при проведении гидрографических изысканий экспедицией в локации с географическими координатами 3°14'59" северной широты 108°05'11" восточной долготы / 53.249722° северной широты 108.086389° восточной долготы [3].

Показатель самой глубокой точки был намечен в 1992 г, а впоследствии подтверждён в 2002 г при проведении общего проекта создания обновленной батиметрической карты озера с участием Бельгии, Испании и РФ. Была проведена оцифровка глубин в 1 312 788 участках (уточненные величины глубин вычислялись после повторного исследования акустическим локатором, результаты которого были сопоставлены со сведениями относительно рельефа, помимо этого эхолокации, а также сейсмического профилирования) [27].

Котловина Байкала является глубочайшей, так как поверхность озера располагается на высоте 455,5 метров, а его самая нижняя точка находится на отметке 1186,5 метров.

Усредненный показатель глубины — 744,4 м, что выше значений многих глубоководных озёр на Земле.

Помимо озера Байкал на нашей планете только у двух озёр глубины достигают значений более 1 000 метров, это Каспийское море, с максимальной глубиной в 1 025 м и озеро Танганьика с 1 470 м [6].

1.3 Геологические особенности строения

История Байкальской рифтовой зоны, само возникновение Байкала, а также развитие флоры и фауны озера, тесно взаимосвязаны. Байкальский рифт был образован в следствии разогрева земных глубин в данном регионе, что привело к подъему более легких разогретых масс, которые растеклись под земной корой в стороны, способствуя её растяжению и утончению. Впоследствии образовалась целая сеть разломов в земной коре, в которых она осела, формируя впадины. Среди них оказалась и крупнейшая - гигантская впадина Байкала. Тем не менее, 60-6 млн. лет назад, в эпоху палеоцена-миоцена, в районе сегодняшнего озера Байкал располагалась гористая местность, а также сеть малых и средних озёр, глубины в которых достигали от нескольких метров до сотен. В озёрах, с глубинами достигающими более 100 м, диатомовые водоросли были представлены эндемиками такими как *Cyclotella baicalensis* Skv. и *Aulacosira baicalensis* (K.meyer) Sim., моллюски - эндемичным семейством *Baicalidae*, а губки - эндемиками семейства *Lubomirskiidae* [25].

От 6 до 3 млн лет назад, в период раннего и среднего плиоцена, преобладал субтропический климат со среднегодовой температурой, достигающей +20°C. С началом активизации и усиления тектонических процессов увеличились как положительные формы рельефа, так и глубины озёр, которые существовали в районе сегодняшнего подводного Академического хребта, Малого Моря, северной оконечности озера Байкала и Баргузинской впадины. В состав диатомовых водорослей вошли новые виды, свойственные глубоководным водоемам. Характерные ныне

глубоководным вводом Байкала остракоды, являющиеся представителями рода *Pseudocandona*, проводили свою жизнедеятельность в районе бухты Харалгай нынешнего Малого Моря [25].

В период позднего плиоцена-эоплейстоцена, примерно 3,2-0,8 млн. лет назад, продолжилась тенденция к похолоданию климата, начавшаяся еще в предшествующую эпоху, а положительные формы рельефа значительно усилились. Образовалась крупнейшая система глубоководных озёр, которая располагалась в районе сегодняшних Южной и Средней впадин озера Байкал. В данную эпоху произошли значительные изменения в составе обитателей озёр, более теплолюбивые виды либо вымирали, либо переходили южнее. С возникновением новых участков геопространства, в активную фазу перешёл видообразовательный процесс, начала своё формирование абиссальная фауна [25].

Ледниковая эпоха плейстоцена, что примерно соответствует периоду 0,8-0,15 млн. лет назад, характеризуется резкими климатическими колебаниями и значительным усилением процессов орогенезиса. Активные процессы в земной коре в данном регионе положили начало объединению озёр в границах сегодняшнего Байкала и привели к увеличению тогдашних низин. Происходит углубление в западной части Северной впадины. С формированием ультраглубокого озера, усиливаются процессы образования новых видов среди коттоидных рыб, гаммарид и моллюсков [25].

Тектонические процессы не ослабевают и в эпоху позднего плейстоцена-голоцена, начавшегося 0,15 млн. лет назад. Озера, существовавшие в тот период, объединяются в одно ультраглубоководное озеро Байкал. Плейстоцен ознаменовал активизацию ледниковых процессов, основная часть мелководных видов, принадлежащих к теплолюбивой эндемичной фауне, подверглась вымиранию. Однако, некоторые представители данной фауны смогли приспособиться к низким температурам

воды и сменили свое место обитания на глубоководные участки в батинальной зоне. Вышло так, что места обитания большинства видов, до этого непрерывно заселявших пресноводные водоёмы Азии, Северной Америки, Европы и Дальнего Востока, перестали быть едиными. Они продолжали существовать только в своеобразных "убежищах», таких как колодцы, выходных ключей, пещеры и глубоководные пресноводные озёра. Если проследить происхождение сиговых рыб от их теплолюбивых предков, обитающих в водоемах в районе сегодняшнего Байкало-Патомского нагорья, то ним можно причислить и байкальского омуля, который составляет до 1/3 фауны обитающих в озере Байкал [25].

Образование и разделения на новые виды, продолжавшееся в плейстоцене и голоцене, привело к очень большому разнообразию флоры и фауны Байкала. По разнообразию видов Байкал может соревноваться с морскими водоёмами. В озере Байкал обитает значительное количество растительных видов, насчитывающих 1219 представителей, а также большое число разнообразных животных [25].

Рельеф дна

Озеро обладает дном с характерной рельефностью. Прибрежная часть Байкала на всём своём протяжении имеет мелководье у берега со склонами, под водой локализуются горы, а три основные впадины озера имеют выраженное ложе. Чашу озера подразделяют на Северную, Южную и Среднюю впадины, которые разделены горными хребтами [25].

Более явно выражен Академический хребет, достигающий высоты 1 848 м относительно дна озера, а его протяженность составляет примерно 100 км. Донные осадки достигают толщины в 6 км. При проведении гравиметрической съемки, было установлено, что в Байкале погребены под отложениями и толщей воды, наивысшие горы на планете Земля, достигающие отметки 7 тысяч метров.

Байкал имеет 27 островов, среди которых остров Ольхон, являющийся крупнейшим. Его протяжённость составляет 71 км и ширина — 12 км. Он расположен несколько западнее от центральной части Байкала. Площадь острова Ольхон по одним данным составляет 729 км², а по другим только 700 км². Святой Нос является самым крупным полуостровом [3].

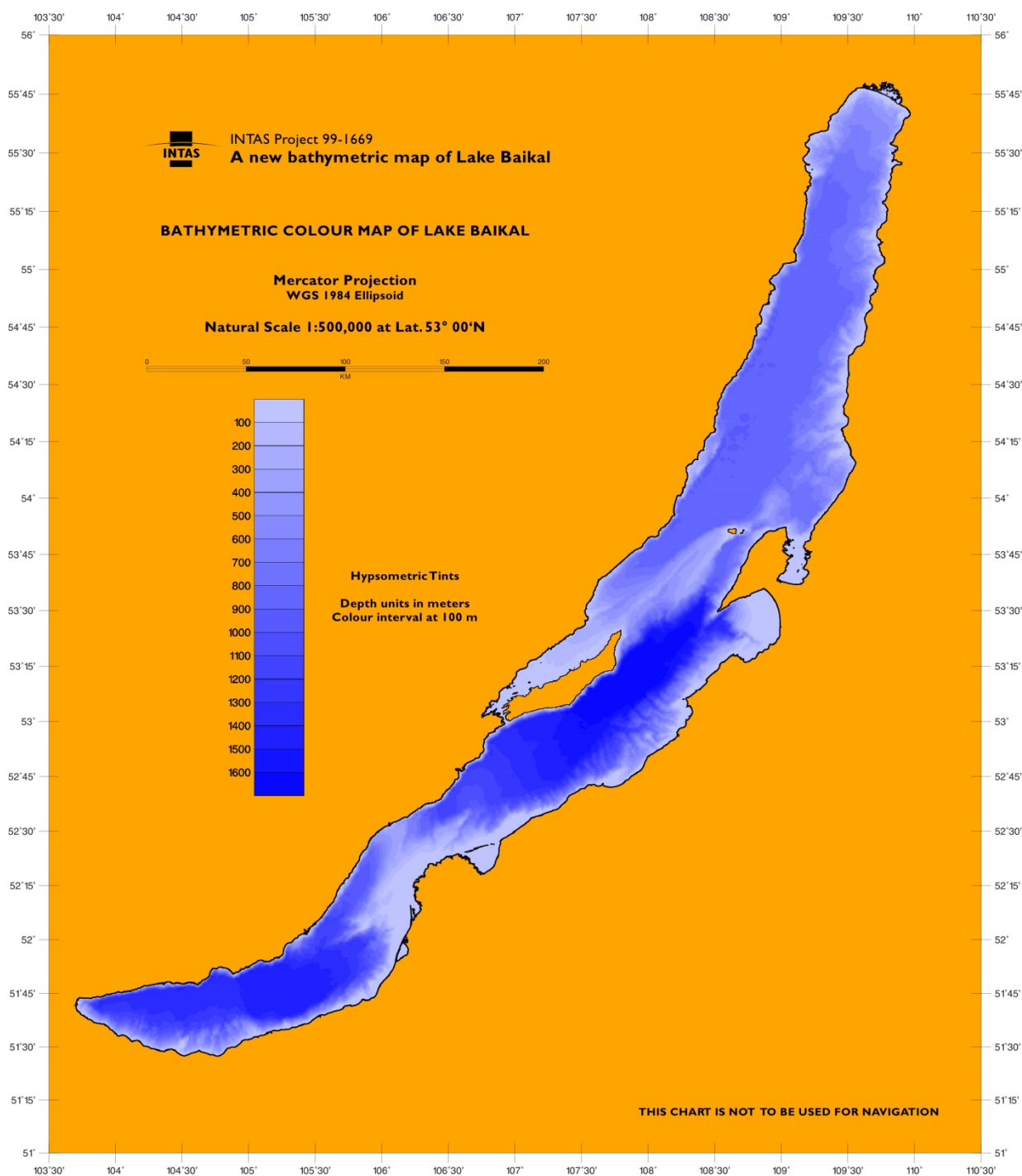


Рисунок 1 – Батиметрическая карта озера Байкал [4].

Сейсмоактивность

Байкальский рифтовый район является территорией с частыми землетрясениями силой 1-2 б, согласно ШСИ. Следует отметить, что в регионе было Кударинское 10-балльное землетрясение 1862 г, в результате которого в северной зоне дельты р. Селенги отделился и утонула часть суши, достигающая площади 200 км². Здесь находилось шесть населённых пунктов, а впоследствии сформировался провал-залив. Последующие года также была сейсмическая активность. В 1903 г произошло Байкальское землетрясение, в 1957 г — Муйское, в 1950 г — Мондинское и в 1959 г — 9-балльное Среднебайкальское, которое в городах Иркутске и Улан-Удэ спровоцировало незначительные разрушения построений, а сила основного толчка достигала 5-6 б. Из ближайших к настоящему времени, можно отметить землетрясения, произошедшие на Байкале 9-балльное в августе 2008 г и 6-балльное в феврале 2010 г [25].

1.4 Климат

Озёрные воды воздействует на климат побережья. Летний период отличается прохладой, а зимний — мягким течением. Приход весны запаздывает примерно на 10-15 суток в сравнении с соседними регионами, осень же здесь зачастую долгая [3].

Для байкальского района характерно большое среднегодовое количество солнечных часов. Так, в поселке в Иркутской области, рекордное для РФ количество солнечных часов — 2 524. Оно превышает значения, зафиксированные на курортах Чёрного моря. Лишь 37 суток в течение года в посёлке бессолнечные, на острове Ольхон их 48.

Ветра формируют климат и имеют определенные термины, среди которых такие, как култук, верховик, сарма, баргузин [3].

КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ CLIMATIC ZONING

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
(осредненные для каждого климатического округа)

| Климатический округ | *П (часы) | Q (кал/см ²) | Средняя температура воздуха | | | | | A (°C) | Кц | Σt° >10° | Безморозный период (дни) | Средние даты перехода t воздуха через 0° | Осадки (мм) | | |
|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|-------|------|------|--------|--------|----|----------|--------------------------|--|-------------|-----|--------|
| | | | I | II | VII | VIII | за год | | | | | | t | x | за год |
| Северо-Байкальский | 1800 | 95-100 | -21,7 | -20,5 | 12,1 | 13,0 | -3,3 | 34,8 | 64 | 846 | 102 | 30.IV-17.X | 279 | 103 | 382 |
| Средне-Байкальский | 2000-2200 | 105-110 | -19,3 | -18,5 | 14,6 | 13,9 | -1,6 | 33,6 | 63 | 1153 | 112 | 20.IV-20.X | 261 | 79 | 340 |
| Южно-Байкальский | 1800-2000 | 105 | -17,3 | -16,6 | 14,4 | 13,9 | -0,7 | 31,9 | 62 | 1204 | 124 | 16.IV-23.X | 506 | 114 | 620 |

П—Продолжительность солнечного сияния (годовое количество часов)

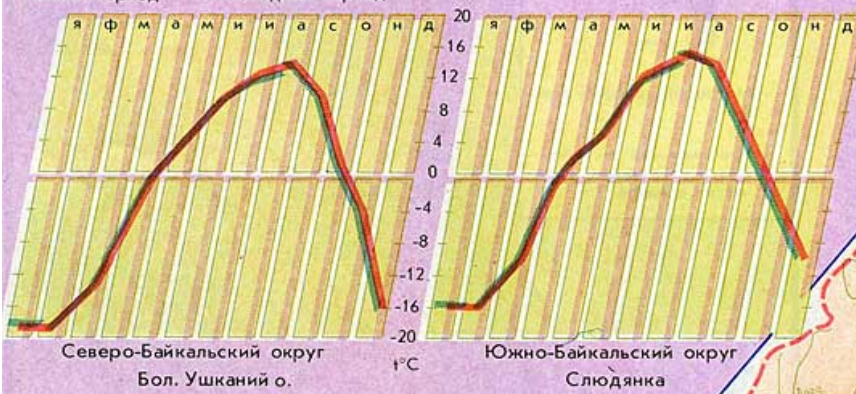
Q—Суммарная солнечная радиация

A—Годовая амплитуда температуры воздуха

Кц—Кoeffициент континентальности по Ценкеру

* Величина П у восточных берегов понижена, по сравнению с западными из-за более значительной пасмурности

t—теплый период x—холодный период



МНОГОЛЕТНИЙ ХОД СРЕДНИХ МЕСЯЧНЫХ
ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА

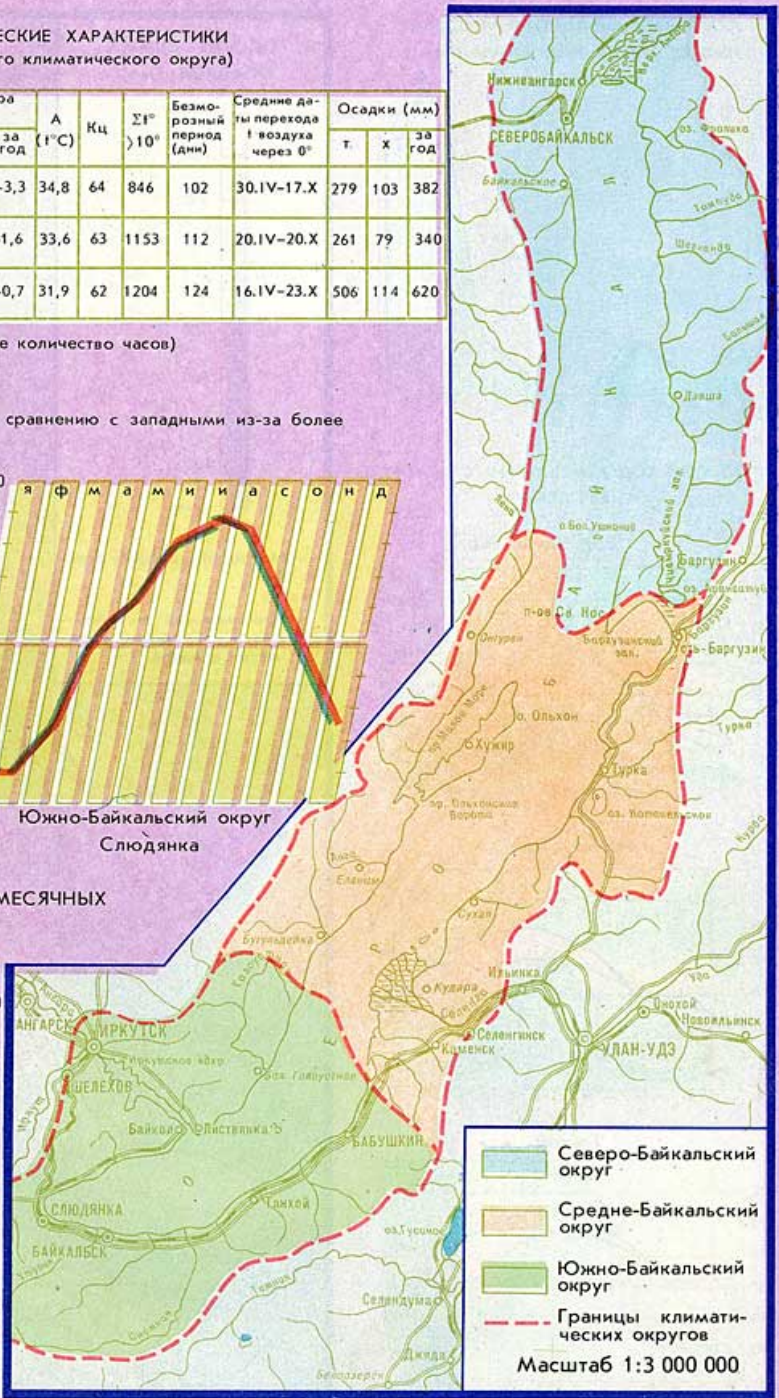


Рисунок 2 – Карта климатического районирования озера Байкал [21].

1.5 Гидрологический и гидрохимический режимы озера Байкал

Гидрологический режим

Водные запасы Байкала поистине впечатляют — 23 615,39 км³ и составляют примерно 19% всех пресноводных запасов на планете. Каспийское море занимает лидирующее место по водным запасам, а Байкал занимает 2 место, но вода в Каспийском море солёная. Если сложить все водные запасы пяти Великих озёр Америки, то они всё равно будут уступать объёму Байкала. В Ладожском озере воды меньше в 25 раз, чем в Байкале [3].

Незначительная концентрация минералов, обилие кислорода и практически полное отсутствие органических соединений, является основной чертой байкальских вод [7].

Воды озера холодные, и поверхностные слои прогреваются лишь до +9 °С даже в летний период, максимум +15 °С наблюдается в некоторых заливах. Глубже температура не превышает +4 °С. Рекордные показатели температуры поверхности воды были зафиксированы только летом 1986 года в северной части озера Байкал и достигли отметки 22-23°С.

Прозрачная байкальская вода позволяет дифференцировать разнообразные камни и предметы на глубине 40 м. В летний и осенний периоды вода имеет синие-зелёный или зелёный цвет из-за обильного развития множества растений и гидробионтов в тёплой воде. Минимальная концентрация минеральных солей позволяет использовать воду вместо дистиллированной [27].

Начиная с января и по начало мая озеро оказывается полностью покрыто льдом, за исключением незначительного участка у истока р. Ангара. Передвижения грузовых и пассажирских кораблей длится с июня по сентябрь. Все экспедиции проводятся в период с мая по январь.

По окончанию зимы, толща ледяных покровов озера составляет примерно 1 м, а в области заливов до 2 м. В периоды сильных морозов на озере образуются трещины, которые местное население называет «становыми щелями». Такие разрывы возникают ежегодно почти в одном

месте, сопровождаются характерным треском. Свободное прохождение солнечных лучей через прозрачный лёд, позволяет развиваться планктонным водорослям, которые также выделяют кислород в воду. Вдоль побережья озера Байкал в зимний период образуются набрызги и ледяные гроты [6].

Ещё в 1930 гг. учёными были найдены особые образования покрова льда, специфичные для Байкала. К примеру «сопки», достигающие высоты до 6 м и напоминающие шатры со своеобразными «входами» с противоположной стороны от побережья. Они могут образовывать небольшие «горные цепи» (см. Приложение 4), но зачастую обособлены. На озере Байкал распространены ещё такие виды льда, как «Колобовник», «сокуй» и «осенец» [6].

Кроме этого, весной 2009 года в интернет попали спутниковые изображения различных районов Байкала, на этих изображениях можно было отчётливо разглядеть темные кольца. Ученые предположили, что данные кольца могут возникать из-за подъема ледяных вод с глубины и их нагрева подо льдом. Вследствие данного процесса возникали антициклонические течения, которые характеризуются направлением против часовой стрелки. В зонах, где такие течения достигали наибольших скоростей, возникал интенсивный обмен воды в вертикальном направлении, способствующий ускорению разрушения покровов льда [8].

Гидрохимический режим

Наблюдается близость среднего химического состава воды Байкала и питающих его рек. Но она ограничивается только основными ионами, что же касается содержания соединений биогенных элементов, органических веществ и компонентов газов, то для них такого сходства не наблюдается [10].

В отличие от притоков в открытых частях озера практически не отмечаются сезонные изменения содержания основных компонентов ионного состава, и по глубине их распределение мало изменяется. Такая стабильность определяется незначительностью годового поступления вод в Байкал с

речным, подземным стоком и осадками по сравнению с объемом озера, а также близостью среднего ионного состава притоков и озерных вод [10].

Следует отметить очень малое количество в водах озера кремния и кальция по сравнению с притоками. Кремний, поступающий с водами притоков, расходуется в озере диатомовыми водорослями и губками, а кальций идет на построение раковин моллюсков и хитиновый покров членистоногих.

Байкальские воды бедны также биогенными элементами и органическими веществами. Минимально содержание соединений железа, магния.

Растворенные газы (O_2 и CO_2) и органическое вещество распределены по акватории и глубине неравномерно. Содержание кислорода и органического вещества снижается с глубиной, а углекислого газа, наоборот, возрастает. Если на поверхности озера среднее содержание кислорода составляет 11,7–11,9 мг/дм³, на глубине 140 м – 9,9–10,6 мг/дм³, то на максимальных глубинах (около 1600 м) – только 9,5 мг/дм³. Величина CO_2 изменяется соответственно от 1,5–1,7 мг/дм³ [17].

В целом, газовый режим Байкала отличается высокой стабильностью и благоприятен для гидробионтов. Любопытно, что максимальные концентрации растворенного кислорода приурочены к зимнему подледному периоду и в верхнем 50–75-метровом слое обычно возрастают от января к марту, что объясняется ранним началом вегетации фитопланктона.

Насыщенность вод озера кислородом способствует развитию организмов на всех глубинах, включая максимальные, а также интенсифицирует процессы разрушения органического вещества и другие окислительные процессы. Это обстоятельство выгодно отличает Байкал от некоторых других озер и приводит к тому, что в его донных осадках не происходит в больших количествах накопление органического вещества. В то же время, воды, богатые растворенным кислородом, оказывают сильное коррозирующее воздействие на железо, а малое содержание CO_2 приводит к

агрессивности воды Байкала к цементу и бетону. Эти обстоятельства необходимо учитывать при строительстве на Байкале различных инженерных и гидротехнических сооружений [17].

Наличие щелочных элементов (натрия, кальция, магния, калия) и низкое содержание свободной углекислоты создают слабощелочную реакцию байкальских вод. Концентрация водородных ионов (рН) находится в пределах 7,0–8,5, причем с глубиной рН снижается.

Таким образом, воды оз. Байкал по классификации О. А. Алекина относятся к слабоминерализованным мягким водам гидрокарбонатного класса, группе кальциевых; по гидрохимическим параметрам они соответствуют международным стандартам высококачественной питьевой воды и отвечают требованиям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Сопоставление химического состава байкальской воды с требованием проекта стандарта на питьевую воду, выполненное в работе Г. И. Галазия, Е. Н. Тарасовой и др. (1996), показало, что значения и естественные колебания гидрохимических параметров байкальской воды ниже требований проекта стандарта в десятки раз и более [2].

1.6 Ихтиофауна озера Байкал

Ихтиофауна Байкала отличается разнообразием и по последним данным представлена 56 видами и подвидами из 13 семейств. Таксономический статус отдельных видов и подвидов продолжает обсуждаться. Большинство видов не являются промысловыми. Многие представители эндемичны. Главным образом это различные виды семейства глубинных широколобок. К категории редких и исчезающих отнесены байкальский осетр (Красная книга МСОП), даватчан (Красная книга России), таймень и ленок (Красные книги Бурятии и Иркутской области), а также елохинская и карликовая широколобки (Красная книга Иркутской области). Промыслом в настоящее время охватываются 13 видов рыб, среди которых акклиматизированные в бассейне Байкала амурский сазан, амурский сом и

лещ. В перечень промысловых эндемичных видов водных животных озера Байкал включены байкальский омуль, белый байкальский хариус, черный байкальский хариус, байкальская нерпа. Общий допустимый улов (ОДУ) устанавливается для перечисленных промысловых эндемиков озера, а также для байкальского сига. Для остальных промысловых видов водных биоресурсов Байкала определяются объемы возможного вылова (добычи). Материалы, обосновывающие ОДУ и возможный вылов водных биоресурсов, ежегодно разрабатываются Байкальским филиалом ФГБНУ «Госрыбцентр» на основании мониторинговых исследований [17].

