



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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»

ООП/ОПОП Экологический инжиниринг и устойчивое развитие

Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА**

| Тема работы  |
|--|
| <i>Геохимические особенности почв и растительности в районе развития геофагии<br/>(Прибайкальский национальный парк)</i> |

УДК 550.47(1-751:571.53)

Обучающийся

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 2ГМ11  | Потоскуев Алексей Алексеевич |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО                         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Соктоев Булат<br>Ринчинович | К.Г.-М.Н.,<br>доцент   |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО                            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Рыжакина Татьяна<br>Гавриловна | К.Э.Н.,<br>доцент      |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО                           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Сечин Андрей<br>Александрович | К. Т. Н.,<br>доцент    |         |      |

Консультант-лингвист

| Должность | ФИО                                | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Болсуновская Людмила<br>Михайловна | к. ф. н.,<br>доцент    |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Руководитель ООП/ОПОП | ФИО                                 | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|---------|------|
| Профессор             | Барановская Наталья<br>Владимировна | д.б.н.,<br>доцент      |         |      |

Томск – 2023 г.



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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСОВОЕНИЯ ООП

### 05.04.06 «Экология и природопользование»

| Код компетенции СУОС                          | Наименование компетенции СУОС  |
|---|--|
| <b>Универсальные компетенции университета</b> |  |
| УК(У)-1                                       | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий   |
| УК(У)-2                                       | Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла  |
| УК(У)-3                                       | Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели   |
| УК(У)-4                                       | Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языках (-ах), для академического и профессионального взаимодействия  |
| УК(У)-5                                       | Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия   |
| УК(У)-6                                       | Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>       |  |
| ОПК(У)-1                                      | Способен использовать философские концепции и методологию научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени   |
| ОПК(У)-2                                      | Способен использовать специальные и новые разделы экологии, геоэкологии и природопользования при решении научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности                     |
| ОПК(У)-3                                      | Способен применять экологические методы исследований для решения научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности   |
| ОПК(У)-4                                      | Способен применять нормативные правовые акты в сфере экологии и природопользования, нормы профессиональной этики   |
| ОПК(У)-5                                      | Способен решать задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно-коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий |
| ОПК(У)-6                                      | Способен проектировать, представлять, защищать и распространять результаты своей профессиональной деятельности, в том числе научно-исследовательской   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>           |  |
| ПК(У)-1                                       | Способность анализировать работу природоохранных объектов, очистных и защитных сооружений организации с точки зрения   |

|         |   |
|---------|---|
|         | соответствия требованиям нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды   |
| ПК(У)-2 | Способность контролировать состояние окружающей среды в районе расположения организации в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды  |
| ПК(У)-3 | Владеть основами проектирования, экспертно – аналитической деятельности и выполнения исследований с использованием современных подходов и методов, аппаратуры и вычислительных комплексов   |
| ПК(У)-4 | Способность использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований   |
| ПК(У)-5 | Способность разрабатывать типовые природоохранные мероприятия и проводить оценку воздействия планируемых сооружений или иных форм хозяйственной деятельности на окружающую среду  |
| ПК(У)-6 | Способность диагностировать проблемы охраны природы, разрабатывать практические рекомендации по ее охране и обеспечению устойчивого   |
| ПК(У)-7 | Способность использовать в своей деятельности элементы системы экологического менеджмента   |
| ПК(У)-8 | Владеть теоретическими знаниями и практическими навыками для педагогической работы в образовательных организациях, уметь грамотно осуществлять учебно – методическую деятельность по планированию экологического образования и образования для устойчивого развития |



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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»

Уровень образования Магистратура

Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

Период выполнения (весенний семестр 2022/2023 учебного года)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

| Группа | ФИО                          |
|--------|------------------------------|
| 2ГМ11  | Потоскуев Алексей Алексеевич |

Тема работы:

|  |
|--|
| <i>Геохимические особенности почв и растительности в районе развития геофагии<br/>(Прибайкальский национальный парк)</i> |
|--|