Байкальский рыбохозяйственный бассейн – одна из крупнейших акваторий России, центром которой является озеро Байкал. По территории Бурятии проходит 60 % береговой линии этого ценного промыслового водоема [9].

Популяция промысловых биоресурсов озера Байкал представлен следующими видами биоресурсов: лососевые (хариус); сиговые (омуль, сиг); мелкочастиковые рыбы (плотва, елец, окунь, карась); крупночастиковые рыбы (щука, язь, сазан, лещ, сом); тресковые (налим) [17].

Таблица 1. Вылов рыбы в оз. Байкал (по данным статистики) в 2005–2015 гг., тонн [17].

| Виды рыб | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|----------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| харюс | 4,4 | 5,4 | 5,5 | 8,5 | 11,4 | 8,9 | 7,8 | 7 | 9,3 | 11,3 | 14,5 |
| омуль | 1399,5 | 1139,5 | 900,2 | 991,1 | 1079,7 | 1230,1 | 1412,4 | 1207,1 | 1140,4 | 839,9 | 793,2 |
| сиг | 5,7 | 4,7 | 0,3 | 2,7 | 2,3 | 6,1 | 3,3 | 3,7 | 4,6 | 5,6 | 9,3 |
| плотва | 657,5 | 844,7 | 660,3 | 774,9 | 795 | 697,8 | 678,9 | 478,7 | 632,9 | 702,7 | 743,7 |
| елец | 130,9 | 111,6 | 107,7 | 76,8 | 102,5 | 63,8 | 67,8 | 58 | 55,1 | 67,9 | 59 |
| окунь | 111,8 | 65 | 92,9 | 86,6 | 86,3 | 56,1 | 94 | 63,7 | 74,4 | 100,9 | 99,5 |
| карась | 22,4 | 1,9 | 17,4 | 12,4 | 33,3 | 8,7 | 10,3 | 14,8 | 13,3 | 27,5 | 31 |
| щука | 13,1 | 19,7 | 5,7 | 11,7 | 10,3 | 12,1 | 12,1 | 16,1 | 22,1 | 27 | 30,9 |
| язь | 1,8 | 9,8 | 2,6 | 4,6 | 7,9 | 6,5 | 6,5 | 6 | 13,9 | 22,2 | 14,9 |
| сазан | 6,1 | 1,7 | 5,4 | 2,4 | 1,5 | 3,7 | 4,5 | 3,8 | 3 | 3 | 9,6 |
| лещ | 0 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | 0 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 4,3 | 2,5 |
| сом | 0,3 | 0 | 0,8 | 1,2 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 3,2 | 2,1 |
| налим | 14,3 | 11,1 | 8,2 | 12,5 | 14,8 | 12,2 | 13,6 | 16 | 17 | 26,1 | 26 |

Большая голомянка (*Comephorus baicalensis*)

Обитатель озера Байкал. Данная рыба имеет тенденцию к распространению в открытых зонах Байкала. Большой голомянки больше всего в северной части озера и в его средней зоне. Данный вид относительно всех вторичнопелагических представителей озера, проходящих жизненный цикл в середине пелагиали, является наиболее глубоководным. Вид *Comephorus baicalensis* в большей части расположен в толще воды. В области дна рыбу можно найти лишь зимой. В период с июня по сентябрь большая голомянка обитает преимущественно на глубине от 300 метров, а осенью ночью переходит выше. Весь зимний период и начало весеннего периода рыба мигрирует в вертикальном направлении в диапазоне глубины 25-400 метров [52]. Питание большой голомянки представлено *Macrohectopus branickii*, при этом её содержание в весе питания рыбы составляет 10,3-93% [19]. На основании массы и размера добываемой еды,

вид *S. Baicalensis* относят к представителям с признаками активного хищника. Также рыба имеет определённые особенности плотоядных представителей. Средние значения веса самок половозрелого возраста составляет 40 г, размер — 15,1 см. Вес самцов составляет в среднем 37 г, а размер — 15 см. Отмечены самые большие параметры. Среди самок вес составил 170 г, а размер 22,6 см, а вес самцов оказался 110 г и размер — 21,1 см. Кроме того, по данным Талиева Д. Н. отмечена самая большая длина, составившая 25 см.

Малая голомянка (*Comerphorus dybowski*)

Обитатель озера Байкал, который является наиболее распространённым и многочисленным. *S. dybowski* обитают в пелагиали Байкала на различной глубине в разное время года, которая составляет от 1000 метров. Зимой малая голомянка находится только в толще воды. В летний период данный вид спускается глубже, в придонную зону, на 100 метров и выше. Температура воды ограничивает вертикальную миграцию малой голомянки, так же как и большой голомянки. Питаются они планктоном. Рацион молодой особи размером от 18 до 47 мм представлен на 17,1% пелагической амфиподой (*Macrohectopus branickii*) и на 78,8% — копеподами (*Epischura baicalensis*). Взрослая рыба питается несколько иначе. Вес пелагической амфиподы увеличивается и составляет от 61% до 97% от веса пищевого комка, а доля копеподы уменьшается и варьирует в пределах от 3% до 31%. Средние значения размера самок половозрелого возраста составляет от 10 до 11 см, максимум 15.8 см. Наибольший размер самцов составляет 13,5 см, в среднем — от 8 до 9 см [19].

Желтокрылая широколобка (*Cottocomerphorus grewingkii*)

Обитатель озера Байкал. Среди своего рода Cottidae желтокрылая широколобка является наиболее многочисленна, чем остальные представители. Относительно вторичнопелагических представителей *Cottocomerphorus grewingkii* является самой мелководной рыбой, обитающей на глубине 15-350 метров. Определённый период времени рыба

перемещается в придонную зону [46]. Желтокрылая широколобка распространена по всему озеру. В период нереста много рыбы можно найти в прибрежной зоне. Вертикальная миграция напрямую связана с сезоном. Весной рыба находится на мелководье на глубине от 40 до 50 метров, летом глубина обитания составляет от 100 до 300 метров, осенью рыба встречается в прибрежной зоне, а зимой — на глубине от 70 до 200 метров [5]. Рацион питания данного представителя представлен 2 видами мезозoopлankтона. Это *Cyclops kolensis* и *Epischura baicalensis*. Начиная с возраста двух лет в рацион добавляется макрозооплankтон в размере от 6% до 15%, представленный молодые особи голомянок и желтокрылок в объёме от 1% до 6%, а также *M. branickii*, составляющий от 3% до 11% общего объёма. Для рыб половозрелого возраста данная пища составляет основу рациона. Кроме планктона желтокрылая широколобка питается и бентическими амфиподами в объёме от 1% до 17% веса пищи, что свойственно рыбе, обитающей в придонной территории. Максимальный размер рыбы составляет 19 см, при этом самцы крупнее самок [46].

Длиннокрылая широколобка (*Cottocomerphorus inermis*)

Обитатель озера Байкал, распространяющийся по всем открытым зонам. В бухты и заливы они приплывают обычно зимой или в начале весны. *Cottocomerphorus inermis* мигрирует в вертикальном направлении в диапазоне от 10 до 1000 метров в разное время года. В летний период глубина составляет от 300 до 1000 метров, осенью — от 100 до 200 метров, зимой — как на мелководье, так и на значительной глубине. Рацион личинок представлен копеподами, прежде всего — *E. Baicalensis*, составляющих от 97% до 100% всей пищи. Максимальный размер самок составляет 19 см, а самцов — 22 см. Средняя длина составляет для самок от 14 до 15 см, а для самцов от 16 до 17 см [52].

Северобайкальская желтокрылка (*Cottocomerphorus alexandrae*)

Обитатель озера Байкал. Северобайкальская желтокрылка по образу жизни и строению занимает промежуточное положение между *C. grewinkii*

и *C. inermis*, оказавшимся более приспособленным видом для пелагического типа образа жизни. Северная часть озера — основное место обитания *Cottocomphorus alexandrae*. Вертикальная миграция рыбы составляет от 7-10 метров и достигает глубины 350-400 метров, однако, оптимальная глубина для данного вида от 200 до 220 метров. Питается северобайкальская желтокрылка пелагическими животными, которые очень важны осенью и во второй половине лета. Рацион данного представителя на 55,5% представлен *Eriphura baikalensis*, на 11,1% — видами бентоса, на 13,9% — пелагическими амфиподами и на 19,5% мальками *Cottocomphorus*. Размер самок составляет максимум 16 см, а самцов 17 см. Средний размер составляет 12-13 см [52].

Пестрокрылая широколобка (*Batrachocottus multiradiatus*)

Обитатель озера Байкал, которая распространяется во все его зоны. Вертикальная миграция пестрокрылой широколобки составляет 30-940 метров. Летом половозрелые особи обитают преимущественно на глубине от 200 до 400 метров, а молодые — 50-200 метров. Зимой молодые и половозрелые особи переходят в более поверхностные слои. Питание пестрокрылой широколобки представлено придонно-пелагическими и бентосными видами. Рацион представлен четырьмя компонентами. Это детрит, икра донных видов рыб, также 13% объёма приходится на рыбу (придонные *Abyssocottidae* и *Comephorus dybowski*, 72% — *гаммариды*). Размер половозрелой особи составляет максимум 20,3 см. Средняя длина находится в диапазоне от 11,5 до 13 см. Вес рыбы достигает 160 г [45].

Жирная широколобка (*Batrachocottus nikolskii*)

Обитатель озера Байкал, являющийся самым глубоководным представителем в своём семействе. Обитает рыба во всех зонах Байкала, чаще на илисто-каменистом грунте, но только на открытых областях озера. Вертикальная миграция данного вида составляет от 100-120 метров до большой глубины. Больше всего рыбы находится на глубине от 400 до 700 метров. Питание жирной широколобки представлено рыбой и гаммаридами. Примерно в 20% случаев в желудке половозрелых особей находятся

пелагические голомянки. Средняя длина составляет от 13 до 15 см, а максимальная — 26,8 см при весе 280 г [52].

Плоская широколобка (*Limnocottus bergianus*)

Обитатель озера Байкал, являющийся эврибионтом. Данный вид распространён в открытых зонах южной и средней части озера. Вертикальная миграция находится в пределах от 100 до 1100 метров. Весной поймать представителей данного вида можно даже на глубине от 7 до 10 метров. Питание представлено рыбой и гаммаридами. Объём гаммарид составляет около 94% питания и представлен пятью видами: *Odontogammarus margaritaceus*, *Macropereionus flori*, *Garjaewia cabanisi*, *Plesiogammarus zienkowiezi*, *Paragarjaewia petersi*. [36]. Средняя длина взрослых самок составляет 15,1 см, вес — 40 г, а длина самцов составляет 15 см при весе 37 г. Наибольшая длина самок — 22,6 см, вес — 170 г, а максимальная длина самцов — 21,1 см и вес — 110 г. По наблюдениям Талиева Д. Н. известен максимальный размер 25 см.

Глубоководная широколобка (*Asprocottus abyssalis*)

Обитатель озера Байкал, являющийся наиболее многочисленным видом в своём семействе Cottoidae. Встречается данный вид в абиссальной области южной зоны озера. Обитает глубоководная широколобка на максимальной глубине южной впадины озера, составляющей от 450 до 500 метров, только в илистом грунте. Данная рыба имеет развитый плечевой пояс, обладающий малоподвижными относительно друг друга элементами. Это свидетельствует о том, что глубоководная широколобка питается небольшими животными, например, некрупными видами придонных гаммарид: *Carinurus sp.*, *Parapallasea lagowskii*, *Carinogammarus seidlitzii*, *Macropereionus flori*, *Poekologammarus sp.* [52]. Максимальный размер составляет 7,8 см, средний — 5,5-7,2 см. Средний вес достигает 4 г.

Большая широколобка (*Procottus major*)

Обитатель озера Байкал, являющийся самым крупным представителем в своём виде. Рыба распространена по всей территории Байкала, но больше

всего её в средней зоне и только на каменисто-илистых либо илистых грунтах. Данный вид обладает способностью формировать норы в мягком грунте, которые в дальнейшем они используют для убежища [20]. Летом и в весенний период вертикальная миграция составляет 100-600 метров. В осенний и зимний сезон *Procottus majo* выходит более поверхностно на глубину от 30 до 200 метров на каменистый грунт в связи с икрометанием. Данный вид, в отличие от остальных представителей *Cottoidae* интенсивно растёт [52]. Питание рыбы разнообразно и включает личинки ручейников, незначительное количество олигохет, коконы планарий, моллюсков и большое количество амфиподов. Средняя длина большой широколобки составляет 18-20 см. Максимальная длина — 30 см при весе 267 г.

Омуль (*Coregonus autumnalis migratorius*)

В озере Байкал обитает 4 популяции омуля, среди которых наиболее малочисленная чивыркуйская, посольская, селенгинская и наиболее многочисленная северобайкальская. В зимний период рыба находится в придонной области на глубине от 100 до 300 метров, где омуль ведёт активную жизнедеятельность, перемещаясь по Байкалу [48]. Начиная с июня *Coregonus autumnalis migratorius* мигрирует на мелководье в прибрежные зоны, а в середине июля перемещается в открытые зоны Байкала. В период с конца августа рыба мигрирует в устья рек, среди которых Селенга, Кичера, Верхняя Ангара, для нереста, после чего омуль перемещается обратно в Байкал [33]. Популяции отчётливо отграничены друг от друга по экологическим нишам. Это позволило определить 3 экологические группы: природно-глубоководную, включающую небольшие притоки Байкала, прибрежную, включающую баргузинскую и северобайкальскую популяции, а также пелагическую, включающую селегинскую популяцию [36].

Омуль является эвлифагом, питаясь большим спектром объектов. Половозрелые особи питаются преимущественно копеподами *Cyclops baicalensis*, *Epishura baicalensis*, а также амфиподами *Macrohectopus branckii*, которые составляют около 55% объёма всего питания омуля. Свыше 40%

рациона — молодые особи голомянок и желтокрылки [48].

Длина и вес омуля, обитающего в северо-западной области озера, за год в среднем увеличивается на 4,7 см и 70 г. в период с 1976 г до 1978 г в Малом Море был омуль размером 12-34 см и весом 27-463 г [47]. В исследованиях Шумилова И. П. и Смирнова В. В. 1974 года было установлено, что к 10 годам омуль, обитающий в реке Большой, имел размер по Смиуту 40,2 см и вес 855 г.

Хариус (Thymallus arcticus)

Хариус обитает в бассейне озера Байкал. Данный вид имеет две формы — белый и чёрный хариус. В Байкале белый и чёрный хариус распространён во всех областях, однако, больше всего рыба встречается в восточной части озера. Кроме того, чёрный хариус обитает преимущественно поверхностно и на зонах с каменистым дном.

Исследования Матвеева А. Н. и соавторов в 1996 году показали, что базовый корм для молодых особей чёрного хариуса — небольшие амфиподы и беспозвоночные, являющиеся наземными видами и имеющих свыше 100 подвидов. С возрастом данный вид мигрирует на большую глубину, что снижает роль наземных беспозвоночных. Однако, в летний период значение наземных видов существенно. Летом рацион питания обогащается амфиподами и личинками ручейников. Начиная с 5-6 лет данный вид в большей части озера становится хищным.

Максимальный возраст составляет 13 лет. В возрасте 6 лет чёрный хариус имеет средний вес 422 г и размер 34 см [53].

Лещ (Abramis brama)

Лещ в отношении Сибири — интродуцент. В период с 1956 г по 1962 г данный вид завезли в Иркутское водохранилище, в период с 1962 г по 1970 г — в Братское водохранилище, а в период с 1960 г по 1961 г — в озеро Котокель, откуда большое количество рыбы мигрировало в Байкал. На сегодняшний день в озере Байкал обитает в незначительном количестве в заливах и сорах. Что касается Иркутского водохранилища, то лещ здесь

превалирует. Большая концентрация рыбы данного вида в Курминском заливе. Крайне результативна была интродукция рыбы в Братское водохранилище, где лещ находится почти во всех областях. Молодые особи обитают преимущественно на мелководье, а половозрелые особи спускаются на глубину до 25 метров [36].

Для сибирских водоёмов свойственно питание рыбы в течение года по большей части представителями нектобентоса и зообентоса. В летний период рацион более разнообразен благодаря детриту, водорослям и ракообразному зоопланктону. Мамонтов А. Н. в 1977 г указал в своих исследованиях, что базовым компонентом пищевого комка у особей в возрасте от 2 до 11 лет составили детрит, куколки хирономид и личинки. У половозрелых особей рацион был несколько иным и включал около 44,2% растительной пищи, при этом объём зоопланктона снижался с 59,9% у лещей в 1 год до 0,2% в 5 лет. У рыбы большего возраста зоопланктон не входил в рацион питания. С 6 лет в пищевой комок рыбы начинают входить бокоплавы. Несколько реже в желудочно-кишечном тракте были найдены детрит и моллюски.

Длительность жизни данного вида в Иркутском водохранилище составляет от 4 до 7 лет, а в Братском водохранилище — 14 лет. Средний размер колеблется в пределах от 23 до 31 см, а вес — от 250 до 710 г. [24].

Серебряный карась (*Carassius auratus*)

Карась относится к эврибионтным лимнофильным видам рыб. Может легко переносить температурные перепады и воды с низким содержанием кислорода. Характерным признаком, свойственным данному виду, является способность карася впадать в анабиоз, который провоцируется дефицитом кислорода в зимний период, в то время, когда водоем полностью промерзает.

В озере Байкал серебряного карася можно изредка встретить в летнее время у побережья приустьевых участков притоков (Баргузин, Кичера, Верхняя Ангара и др.). В дельте реки Селенги серебряный карась достаточно многочислен и обитает в прибрежных районах Байкала в мелких, не

глубоководных озёрах с непроточными водами. Встретить карася в Иркутском водохранилище проблематично, так как в основном он предпочитает обитать в пределах вершин крупных заливов [36].

Что касается Братского водохранилища, то здесь обитает карась, относящийся к коренным представителям рыбной фауны из озёр поймы рек, а также рыбами из реки Амур, которые были выпущены с побережья города Братска в 1962 и 1967 годах. В уловах из различных зон водохранилища были зафиксированы такие данные, относящиеся к возрасту, весу и максимальным размерам карася: возраст достигал 12+, наибольший вес 962 г, а максимальный размер вплоть до 305 мм. До недавнего времени этот вид был достаточно малочислен, однако с 2001 года было отмечено существенное увеличение численности поголовья, когда доля карася в промысловых уловах превысила 9% [24].

Кладоцеры, макрофиты, а также личинки подёнок и хирономид является начальным компонентом пищевой цепочки во всех водоемах. Молодой карась активно потребляет в пищу таких представителей зоопланктона, как веслоногие и ветвистоусые ракообразные, коловратки, мелких хирономид, а также водоросли с детритом и одноклеточные водоросли. Согласно данным полученным в 2007 году Пастуховым и другими, рацион питания карася в летний период был представлен организмами зоопланктона, составляющими по массе около 45,6%, менее 20,5% в рационе карася принадлежало личинками хирономид и около 15,8% составлял детрит. В малых количествах карась потреблял личинки ручейников, моллюсков, макрофитов, а также остракодов. Процент зоопланктона в рационе карася в осенний период возрастал до 70 - 80% от общей массы питания рыбы, остальное было представлено детритом [9].

Плотва (*Rutilus rutilus*)

Плотва, очень широко распространенная в Сибири, отличается высокой степенью приспособления к различным условиям обитания. Стайная рыба. Плотва предпочитает держаться на хорошо прогреваемых

неглубоких участках водоемов с замедленным течением и с илистым и песчаным грунтом, с хорошо развитой водной растительностью. На глубину заходит редко, но на зимовку концентрируется на ямах. Максимальные отмеченные размеры и вес плотвы в наших уловах в Братском водохранилище составляют 402 мм и 838 г., максимальный возраст - 13+ [23].

В Байкале плотва населяет прибрежную мелководную зону: соры, заливы, нижние участки притоков, преимущественно вдоль восточного берега озера, а также на всем протяжении Селенги, особенно в ее дельте. По западному побережью озера плотва наиболее многочисленна в южной части Малого моря [23].

По характеру питания плотва - эврифаг. Взрослые особи питаются разнообразными беспозвоночными и их личинками, моллюсками, зоопланктоном, детритом, в летний период потребляют много макрофитов, нитчатых водорослей и летающих насекомых. Как правило, ведущими компонентами пищи плотвы являются наиболее массовые в данном водоеме и в данное время года организмы [34]. Согласно литературным источникам, проведенные работы по определению питания плотвы показали, что основу питания плотвы в летний период составляла водная растительность, массовая доля которой достигала 81%. Достаточно высоко было и потребление моллюсков (36,9% по массе), а в ряде районов основу питания плотвы составлял зоопланктон (до 61% по массе) и детрит.

Сиг (Coregonus Linnaeus)

Сиг в Байкале представлен двумя формами: озёрной и озёрно-речной. Озёрно-речной сиг малочислен и нуждается в охране и искусственном воспроизводстве. Состояние запасов озёрного сига достаточно стабильно в Чивыркуйском заливе, в качестве прилова сиг обычен в Баргузинском заливе, на Северобайкальском и Селенгинском мелководьях. Однако прилов сига в омулёвые орудия лова, как правило, не фиксируется, поэтому для данного вида характерна высокая величина неучтённого вылова [17].

Речной окунь (*Perca fluviatilis*)

Окунь - озерно-речная рыба, лучше всего приспособленная к жизни в прибрежной, заросшей гидрофитами зоне средних по глубине (от 2,5-4,0 м) мезотрофных пресноводных озер. Средние размеры этих рыб 20-25 см при массе тела 150-200 г. В Иркутском водохранилище максимальный возраст окуня достигал 12+, в Братском -14+, в Байкале - 15+ [36].

В оз. Байкал окунь обитает в заливах, в сорах, в предустьевых пространствах рек, в бухтах, на хорошо прогреваемых мелководных участках. Большие концентрации окуня отмечены в заливе Мухор Малого моря, в сорах Посольском, Дубининском, Рангатуй, Истокском, Северобайкальском, в заливах Чивыркуйском и Баргузинском, а также в некоторых реках, в основном, северной части озера Байкал. В Байкале окунь зимует на участках с глубинами 10-15 м.

Окунь в водохранилище является хищником - эврифагом. Основу питания окуня в первые недели после рассасывания желудочного мешка составляют водоросли и организмы зоопланктона, в качестве дополнительной пищи - мелкие организмы бентоса и нектобентоса. Молодь рыб в пищевом рационе окуня начинает встречаться по достижении им 30 мм длины [36].

По мере роста окуня роль беспозвоночных в его питании уменьшается, а роль рыбной пищи - увеличивается.

В литорали Байкала окунь питается амфиподами, рыбами (в том числе своего вида) и их икрой, осенью и зимой потребляет и детрит, трофически позиционируют окуня Братского водохранилища как относительного бентофага, с частично хищным питанием. По нашим данным Окунь в водохранилище является хищником - эврифагом. Его питание в разных районах водохранилища основывается на потреблении рыбы, планктона, гаммарид, личинок ручейников и хирономид в различных соотношениях [24].

2. Ртуть и ее влияние на биоту. Источники поступления ртути в озеро Байкал. Содержание ртути в рыбах озера Байкал.

Атмосферные осадки, которые содержат в составе металлы, попадают непосредственно в водную среду вместе с поверхностными стоками. Наличие экзогенных месторождений драгоценных металлов приводит к тому, что золото добывают нелегально путём амальгамирования. Всё это становится причиной аккумуляции ртути в водной среде бассейна реки Селенга, в том числе, в организме гидробионтов. К сожалению, на сегодняшний день нет достоверных научных исследований, определяющих концентрацию ртути в водной среде реки Селенга, а также её содержание в мышцах рыб, являющихся конечным звеном в питательной цепочке. Нынешняя техногенная ситуация и попытки уменьшить её негативное влияние на экосистемы привели к акцентированию внимания на том, как ртуть поступает в экосистемы, что влияет на её распределение, накопление и формы перемещения большого числа ртутьсодержащих соединений как в экосистеме, так и организме гидробионтов.

Большинство исследований затрагивают наиболее токсичные химические элементы, среди которых ртуть, мышьяк, кадмий и свинец. Они крайне опасны для здоровья живых организмов. Как правило, данные химические элементы имеют антропогенную природу, то есть являются следствием человеческой жизнедеятельности. Они попадают в окружающую среду с осадками от дождя, поступающие из контаминированных сельскохозяйственных и промышленных территорий, а также с выбросами в атмосферную среду и сточными водами, которые распространяются промышленными предприятиями [11].

Ртуть является представителем такой группы химических элементов, которая наряду со своей чрезвычайной токсичностью обладает огромным распространением в различных сферах жизнедеятельности человека [12]. Небольшое содержание ртути обнаружено во всех экосистемах окружающей среды. Самые крупные очаги ртути имеют взаимосвязь с

процессом дегазации коры Земли. Среди данных очагов имеются и территории минерализации ртути. Также распространены горячие флюиды, где концентрация данного металла составляет от 100 до 200 мкг/дм³. Локализуются они в таких местах, как Ньява в Новой Зеландии, Монте-Амиата в Соединённых Штатах Америки, Стимбот и Сульфур-Банк. Кроме того, содержание металла в конденсате, изучаемого на территории Маунтовского вулкана на Камчатке, определяется в пределах 70 мкг/дм³ [12].

Данный химический элемент расположен во II группе системы Менделеева. Его удельный вес составляет 13,55 кг/дм³, атомный вес — 200,6 ед, а порядковый номер — 80. Ртуть может быть не только в элементарном состоянии (Hg(0)), но и в одно- и двухвалентном состоянии. Стоит отметить, что в естественной среде двухвалентные соединения распространены шире, нежели одновалентные. Геохимическая особенность металла состоит в том, что ртуть обладает свойством испаряться при температурном режиме менее -39°C, при котором он замерзает. Это формирует «ртутную атмосферу», которая предопределяет распространение ртути в биосфере, гидросфере и верхних слоях литосферы. Для «ртутной атмосферы» характерна концентрация металла ниже 0,02 мкг/дм³[43].

В окружающей среде ртуть обнаруживается как из антропогенных, так и естественных мест. Это приравнивается к размерам эмиссии, которая имеет размер от 4 000 до 7 000 т за год на основании различных данных [12]. Азиатские страны выбрасывают в окружающую среду примерно половину всех токсических веществ [7]. Большинство из них можно узнать с помощью 2 процессов. Одни из них — сжигание угля, то есть природного топлива, что приводит к поступлению ртути в большей части в атмосферу, где она распространяется на расстояние в тысячи километров от изначальной территории выброса [12]. Другой процесс является небольшого размера добыча золота. При этом, малые рудники — наиболее актуальны в плане местного загрязнения. Характерно, что ртуть, подвергаясь процессу

амальгамирования, не попадает обратно в производство [12]. Помимо этого, в самой руде обнаруживается высокое содержание ртути [7].

На основании данных Б. Мэндсайхана, Н.М. Пронина, В.Т. Комова, река Селенга составляет около 50% водного стока в озеро Байкал, что составляет около 30 км³. Бассейн реки локализуется в Центральной Азии. Площадь бассейна занимает 82% от площади озера Байкал, а именно — 447 060 км². России принадлежит 33% площади, то есть 148 060 км². Остальные 67% принадлежат Монголии, а именно 292 000 км²[3]. На территории реки Селенга много золота, доступного для добычи. Так, в Монголии расположено 1083 источника, при чём меньше половины — 419 — используются в соответствии с законодательством и имеющимися лицензиями [12]. В Российской Федерации в реке используются лишь экзогенные месторождения драгоценного металла, но документов на добычу золота не имеется на данный момент.

В экосистемах возможно проникновение и скопление ртути. Это происходит за счёт имеющегося крупного водосбора, куда поступают атмосферные осадки, имеющие в своём составе металлы, а также за счёт наличия месторождений драгоценных металлов, прежде всего — золота, которое незаконным способом золото путём амальгамации. Тем не менее, не было проведено достоверных исследований с оценкой уровня ртути в водоёмах и мышцах рыбы, обитающей в бассейне реки Селенга. На сегодняшний день актуально наблюдение за поступлением химических элементов, их распределении, накоплении и перемещении в другие области. Наблюдают как за экосистемами, так и за биологическими видами, обитающими в них. Такое внимание обусловлено нынешней техногенной ситуацией и попытками нивелировать воздействие вредных факторов окружающей среды.

Ключевыми химическими и физико-химическими состояниями ртути в

экосистемах являются следующие виды [57]:

- донные осадки — вода, расположенная в порах пород. Может включать в себя ртуть во всех химических формах;

- растворённый вид — представлен в виде неорганических соединений, таких как хлоридные комплексы, органических химических соединений, связанных ковалентно, среди которых распространены моно- и диметилртуть и фульватные комплексы, ртуть в ионном состоянии в виде одновалентных и двухвалентных соединений, а также атомарная форма ртути;

- коллоидный вид — соединения, образующие комплексы, а также сорбированные на гуматах, гидроксиде железа, коллоидах из глины;

- взвешенный вид — представлен органическими соединениями, например, метилртутью, и неорганическими комплексами, которые связаны химически с твёрдой фазой. Реакция с твёрдой фазой обусловлена за счёт обмена ионами и образования соединений с гуминовыми кислотами, а также процесса осаждения с минералами, такими как глина.

Наличие ртути в биологических системах от техногенной ситуации, а также от определённых факторов окружающей среды, среди которых гидрологические, климатические, геохимические и геологические факторы. Биологические, геологические и химические циклы ртути включают разнообразные сложные преобразования в живых организмах, воде, атмосфере и твёрдой фазе.

В воде ртуть подвергается множеству трудных процессов, которые связаны друг с другом. Воздействие на водную среду может сместить в определённый сторону имеющийся гомеостаз [51]. В ходе экспериментов было выяснено, что соединения, включающие ртуть, обладают токсическим эффектом. Тем не менее, подобных исследований в условиях природы мало [55]. Информации по уровню ртути в организме животных, которые обитают в околотоводной, земной и водной среде в Российской Федерации, ограниченное количество и, как правило, включает данные лишь о рыбе.

Подобные исследования не позволяют точно определить, сколько ртути содержится в конечных и промежуточных звеньях биологической цепочки [19].

Установлено, что предельно-допустимая концентрация данного металла составляет не более $0,5 \text{ мкг/дм}^3$ в питьевой воде и $0,1 \text{ мкг/дм}^3$ в водоёмах, используемых для рыбного промысла, и реках [32]. АООС Соединённых Штатов Америки установило предельно-допустимую концентрацию металла в пресных водоёмах не свыше $0,012 \text{ мкг/дм}^3$. Был введён токсикологический критерий с целью выделить группы поверхностный вод, предоставляющих угрозу экологии. С 1970 годов в большинстве государств были введены ПДК ртути в сельском хозяйстве и промышленности из-за токсичности металла и его соединений, приводящих к интоксикации. Содержание ртути ограничено в пище, воздухе и питьевой воде.

Из разных источников известно, что 50-97% металла попадает в водную среду и соединяется с донными осадками там. Отлично сорбируют токсичный элемент соединения из органического компонента и соединения с низкой дисперсностью. Примерами являются углистые породы, алевролиты, глинистые сланцы, гидроксид алюминия, гидроксид железа, гидроксид марганца, ил, находящийся в водной среде. Степень связывания зависит от таких факторов, как солёности воды содержание кислорода и рН среды и наличия в воде лигандов органического происхождения. С частицами, находящимися во взвешенном состоянии, взаимодействует 10^5 раз выше ртути [58].

Для лимитации ртути очень важны такие процессы, как седиментация и сорбция. Ртуть содержится в стойких коллоидах и растворах, которые распространяются на большие расстояния. Поэтому ртуть может занимать крупные площади в водной среде в зоне слива предприятиями химического профиля сточных вод.

Важно учитывать форму металла в воде, соотношение которых влияет

на перемещение ртути, накопление её на дне водоёма, токсичность вод, биодоступность ртутных комплексов.

Ртуть может накапливаться в пищевой цепочке в воде и наземной среде. Накопление ртути осуществляется по определённой цепочке: водная среда – донные осадки – планктон – рыба – животные, употребляющие в пищу рыбу (в частности, птицы). Аккумуляция металла обусловлена как скоростью накоплением определённым уровнем трофики, так и скоростью биологических процессов в природе, а именно комплексом живых и неживых компонентов. Непросто определить звенья, которые будут максимально чувствительный к токсическому металлу в воде. Связано это с тем, что биологический вес фитопланктона больше в 10 раз биологического веса остальных уровней. Первичный продукт водной среды в основном зависит от данных элементов экологической системы воды. Следовательно, фитопланктон — ведущий компонент, участвующий в перемещениях и изменениях ртути в водной среде, а также сильно воздействует на другие составляющие экосистемы [56].

Крайне опасно то, что ртуть обладает высокой степенью накопления, которая неуклонно растёт в пищевой цепочке. Наивысшим уровнем в пищевой цепи являются рыбы. Именно поэтому ключевой путь проникновения ртути в рыбу — алиментарный, то есть во время питания. Однако, дыхание рыб осуществляется с помощью жабр, что не исключает попадание металла парентерально, что есть через покров. Ртуть и ртутьсодержащие соединения аккумулируют во внутренних органах, выполняющих выделительную функцию — почках и печени, — а также в жабрах и чешуе, которые взаимодействуют напрямую с водой [35].

Факторы окружающей среды воздействуют на аккумуляцию ртути, что отображено в исследованиях. Есть взаимосвязь концентрации ртути в рыбах из водоёмов и содержанием водородных ионов на территории жизни. Интересно, что в рыбе аккумулировано больше ртути в кислой среде. Например, в озёрах в Карелии окуни содержат много ртути равно как и рыба

в североамериканских и скандинавских озёрах. Степень жёсткости и концентрация соли в воде также влияют на аккумуляцию металла в рыбе. Так, чем менее солёная вода, тем больше ртути накапливает рыба. Мягкая вода делает соединения ртути более токсичными, нежели жёсткая.

Взаимосвязана аккумуляция ртути в рыбе также и физиологическими особенностями — водом питания, массой, размером, возрастом и полом. Аккумуляция металла увеличивается с возрастом вследствие увеличения веса и размерных характеристик. Это связано с формированием стойких соединений ртути с органическими веществами, которые длительно сохраняются в организме.

Ртуть, находящаяся в растворённом виде в водной среде, проходит реакции биохимического и химического метилирования, вследствие чего формируются фенил- и алкилпроизводные ртути, являющихся более токсичными. В трофической цепочке водных обитателей металл обычно аккумулярован в виде метилированного соединения [30].

Ртутьорганические комплексы формируют 2 группы, обладающие определёнными характеристиками. Амфифильная группа характеризуется хорошей растворимостью в воде и жилах и резистентностью в водной экосистеме, при этом ртуть соединяется с анионом неорганического происхождения и радикалом органического происхождения. Литофильная группа отличается своей нерастворимостью в водной среде и летучестью, при этом ртуть связана с 2 радикалами органического происхождения. Ион метилртути образуется при небольшой концентрации металла, при этом реакции способствуют микроорганизмы [54].

Метилртуть образуется биохимическим путём в донных осадках и в водной среде, вследствие чего активно проникает в ткани и распространяется в жировые клетки гидробионтов. Важно, что метилртуть легче проникает через клеточные мембраны, нежели неорганические ртутные соединения. Животные поглощают её из пищевых продуктов почти всю, а элиминация из организма осуществляется намного медленнее остальных ртутных

комплексов. Самым угрожающим свойством данного соединения является аккумуляция в организмах животных, которые являются звеньями в пищевых цепочках [51].

Метилртуть формируется в естественных условиях, пройдя определённые химические и биохимические этапы, которые зависят от условий внешней среды. Данная реакция взаимосвязана с наличием органических и неорганических соединений, способных образовывать комплексы, окислительный потенциал, рН, температура, содержание биологически доступной ртути и микробиологическая активность. Тем не менее, в естественных условиях метилртуть образуется непросто, а наблюдения по воздействию биологических, химических и физических факторов зачастую разнятся. Рассмотрим, как влияет рН среды на метилирование данного металла органическими соединениями в абиотических условиях. В одних исследованиях оказалось, что при кислотности 4 значительно сильнее увеличивается образование данного соединения, в то время как при высокой кислотности его образуется меньше. По другим наблюдениям, напротив, метилртуть активнее образуется в случае более высокой кислотности среды [60].

На степень накопления ртути в водной среде существенно влияют такие антропогенные источники ртути, как промышленность по переработке и горнодобывающая промышленность, в частности добыча золота методом амальгамирования; транспорт и предприятия, которые жгут горючие вещества; сельское хозяйство, распространяющего пестициды со ртутью; предприятия, где используют ртуть в красителях и хлорщелочном производстве. Ртуть попадает в организм обитателей водной среды за счёт формирования человеком водохранилищ, где в самом начале количество рыбы увеличивается [51].

Основная проблема состоит в том, что ртуть проникает из гумуса и части растительного слоя, а в организм обитателей водной среды она попадает в наиболее токсичной метилированной форме. Формирование

водохранилищ улучшает жизнедеятельность микроорганизмов, за счёт чего ртуть переходит в метилртуть. Оптимально для данной реакции небольшая концентрация сульфидов, которые обладают кислотностью от 6,0 до 7,5, небольшая концентрация кислорода, а также высокая концентрация вещества органического происхождения [51].

На геоэкологическом полигоне в Прибайкалье была впервые получена информация о концентрации ртути в подземных водах на Байкале, граничащих с южной зоной Сибирской платформы [35]. В ходе наблюдений была выявлена взаимосвязь распространения ртути в разных видах вод, а также масштабность распространения ртути, в частности в солёных водах в Сидирской платформе, гидротермах на рифтовой территории на Байкале. Расположение ртутной минерализации на территории свежих разломов на Верхне-Ангарской, Баргузинской впадинах, а также в западной части озера Байкал, говорит о взаимосвязи с распространением ртутных паров по глубоким разломам, реагирующим на сейсмическую активность [30].

Существуют токсикологические критерии, связанные с угрозой экологии. В соответствии с ними, зона полигона, расположенного в Прибайкалье, находится в относительно удовлетворительном состоянии за счёт отсутствия превышения предельно допустимой концентрации ртути. Однако, важной проблемой для экологического состояния территории возле реки Ангары является высокое содержание ртути в Братском водохранилище. Сочетание таких 2 факторов, как формирование водохранилища и распространение в нём сточных вод с высоким содержанием ртути от предприятий «Саянскхимпласт» и «Усольехимпром», стало причиной смещение баланса данного металла в экосистемах. Данная проблема актуальна, в связи с чем стало возможным проанализировать геологические и экологические наблюдения за период с 1997 г. по 1999 г.. С самого начала 1997 года до сегодняшнего дня ГЕОХИ РАН анализировал загрязнения ртуть промышленные территории «Усольехимпром», а также зоны, прилегающие к ним [24]. Подобные наблюдения необходимы из-за

постоянно меняющейся и малопредсказуемой перегрузкой человеком экологических систем за счёт изменения концентрации кислорода в придонных зонах и воде, содержащейся в порах воды, увеличения органических соединений в водной экосистеме, а также смене уровня кислотности в воде. Всё это приводит к более лёгким условиям для процесса метилирования изучаемого металла, что может повлечь за собой резкое увеличение концентрации ртути в рыбе.

2.1 Обоснование использования вида *Perca fluviatilis* (байкальский окунь) в целях геоэкологических исследований

В связи с увеличением нагрузки на природные экосистемы, в том числе привнесением токсичных химических элементов и их соединений, все более необходимой в последние годы является оценка состояния природных водоемов методами биоиндикации, а именно ихтиоиндикации [34]. Для определения оценки степени загрязнения водного объекта металлами в качестве индикаторных являются сведения о количественном содержании и характере накопления микроэлементов в тканях рыб (рис. 3).

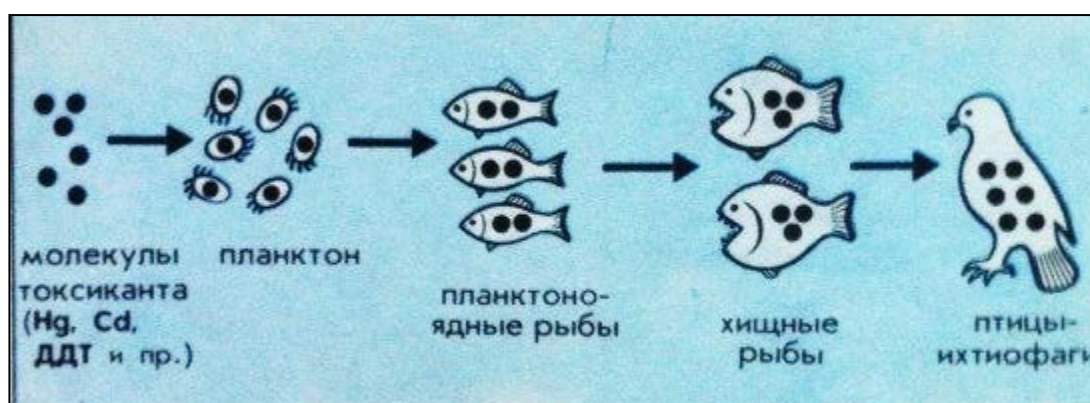


Рисунок 3 - Биологическое накопление токсикантов в пищевых цепях

[34]

Рыбы, являясь верхним уровнем трофической структуры гидроэкосистем на протяжении всего жизненного цикла накапливают в себе различные микроэлементы, тем самым определяя гидрогеохимические

условия водоема и его уровень загрязнения [34]. Аккумуляция химических элементов в рыбах зависит как от поступления веществ в абиотическую среду, так и от других факторов, а именно: принадлежность особи к тому или иному виду, возраст и физиология гидробионта, тип питания, условия внешней среды, где формируется уровень воздействия. В водоемах к этому относятся: рН, ионный состав, тип грунта, уровень проточности. Исследования ряда авторов доказали, что степень загрязнения водного объекта наиболее информативно показывает именно содержание микроэлементов в рыбе.

Одним из важных аспектов мониторинга гидроэкосистем является выбор биологического объекта. Для мониторинга загрязнения как морских, так и континентальных водоемов организмы вида-индикатора должны [5]:

- 1) Накапливать токсикант в существенно больших концентрациях по сравнению со средой обитания;
- 2) Обладать низкой миграционной активностью;
- 3) Иметь сравнительно большую численность;
- 4) Иметь более или менее продолжительный жизненный цикл;
- 5) Обладать сравнительно крупными размерами, чтобы был возможен отбор проб в необходимом количестве;
- 6) Быть достаточно удобными для вылова и отбора проб органом и тканей;
- 7) Быть репрезентативными с точки зрения отражения степени загрязнения по тем или иным морфофизиологическим и экологическим параметрам.

Всем этим параметрам в пределах бассейна озера Байкал соответствует байкальский окунь. Данный вид рыбы являясь бентофагом, не совершает больших миграций, что позволяет получить материал с привязкой к конкретным зонам загрязнения.

В качестве индикатора состояния гидрообъектов служат сведения о химическом составе органов рыб, а также о миграционной способности представителей ихтиофауны.

Согласно мнению П.А. Попова, важным является факт отрицательного влияния высоких концентраций металлов на рост, размножение, некоторые физиологические и биохимические параметры рыб [35]. Однако нельзя не отметить феномен успешной адаптации ельца и окуня к значительному загрязнению водного объекта, в том числе металлами, что подтверждается сравнительно высокой численностью обоих видов в реке. Как известно, именно численность является интегральным показателем биологического процветания этих гидробионтов.

Таким образом, можно сделать вывод, что, изучив элементный состав органов и тканей представителей ихтиофауны, можно получить сведения о состоянии гидрообъектов, в которых они обитают. Повышенные содержания химических элементов в организме рыб связаны со значительными концентрациями их в водной среде. Кроме этого, обладая знаниями о химическом составе мышц употребляемой в пищу рыбы, появляется возможность предупредить человека о возможных негативных последствиях для его здоровья.

2.2 Характерные признаки, распространение, усреднением размножение и питание главных окуня байкальского

Характерные признаки. Тело окуня, сжатое с боков, покрыто мелкой чешуей. На жаберной крышке – один прямой шип. Межчелюстные кости выдвигаемые. Тонкие зубы расположены полосами во много рядов на челюстях, небных и внешнекрыловидных костях. Жаберные перепонки сращены между собой. Два спинных плавника соприкасаются или немного раздвинуты, первый спинной выше второго. Тело зеленовато-желтое, на боках – 5-9 поперечных черных полос. Первый спинной плавник серый, с

черным пятном на конце, второй спинной – зеленовато-желтый, грудные плавники желтые, иногда красные [36].

Озерные популяции окуня из озер по сравнению с речными популяциями имеют большее количество жаберных тычинок и другие отличия в морфологии и экологии. Нередко окунь образует несколько экологических форм в одном и том же водоеме. Прибрежный окунь питается преимущественно беспозвоночными, растет медленно и не достигает больших размеров, а живущий на глубоких участках водоема является в значительной степени хищником и растет заметно быстрее. Однако, как правило, такого рода группировки окуня не изолированы друг от друга в репродуктивном отношении [36].

Распространение. Речной окунь широко распространен в водоемах Евразии, но по побережью Тихого океана он известен только в реках Охотского моря, отсутствует на Сахалине и на Курильских островах [50]. Вселен окунь в водоемы Австралии, Новой Зеландии, Южной Африки и Азорских островов.

Окунь – озерно-речная рыба, но встречается и в распресненных прибрежных участках морей и в озерах с повышенной соленостью (до 7-10 г/л) [50]. Лучше всего окунь приспособлен к жизни в прибрежной, заросшей гидрофитами зоне средних по глубине (от 2,5-4,0 м) мезотрофных пресноводных озер. В реках населяет, как правило, их нижние и средние участки. Устойчив к закислению воды (снижение рН до 5). Оксифил – нижний порог выживания окуня колеблется от 0,5 до 1,0 мг/л (O₂).

В таежной зоне Западной Сибири окунь обитает почти во всех незаморных, часто малокормных озерах, нередко – совместно с малочисленной в них щукой или является единственным представителем ихтиофауны озера [36]. Кроме этого, ареал обитания речного окуня включает и Байкал. Здесь окунь обитает в хорошо прогреваемых летом мелководных заливах и бухтах, из которых выходит изредка в открытую часть озера.

Возраст и рост. В верховьях Оби (в том числе в оз. Телецкое и оз. Чаны) окунь живет до 11+, в Средней и Нижней Оби – до 16+ (достигая в среднем 46 см длины и 1,1 кг массы) [50]. В озерах предгорий Алтая и в Склюихинском водохранилище (бассейн р. Алей) окунь в 3+ -7+ имеет всего 7-12 см длины и 10-50 г массы, в оз. Уткуль (Верхняя Обь) в этих же возрастах – 14-29 см и 90-850 г. Медленно растет окунь в озерах степной зоны Алтайского края.

Размножение. Нерестится окунь в течение года однократно. Икра откладывается в виде длинных студенистых лент на отмершую травянистую растительность и затопленные или поваленные в воду деревья и кустарники. Такая лента имеет длину 12-70 см, ширину – 3-7 см, клейкостью не обладает и держится в толще воды, будучи обмотанной вокруг стеблей растений. В озерах Нижней Оби нередки случаи выметывания окунем икры на песчаные и даже заиленные участки грунта, что не отмечено в водоемах Якутии [36].

Питание. Основу питания окуня в первые недели после рассасывания желточного мешка составляют водоросли и организмы зоопланктона, в качестве дополнительной пищи – мелкие организмы бентоса и нектобентоса [50]. Молодь рыб в пищевом рационе окуня начинает встречаться по достижении им в ряде водоемов 30 мм длины. По мере роста окуня роль беспозвоночных в его питании уменьшается, а роль рыбной пищи – увеличивается. Однако, как правило, беспозвоночные присутствуют в пище и взрослого окуня.

С ростом рыб в их пище увеличивается доля бокоплавов, которые постепенно вытесняют другие объекты питания. Окунь длиной 130 мм начинает вести хищный образ жизни, а крупный окунь питается почти исключительно рыбой, главным образом песчаной широколобкой, а также желтокрылкой, плотвой и молодью окуня. Зимой у мелкого окуня в пище преобладают организмы зообентоса и нектобентоса, у крупного – рыба, при этом интенсивность питания у окуня всех возрастных групп сравнительно высокая [36].

3 Материалы и методы исследования

В целях изучения геохимических особенностей байкальского окуня в бассейне озера Байкал на первом этапе было решено получить сведения о химическом составе мышечной и костной тканей данного вида рыб. Знания об уровнях содержания и характере накопления металлов в тканях рыб может быть использована в качестве одного из индикаторов степени загрязнения водоемов этими элементами, а также при оценке их миграции в экосистемах, поскольку оба показателя прямо или косвенно связаны с уровнем концентрации и формой присутствия металлов в гидроэкосистемах.

Кроме этого, информация о составе и количестве металлов в тканях (прежде всего мышечной) промысловых рыб имеют важное практическое значение в связи с необходимостью нормирования их в рыбопродуктах.

3.1 Отбор проб и пробоподготовка тканей речного окуня для исследований

Пробы байкальского окуня были отобраны в летний период 2019 года в бассейне озера Байкал. При отборе проб рыбы была использована точечная сеть наблюдения (4 точек). Выбранные места точек опробования, в особенности северо-восточная часть озера, обусловлены тем, что на выбранном отрезке в результате исследования на наличие ртути в мышечной и костной тканей байкальского окуня планируется оценить закономерности распределения ртути в озере и пути её миграции.

Особь байкальского окуня отбирались примерно равных размеров, что позволяло минимизировать размерные и сезонные вариации содержания металлов в организме. Общая масса одной пробы составляла 500-700 грамм, в нее входило от 4-5 рыб.

Научные исследования данного вида рыб проводятся с помощью вылова ставными сетями с ячеей от 20 до 50 мм [22]. Также осматриваются уловы промысловиков и рыболовов-любителей. В нашем случае пробы рыбы

отбирались как при помощи ставных сетей, так и с использованием рыболовных удочек.