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 30.05.2023 |
|--|------------|

| Дата Контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)                                | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 28.02.2023    | Глава 1. Общие сведения  | 10                                 |
| 25.03.2023    | Глава 2. Физико-географическая характеристика района отбора проб                     | 20                                 |
| 15.04.2023    | Глава 3. Методы исследования   | 10                                 |
| 30.04.2023    | Глава 4. Геохимические особенностей почв и растительности в районе развития геофагии | 30                                 |
| 01.05.2023    | Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение             | 10                                 |
| 15.05.2023    | Глава 6. Социальная ответственность  | 10                                 |
| 29.05.2023    | Заключение   | 10                                 |

**СОСТАВИЛ**

Руководитель ВКР:

| Должность | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата     |
|-----------|--------------------------|------------------------|---------|----------|
| Доцент    | Соктоев Булат Ринчинович | К.Г.-М.Н.,<br>доцент   |         | 29.05.23 |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | ФИО               | Ученая степень, звание | Подпись | Дата     |
|-----------|-------------------|------------------------|---------|----------|
| Профессор | Барановская Н. В. | д.б.н., доцент         |         | 29.05.23 |

Обучающийся:

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата     |
|--------|------------------------------|---------|----------|
| 2ГМ11  | Потоскуев Алексей Алексеевич |         | 29.05.23 |



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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»  
Отделение школы (НОЦ) отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Дата) Н.В. Барановская  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

| Группа | ФИО                          |
|--------|------------------------------|
| 2ГМ11  | Потоскуев Алексей Алексеевич |

Тема работы:

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <i>Геохимические особенности почв и растительности в районе развития геофагии (Прибайкальский национальный парк)</i> |                                |
| <i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>   | <i>От 30.01.2023 № 30-91/с</i> |

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 30.05.2023 |
|--|------------|

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Исходные данные к работе</b><br/>(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.).</p>                              | Материалы научно-исследовательской работы и производственной практики   |
| <p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b><br/>(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).</p> | Глава 1. Общие сведения<br>Глава 2. Физико-географическая характеристика района отбора проб<br>Глава 3. Методы исследования<br>Глава 4. Геохимические особенностей почв и растительности в районе развития геофагии |
| <p><b>Перечень графического материала</b><br/>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>   | Карты-схемы точек отбора проб, диаграммы распределения коэффициентов концентраций, кларков концентраций, диаграммы размаха содержаний элементов, дендрограммы корреляционных матриц                                 |

| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b><br><i>(с указанием разделов)</i> |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Раздел</b>  | <b>Консультант</b>              |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                    | Рыжакина Татьяна Гавриловна     |
| Социальная ответственность   | Сечин Андрей Александрович      |
| Английский язык  | Болсуновская Людмила Михайловна |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>            |                                 |
| The phenomenon of geophagy in animals and humans   |                                 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 31.01.2023 |
|---|------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата     |
|-----------|--------------------------|------------------------|---------|----------|
| Доцент    | Соктоев Булат Ринчинович | к.г.-м.н., доцент      |         | 31.01.23 |

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата     |
|--------|------------------------------|---------|----------|
| 2ГМ11  | Потоскуев Алексей Алексеевич |         | 31.01.23 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                   |
| 2ГМ11         | Потоскуев Алексей Алексеевич |

|                            |              |                                  |  |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--|
| <b>Школа</b>               | <b>ИШПР</b>  | <b>Отделение</b>                 | <b>Отделение геологии</b>              |
| <b>Уровень образования</b> | Магистратура | <b>Направление/специальность</b> | 05.04.06 Экология и природопользование |

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

|  |  |
|--|--|
| <p>Геохимические особенности почв и растительности в районе развития геофагии (Прибайкальский национальный парк)</p> | <p>Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах</p> |
|--|--|

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|  |   |
|--|---|
| <p>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p> | <p>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</p>  |
| <p>2. Планирование и формирование бюджета разработки</p>   | <p>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования</p>                                      |
| <p>3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки</p>  | <p>Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения</p> |