В работе было использовано 4 пробы мышечной и 4 пробы костной ткани обыкновенного окуня. Мышечная ткань отделялась и высушивалась при комнатной температуре, аналогично поступали и с костной тканью. Подсушенные образцы размельчались на волокна, растирались в фарфоровой ступке и отбирались на анализ.

Места вылова рыбы - это территории, удаленные друг от друга на пару км, можно и больше. Это могут быть, разные поселки, места отдыха, населенные пункты, острова. Пробы отбираются в один период времени (например, в одно лето). Идеальный вариант-выловить рыбу вблизи техногенного источника, и вдали от возможного воздействия.

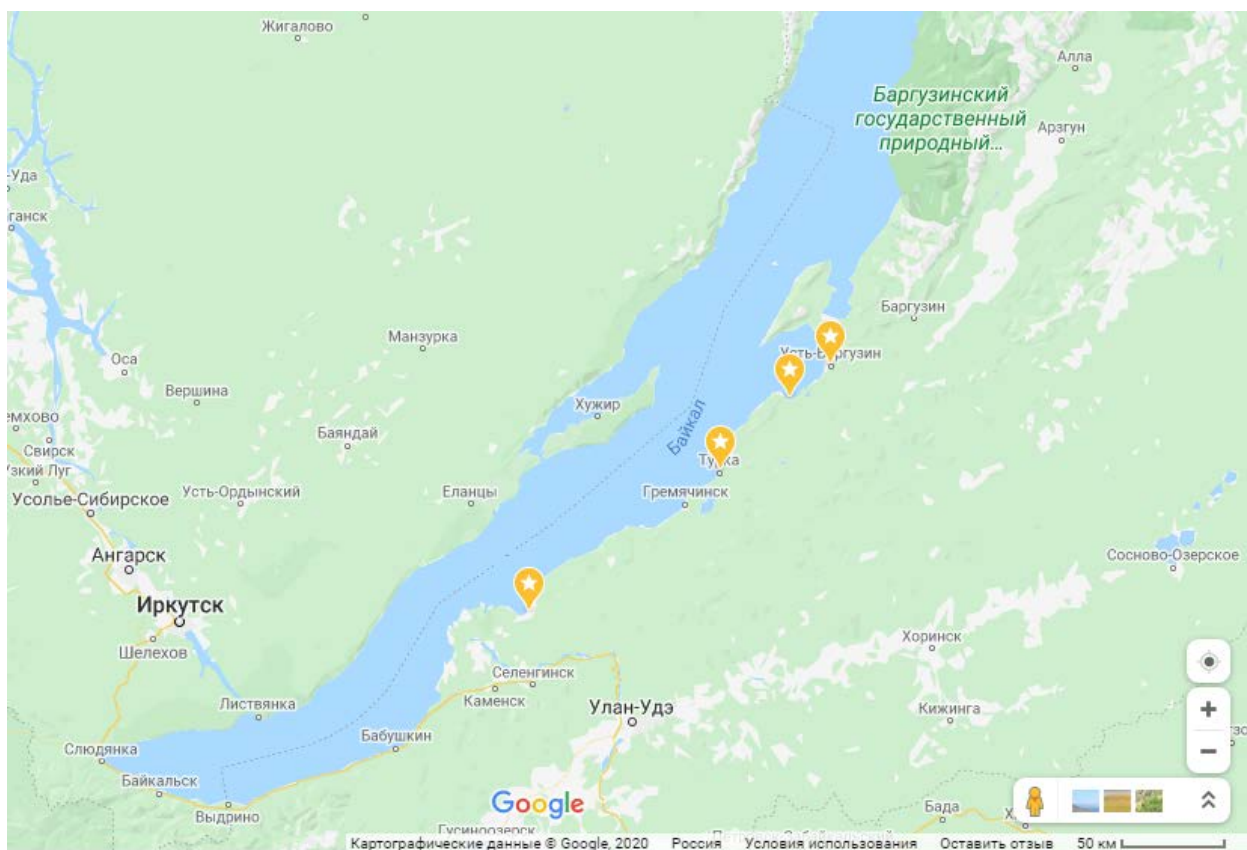


Рисунок 4 – Места отбора проб

После вылова необходимого количества рыб на определенной точке опробования, отобранный образец помещался в чистый (ранее не

использованный) полиэтиленовый мешок, а затем в переносную теплоизолированную сумку для поддержания первоначального или охлажденного состояния объекта. Каждая отобранная проба снабжалась этикеткой, на которой указывались место отбора, дата отбора и количество единиц рыбы.

Вторым этапом являлось замораживание части рыбы (до минус 20-40°C) в морозильной камере в стационарных условиях до последующих химических исследований, а остальную её часть высушивали. Важно отметить, что замороженную рыбу перед началом анализа размораживали до температуры не ниже 0°C в толще тела рыбы.

Материалом для изучения химического состава послужили образцы мышечной и костной ткани речного окуня. Мышечную ткань отделяли из всей массы рыбы, а затем измельчали пластмассовым инструментом. Схема подготовки проб исследуемого вида рыб для последующих анализов представлена на рисунке 5.

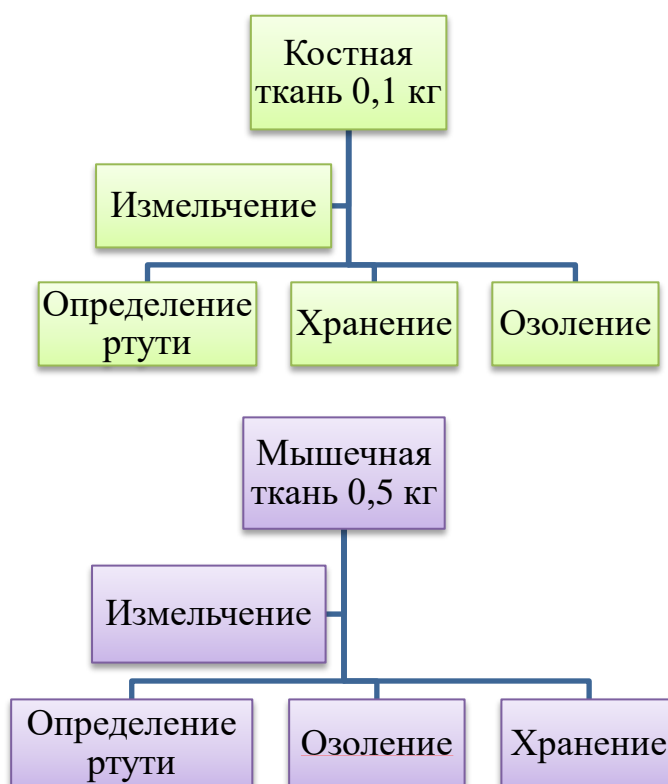


Рисунок 5 - Схема подготовки проб речного окуня для химических анализов

Костная ткань речной рыбы также извлекалась из всей массы, а в дальнейшем высушивалась при комнатной температуре. Измельчение костей осуществлялось вручную при помощи агатовой ступки, что исключает привнесение в пробы посторонних элементов. Кроме этого, выбор ступки зависит от твердости вещества, которое нужно измельчить. Твердость материала, из которого сделана ступка, должна быть больше твердости измельчаемого вещества.

В процессе подготовки к анализу пробы тканей окуня от нескольких особей рыб объединялись в одну и гомогенизировались. Это приводит к потере информации по индивидуальной изменчивости содержания металлов в тканях рыб, но позволяет рассматривать полученные результаты как среднестатистические.

3.2 Методы исследования

Метод атомно-абсорбционного анализа

Одним из наиболее опасных элементов-загрязнителей биосферы с самым высоким показателем токсичности среди тяжелых металлов, является ртуть (Hg), что обусловлено ее способностью блокировать белковые молекулы, нарушать их биосинтез, вызывать мутагенные изменения в ДНК, подавлять рост и ускорять старение растений [12]. Для Hg не установлено положительного влияния на живые организмы. Особенно опасны ртутьорганические соединения, так как они намного токсичнее и активнее захватываются живыми существами, в частности гидробионтами.

Непременной составляющей пищевого рациона местного населения, проживающего вдоль озера Байкал является байкальский окунь. Она богата фосфором, кальцием и другими элементами, однако практически все

рыбопродукты накапливают в своих тканях ртуть и метилртуть. Скорость этого процесса, а, значит, и концентрация токсинов зависит от вида животного. Самыми опасными ихтиологи считают рыб с большой продолжительностью жизни и хищников, к которым относится окунь [12,37].

Именно поэтому в рамках научно-исследовательской практики было решено отдельно изучить содержание Hg в костной ткани речного окуня и сравнить данные с концентрацией этого же элемента в мышцах рассматриваемой рыбы.

Одним из наиболее точных методов определения содержания ртути (Hg) в органах и тканях живых организмов считается атомно-абсорбционный анализ, аналитической частью которого является ртутный анализатор РА-915+ с приставкой ПИРО-915 (рис. 6). Данный прибор обладает уникальной возможностью выполнять быстрые селективные измерения концентраций ртути в атмосферном воздухе, газовых потоках, жидких и твердых пробах (костная ткань).



Рисунок 6 - Ртутный анализатор РА-915+ с приставкой ПИРО-915 [38]

В целом, атомно-абсорбционный анализ проводится без предварительной пробоподготовки. Метод измерения массовой доли общей ртути в пробах основывается на атомизации содержащейся в образце ртути в

двухсекционном пиролизаторе приставки ПИРО-915+ с последующем ее определением методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе ртути РА-915+.

Принцип действия РА-915+ основан на дифференциальном атомно-абсорбционном способе измерения концентрации ртути, который реализуется с помощью зеемановской модуляционной поляризационной спектроскопии с высокочастотной модуляцией (ЗМПСВМ).

Принцип действия приставки ПИРО-915+ основан на восстановлении до атомарного состояния содержащейся в пробе связанной ртути методом пиролиза и последующем переносе образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету газом-носителем (воздухом) [38].

В результате проведенных исследований было выявлено, что содержание ртути в изученных пробах костной ткани лежит в интервале от 0,066 до 0,199 мг/кг, а в пробах мышечной ткани – в интервале от 0,369 до 0,374 мг/кг. (табл. 2). Надо отметить, что содержание ртути в костной ткани варьируется в более широких пределах, чем в мышечной.

Таблица 2 - Реестр исследуемых образцов байкальского окуня с озера Байкал

| № пробы | Наименование пробы | Дата отбора пробы | Место отбора пробы |
|---------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 18.08.19 | Озеро Байкал. г.Кабанск |
| 2 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 19.08.19 | Озеро Байкал. с.Турка |
| 3 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 19.08.19 | Озеро Байкал. г.Оймур |
| 4 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 21.08.19 | Озеро Байкал. г. Усть-Баргузин |

4 Результаты и их обсуждение.

В результате атомно-абсорбционного анализа было выявлено, что содержание ртути в изучаемых пробах костной ткани лежит в интервале 0,066-0,199 мг/кг, в мышечной ткани – 0,369-0,374 мг/кг. Полученные данные представлены в таблицах.

Таблица 3 – Содержание ртути в костной ткани байкальского окуня (*Perca fluviatilis*) в озере Байкал

| № пробы | Наименование пробы | Дата отбора пробы | Место отбора пробы | Содержание ртути в костной ткани, мг/кг |
|---------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------|---|
| 1 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 18.08.19 | Озеро Байкал. г.Кабанск | 0,199 |
| 2 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 19.08.19 | Озеро Байкал. с.Турка | 0,17 |
| 3 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 19.08.19 | Озеро Байкал. г.Оймур | 0,1 |
| 4 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 21.08.19 | Озеро Байкал. г. Усть-Баргузин | 0,066 |

Таблица 4 – Содержание ртути в мышечной ткани байкальского окуня (*Perca fluviatilis*) в озере Байкал

| № пробы | Наименование пробы | Дата отбора пробы | Место отбора пробы | Содержание ртути в мышечной ткани, мг/кг |
|---------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------|--|
| 1 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 18.08.19 | Озеро Байкал. г.Кабанск | 0,382 |
| 2 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 19.08.19 | Озеро Байкал. с.Турка | 0,373 |
| 3 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 19.08.19 | Озеро Байкал. г.Оймур | 0,369 |
| 4 | Окунь, <i>Perca fluviatilis</i> | 21.08.19 | Озеро Байкал. г. Усть-Баргузин | 0,341 |

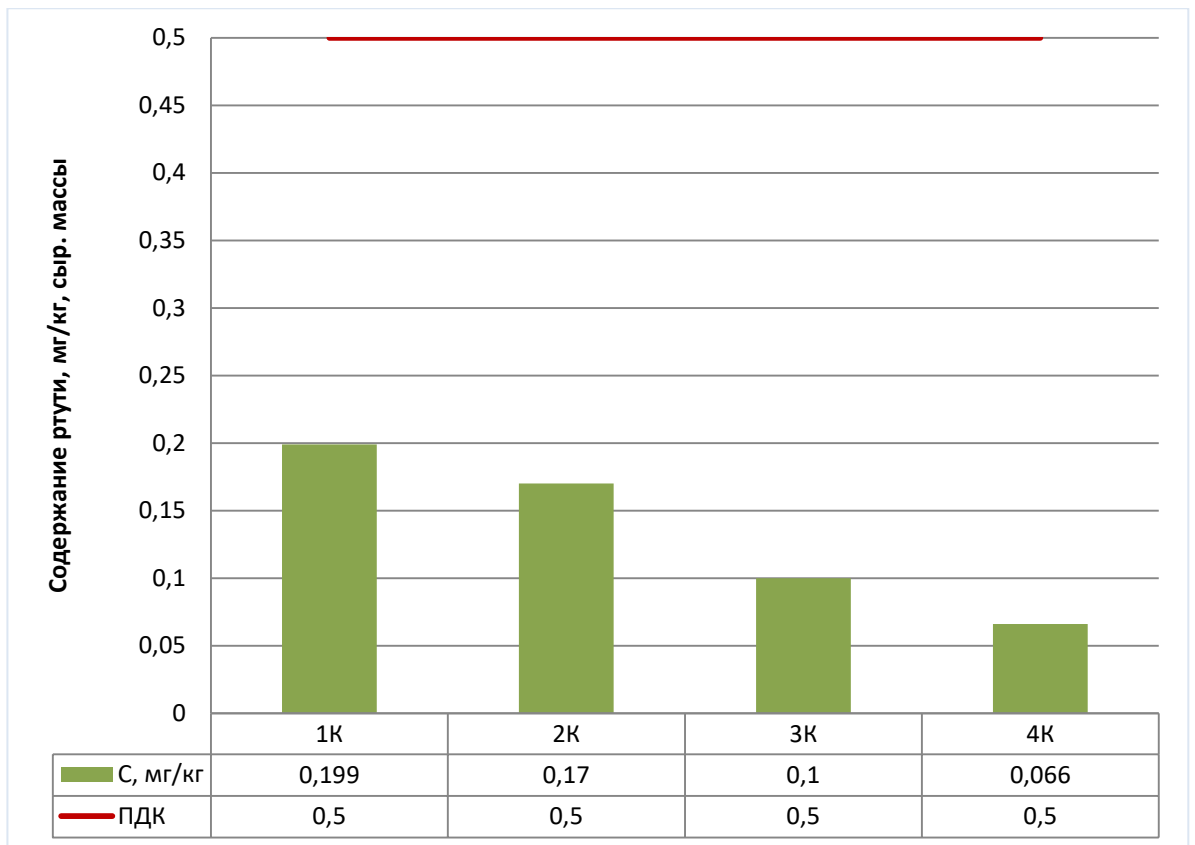


Рисунок 7 - Содержание ртути (Hg) в костной ткани байкальского окуня

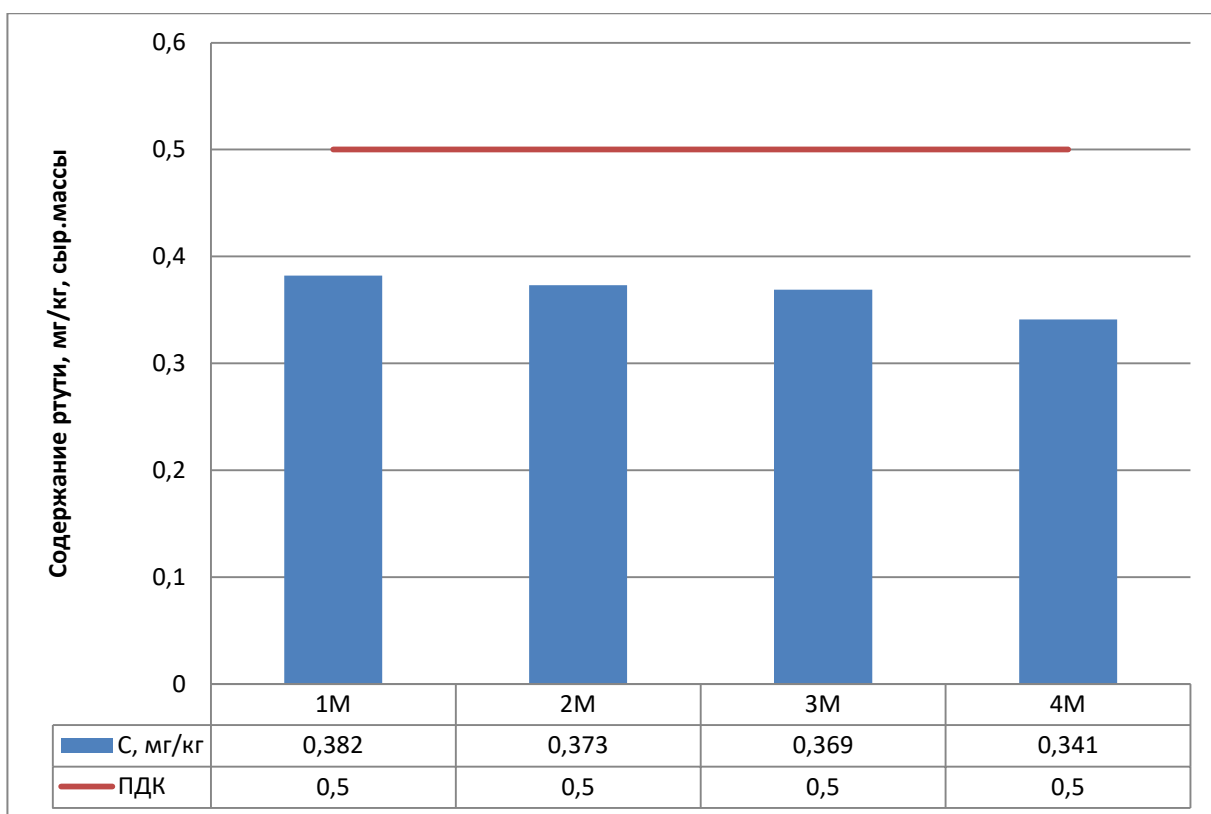


Рисунок 8 - Содержание ртути (Hg) в мышечной ткани байкальского окуня

Результаты проведенного исследования показали, что содержание ртути в пробах рыб Байкала не выходит за пределы предельно допустимых концентраций.

Рассматривая результаты с точки зрения географического районирования, то можно сделать вывод, что ярко выраженных закономерностей распределения ртути в мышечной и костной ткани не выявлено в зависимости от места вылова рыбы.

В среду обитания человека ртуть попадает в результате комплексного действия физико-химических и биохимических процессов [51]. Ее пространственная миграция происходит, главным образом, по двум каналам – водному и атмосферному. В глобальном масштабе более значимым является второй. В пресные воды суши Hg поступает при разрушении коренных пород, выщелачивании из рыхлых отложений и почв, разложении

растительности и водных организмов, а также при выпадении атмосферных осадков.

В настоящее время эксперты Всемирной Организации Здравоохранения считают, что предел допустимого суточного поглощения человеком общей ртути составляет примерно 0,3 мг/кг – в пресноводной нехищной рыбе и 0,5 мг/кг – в хищной. Это означает, что регулярное потребление содержащей ртуть на уровне национального значения предельно допустимой концентрации (ПДК) рыбы (0,5 мг/кг) не должно превышать в среднем 100 г в день нехищной рыбы и 50 г хищной [32].

При сравнении содержания элемента в костной и мышечной тканях байкальского окуня видно, что практически во всех исследуемых пробах концентрация ртути выше в мышечной ткани, чем в костной (рис. 9). Это можно объяснить специфическим характером накопления ртути как токсичного вещества. Многие исследователи выявляют тенденцию накопления токсичных элементов именно в мышечной ткани живых организмов.

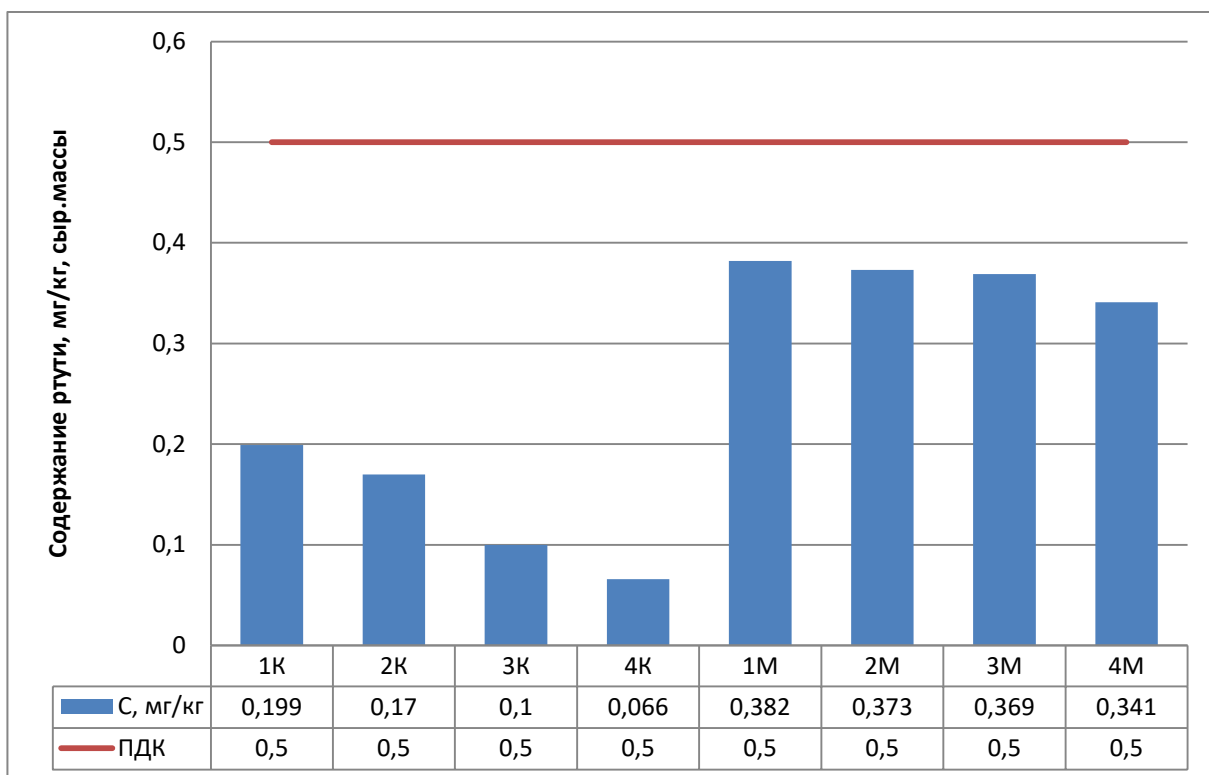


Рисунок 9 - Содержание ртути (Hg) в костной и мышечной тканях байкальского окуня

Таким образом, выполненные исследования показали, что содержания ртути в тканях рыб не выходят за пределы предельно допустимых концентраций, принятой для рыбной пищевой продукции. Мышечная ткань накапливает больше ртути, чем костная. Места отбора проб расположены на расстоянии 15 км-150 км друг от друга, и ярко выраженной дифференциации значений не выявлено. Можно предполагать, что рассматриваемая территория не подвержена локальному антропогенному воздействию, о чем свидетельствует наличие аномальных значений в пробах и низкий коэффициент вариации. Поскольку пробы выловлены в зоне, тесно примыкающей к заповедной территории, можно полагать, что вода в озере чистая и отвечает своему функциональному назначению. Однако нельзя исключить, что общие глобальные изменения в хозяйственной деятельности на территории региона сказываются и на экологическом состоянии и воды в озере Байкал, и в его ихтиофауне.

Это показывают данные ряда авторов по изучению состояния снегового покрова в республике Бурятия, на участках и территориях, являющихся предметом настоящего исследования.

В начале 2000 -2003 г.г. на фоне общего спада промышленного производства загрязнение снегового покрова уменьшилось в 2 раза. Однако в последние 5 лет идет увеличение регионального загрязнения по ряду компонентов. По анализу снегового покрова вблизи населенных пунктов, прилегающих к озеру Байкал или к берегам рек, впадающих в озеро, установлено, что на акваторию озера через атмосферу поступают азотсодержащие соединения, фосфаты, фториды, а также Al, Na, Ba, Mo, Mn, Pb, Cu, Zn, Sr, Hg. Причем их поступление на Южную котловину в 2 раза интенсивнее, чем на Северную. В Южной котловине также расположены территории и места отбора проб в нашем исследовании. Таким образом,

геоэкологическое состояние водоема формируется не только за счет непосредственного вноса веществ в водоем, но и за счет атмосферного переноса. В качестве источников загрязнения рассматриваются прибрежные предприятия, котельные, ТЭЦ, печное отопление, выбросы автотранспорта и природный перенос пыли в малозаснеженных районах. В качестве природных источников ртути в озере Байкал и, следовательно в ее гидробионтах, в литературе рассматривается геохимическая активность разломов Байкальской рифтовой зоны .

При сравнении с данными других авторов следует учесть следующие моменты.

Как показал анализ литературных данных, проведенный выше, в литературе имеется достаточно обширная информация по содержанию ртути в рыбах разных видов, выловленных в различных местах, в разное время года. Хотя авторы этих публикаций и соблюдают требования при подготовке проб к анализу, не всегда указывается, определяли ртуть в сыром веществе или в сухом, делались ли пересчеты на сырую массу. Все это несколько затрудняет корректное сравнение с литературными данными.

В исследовании [35] представлены результаты определения и сравнения изотопного состава ртути в донных отложениях, планктоне, плотве и окуне в акватической системе озеро Байкал- река Ангара. Были исследованы два объекта. Один из них, незагрязненное озеро Байкал, где антропогенное воздействие минимально и структура пищевой сети в открытой воде относительно проста, таким образом, этот объект представляет собой идеальную естественную лабораторию для изучения биогеохимических циклов и процессов. Второй объект - техногенного происхождения: Братское водохранилище, загрязненное ртутью с хлорно-щелочного завода. Корреляция с метилртутью из обоих источников указывает на биоаккумуляцию и биомагнификацию через пищевые сети обоих регионов. Изотопный состав проб рыбы из Братского водохранилища позволяет проследить за источниками антропогенной ртути, так как рыбы с

высоким уровнем ртути в мышцы имеют тот же изотопный состав, что и осадок в воде, в которой была отложена антропогенная ртуть. Менее загрязненные рыбы не проявляют схожести изотопного состава с составом донных отношений. Очевидно, что накопление ртути зависит от ее молекулярного видообразования. Ртуть подвергается многократному биогеохимическому преобразованию в различных экологических отсеках. В водной среде системы, в которых неорганическая одновалентная ртуть (I), она, как известно, в основном метилируется бактериями (1), что впоследствии приводит к биоаккумуляции и биомагнификации метилртути в водной среде в организмах по сравнению с пробами воды. Хотя геохимия ртути в окружающей среде хорошо описана, полное понимание его биогеохимического цикла по-прежнему недоступно, включая информацию о ее источниках во многих средах.

Характеризуя проблему ртутного загрязнения оз. Байкал в целом, нельзя не упомянуть о ртутном загрязнении Иркутской области (г. Усолье-Сибирское, г. Свирск). Хотя этот регион не входит в изучаемую территорию, эту проблему нельзя оставить за рамками обсуждения. Наиболее детально изучено содержание ртути в рыбах Братского и Иркутского водохранилища оз. Байкал. Наряду с окунем, изучены также плотва, лещ и карась. Конечно, Братское водохранилище отличается повышенным содержанием ртути. Ведь именно здесь были расположены предприятия по производству хлора и каустической соды ртутным методом. На промплощадках этого предприятия накоплены тонны ртути. И хотя в настоящее время предприятие не функционирует, образовавшиеся накопления попадают в водоем. Так, в верхней части Братского водохранилища содержание ртути в тканях окуня в 2008 г. составляло $1,84 \pm 2,46$ мг/кг, что в 6, 2 раз больше, установленных нами для регионов с. Усть-Баргузин, г. Кабанска, с. Оймур, с. Турка, а максимальные концентрации превышены в десятки раз. Имеется ряд медицинских наблюдений о влиянии ртутного загрязнения на здоровье население Иркутской области.

Разные виды рыб, разные органы, по-разному накапливают ртуть, и это тоже необходимо учитывать. Так, имеется подробная информация о накоплении и аккумуляции ртути в байкальской нерпе [9]. Авторы также изучили содержание ртути в байкальской нерпе в зависимости от ее возраста. Среднее значение ртути в печени разновозрастных байкальских нерп $3,7 \pm 3,59$ мг/кг, что в 9,8 раз выше средних значений по региону настоящего исследования «Усть –Баргузин – Кабанск- Оймур- Турка»

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разработка, которой посвящена данная работа, представляет собой результаты исследования состава мышечной и костной ткани на наличие ртути в рыбах озера Байкал.

Целевым рынком разработки являются научно-исследовательские институты и федеральные, и региональные органы по надзору и контролю в сфере природопользования, организации занятые промышленным разведением рыб и её реализации населению. Также данное исследование может быть интересно при дальнейшем изучении темы.

Сегментировать рынок услуг можно по степени потребности использования данных расчетов. Результаты сегментирования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Карта сегментирования рынка услуг по исследованию ртути в ихтиофауне озера Байкал

| | | Направление научного исследования | | |
|--------|---------|--|--|---|
| | | Исследование содержания ртути в рыбах озера Байкал | Исследования биоаккумуляционных свойств костной и мышечной ткани рыб | Исследования ихтиоиндикации содержания металлов в абиотических и биотических компонентах гидроэкосистем |
| Размер | Крупные | | | |
| | Средние | | | |
| | Мелкие | | | |



Фирма А



Фирма Б



Фирма В

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В работе получены результаты исследования накопления ртути в ихтиофауне озера Байкал, данные могут быть использованы для геоэкологической характеристики озера. Исследование проводилось с использованием надежных методов анализа. На озере природоохранными организациями ведется мониторинг за состоянием ихтиофауны. Также ранее не проводилось исследования на закономерности распределения и аккумуляции ртути в представителях ихтиофауны озера Байкал. Полученная информация об источниках поступления ртути в озеро актуальна для природоохранных служб и научно-исследовательских институтов, а также для рыбозаводов.

В таблице 6 приведена оценка конкурентов в качестве конкурентов приведены организации, исследующие воды Байкала, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – ФГБНУ «ГосРыбЦентр», к2 – Томский государственный университет.

Таблица 6 –Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Повышение производительности труда пользователя | 0,1 | 9 | 8 | 7 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 2. Соответствие требованиям пользователей | 0,05 | 10 | 9 | 7 | 0,5 | 0,45 | 0,35 |
| 3. Надежность методов исследования | 0,1 | 10 | 10 | 9 | 1 | 1 | 0,9 |
| 4. Предоставляемые возможности пользователю | 0,1 | 8 | 8 | 8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

| | | | | | | | |
|---|----------|------------|------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| 5. Использование результатов исследования для геоэкологической характеристики озера | 0,15 | 10 | 10 | 7 | 1,5 | 1,5 | 1,05 |
| 6. Качество графического материала | 0,05 | 9 | 8 | 7 | 0,45 | 0,4 | 0,35 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность продукта | 0,1 | 10 | 9 | 8 | 1 | 0,9 | 0,8 |
| 2. Уровень проникновения на рынок | 0,5 | 8 | 8 | 7 | 4 | 4 | 3,5 |
| 3. Цена | 0,5 | 9 | 8 | 8 | 4,5 | 4 | 4 |
| 4. Финансирование научной разработки | 0,1 | 9 | 9 | 8 | 0,9 | 0,9 | 0,8 |
| 5. Срок выхода на рынок | 0,5 | 10 | 9 | 9 | 5 | 4,5 | 4,5 |
| 6. Наличие сертификации разработки | 0,1 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| Итого | 1 | 112 | 106 | 95 | 21,55 | 20,25 | 18,75 |

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по десятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 10 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Конкурентоспособность данной научной разработки выше, по сравнению с конкурентами, так как у данной разработки более высокие показатели. Это связано с надежными методами анализа и качественным графическим материалом.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT (сильные и слабые стороны, возможности, угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 7.

Таблица 7– Матрица SWOT

| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Исследования содержания ртути в ихтиофауне озера Байкал С2. Надежность методов исследования С3. Наличие бюджетного финансирования С4. Квалифицированный персонал | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Дороговизна проведения научного исследования Сл2. Узкий круг потенциальных пользователей Сл3. Высокие временные затраты на проведение исследования |
|---|--|---|
| Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Продолжение исследования по теме и/или использование результатов исследования в последующих работах В3. Появление спроса на исследование со стороны природоохранных организаций | Получение результатов исследования закономерностей распределения и аккумуляции ртути в представителях ихтиофауны озера Байкал (Республика Бурятия). | Использование инфраструктуры ТПУ позволит снизить затраты на исследование, заинтересованность природоохранных организаций увеличит спрос. |
| Угрозы: У1. Отсутствие спроса У2. Развитая конкуренция среди научно-исследовательских вузов У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства | Использование надежных методов в проведении исследования и наличие квалифицированного персонала повышает конкуренцию среди остальных. | Поиск дополнительного финансирования для продолжения исследования, расширение спроса. |

Затем необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Эту матрицу можно использовать в качестве одного из оснований для оценки вариантов стратегического выбора.

Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта

| | Сильные стороны проекта | | | |
|------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| Возможности проекта | | С1. | С2. | С3. |
| | В1. | + | + | + |
| | В2. | + | + | + |
| | В3. | + | - | 0 |

| | Слабые стороны проекта | | | |
|------------------------|------------------------|------|------|------|
| Возможности проекта | | Сл1. | Сл2. | Сл3. |
| | В1. | 0 | - | - |
| | В2. | + | - | + |
| | В3. | + | + | - |

| | Сильные стороны проекта | | | |
|--------|-------------------------|-----|-----|-----|
| Угрозы | | С1. | С2. | С3. |
| | У1. | - | + | - |
| | У2. | + | + | + |
| | У3. | - | + | + |

| | Слабые стороны проекта | | | |
|--|------------------------|--|--|--|
| | | | | |

| | | | | |
|--------|-----|------|------|------|
| Угрозы | | Сл1. | Сл2. | Сл3. |
| | У1. | 0 | + | 0 |
| | У2. | 0 | + | + |
| | У3. | + | 0 | - |

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для определения стадии жизненного цикла научной разработки необходимо оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Оценка степени готовности представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

| № п/п | Наименование | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|--|--|---|
| 1 | Определен имеющийся научно-технический задел | 4 | 4 |
| 2 | Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела | 3 | 3 |
| 3 | Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке | 2 | 2 |
| 4 | Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок | 2 | 2 |
| 5 | Определены авторы и осуществлена охрана их прав | 4 | 4 |
| 6 | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности | 2 | 2 |
| 7 | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта | 2 | 2 |
| 8 | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки | 2 | 2 |
| 9 | Определены пути продвижения | 3 | 3 |

| | | | |
|----|---|----|----|
| | научной разработки на рынок | | |
| 10 | Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки | 3 | 3 |
| 11 | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок | 2 | 2 |
| 12 | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 1 | 1 |
| 13 | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки | 4 | 4 |
| 14 | Имеется команда для коммерциализации научной разработки | 4 | 4 |
| 15 | Проработан механизм реализации научного проекта | 4 | 4 |
| | ИТОГО БАЛЛОВ | 42 | 42 |

При проведении анализа по таблице 9, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

В результате можно сделать вывод, что перспективность разработки научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика находятся на одном уровне и имеют среднюю перспективность.

Вывод: Необходимо проработать слабые стороны проекта и улучшить показатели выхода на международный рынок. В будущем необходимо рассмотреть возможность международного сотрудничества с зарубежными научно-исследовательскими институтами. Так как уровень компетенций разработчиков в сфере коммерциализации не является достаточным, поэтому в дальнейшем потребуются привлечение дополнительных специалистов в команду проекта.

Необходимо сосредоточить свое внимание на вопросах финансирования научной разработки при ее коммерциализации, рассмотреть возможности использования услуг инфраструктуры поддержки (грантов) и получения льгот.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В качестве метода коммерциализации выбрана торговля патентными лицензиями. Торговля патентными лицензиями подразумевает передачу третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе и тем самым будут получены средства для продолжения дальнейших научных исследований.

5.2 Инициация проекта

5.2.1 Цели и результат проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта, которые активно участвуют в проект или интересы которых могут быть затронуты в результате завершения проекта представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта | Ожидания заинтересованных сторон |
|--|--|
| НИ ТПУ | Удовлетворение потребностей страны в высококвалифицированных специалистов |
| Разработчик проекта (магистрант) | Оценка по результатам изучения особенностей накопления ртути в ихтиофауне озера Байкал |
| Федеральные и региональные органы по надзору и контролю в сфере природопользования (департамент), научно-исследовательские институты | Информация об миграциях ртути и источниках её поступления в озеро Байкал |

В таблице 11 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 11 – Цели и результат проекта

| | |
|---|--|
| Цели проекта: | Оценка по результатам изучения особенностей накопления ртути в ихтиофауне озера Байкал |
| Ожидаемые результаты проекта: | Будут выявлены значения содержания ртути в ихтиофауне озера Байкал |
| Критерии приемки результата проекта: | Выявлено содержание загрязнения ртутью и их источники, оценка распределения и аккумуляции ртути в мышечной и костной ткани рыб |
| Требования к результату проекта: | Требования: |
| | Выявление особенностей накопления ртути в ихтиофауне озера Байкал |
| | Оценка распределения содержания ртути в ихтиофауне озера |
| | Анализ полученных результатов и расчётов, выводы об уровне загрязнения ртутью ихтиофауны озера |

5.2.2 Организационная структура проекта

Следующим шагом является определение следующих вопросов: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые

каждым из участников и их трудозатраты. Данная информация представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Рабочая группа проекта

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте | Функции | Трудозатраты, час. |
|--------------|---|------------------------|---|--------------------|
| 1 | Осипова Н.В.А., ТПУ, ОГ, доцент, к.х.н. | Руководитель проекта | Реализация проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координация деятельности участников проекта | 100 |
| 2 | Барановская Н.В., ТПУ, ОГ, профессор, д.б.н. | Эксперт проекта | Консультирование по выполнению ВКР | 100 |
| 3 | Болсуновская Л.М., ТПУ, ОИЯ, ст. доцент, к.ф.н. | Эксперт проекта | Консультирование по выполнению английской части | 3 |
| 4 | Рыжакина Т.Г., ТПУ, ОСГН, доцент, к.э.н. | Эксперт проекта | Консультирование по выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | 3 |
| 5 | Скачкова Л.А., ТПУ, ОБД, ст. препод. | Эксперт проекта | Консультирование по выполнению раздела «Социальная ответственность» | 3 |
| 6 | Сультимов Ц.М., ТПУ, ОГ, магистрант | Исполнитель по проекту | Закономерности распределения и аккумуляции ртути в представителях ихтиофауны озера Байкал (Республика Бурятия). | 1000 |
| ИТОГО | | | | 1209 |

5.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 13).

Таблица 13 – Ограничения проекта

| Фактор | Ограничения |
|--|-------------------------|
| 1. Бюджет проекта | 1 187 000 рублей |
| 2. Источник финансирования | НИТПУ |
| 3. Сроки проекта | 09.09.2018 – 31.05.2020 |
| 3.1 Фактическая дата утверждения плана управления проектом | 30.09.2018 |
| 3.2 Плановая дата завершения проекта | 31.05.2020 |

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;

- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 10 представлен шаблон иерархической структуры.

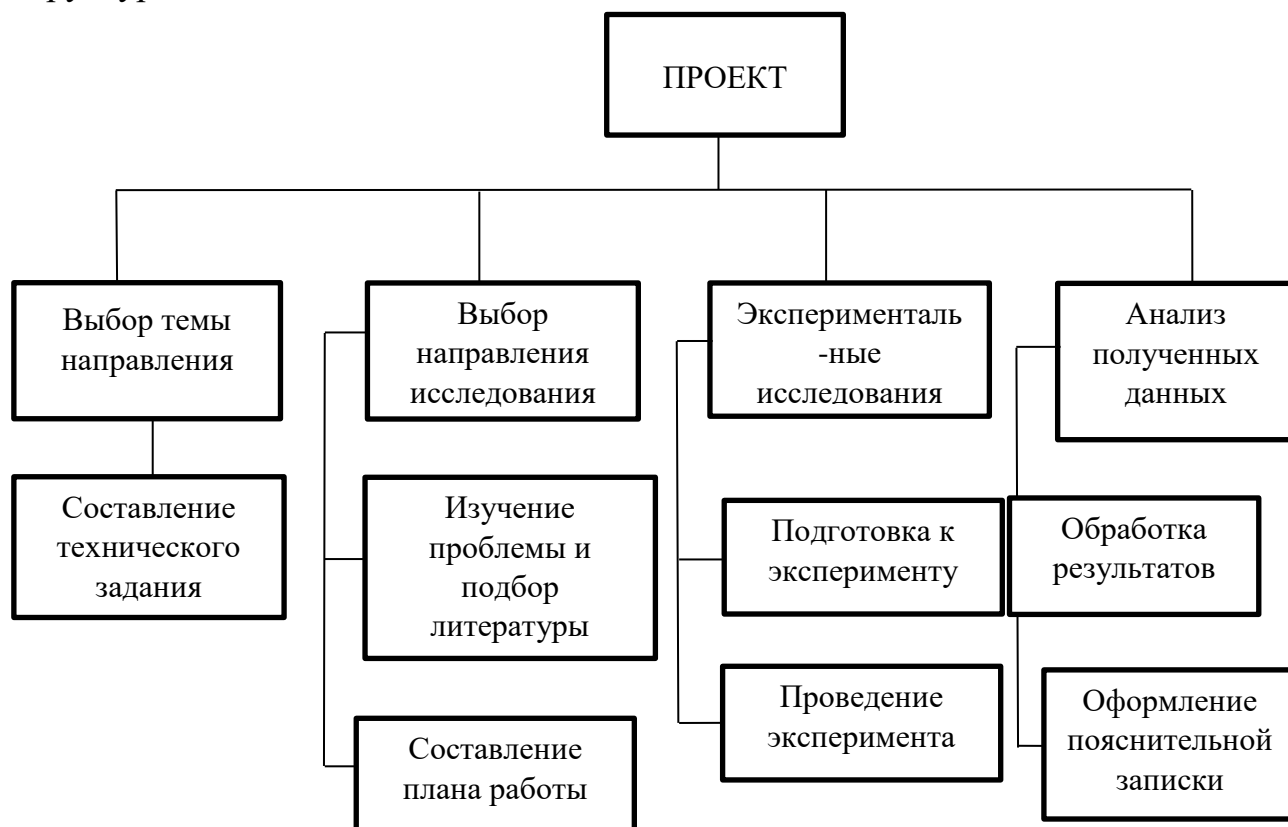


Рисунок 10 – Иерархическая структура по ВКР

5.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта построены календарный и сетевой графики проекта. Календарный план проекта представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Календарный план проекта

| Название | Длительность, дни | Дата начала работ | Дата окончания работ | Состав участников |
|--|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Выбор научного руководителя | 7 | 27.08.18 | 03.09.18 | Сультимов Ц.М. |
| Утверждение темы проекта | 28 | 03.09.18 | 01.10.18 | Осипова Н.А Сультимов Ц.М. |
| Согласование плана работ | 14 | 01.10.18 | 15.10.18 | Осипова Н.А Сультимов Ц.М.. |
| Обзор литературы | 140 | 15.10.18 | 01.03.19 | Сультимов Ц.М. |
| Лабораторные исследования | 227 | 01.03.19 | 14.10.19 | Сультимов Ц.М.. |
| Обработка статистических данных и обсуждение результатов | 112 | 14.10.19 | 03.02.20 | Сультимов Ц.М. |
| Написание и подготовка отчета | 119 | 03.02.20 | 31.05.20 | Сультимов Ц.М.. |
| Защита магистерской диссертации | 18 | 01.06.20 | 18.06.20 | Сультимов Ц.М. |
| Итого: | 665 | 2 7.08.18 | 18.0 6.20 | |

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 15).

Таблица 15 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

| Наименование этапа | Т, дней | 2018 | | | | 2019 | | | | | | | 2020 | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|--------------------|---------|--------|---------|--------|---------|------|--------|-----|------|------|--------------------|---------|--------|---------|--------|---------|------|--------|-----|------|--|--|--|
| | | Август Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | | | |
| Выбор научного руководителя | 7 | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утверждение темы проекта | 28 | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Согласование плана работ | 14 | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Обзор литературы | 140 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Лабораторные исследования | 227 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| Обработка статистических данных и обсуждение результатов | 112 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Написание и подготовка отчета | 119 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Защита магистерской диссертации | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

■ – магистрант (Сультимов Ц.М.) ■ – руководитель (Осипова Н.А.)

5.4 Бюджет научного исследования

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 16.

Таблица 16 – Группировка затрат по статьям

| | | |
|---|---|--|
| Вид работ | Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты | Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ |
| Отбор проб | Блокнот (для записи данных проб), карандаш простой, ставные сети, рыболовные удочки, полиэтиленовые мешки, теплоизолированные сумки | |
| Лабораторные работы (пробоподготовка, анализ материала) | Полиэтиленовые пакеты, перчатки резиновые, спирт этиловый технический, вата стерильная хирургическая, пинцет медицинский, кофемолка, чашка Петрия | Метод атомно-абсорбционного анализа (ртутный анализатор РА-915+ с марганец приставкой ПИРО-915), Озоление (муфельная печь) |
| Камеральные работы (обработка данных, построение карт) | | Ноутбук, программное обеспечение: MicrosoftOffice |

Для учета затрат на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, производится расчет стоимости материальных затрат по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Сырье, материалы и комплектующие изделия

| Наименование | Кол-во | Цена за единицу с НДС, руб | Сумма, руб |
|---|--------|-------------------------------|------------|
| Блокнот (для записи данных проб) | 1 шт. | 60 | 60 |
| Карандаш простой | 2 шт. | 4 | 8 |
| Ставные сети | 1 шт. | 2500 | 2500 |
| Рыболовные удочки | 1 шт. | 3000 | 3000 |
| Полиэтиленовые мешки | 4 уп. | 90 | 360 |
| Теплоизолированные сумки | 1 шт | 1300 | 1300 |
| Полиэтиленовые пакеты | 20 шт. | 8 | 160 |
| Перчатки резиновые | 5 шт. | 10 | 50 |
| Спирт этиловый технический | 1 л. | 175 | 175 |
| Вата стерильная хирургическая | 1 кг. | 150 | 150 |
| Пинцет медицинский | 1 шт. | 60 | 60 |
| Кофемолка | 1 шт. | 1500 | 1500 |
| Чашка Петрия | 5 шт. | 100 | 500 |
| Всего за материалы | 9823 | | |
| Транспортно-заготовительные расходы (5%) | 491 | | |
| Итого по статье С _м | | | 10314 |

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Далее описаны все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме и занесены в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

| № п/п | Наименование оборудования | Кол-во единиц оборудования | Цена единицы оборудования, руб. | Общая стоимость оборудования, руб. |
|--------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Ноутбук | 1 | 30000 | 30000 |
| 2 | Анализ проб на ртуть МААА | 4 | 2500 | 10000 |
| 3 | Озоление (муфельная печь) | 4 | 300 | 1200 |
| ИТОГО | | | | 41200 |
| | | | | |

Расчет основной заработной платы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 19.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Магистрант |
|--|--------------|------------|
| Календарное число дней | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней | | |
| - выходные дни | 99 | 99 |
| - праздничные дни | 14 | 14 |
| Потери рабочего времени | | |
| - отпуск | 24 | 24 |
| - невыходы по болезни | 14 | 14 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 212 | 212 |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}$$

где: $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

K_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад Z_6 определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт основной заработной платы

| Исполнители | Z_6 , руб. | $K_{пр}$ | K_d | K_p | Z_m , руб. | $Z_{дн}$, руб. | $T_{раб.}$ раб. дн. | $Z_{осн.}$, руб. |
|--------------|--------------|----------|-------|-------|--------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| Руководитель | 25000 | 1 | 0,02 | 1,3 | 33150 | 1751 | 212 | 371280 |
| Магистрант | 1923 | 1 | | 1,3 | 2500 | 132 | 212 | 27998,88 |

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (10%);

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 21 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 21 – Заработная плата исполнителей НТИ

| Заработная плата | Руководитель | Магистрант |
|--|--------------|------------|
| Основная зарплата, руб. | 371280 | 27998,88 |
| Дополнительная зарплата, руб. | 37128 | 2799,888 |
| Итого по статье $C_{\text{зп}}$, руб. | 439206,768 | |

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} (Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}})$$

Где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр., и равен 0,3).

$$C_{\text{внеб.}} = 0,3 * (399279 + 39928) = 131\ 762 \text{ рублей}$$

Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где: $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,8 * (399279 + 39928) = 351365 \text{ рублей}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции (табл. 22).

Таблица 22 – Затраты научно-исследовательской работы

| Затраты по статьям | | | | | | |
|--|--|---------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты | Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | Основная заработная плата | Дополнительная заработная плата | Накладные расходы | Отчисления на социальные нужды | Итого плановая себестоимость |
| 10314 | 41200 | 399279 | 39928 | 351365 | 131762 | 973848 |

Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная (табл. 23). Для научного проекта выбираем проектную организационную структуру.

Таблица 23 – Организационная структура проекта

| Критерии выбора | Функциональная | Матричная | Проектная |
|---|----------------|-----------|-----------|
| Степень неопределенности условий реализации проекта | Низкая | Высокая | Высокая |
| Технология проекта | Стандартная | Сложная | Новая |
| Сложность проекта | Низкая | Средняя | Высокая |
| Взаимозависимость между отдельными частями проекта | Низкая | Средняя | Высокая |
| Критичность | Низкая | Средняя | Высокая |

| | | | |
|--|---------|---------|--------|
| фактора времени (обязательства по срокам завершения работ) | | | |
| Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня | Высокая | Средняя | Низкая |

План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражающий требования к коммуникациям со стороны участников проекта представлен в таблице 24.