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

|   |
|---|
| <p>1. Оценка конкурентоспособности технических решений<br/>2. Матрица SWOT<br/>3. График проведения и бюджет проекта<br/>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки</p> |
|---|

|  |            |
|--|------------|
| <p>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</p> | 30.01.2023 |
|--|------------|

**Задание выдал консультант:**

|                  |                             |                               |                |             |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>                  | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Доцент           | Рыжакина Татьяна Гавриловна | Кандидат экономических наук   |                | 30.01.2023  |

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

|               |                              |                |             |
|---------------|------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                   | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 2ГМ11         | Потоскуев Алексей Алексеевич |                | 30.01.2023  |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

|                            |              |                                  |  |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--|
| <b>Группа</b>              |              | <b>ФИО</b>                       |  |
| 2ГМ11                      |              | Потоскуев Алексей Алексеевич     |  |
| <b>Школа</b>               | ИШПР         | <b>Отделение (НОЦ)</b>           | Отделение геологии                     |
| <b>Уровень образования</b> | магистратура | <b>Направление/специальность</b> | 05.04.06 Экология и природопользование |

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>   | <p><i>Объект исследования: пробы почвы, растительности, отобранные на территории Прибайкальского национального парка.</i></p> <p><i>Область применения: изучение элементного состава проб растительности и почвы на исследуемой территории.</i></p> <p><i>Рабочая зона: офис, лаборатория, полевые условия</i></p> <p><i>Климатическая зона полевых работ: от +20 до +25 гр. Цельсия.</i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: пробы проанализированы методом инструментальной нейтронной активации.</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществлялись в рабочей зоне учебного компьютерного класса (539 ауд.) отделении геологии на пятом этаже 20 корпуса ТПУ</i></p> |
| <p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>  |   |
| <p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.03.2023);</li> <li>2. СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда";</li> <li>3. Федеральный закон от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (изменениями на 28 декабря 2022 года)</li> </ol>   |
| <p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>  | <p>Вредные факторы: отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе и в помещении, тяжесть физического труда, недостаточная освещенность рабочей зоны, электромагнитное излучение, повышенный уровень шума.</p>  |



|   |   |
|---|---|
| – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора             | Опасные факторы: травмы при пересечении местности, поражение электрическим током, пожароопасность.<br>Средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: спецодежда, соблюдение правил безопасности и др.<br>Расчет искусственного освещения |
| <b>3. Экологическая безопасность</b>  | Воздействие на литосферу: изъятие почвенного покрова на глубину до 10 см, образование бытового мусора, излучение радиоактивных элементов от облученных при анализе проб методом ИСПМ-МС.  |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>                             | Объект исследований не инициирует чрезвычайных ситуаций. Возможные ЧС: внезапное обрушение здания, пожар. Наиболее типичная ЧС: пожар. Приведены меры по предотвращению пожаров, а также сбоев оборудования.  |
| Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком | 30.01.2023  |

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО                        | Ученая степень, звание    | Подпись | Дата     |
|-----------|----------------------------|---------------------------|---------|----------|
| Доцент    | Сечин Андрей Александрович | Кандидат технических наук |         | 30.01.23 |

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата     |
|--------|------------------------------|---------|----------|
| 2ГМ11  | Потоскуев Алексей Алексеевич |         | 30.01.23 |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 109 страниц, 19 рисунков, 35 таблиц, 29 источников литературы, 5 приложений.

Ключевые слова: геофагия, литофагия, почва, растительность, животные, редкоземельные элементы, Прибайкальский национальный парк, геохимия.

Объектом исследования являются районы развития геофагии Прибайкальского национального парка.

Предмет исследования – пробы почвы и растительности.

Цель работы – определить геохимические особенности почв и растительности в районе развития геофагии.