Таблица 24 – План управления коммуникациями

| № п/п | Какая информация передается | Кто передает информацию | Кому передается информация | Когда передает информацию |
|-------|---|-----------------------------------|----------------------------|---|
| 1. | Статус проекта | Руководитель проекта | Представителю заказчика | Ежеквартально (первая декада квартала) |
| 2. | Обмен информацией о текущем состоянии проекта | Исполнитель проекта | Участникам проекта | Еженедельно (пятница) |
| 3. | Документы и информация по проекту | Ответственное лицо по направлению | Руководителю проекта | Не позже сроков графиков и к. точек |
| 4. | О выполнении контрольной точки | Исполнитель проекта | Руководителю проекта | Не позже дня контрольного события по плану управления |

Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 25.

Таблица 25– Реестр рисков

| № | Риск | Вероятность наступления риска | Влияние риска | Уровень риска | Способы смягчения риска |
|---|---|-------------------------------|--|---------------|--|
| 1 | Отсутствие спроса | Средний | На коммерциализацию проекта | Низкий | Увеличение заинтересованности природоохранных организаций в исследовании |
| 2 | Развитая конкуренция среди научно-исследовательских вузов | Средний | На конкурентоспособность проекта | Низкий | Использование надежных методов в проведении исследования и наличие квалифицированного персонала повышает конкуренцию среди остальных |
| 3 | Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства | Низкий | На возможность проведения исследования и сроки | Высокий | Поиск дополнительного финансирования Использование инфраструктуры ТПУ |

5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

5.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом

подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

5.5.2 Чистая текущая стоимость (NPV)

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 26. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, амортизационное отчисления 10 %.

Таблица 26 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

| № | Наименование показателей | Шаг расчета | | | | | |
|----|--|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | Выручка от реализации, руб. | 0 | 1168618 | 1168618 | 1168618 | 1168618 | |
| 2 | Итого приток, руб. | 0 | 1168618 | 1168618 | 1168618 | 1168618 | |
| 3 | Инвестиционные издержки, руб. | 973848,2 | - | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | Операционные затраты, руб. | 0 | 292154,5 | 292154,5 | 292154,5 | 292154,5 | |
| 5 | Налогооблагаемая прибыль | | 876463,4 | 876463,4 | 876463,4 | 876463,4 | |
| 6 | Налоги 20 %, руб. | 0 | 175292,7 | 175292,7 | 175292,7 | 175292,7 | |
| 7 | Итого отток, руб. | 973848,2 | - | 467447,2 | 467447,2 | 467447,2 | |
| 8 | Чистая прибыль, руб. | | 701170,7 | 701170,7 | 701170,7 | 701170,7 | |
| 9 | Чистый денежный поток (ЧДП), руб. | 973848,2 | - | 798555,5 | 798555,5 | 798555,5 | |
| 10 | Коэффициент дисконтирования (КД) | 1 | 0,833 | 0,694 | 0,578 | 0,482 | |
| 11 | Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб. | 973848,2 | - | 665196,8 | 554197,5 | 461565,1 | 384903,8 |
| 12 | Σ ЧДД | | | | 2065863 | | |
| 12 | Итого NPV, млн руб. | | | | 1092015 | | |

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет **1330275** млн. рублей, что позволяет судить об его эффективности.

5.5.3 Индекс доходности (PI)

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, млн. руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, млн. руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2065863}{973848} = 2,12$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

5.5.4 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или $NPV = 0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t}$$

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 27 и на рисунке 11.

Таблица 27 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

| № | Наименование показателя | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
|---|--|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | Чистые денежные потоки, млн. руб. | 973848 | 798555,5 | 798555,5 | 798555,5 | 798555,5 | NPV, руб. |
| 2 | Коэффициент дисконтирования | | | | | | |
| | 0,1 | 1 | 0,909 | 0,826 | 0,751 | 0,683 | |
| | 0,2 | 1 | 0,833 | 0,694 | 0,578 | 0,482 | |
| | 0,3 | 1 | 0,769 | 0,592 | 0,455 | 0,350 | |
| | 0,4 | 1 | 0,714 | 0,51 | 0,364 | 0,260 | |
| | 0,5 | 1 | 0,667 | 0,444 | 0,295 | 0,198 | |
| | 0,6 | 1 | 0,625 | 0,39 | 0,244 | 0,153 | |
| | 0,7 | 1 | 0,588 | 0,335 | 0,203 | 0,112 | |
| | 0,8 | 1 | 0,556 | 0,309 | 0,171 | 0,095 | |
| | 0,9 | 1 | 0,526 | 0,277 | 0,146 | 0,077 | |
| | 1 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,062 | |
| 3 | Дисконтированный денежный поток, млн. руб. | | | | | | |
| | 0,1 | 973848 | 725887 | 659606,9 | 599715,2 | 545413,4 | 155677,4 |
| | 0,2 | 973848 | 665196,8 | 554197,5 | 461565,1 | 384903,8 | 109201,5 |
| | 0,3 | 973848 | 614089,2 | 472744,9 | 363342,8 | 279494,4 | 755823,1 |
| | 0,4 | 973848 | 570168,6 | 407263,3 | 290674,2 | 207624,4 | 501882,4 |
| | 0,5 | 973848 | 532636,5 | 354558,7 | 235573,9 | 158114 | 307034,9 |
| | 0,6 | - | 499097,2 | 311436,7 | 194847,5 | 122179 | 153712 |

| | | | | | | | |
|--|-----|-------------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| | | 973848 | | | | | ,2 |
| | 0,7 | - 973848 | 469550,6 | 267516,1 | 162106,8 | 89438,22 | 14763, 54 |
| | 0,8 | - 973848 | 443996,9 | 246753,7 | 136553 | 75862,77 | - 70681, 9 |
| | 0,9 | - 973848 | 420040,2 | 221199,9 | 116589,1 | 61488,78 | - 154530 |
| | 1 | - 973848 | 399277,8 | 199638,9 | 99819,44 | 49510,44 | - 225602 |

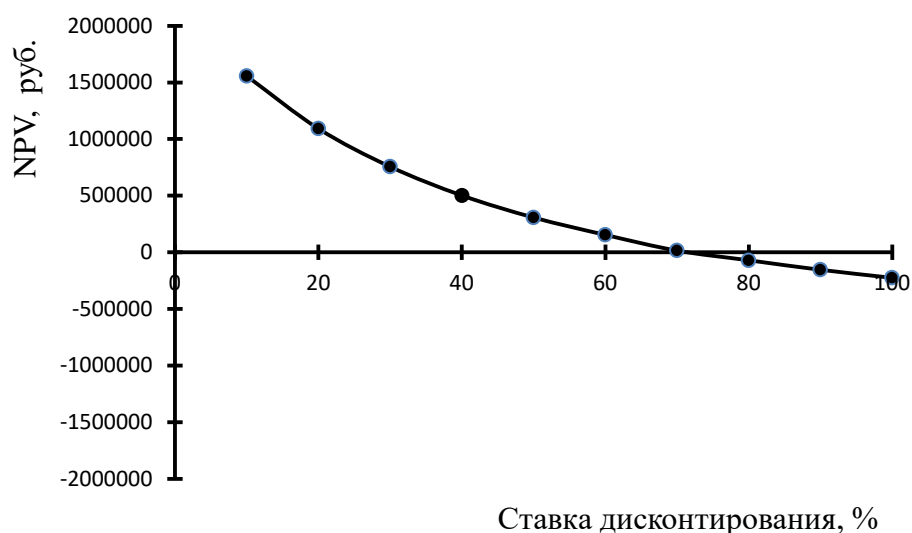


Рисунок 11 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет **72%**.

Запас экономической прочности проекта: $72\% - 20\% = 52\%$.

5.5.5 Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени. Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. таблица 28).

Таблица 28 – Дисконтированный срок окупаемости

| № | Наименование показателя | Шаг расчета | | | | |
|---|--|---|---------------|--------------|--------------|----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), млн. руб. | - 973848,2 | - 665196,8 | 554197, 5 | 461565, 1 | 384903,8 |
| 2 | То же нарастающим итогом, млн. руб. | - 1195773 | - -530576 | 23621,2 9 | 485186, 4 | 870090,1 |
| 3 | Дисконтированный срок окупаемости | $PP_{диск} = 1 + 530576 / 554197,5 = 1,96$ года | | | | |

Срок окупаемости составляет **1,96 года**.

Социальная эффективность научного проекта (таблица 29) учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 29 – Критерии социальной эффективности

| ДО | ПОСЛЕ |
|--|---|
| Малое количество данных о содержании ртути в ихтиофауне озера Байкал | Подробно изучено содержание ртути в ихтиофауне озера Байкал |
| Нет карт показывающих распространение ртути в гидросфере озера | Построены карты распространения ртути на территории озера Байкал, определены ореолы повышенного содержания и их источники |

5.5.6 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (табл. 30).

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии \ ПО | Весовой коэффициент параметра | Текущий проект | Аналог 1 | Аналог 2 |
|---|-------------------------------|----------------|----------|----------|
| 1. Способствует росту производительности труда пользователя | 0,1 | 5 | 3 | 4 |
| 2. Соответствует требованиям потребителей | 0,15 | 5 | 2 | 3 |
| 3. Надежность методов исследования | 0,15 | 3 | 3 | 3 |
| 4. Предоставляемые возможности пользователю | 0,20 | 4 | 3 | 3 |
| 5. Качество графического материала | 0,25 | 4 | 4 | 4 |
| 6. Точность анализа | 0,15 | 4 | 4 | 4 |
| ИТОГО | 1 | 25 | 19 | 22 |

$$I_m^p = 5 * 0,1 + 5 * 0,15 + 3 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,15$$

$$= 3,94$$

$$I_1^A = 3 * 0,1 + 2 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 2 * 0,15 = 3,15$$

$$I_2^A = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 4 * 0,05 = 3,5$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели | Разработка | Аналог 1 | Аналог 2 |
|-------|---|---|----------|----------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель разработки | 0,2 | 0,22 | 0,19 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 3,94 | 3,15 | 3,5 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 19,7 | 14 | 18,4 |
| 4 | Сравнительная эффективность вариантов исполнения | 1,4 (p/a ₁) 1,07 (p/a ₂) | | |

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента рассчитан бюджет научного исследования, определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 1329386 руб.; индекс доходности $PI=2,59$; внутренняя ставка доходности $IRR=72\%$, запас экономической прочности проекта составляет 52% , срок окупаемости $PP_{дск}=1,96$ года, тем самым инвестиционный проект можно считать выгодным и экономически целесообразным.

6. Социальная ответственность при исследовании ртути в ихтиофауне озера Байкал

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями (обязательствами), когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [59].

В современных условиях все больше внимания уделяется вопросам, связанным с загрязнением окружающей среды и ее влиянием на здоровье человека. Вышесказанное в полной мере относится и к загрязнению гидроресурсов. На протяжении длительного периода времени речные воды интенсивно используют в хозяйственном и промышленном значении крупные города и населенные пункты, что впоследствии часто приводит к неблагоприятному состоянию водных экосистем.

Вместе со сбросами сточных вод, атмосферными осадками в природные гидрообъекты привносятся различные металлы, тем самым нарушая естественный геохимический круговорот элементов. В результате, обладая ярко выраженной способностью накапливать металлы, гидробионты, в частности рыбы, концентрируют в своем организме элементы, способные вызвать токсический эффект и нарушить их процессы жизнедеятельности. Кроме этого, избыточное содержание металлов в рыбопродуктах, в конечном итоге, отражается на здоровье человека как потребителя рыбной продукции [12].

Целью данной работы является оценка уровней накопления ртути в мышечной и костной ткани байкальского окуня.

Рабочее место расположено на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ), имеет естественное и искусственное освещение. Общая площадь помещения 18 м². Длина помещения 6 м, ширина 3 м. В данной лаборатории использовался анализатор ртути РА 915+ с приставкой Пиро-915+ для

определения валового содержания ртути в костной и мышечной ткани рыб. Комплект анализатора ртути: анализатор РА-915+, приставка Пиро-915+; дозатор 1-5 мл; весы лабораторные; программное обеспечение. В аудитории имеется 3 персональных компьютера. Выполнение данной выпускной квалификационной работы осуществлялось с помощью прикладного программного обеспечения. Результаты заносились в базу данных. Затем они обрабатывались в электронных таблицах «Microsoft Excel».

Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде организационной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При идентификации опасностей нанесения повреждений следует учитывать различные типы опасностей на рабочем месте, включая физические, химические, биологические и психологические.

Человеческие факторы, например, способности, поведение и ограничения, также следует учитывать при оценке опасности повреждений и рисков, которые могут быть связаны с процессами, оборудованием и окружающей средой рабочего места. Человеческие факторы необходимо учитывать всегда, когда существует взаимодействие с человеком, принимая во внимание такие проблемы, как простота использования оборудования, потенциальная возможность операционной ошибки, напряжение оператора и утомление пользователя.

Кроме этого, в процессе идентификации опасностей повреждений в организации необходимо учитывать следующие пункты и их взаимодействие [26,28]:

-характер работы (схема расположения рабочего места, информация оператора, рабочая нагрузка, физическая работы, стереотипы работы),

- характер окружающей среды (температура, освещение, шум, качество воздуха),
- поведение человека (темперамент, привычки, рабочее положение),
- психологические характеристики (когнитивная способность, внимательность),
- физиологические характеристики.

Идентификация опасностей нанесения повреждений должна иметь целью превентивное определение всех источников, ситуаций или действий (или их комбинации), возникающих в результате деятельности организации, создающих потенциальную возможность нанесения травм человеку или его заболевания. В качестве примеров можно указать следующее [2]:

- источники (например, механическое оборудование с подвижными частями, источники радиации или энергии),
- ситуации или действия (например, ручной подъем грузов).

Примеры «других требований» могут включать следующее: условия контрактов, соглашения с наемными работниками, соглашения с заинтересованными сторонами, соглашения с органами здравоохранения, ненормативные руководства, добровольные принципы, наилучшая практика или кодексы практики, публичные обязательства организации или ее головной организации, и требования корпорации/компании.

Для обеспечения гарантии безопасности при работе или пребывании на рабочем месте организация должна предоставить всем своим работникам достаточные знания по следующим вопросам [14]:

- порядок действий в аварийной обстановке,
- последствия действий сотрудников и их поведения, связанные с рисками и др.

Организация должна гарантировать, что любой человек, выполняющий под ее управлением задачи, является компетентным на основе подходящего образования, обучения или опыта. Организация должна сохранять соответствующие документы. Организация должна обеспечивать обучение

или принимать другие меры, удовлетворяющие эти потребности, оценивать эффективность обучения и принятых мер и сохранять документы, имеющие отношение к процессу обучения.

6.2. Производственная безопасность

Основные элементы производственного процесса в полевых условиях, формирующие опасные и вредные факторы. Работы на электронно-вычислительных машинах проводятся в помещении, соответствующем требованиям санитарных правил и норм [13].

Для обеспечения безопасности труда, работники обязаны проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, соблюдать требования охраны труда, правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, а также проходить обязательные предварительные и периодические медицинские обследования [14].

Работа в полевых условиях, камеральная обработка данных и лабораторно-аналитические исследования сопровождаются целой группой отрицательно действующих на организм факторов, что существенно снижает производительность труда человека. Для продуктивной работы необходимо, чтобы условия труда на рабочем месте соответствовали психологическим, санитарно-гигиеническим нормам и требованиям безопасности труда.

Различают опасные (приводящие к травме и другому резкому ухудшению здоровья) и вредные (приводящие к заболеванию организма или снижению работоспособности) производственные факторы [13].

В таблице 32 приведены опасные и вредные факторы.

Таблица 32 - Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы | Этапы работ | | | Нормативные документы |
|---|-------------|--------------|-------------|---|
| | Полевой | Лабораторный | Камеральный | |
| 1. Отклонение показателей микроклимата | + | + | + | - СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [42] - Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [39] |
| 2. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности инструментов. | + | + | | - ГОСТ 12.1.003-83. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности инструментов. [14] |
| 3. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми. | | + | + | - ГОСТ 12.1.003-83. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми. [14] |
| 4. Недостаточная освещённость рабочей зоны | | + | + | - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Естественное и искусственное освещение [40] |
| 5. Монотонный режим работы | + | + | + | - Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [39] |
| 6. Электрический ток | | + | + | - ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; [16] |
| 7. Пожарная опасность | | + | + | - ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. [15] |

6.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при осуществлении полевых работ

1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности инструментов.

Опасность травмирования возникает в результате использования инструмента с некачественной обработкой поверхности или имеющего дефекты при его изготовлении. В результате работник может получить различные травмы, от царапин до глубоких ран. При выполнении полевых работ необходимо следующее оборудование: ставные сети, рыболовные удочки, полиэтиленовые мешки, теплоизоляционные сумки, пластмассовые ведра, ножи и т.д. Во время выполнения работ инструменты каждый раз осматриваются на наличие дефектов, а также должны использоваться средства индивидуальной защиты (голицы, каски) [14].

2. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе

Микроклимат - особенности климата на небольших пространствах, обусловленные особенностями местности.

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе оказывает значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека, и является важной характеристикой гигиенических условий труда. Резкие колебания температуры неблагоприятно влияют на организм человека[49].

Температура тела поддерживается постоянной благодаря терморегуляции организма. При повышении температуры воздуха, высокой влажности (более 30 °С и 80% соответственно) происходит резкое нарушение терморегуляции, как следствие перегрев организма. Неблагоприятные метеорологические условия приводят к быстрой утомляемости, повышают заболеваемость и снижают производительность труда [42].

При высокой температуре организуют рациональный режим труда и отдыха путем сокращения рабочего дня, введения перерывов для отдыха в зонах с нормальным микроклиматом. При проведении полевых работ в

жаркие дни для исключения тепловых ударов нужно работать в головных уборах и обязательно иметь при себе индивидуальную фляжку с питьевой водой. Одежда должна быть специальной (например, футболка, куртка и брюки) из хлопчатобумажной ткани светлых тонов. Необходимо также иметь при себе полевую аптечку с необходимыми для этих случаев медикаментами (средства защиты от солнечных ожогов, жаропонижающие средства и т.д.) [7].

3. Повреждения в результате контакта с насекомыми и животными

Повреждения в Республике Бурятия в результате контакта с насекомыми и животными могут представлять реальную угрозу здоровью человека. Наиболее опасными являются укусы зараженного клеща.

Профилактика клещевого энцефалита имеет особое значение в полевых условиях. Меры профилактики сводятся к регулярным осмотрам одежды и тела не реже одного раза в два часа и своевременному выполнению вакцинации. Противозенцефалитные прививки создают у человека устойчивый иммунитет к вирусу на целый год. Также при проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей необходимо плотно застегнуть противозенцефалитную одежду.

Существует несколько групп средств индивидуальной защиты от нападения клещей:

- репелленты - препараты, отпугивающие клещей (например, диэтилтолуамид - инсектицид, обладающий репеллентным действием).
- акарициды - препараты, вызывающие гибель клещей [14].

6.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Состояние воздушной среды производственного помещения характеризуется следующими показателями: температурой, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, интенсивностью теплового излучения от нагретой поверхности.

Климатические параметры в помещениях в значительной степени влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, а также ненадежность работы вычислительной техники. Отклонение микроклимата в помещениях оказывает очень заметное воздействие на организм человека, ухудшается работоспособность, замедляется мыслительная деятельность, рассеивается внимание, к тому же это приводит к различным заболеваниям, как к простудным, так и к сердечнососудистым [42].

Для поддержания оптимальных микроклиматических условий в помещении в летний период необходимо своевременно, не реже одного раза в сутки, проветривать помещение, проводить влажную уборку. При проведении камеральных работ на компьютере, с монитора вытирать пыль.

В зимний период используется естественная вентиляция, помещение лаборатории должно отапливаться.

Объем помещений, в которых помещены работники вычислительных центров должны быть не меньше $19,5 \text{ м}^3/\text{чел}$ с учетом максимального числа работающих в смену [41].

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

В помещении, где находится рабочее место, есть естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы.

Искусственное освещение подразделяется на общее и местное. При общем освещении светильники устанавливаются в верхней части помещения параллельно стене с оконными проемами, что позволяет их включать и отключать последовательно в зависимости от изменения естественного освещения. Выполнение таких работ, как, например, обработка документов, требует дополнительного местного освещения, концентрирующего световой поток непосредственно на орудия и предметы труда. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. В зоне рабочего места освещенность должна составлять 300-500 лк,

яркость светящихся поверхностей (окна, светильники, стены), находящихся в поле зрения, < 200 кд/м², коэффициент пульсации $< 5\%$ [42].

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Известно, что работоспособность не является величиной постоянной, она изменяется. Основной причиной изменения работоспособности является сама работа. Обычно работоспособность снижается при более или менее длительном ее выполнении. Снижение работоспособности под влиянием выполненной работы принято считать утомлением. При этом имеется немало данных, свидетельствующих о том, что помимо самой рабочей нагрузки в реальной трудовой деятельности на работоспособность определенным образом влияют и неблагоприятные условия труда, в том числе такие, которые вытекают из характера самой выполняемой работы. Так, широко известно влияние на работоспособность фактора монотонности [40].

Применяющиеся показатели, прежде всего можно разделить на «объективные» и «субъективные». К объективным показателям работоспособности обычно относят: а) изменения количественных и качественных показателей труда и б) изменения функционального состояния нервной системы. К субъективным показателям относят ощущения усталости, вялости, болезненные ощущения. Эти субъективные переживания свидетельствуют о тех психических состояниях, которые развиваются при снижении работоспособности. Психическое состояние при утомлении обозначается обычно термином «усталость». Кроме этого состояния в

процессе трудовой деятельности могут иметь место и другие психические состояния, связанные с особой заинтересованностью в результатах работы или, наоборот, безразличием к ним, состояние тревожности и др. Все эти состояния накладывают свой отпечаток и на соответствующие субъективные показатели [44].

Неблагоприятное влияние монотонности на работоспособность проявляется, естественно, во всех показателях работоспособности. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что при монотонной работе наблюдается более раннее появление и объективных, и субъективных признаков снижения работоспособности.

Различие в динамике работоспособности при немонотонной и монотонной работе дало основание ряду исследователей прийти к выводу о том, что при монотонной работе развивается особое специфическое состояние, получившее название монотонии, отличное от состояния собственно утомления, со своими особыми физиологическими механизмами [39,50].

4. Электрический ток

Одним из наиболее опасных факторов является действие электрического тока.

Электрические установки (компьютер, принтер, сканер, настольные лампы, розетки, провода и др.) представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

К работе с электроустановками должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний.

Перед началом работы на электроприборе рабочий персонал должен убедиться в исправности оборудования, проверить наличие заземления, при работе с электроустановками необходимо на пол постелить изолирующий коврик. [16].

5. Пожарная безопасность

6. Анализ пожароопасности как опасного фактора описан в разделе «Безопасность в чрезвычайных ситуациях». В период выполнения лабораторных и камеральных работ может возникнуть пожар. Причинами его возникновения могут быть: неисправность проводки и сбои в работе приборов и компьютерной технике, халатность сотрудника при выполнении работ.

При возникновении пожара человек подвергается действию высоких температур, вдыханию едких и удушливых газов, влиянию задымленности. Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [15].

Лаборатории ТПУ соответствуют требованиям пожарной безопасности.

6.3. Экологическая безопасность

В работе было использовано 4 пробы мышечной и 4 пробы костной ткани обыкновенного окуня. Мышечная ткань отделялась и высушивалась при комнатной температуре, аналогично поступали и с костной тканью. Подсушенные образцы размельчались на волокна, растирались в фарфоровой ступке и отбирались на анализ.

Места вылова рыбы - это территории, удаленные друг от друга на пару км, можно и больше. Это могут быть, разные поселки, места отдыха, населенные пункты, острова. Пробы отбираются в один период времени (например, в одно лето). Идеальный вариант-выловить рыбу вблизи техногенного источника, и вдали от возможного воздействия.

Проба. Проба, выловленная с одного места, должна включать 3-5 рыб общей массой 700-900г.

Пробоподготовка. Каждая проба состояла из 5-7 особей рыб, примерно одинакового размера. Рыба разделяется и очищается от внутренностей и кожи. Скелет отделяется, промывается холодной водой, аккуратно очищается от остатков мяса и высушивается в прохладном месте до волокнистого состояния, избегая прямого попадания солнечных лучей. Высушенные пробы промалываются на кофемолке до порошкообразного состояния. Получившийся порошок высыпается в пластиковые пакеты. Вторая небольшая часть измельчается и хранится в холодильной камере при -25 °С.

Исследование 4 проб костной ткани и 4 проб мышечной ткани байкальского окуня проводилось в 20-м корпусе НИ ТПУ в отделении геологии. В целом, атомно-абсорбционный анализ проводится без предварительной пробоподготовки. Метод измерения массовой доли общей ртути в пробах основывается на атомизации содержащейся в образце ртути в двухсекционном пиролизаторе приставки ПИРО-915+ с последующем ее определением методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе ртути РА-915+.

ICP-MS - это разновидность масс-спектрометрии, отличающаяся высокой чувствительностью и способностью определять ряд металлов и нескольких неметаллов в концентрациях до 10^{-10} %, т.е. одну частицу из 10^{12} . Метод основан на использовании индуктивно-связанной плазмы в качестве источника ионов и масс-спектрометра для их разделения и детектирования.

При применении этих двух методов, исследуемые объекты не приобретают новых свойств, например, таких как радиоактивность, и не оказывают влияния ни на одну из биосферных оболочек. Отсюда следует, что изучение проб байкальского окуня не несет вред окружающей среде (атмосфере, гидросфере, литосфере).

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во время проведения геоэкологических исследований не малую роль играет пожарная безопасность. Поэтому необходимо соблюдать следующие правила: на территории исследуемого объекта необходимо поддерживать чистоту и порядок, запрещается разводить костры, для курения необходимо организовать специальные места, оборудовать их урнами, а также возможно оснастить емкостями с водой [22].

Подъезды и подходы к водным источникам должны быть легко доступны в любое время суток. В связи с повышенной опасностью возникновения пожара запрещается пользоваться временными источниками тепла.

Электрические сети и электрооборудование должны отвечать требованиям правил устройства электроустановок.

В помещениях лаборатории нельзя пользоваться электроплитками с открытой спиралью или другими обогревательными с открытым огнем, т.к. проведение лабораторных работ нередко связано с выделением пожаро- или взрывоопасных паров, газов, горючих жидкостей и веществ. Муфельные печи необходимо устанавливать на столах, покрытых стальными листами по асбесту, на расстоянии не ближе 35 см от сгораемых стен. Покрытие негорючими материалами обязательно для рабочих поверхностей столов, стеллажей, вытяжных шкафов. Совместное хранение горючих и самовоспламеняющихся веществ запрещено. Работы ведутся при строгом соблюдении правил пожарной безопасности. По окончании работ по лаборатории необходимо проверить газовые краны и отключить электроэнергию на общем рубильнике [22].

После окончания работы все производственные помещения должны тщательно осматриваться лицом, ответственным за пожарную безопасность.

В полевых условиях участникам геоэкологических партий приходится пользоваться открытым огнем костров. Это требует тщательного соблюдения

правил пожарной безопасности, правил пользования средствами пожаротушения, пожарной сигнализации и связи.

В случае возникновения пожара необходимо:

- изолировать очаг горения от воздуха или снизить концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до значения, при котором не будет происходить горение;
- охладить очаг горения;
- затормозить скорость реакции;
- ликвидировать очаг струей газа или воды;
- создать условия преграждения огня.

К основным огнегасительным веществам относятся вода, химическая и воздушно-механическая пыль, водяной пар, сухие порошки, инертные газы, галоидные составы. Для первичных средств пожаротушения можно применять песок, войлочные покрывала. При пожарах в компьютерных классах используются переносные углекислотные либо хладоновые огнетушители, в химических лабораториях – порошковые или воздушно-пенные огнетушители [22].

Заключение

Содержание металлов в рыбах в определенный момент времени является результатом сложных процессов поглощения, распределения и перераспределения этих элементов в их организме, биотрансформации органометаллических соединений, накопления и выведения.

Среди природных источников ртути в озере Байкал и его гидробионтах рассматривается геохимическая активность разломов Байкальской рифтовой зоны, его вклад очень мал. Как источники атмосферного переноса следует рассмотреть прибрежные предприятия, котельные, ТЭЦ, печное отопление, выбросы автотранспорта и природный перенос пыли в малозаснеженных районах. Вклад непосредственного поступления загрязняющих веществ в озеро в Усть-Баргузинской заповедной зоне очень незначителен.

Содержания ртути в мышечной ткани окуня, выловленного в озере в географических регионах г. г. Усть-Баргузин, Кабанск, Оймур, с. Турка составляют, соответственно, 0,382; 0,373; 0,369; 0,341 мг/кг. Дифференциация регионов по содержанию ртути очень слабая. В костной ткани ртуть обнаружена в диапазоне содержаний от 0,0663 до 0,199 мг/кг. На основании этих данных можно полагать, что качество воды в заповедной Усть-Баргузинской зоне соответствует ее функциональному назначению и не превышает предельно допустимых концентраций, принятых для рыбной пищевой продукции (0,5 мг/кг). Основной формой нахождения ртути в рыбах является ее органическая, метилированная форма, в отличие от неорганической ртути в водных пробах. Это результат аккумуляции ртути при переносе ее по пищевым цепям. Выявленные содержания значительно ниже представленных в литературе по рыбам в зоне активного влияния ранее существовавшего производства с применением ртути (использование ртути при электролизе). Проведено сравнение с содержанием ртути в других видах рыб, в других ее органах, например, в печени нерпы, а также отловленных на других участках. Полученные данные расширяют сложившиеся в литературе представления о накоплении ртути в ихтиофауне

и могут характеризовать изменения в накоплении ртути в динамике, если привлекать ранее полученные данные.

В верхней части Братского водохранилища содержание ртути в тканях окуня в 2008 г. составляло $1,84 \pm 2,46$ мг/кг, что в 5,2 раз больше, установленных нами для региона настоящего исследования.

Среднее значение ртути в печени разновозрастных байкальских нерп $3,7 \pm 3,59$ мг/кг, что в 9,8 раз выше средних значений по региону настоящего исследования «Усть –Баргузин – Кабанск- Оймур- Турка».

Был рассмотрен экономический вопрос проведенных исследований: стоимость проведения научно-исследовательской работы составила 1 092 015 млн. рублей. Кроме того, предоставлено обоснование проведенных работ, которое включало в себя расчет затрат труда и времени, а также смету по всем проведенным работам, сумма в которой дала представление об общей стоимости исследования. В результате проведенных расчетов, установлено, что проводимое научное исследование, с позиции финансовой и ресурсной эффективности, является более выгодным по сравнению с аналогами.

Список использованных источников и литературы:

1. Айнбунд М.М. Течения и внутренний водообмен в озере Байкал Текст. / М.М. Айнбунд. Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 247 с.
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
3. Байкаловедение : учеб. Пособие / Н. С. Беркин, А. А. Макаров, О. Т. Русинек. – Иркутск : Изд-во Ирк. Гос. Ун-та, 2009.
4. Батиметрическая карта озера Байкал [Электронный ресурс] – URL: <http://www.baikalnature.ru> (Дата обращения 02.06 2020).
5. Богуцкая Н. Г., Насека А. М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. — 389 с.
6. Верещагин Г.Ю. Работы Байкальской лимнологической станции по изучению ледяного покрова Байкала// Труды Байкальской лимнологической станции. – 1939. – Т. 9. – С.5 – 8.
7. Ветров В.А., Кузнецова А.И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. Новосибирск: Издательство СО РАН НИЦ ОИГГМ. – 1997. – 234 с.
8. Викулов В. Е. Режим особого природопользования (опыт организации на территории бассейна озера Байкал): дис. . док. Геогр. Наук / В.Е. Викулов. –Улан-Удэ, 1983.
9. Волерман И.Б., Конторин В.В. Биологические сообщества рыб и нерпы в Байкале. - Новосибирск: Наука, 1983. - 248 с.
10. Вотинцев К.К. Гидрохимия озера Байкал. // М.: Изд. АН СССР, 1961. — С. 311.
11. Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 30 сентября 1981 г. N 2450-81).

12. Гордеева О. Н., Белоголова Г. А., Гребенщикова В. И. Распределение и миграция тяжелых металлов и мышьяка // Проблемы региональной экологии. – 2010. - №3. - С. 108-113.
13. ГОСТ 12.0.003-74 (1999). ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификации. [Электронный ресурс]. Введ. 18.11.1974. - Доступ из системы нормативов «Normacs».
14. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. Введ. 6.06.1983. - Доступ из системы нормативов «Normacs».
15. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. Введ. 14.06.1991. - Доступ из системы нормативов «Normacs».
16. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Электронный ресурс]. Введ. 29.09.1988. - Доступ из системы нормативов «Normacs».
17. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2017 году» – Москва, 2018 – 341 с.
18. Графов С. В., Колотило Л. Г., Поташко А. Е. Лоция озера Байкал. Адмиралтейский № 1007. — СПб.: ГУНиО, 1993.
19. Дзюба Е. В. Исследование пищевых стратегий пелагических рыб Байкала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Борок, 2004. - 24 с.
20. Зубин А.А. Питание байкальских бентопелагических подкаменщиковых рыб Scorpaeniformes (Cottoidei) // Вопросы ихтиологии, 1992. - Т. 32. - С. 147-151.
21. Карта климатического районирования озера Байкал [Электронный ресурс] – URL: http://gatchina3000.ru/literatura/_other/baikal/8_12.htm (Дата обращения 02.06.2020).
22. Кривошеин Д. А, Муравей Л. А. Экология и безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / изд-во «Юнити – Дана», 2002.

23. Куликова А.А. Приспособительные особенности рыб на примере сибирской плотвы / Вопросы биологии: Тр. НИИ биологии и биофизики при ТГУ. - Томск, 1975. - Т. 5. - С. 65-70.
24. Купчинский А.Б., Купчинская Е.С. Состояние ихтиофауны водохранилищ Ангары // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2006. - № 2. - С. 56-61
25. Логачев Н.А. Рельеф и геоморфологическое районирование.- В кн.: Прибайкалье и Забайкалье/ Серия: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.- М.: Наука, 1974.-
26. Международный стандарт OHSА 18002:2008 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Руководящие указания по OHSА 18001:2007. [Электронный ресурс]. Введ. 11.2008. - Доступ из библиотеки гостей и нормативов «Ohranatruda».
27. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология.- М: «Высшая школа», 2005.
28. Трудовой кодекс Российской Федерации (по состоянию на 20 октября 2013 года). - Новосибирск: Норматика, 2013. – 206 с.
29. Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П. Оценка геохимического фона и антропогенной нагрузки по биоаккумуляции микроэлементов в организме рыб //Водные ресурсы. – 2005. - №6. – С. 700-711.
30. Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. - М.: Наука, 2006. - 261 с.
31. Никаноров А.М. Справочник по гидрохимии //под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 391 с.
32. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: ВНИРО, 1999. – 304 с.
33. Петерфельд. В. А. - Современное состояние естественного воспроизводства байкальского омуля - Государственный научно-

производственный центр рыбного хозяйства «ФГБНУ Госрыбцентр» Байкальский филиал – Улан-Удэ, 2017 – 5 с.

34. Попов П. А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации //Новосиб. гос. ун-т, Новосибирск, 2002. 270 с.

35. Попов П. А. Содержание и характер накопления металлов в рыбах Сибири //Сибирский экологический журнал. – 2001. - №2. – С. 237-247.

36. Попов П. А., Казанцев В. А. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов. – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2007.

37. Правила устройства электроустановок. 10-е изд. с изм. и дополн. – Новос: Сибирс. универ. изд-во, 2009. – 512 с.

38. Приставка ПИРО-915+ к анализатору ртути РА-915+. Руководство по эксплуатации. Санкт-Петербург: ООО «Люмэкс-маркетинг» 2008.

39. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. [Электронный ресурс]. Введ. 29.07.2005. - Доступ из библиотеки гостей и нормативов «Ohranatruda».

40. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. [Электронный ресурс]. Введ. 23.04.2003. - Доступ из библиотеки документов по охране труда НИИОТ СПб.

41. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. [Электронный ресурс]. Введ. с изм. 25.04.2007. - Доступ из библиотеки гостей и нормативов «Ohranatruda».

42. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. Введ. 1.10.1996. - Доступ из системы нормативов «Normas».
43. Сауков А.А., Айдиньян Н.Х., Озерова Н.А. Очерки геохимии ртути. - М.: Наука, 1972.-336 с.
44. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение, 1995.
45. Сиделева В.Г., Козлова Т.А. Сравнительное изучение эндемичных котгоидных рыб (Cottidae, Compheroridae) в связи с их приспособлением к обитанию в пелагиали озера Байкал // Труды Зоологического института РАН, 2010. -Т. 314.-№4.-С. 433^47.
46. Сиделева В.Г., Механикова И.В. Пищевая специализация и эволюция керчаковых рыб (Cottoidei) озера Байкал / Труды Зоологического института АН СССР. - Ленинград, 1990.-С. 144-161.
47. Смирнов В .В., Шумилов И.П. Омули Байкала. - Новосибирск, 1974. - 160 с.
48. Смирнов В.В. – Экология байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi) – Екатеринбург, 1997 – 253 с.
49. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Электронный ресурс]. Введ. 31.10.1996. - Доступ из библиотеки гостей и нормативов «Ohranatruda».
50. СП 2.1.5.1059-01 Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения.
51. Сухенко С. А. Ртуть в водохранилищах: новый аспект антропогенного загрязнения биосферы / С. А. Сухенко: науч. Ред. О. Ф. Васильев; Рос. акад. наук. сиб. отд-ние, Ин-т водных и экологических проблем. – Новосибирск, 1995.
52. Талиев Д.Н. Бычки-подкаменщики Байкала. - М., Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. - 603 с.
53. Тугарина П.Я. Хариусы Байкала. - Новосибирск, 1981. - 281 с.

54. Чернова Е. В. Гидрообразующие элементы в природных водах //Фундаментальные исследования. – 2013. – №. 10-9. – С. 2075-2079.

55. Шустов С. Б. Химические основы экологии: Учеб. пособие для шк., гимназий с углубл. изуч. химии, биологии, экологии //Шустов С. Б., Шустова Л. В.; Под ред. С. Ф. Жильцова. – М.: Просвещение, 1995. – 239 с.

56. Щербакова Е. Н. Возрастные изменения содержания тяжелых металлов в органах и тканях русского осетра: автореф. дис. канд. биол. наук. Астрахань, 2004.

57. Fitzgerald W.F. Mercury emission from volcanoes // Abstracts of 4th Internat. Conf. "Mercury as a Global Pollutant". - Hamburg, 1996. - 87 p.

58. Gambrell R. P., Khalid R. A., Patrick W. H. Jr. Chemical availability of mercury, lead and zinc in Mobile Bay sediment suspensions as affected by pH and oxidation reduction conditions // Environmental Science & Technology, 1980. - V. 14. - P. 431.

59. ICCSR 26000:2011 Социальная ответственность организации. Требования [Электронный ресурс]. Введ. 2.03.2011.

60. Nagase H., Ose Y., Sato T., Ishikawa T. Mercury methylation by compounds in humic material // Science of the Total Environment, 1984. - V. 32. - P. 147.

Приложение А

Introduction

In modern conditions more and more attention is paid to the questions connected with environmental pollution and its influence on human health. The aforesaid fully also relates to pollution of water resources. Throughout the long period of time river waters are intensively used by large cities and settlements of economic and industrial value that often leads subsequently to adverse condition of water ecosystems.

Various metals are brought into natural hydro objects by dumping of drain waters and atmospheric precipitation, thereby, natural geochemical circulation of elements is disturbed. As a result, having distinct ability to accumulate metals, aquatic organisms, in particular species of fish, store elements causing toxic effect and breaking their vital processes. Besides, the excess of metals in fish products, finally, affects health of fish products consumers.

Relevance of work. Lake Baikal is the deepest lake on the planet and the biggest fresh reservoir in the world being fishing commercial object for huge number of fish including the Baikal perch. Abundance of bio resources leads to consumption of fish and fish products by local people. However, the fish consumed as food can pose a threat for the person. Besides, the element composition of organs and tissues of fish can serve as the indicator of geoecological condition of water objects. For this reason it is necessary to study data on geochemistry of one of the main commercial species of fish – the Baikal perch.

Practical importance. Information on structure and amount of mercury in tissues (first of all muscular) of commercially important fish has important practical value. Also such data can serve as an important component when carrying out complex monitoring of Lake Baikal.

In this regard, the purpose of the master's thesis is identification of the mercury content levels in tissues of fish (on the example of the Baikal perch). The

main focus is made by the author on research of the chemical composition of muscular and bone tissues of the fish.

To achieve the purpose it is necessary to define the following objectives:

- to compare the content of metals in tissues of perch to maximum-permissible concentration of these substances in food;
- to define sampling areas with the highest concentrations of chemicals in organism of the studied fish;
- to study and compare mercury content in muscular and bone tissues of the perch;
- to analyze accumulation coefficients for fish and to reveal the most frequent elements in its tissue.

Study object: Baikal perch.

Research subject: level of mercury content in muscular and bone tissue of the Baikal perch (Latin *Perca fluviatilis*),

Scientific novelty: average content values of 22 elements in muscular tissue of perch in river Ob are obtained for the first time; content of metals in tissues of perch is compared to maximum allowable concentrations; ranging of elements in muscular tissue is formulated.

1. Environmental geographical characteristics of Lake Baikal and its fish fauna

In Chapter 1 the environmental-geographical characteristics of Lake Baikal will be considered, in particular: geographical location, climate, geological aspects, depth of the lake and its water regime.

1.1. Geographical location

The Baikal is located almost in the center of Asia, in the south of Eastern Siberia, on the border of the Irkutsk region and the Republic of Buryatia within $51^{\circ}29' - 55^{\circ}46'$ N and $103^{\circ}14' - 108^{\circ}58'$ E. In the form of the arising crescent the Baikal stretches from the southwest to the northeast. The length of the lake is 636 km, the maximum width is 81 km, the length of the coastline is about 2000 km. The area is 31,500 sq.km. The Baikal takes the 7th place in area among lakes of the world after the Caspian Sea, the Victoria, the Tanganyika, the Huron, the Michigan and Lake Superior. The Baikal is the deepest lake in the world – 1637 m, its average depth is equal to 730 m. More than a half of the coastline length of Lake Baikal is under protection. The lake is in the peculiar hollow from all directions surrounded with ridges and hills. At the same time the western coast is rocky and steep, the relief of eastern coast is rather flat (in some places mountains are located dozens of kilometers away from the shore) [3].

1.2 The depth

The Baikal is the deepest lake on Earth. The maximum depth of the lake — 1,637 m — has been established in 1983 by L.G. Sulimov during hydrographical work of GUNiO, the Ministry of the Defense in USSR as an expedition at the point with coordinates $53^{\circ}14'59''$ N $108^{\circ}05'11''$ E / 53.249722° N 108.086389° E [3].

The maximum depth has been plotted in 1992 and confirmed in 2002 as a result of implementation of the joint Belgian Spanish-Russian project on creation of the new bathymetric map of the Baikal when depths in 1,312,788 points of the water area of the lake have been digitized (values of depths have been obtained as a result of recalculation of the data of acoustic sounding combined with additional

bathymetric information including echolocation and seismic profiling. One of authors of the maximum depth discovery, L.G. Kolotilo, was participant of this project) [27].

If the water surface of the lake is at the height of 455.5 m above sea level, the lowest point of the basin lies 1186.5 m below sea level that makes it one of the deepest continental basins.

1.3 Geological aspects

The origin of the Baikal, development of its fauna and flora are directly connected with the history of the Baikal rift zone. The Baikal rift was formed as a result of deep heating of Earth interior in this area. It has led to lighter heated matter uplift, its spreading under the crust in different directions, stretching and thinning of the crust. The system of earth crust faults was formed in which subsidence of separate blocks and formation of basins occurred. However, in Paleocene Miocene, 60-6 million years ago, instead of present Baikal there was a hilly area with the system of small and medium lakes with depths from several to hundreds meters. Diatomic seaweed in lakes with depths more than one hundred meters have been represented by such endemics as *Aulacosira baicalensis* (K.meyer) Sim., *Cyclotella baicalensis* Skv., sponges – by endemic species of the *Lubomirskiidae* family, and mollusks – by the endemic *Baicallidae* family [25].

Bottom relief

The bottom of the Baikal has distinct relief. Along all coast of the Baikal coastal shallow water (shelves) and underwater slopes are developed; there is the bed of three main basins of the lake; there are underwater banks and even underwater ridges.

Lake Baikal is divided into three basins: Southern, Average and Northern, separated from each other by two ridges — Academic and Selenga [25].

The Academic ridge stretched from the island of Olkhon to Ushkan Islands is the most expressive. The length is about 100 km, the thickness of ground

deposits in Baikal reaches about 6 thousand m and as it is established by gravimetric survey, in the Baikal some of the highest mountains on Earth are flooded.

On the Baikal there are 27 islands (Ushkan Islands, Olkhon island, Yarki Island and others). The largest of them are located almost in the center of the lake. The largest peninsula is Svyatoy Nos [3].

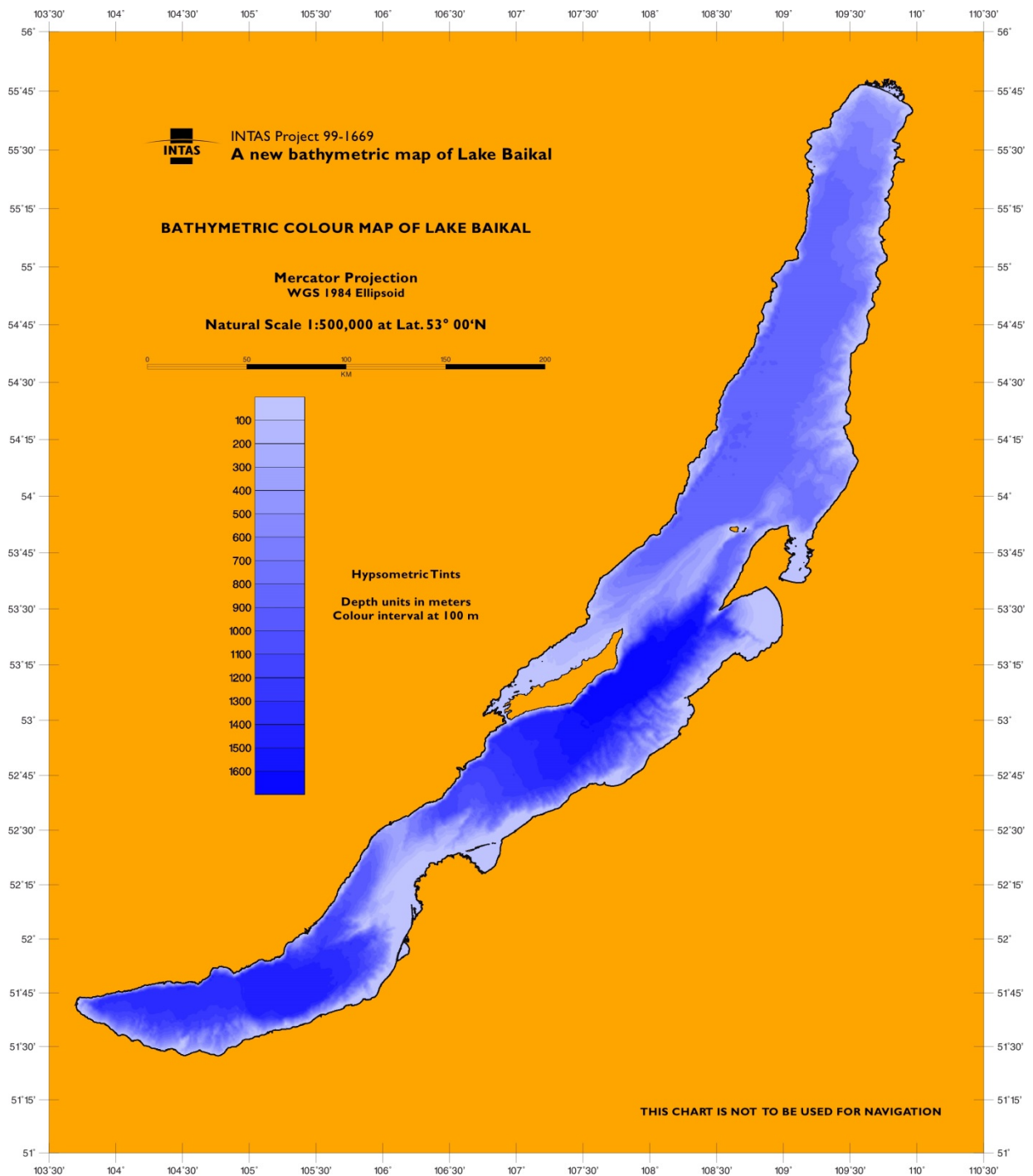


Figure 1 – Bathymetric map of Lake Baikal [4].

Seismic activity

The region of the Baikal (the so-called The Baikal rift area) belongs to territories with high seismicity: there are regular earthquakes with the power of about one or two points on scale of intensity. However, even stronger earthquakes occur; thus, in 1862 a ten-grade Kudarinsky earthquake hit the northern part of the delta of Selenga; the land area of 200 km² with six villages where 1,300 people lived has left under water. Strong earthquakes are noted also in 1903 (the Baikal), 1950 (Mondinskoye), 1957 (Muyskoye), 1959 (Srednebaykalskoye). The epicenter of the Srednebaykalsky earthquake was at the bottom of the Baikal near the settlement Dry (the southeast coast). Its force reached 9 points. In Ulan-Ude and Irkutsk force of the main shocks has reached 5-6 points, cracks and insignificant damage of buildings and constructions were observed. The last strong earthquakes on the Baikal happened in August, 2008 (9 points) and in February, 2010 (6.1 points) [25].

1.4 Climate

The water mass of the Baikal influences climate of the coastal territory. The winter is softer here, and the summer — is rather cool. The spring comes to the territory of the Baikal 10-15 days later than to adjacent areas, and the fall is quite long [3].

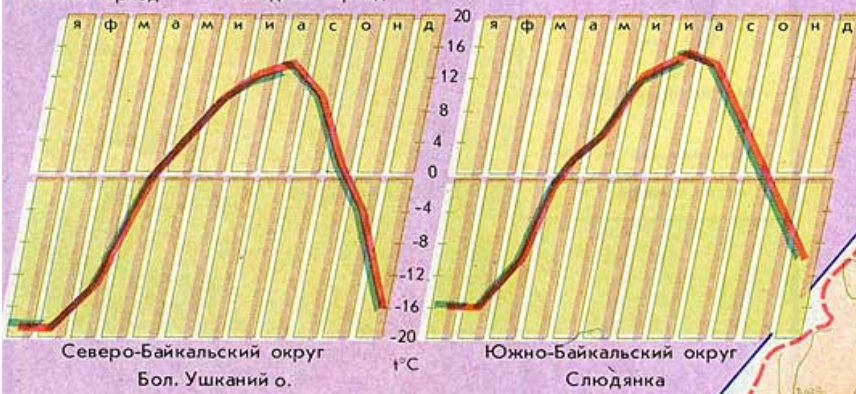
The region of the Baikal differs in the big total duration of sunshine. For example, in the settlement Big Goloustnoye it reaches 2,524 hours that is more, than in the Black Sea resorts, and is not common to Russia. Climate peculiarities led to winds having such names as Kultuk, Barguzine, Sarma [3].

КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ CLIMATIC ZONING

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
(осредненные для каждого климатического округа)

| Климатический округ | *П (часы) | Q (кал/см ²) | Средняя температура воздуха | | | | | A (°С) | Кц | Σt° >10° | Безморозный период (дни) | Средние даты перехода t воздуха через 0° | Осадки (мм) | | |
|---------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|-------|------|------|--------|--------|----|----------|--------------------------|--|-------------|-----|--------|
| | | | I | II | VII | VIII | за год | | | | | | t | x | за год |
| Северо-Байкальский | 1800 | 95-100 | -21,7 | -20,5 | 12,1 | 13,0 | -3,3 | 34,8 | 64 | 846 | 102 | 30.IV-17.X | 279 | 103 | 382 |
| Средне-Байкальский | 2000-2200 | 105-110 | -19,3 | -18,5 | 14,6 | 13,9 | -1,6 | 33,6 | 63 | 1153 | 112 | 20.IV-20.X | 261 | 79 | 340 |
| Южно-Байкальский | 1800-2000 | 105 | -17,3 | -16,6 | 14,4 | 13,9 | -0,7 | 31,9 | 62 | 1204 | 124 | 16.IV-23.X | 506 | 114 | 620 |

П—Продолжительность солнечного сияния (годовое количество часов)
Q—Суммарная солнечная радиация
A—Годовая амплитуда температуры воздуха
Кц—Кoeffициент континентальности по Ценкеру
* Величина П у восточных берегов понижена, по сравнению с западными из-за более значительной пасмурности
t-теплый период x-холодный период



МНОГОЛЕТНИЙ ХОД СРЕДНИХ МЕСЯЧНЫХ
ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА

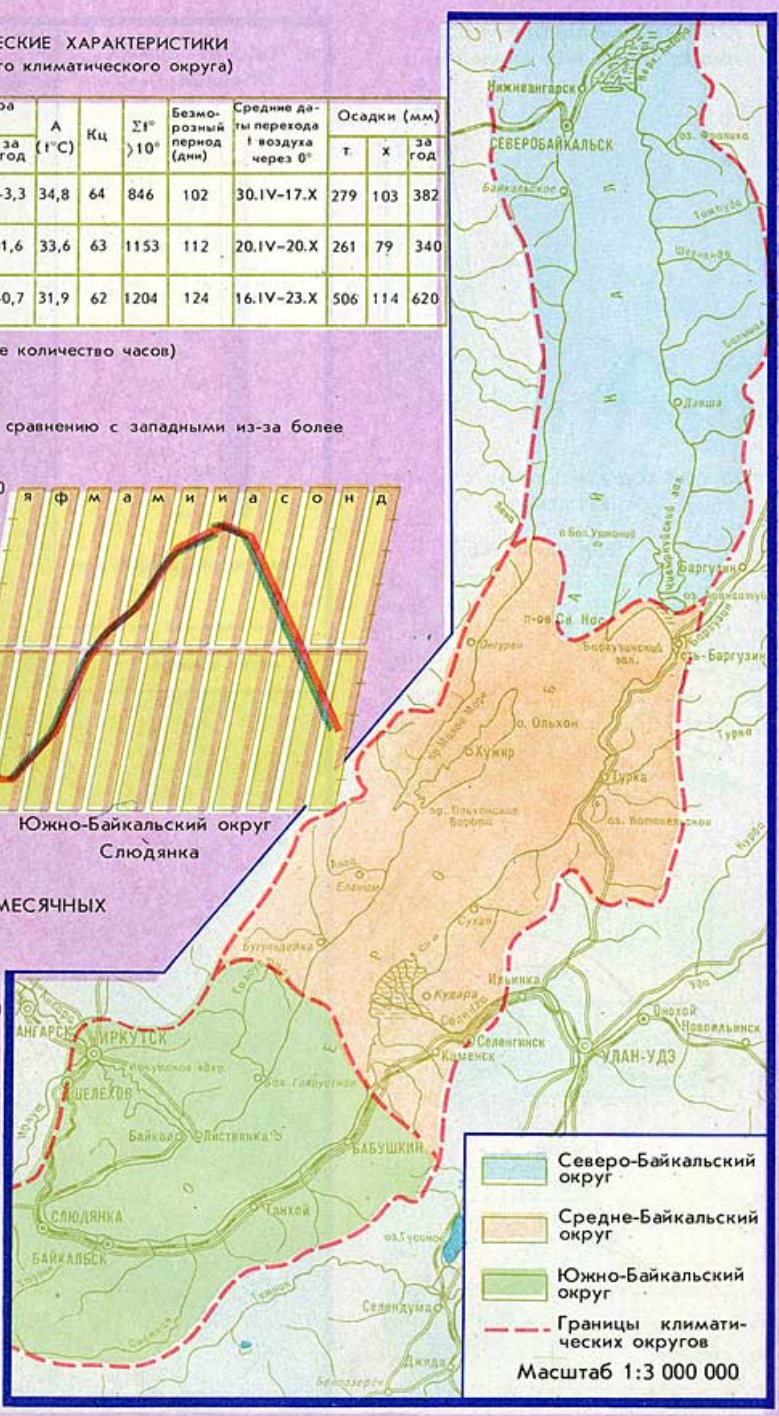
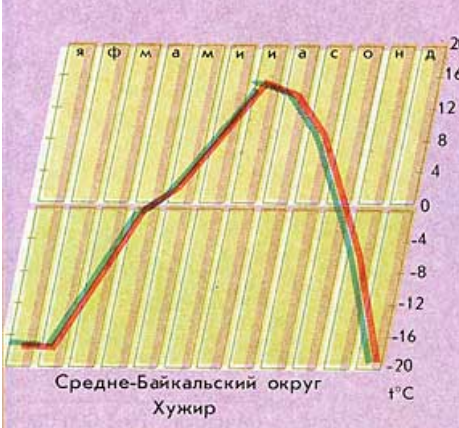


Figure 2 – The map of climatic zoning of Lake Baikal [21].

1.5 Water regime of Lake Baikal

Water level in the lake depends not only on ratio of precipitation in its catchment basin and inflow of surface and underground waters (arrival),

evaporations and River Angara flow, but also on the operation mode of the Irkutsk hydroelectric power station.

After the construction of the dam of the Irkutsk hydroelectric power station (height of 44 m and 2.5 km long) 56 km away from the source of Angara and Irkutsk reservoir storage (1956 - 1958), backwater from the dam in 1959 extended to Lake Baikal. In 1964 the level in the lake exceeded long-term average annual data by 1.30 m (456.80 m PS). Further the long-term average annual regulated lake level (common with the level of the Irkutsk reservoir) is supported 1 m above the average level of the Baikal existing before construction of hydroelectric power station. It has allowed using a part of lake volume as a reservoir for runoff control by artificial seasonal and annual and, till 2001, long-term regulation.

The annual course of Lake Baikal level in conditions of water back in general has remained close to the natural regime. The overregulation was expressed in the increase in level vibration amplitude (from 80 to 113 cm) and shift towards delay of the greatest drawdown and filling of reservoir. The annual course of level on Lake Baikal is usually characterized by smooth increase to marks close to normal headwater level (in May-September), stabilization of the maximum levels in October and continuous decrease from November to April [17].

Fluctuations of water level in Lake Baikal are not significant due to the extensive area of the water surface (31,500 sq.km) and considerable flow from the lake in Angara River source (60 km³/year) according to average annual indicators:

- in 1900-1958 (i.e., under natural conditions) the difference of these levels did not exceed 80 cm;
- in 1959-2014 (after construction of the Irkutsk hydroelectric power station) it reached 113 cm;
- in the last 20 years it was 123 cm (from min 455.71 m in 2016 to 456.94 m in 2001 according to the Pacific system of elevation).

For the entire period of artificial regulation of Lake Baikal in 20 cases the highest annual levels exceeded normal headwater level, the surcharge reached from

6 to 43 cm. In 1979-1982 the level fell by 32 cm below designed dead-storage elevation (equal 455.54 m PS).

In Lake Baikal 23,000 km³ of pure fresh water is concentrated – 20% of world reserves and 90% Russian. The ecosystem of the Baikal created for millions of years including its catchment basin annually provides on average 60 km³ waters. This water volume (0.26% of the general pondage) is the renewable water resources of the Baikal which now are almost completely used by hydropower and, in very small volumes, – by water intake constructions [17].

The Baikal water differs in constant hydrocarbonate calcic composition with mineralization of about 100 mg/dm³ and constant oxygenation (about 10-12 mg/dm³).

Natural changes of the chemical composition of the Baikal water happen in the surface layer heated in the summer and most oxygenated due to wind currents. In the winter water mixing happens because of continuous circulation of the currents under the ice; they move in Baikal basins anti-clockwise (in the plan). Changes of water composition in the silicon content and organic compounds of phosphorus and nitrogen are the most noticeable. Concentration of the silicon which is intensively absorbed in the spring-summer period by diatomic seaweed sharply increases in the winter. Concentration of organic compounds of phosphorus and nitrogen is connected with seasonal cycles of phytoplankton development and has two maxima (January – February and July) and two minima (May – June and August) [17].

1.6 Fish fauna of Lake Baikal

The fish fauna of the Baikal is diverse: according to the latest data there are 56 species and subspecies from 13 families. The taxonomical status of selective species and subspecies continues to be discussed. The majority of species is not commercial. A great number of species can be characterized as endemic: including different species of abyssal sculpin family. The Baikal sturgeon is considered to be endangered (IUCN Red List), as well as, the Frolikh char (The Red Book of

Russia), the Taimen and the Lenok (Red Book of Buryatia and the Irkutsk region), *Abyssocottus elochini* and Dwarf sculpin (Red Book of the Irkutsk region). Fishery covers now 13 species of fish including the Amur carp, the Amur catfish and the Bream. The Baikal Cisco, the Baikal White Grayling, the Baikal Black Grayling, the Baikal seal are included in the list of fishery endemic species of Lake Baikal water animals. The Total Allowable Catch (TAC) is established for the listed fishery endemics of the lake, and also for the Baikal whitefish. For other commercial fishery species of aquatic bioresources of the Baikal volumes of potential yield (production) are defined. The materials substantiating the TAC and possible catch of aquatic bioresources are annually developed by the Gosrybtsentr FSBSI (the Baikal branch) on the basis of monitoring researches [17].

The Baikal fishery basin is one of the largest water areas of Russia which center is Lake Baikal. Across the territory of Buryatia 60% of this valuable waterfront fishery reservoir passes [9].

Population of fishery bioresources of Lake Baikal is provided by the following types of bioresources: salmon (grayling); whitefish (cisco, whitefish); roach, dace, perch, crucian, pike, ide, carp, bream, catfish, cod, burbot [17].

The Baikal branch conducts monitoring on 14 species of fish relating to commercial fishery, but, undoubtedly, the subject of our close attention is the Baikal perch.

The Baikal cisco– the main fishery species, belongs to fluviolacustrine European whitefishes, it gains weight in Lake Baikal and runs to the rivers flowing into it. It is provided by three morpho-ecological groups (pelagic, benthonic and deep-water, coastal): this division is caused by the geological processes of the Baikal formation which have led to possibility of cisco consumption of food supply in pelagic part of the open Baikal, bathyal zone and also coastal shallow within continental slopes [17].

The Baikal sturgeon – the most valuable endemic representative of fish fauna of the lake. The number of sturgeon in the second half of the 19th century

was quite considerable that provided regular catch these years at the level of 200-300 tons. The overfishing at the beginning of the 20th century which was based on brood-fish catch during spawning migration and universal destruction of juvenile fish has led to sharp reduction of its number and, respectively, capture.

Grayling. Subspecies of the Siberian grayling – (black) Baikal grayling of *Thymallus arcticus baicalensis* Dyb and white Baikal grayling of *Thymallus arcticus brevipinnis* Swet live in Lake Baikal. The taxonomical status of the Baikal grayling is being discussed so far. The white Baikal grayling is not the subject of specialized commercial fishing. The average annual value of grayling in fishing gear– $1.45 \pm 0.35\%$ [17].

The whitefish – in the Baikal is presented by two types: lake and fluviolacustrine. The fluviolacustrine whitefish is limited and requires protection and artificial reproduction.

The burbot is the object of traditional fishing for ethnic groups of the North and commercial fishing in industrial area of Severobaykalsk. The analysis of collected materials confirms its sustainable reserves [17].

3 Materials and methods of research

At the first stage of studying geochemical characteristics of the Baikal perch in the basin of Lake Baikal it was important to obtain data on the chemical composition of muscular and bone tissues of species. Knowledge of content levels and the nature of mercury accumulation in tissues of fish can be used as one of indicators of pollution level in reservoirs by these elements. Also the assessment of their migration in ecosystems is connected with the level of concentration and form of mercury presence in hydroecosystems.

Besides, information on structure and amount of metals in tissues (first of all muscular) of commercial fish has important practical value due to the need of rationing them in fish products [29].

3.1 Sampling and sample preparation of perch tissues for researches

Baikal perch sampling has been carried out during the summer period of 2019 in the basin of Lake Baikal. When sampling fish the network of observation with 4 points has been used. The chosen sampling places, in particular northeast part of the lake, are explained by the fact that the research on presence of mercury in muscular and bone tissues of the Baikal perch can contribute to estimation of mercury distribution in the lake and way of its migration.

Baikal perch individuals were selected of approximately equal size that allowed minimizing dimensional and seasonal variations of metal content in organism. Total mass of a single sample was 500-700 grams, it included 4-5 fish.

Scientific research of fish is conducted by means of stationary nets catching with mesh from 20 to 50 mm [22]. Also catching of amateur fishermen was taken into consideration. In our research samples were selected both through stationary nets, and with the use of fishing rods.

In the research 4 muscular tissue samples and 4 bone tissue samples of the perch have been used. Samples were separated and dried up at the room temperature. The dried samples were divided into fibers, pounded in porcelain pestle and selected for the analysis.

Places for fish catching are the territories located from each other at the distance of about 2 km, if it is possible - even more. Different settlements, vacation spots, settlements, islands served for such places. Samples are selected during one period of time (for example, summer). The ideal option is to catch fish in the vicinity of technogenic source, and far from potential impact.

After catching necessary quantity of fish on certain point of the research, the selected sample was placed in the clean (disposable) plastic bag, and then in portable thermally insulated bag for maintenance of the initial or cooled condition of the object. Each selected sample was supplied with the label on which the place of selection, the date of selection and the number of fish samples were specified.

The second stage was freezing of fish (to minus 20-40 °C) in the freezer (impatient study) for the subsequent chemical research. It is important to note that the frozen fish before the analysis was defrozen up to the temperature above 0 °C in the thickness of fish body.

For studying the chemical composition samples of muscular and bone tissue of perch have been used. Muscle tissue was separated from the entire fish body, and then crushed with the plastic tool. The scheme of sample preparation of the studied species for the subsequent analyses is presented in figure 7.

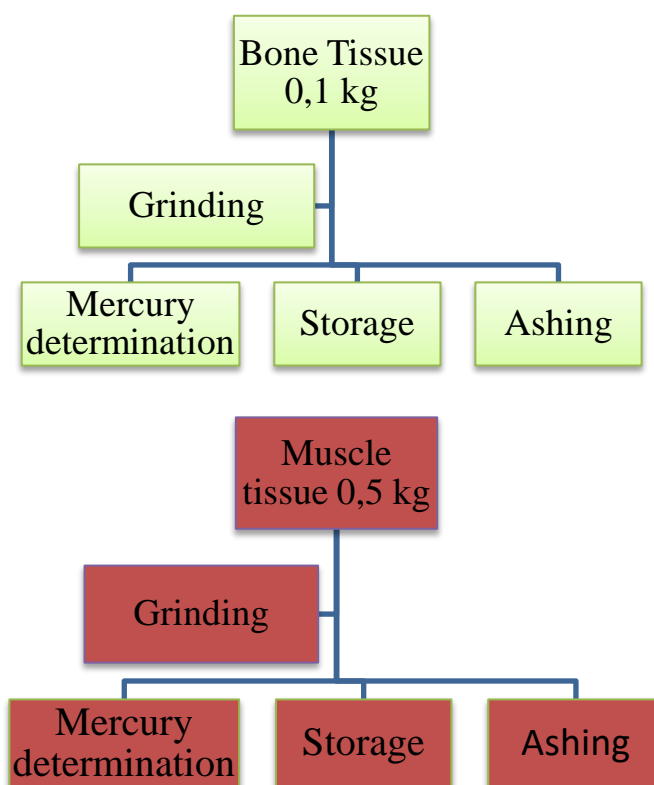


Figure 5 - The scheme of perch sampling preparation for chemical analyses

The bone tissue of river fish was also taken and dried up at the room temperature. Crushing of bones was carried out manually by means of agate mortar that excludes impurities. Besides, the choice of mortar depends on the hardness of substance which needs to be crushed. Hardness of material which the mortar is made of has to be higher than that of the crushed substance.

In the course of preparation for the sample analysis several individuals of fish were combined into one and were homogenized. It leads to loss of information

on individual variability of metal content in tissues of fish, but allows considering the average results.

The sample caught from one place has to include 3-5 fish of 700-900 g.

Sample preparation. Each sample includes 5-7 individuals of fish of approximately the same size. Fish is split and cleaned from skin. The skeleton is separated, washed out by cold water, cleaned from the remains of meat and dried up in the cool place to fibrous state, avoiding direct impact of sunshine. The dried-up samples are ground on the coffee grinder to powdery state. The powder is placed in plastic packages. The second small part is crushed and stored in the refrigerator at -25 °C.

3.2 Research methods

Atomic- absorption condition analysis

One of most dangerous elements pollutants of the biosphere with high toxicity rate is mercury (Hg), that is caused by its ability to block molecules, break their biosynthesis, cause mutagenic change in DNA, suppress growth and accelerate plants aging [12]. For Hg positive influence on living organisms has not been found. Especially organomercuric compounds are dangerous due to their toxicity for living beings .

The Baikal perch is an essential component of the local population diet (those who live in the vicinity of Lake Baikal) . It is rich in phosphorus, calcium and others elements, however, practically all fish products accumulate mercury and methyl mercury in tissues . Speed of this process and concentration of toxicants depend on species of animal.

The most dangerous are predators and fish with long life span (the perch) [12,37]. Therefore, within the framework of studies Hg content in bone tissue of the river perch has been studied separately to compare data with concentration of the same element in muscles.

One of most precise methods of mercury (Hg) determination in bodies and tissues of living organisms is atomic and absorption analysis, analytical part of

which is mercury PA-915+ analyzer with pyrolyzer PIRO-915 (fig. 6). The device given has unique opportunity to satisfy fast selection measurements of mercury concentration in the air, gas streams, liquid and solid samples (bone tissue).



Figure 6 - The mercury PA-915+ analyzer with the pyrolyzer PIRO-915 [38]

In general, the atomic and absorption analysis is carried out without preliminary sample preparation. The method of measurement of total mass fraction of mercury in samples is based on atomization of the mercury contained in samples in two-section pyrolyzator of the PIRO-915+ with its subsequent definition by method of flameless atomic absorption on the PA-915+ mercury analyzer.

The functioning of PA-915+ is based on differential atomic absorbing way of measurement of mercury concentration which is implemented by means of Zeeman polarizing modulation spectroscopy with high-frequency modulation.

The functioning of the PIRO-915+ is based on restoration to atomic condition of the mercury in samples by pyrolysis and the subsequent transfer of the formed atomic mercury from atomizer to analytical cell by carrier gas (air) [38].

As a result of the conducted research it has been revealed that mercury content in the studied samples of bone tissue lies in the range from 0.066 up to 0.199 mg/kg, and in muscle tissue samples –from 0.369 up to 0.374 mg/kg (tab. 2). It should be noted that mercury content in bone tissue varies in wider limits than in muscular.

Table 2 - Register of the studied samples of perch in the Ob basin

| Sample No. | Name of sampling | Date of sampling | Place of sampling |
|------------|-----------------------------|------------------|---------------------------|
| 1 | Perch, Perca fluviatilis | 18.08.19 | Lake Baikal. Kabansk |
| 2 | Perch, Perca fluviatilis | 19.08.19 | Lake Baikal. Turka |
| 3 | Perch, Perca fluviatilis | 19.08.19 | Lake Baikal. Oymur |
| 4 | Perch, Perca fluviatilis | 21.08.19 | Lake Baikal. Ust-Barguzin |

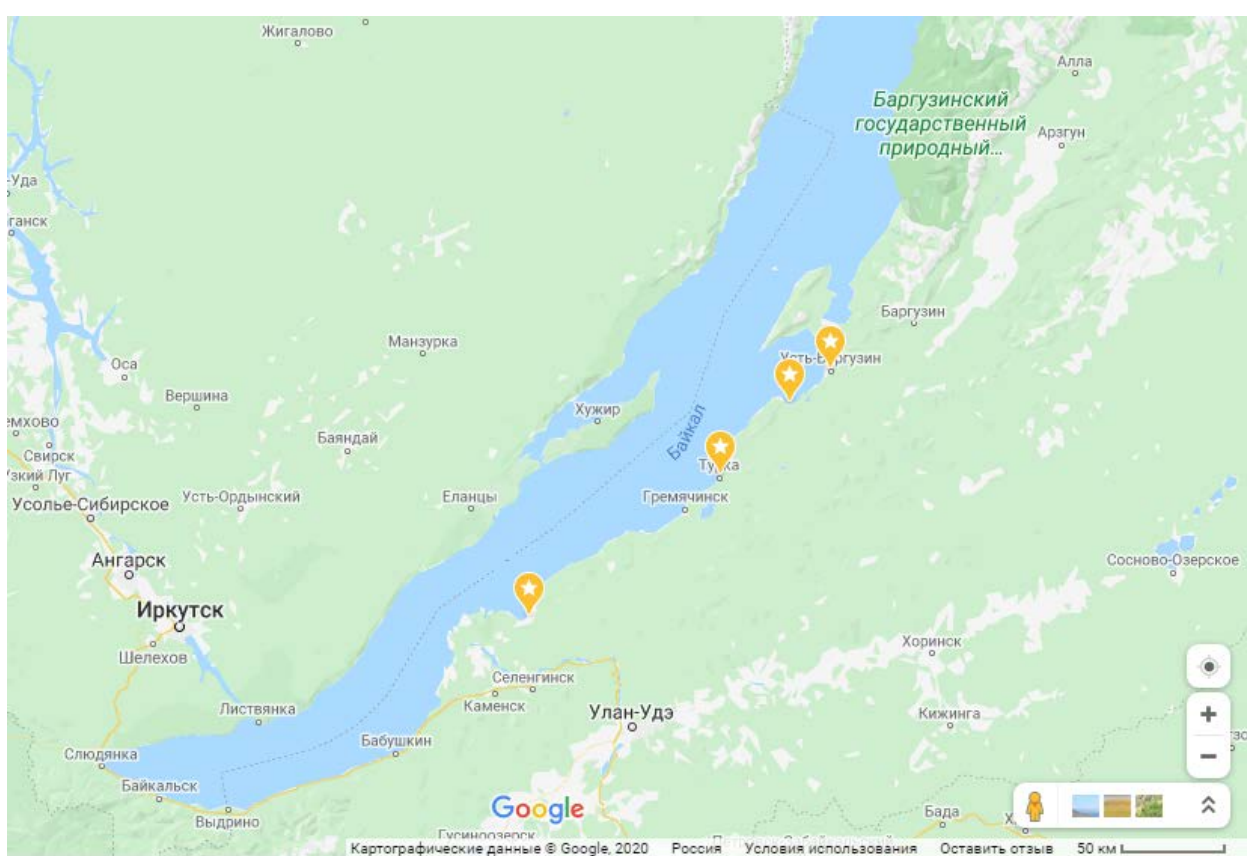


Figure 1 – Places of sampling from the Baikal