В результате исследования выявлено избыточное накопление химических элементов: для материковых проб – элементов Ca, Mn, Se, Br, Sr; для проб почвы острова Ольхон – элементов Se, Br, I; для материковых проб растительности – элементов Sc, Br, Ta, Au, Th; для проб растительности острова Ольхон – элементов Sc, Se, Br, Mo, Eu, Ta, Au, Th. Кроме того, выявлена геохимическая особенность, характерная для всех проб почвы Прибайкальского национального парка – аномально высокое содержание Йода (I), кларк концентрации которого превышает кларк верхнего слоя литосферы в 9 раз, для материковых почв, и в 13 раз, для почв острова Ольхон. Пробы растительности характеризуются аномальным содержанием элемента Скандий (Sc), кларк концентрации которого превышает кларк растительности в 8 раз для обеих групп. В результате исследования отобранных проб и их сравнения с фоновыми пробами свидетельствуют о повышенном содержании элементов группы редкоземельных металлов, что является косвенным подтверждением редкоземельной гипотезы проявления геофагии животных.

Область применения: наличие признаков геофагии диких животных на определенной территории может являться признаком содержания редкоземельных элементов в почве данной территории. Данная особенность может являться важным «маркером», для проведения геологических изысканий.

Экономическая эффективность/значимость работы: оценка экономической целесообразности и выгоды не является целью научного исследования. Значимость работы состоит в выявлении геохимических особенностей почв и растительности, в районах развития геофагии животных.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 15 |
| Глава 1. Общие сведения .....  | 16 |
| 1.1 История исследований .....   | 16 |
| 1.2 Литогенный состав .....  | 17 |
| 1.3. Исследования животных .....   | 19 |
| 1.4. Гипотезы возникновения .....  | 21 |
| Глава 2. Физико-географическая характеристика района отбора проб .....                 | 26 |
| 2.1. География .....   | 26 |
| 2.2. Геологическое строение .....  | 26 |
| 2.3. Рельеф .....  | 28 |
| 2.4. Климат .....  | 29 |
| 2.5. Водные ресурсы .....  | 30 |
| 2.7. Флора .....   | 32 |
| 2.8. Фауна .....   | 34 |
| Глава 3. Методы исследования .....   | 36 |
| 3.1. Методика пробоотбора .....  | 36 |
| 3.2. Аналитические методы исследования и обработки данных .....                        | 37 |
| Глава 4. Геохимические особенностей почв и растительности в районе развития геофагии . | 38 |
| 4.1. Описательная статистика .....   | 38 |
| 4.2. Диаграммы размаха .....   | 39 |
| 4.3. Кларк концентрации .....  | 43 |
| 4.4. Коэффициент концентрации .....  | 46 |
| 4.4. Непараметрический анализ .....  | 48 |
| 4.5. Непараметрический дисперсионный анализ .....                                      | 49 |
| 4.6. Кластерный анализ .....   | 50 |
| 4.8. Многофакторный анализ по методу главных компонентов .....                         | 54 |
| Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....         | 59 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 5.1      | Предпроектный анализ .....   | 59 |
| 5.1.1    | Потенциальные потребители результатов исследования .....   | 59 |
| 5.1.2    | Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....                  | 60 |
| 5.1.3    | SWOT-анализ .....  | 61 |
| 5.1.4    | Оценка готовности проекта к коммерциализации.....  | 62 |
| 5.1.5    | Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....                                       | 64 |
| 5.2      | Инициация проекта .....  | 65 |
| 5.3      | Планирование управления научно-техническим проектом.....   | 66 |
| 5.3.1    | Иерархическая структура работ проекта.....   | 66 |
| 5.3.2    | План проект .....  | 67 |
| 5.4      | Бюджет научного исследования.....  | 70 |
| 5.4.1    | Организационная структура проекта.....   | 75 |
| 5.4.2    | План управления коммуникациями проекта.....  | 75 |
| 5.4.3    | Реестр рисков проекта .....  | 75 |
| 5.5      | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности..... | 76 |
| 5.5.1    | Оценка абсолютной эффективности исследования.....  | 76 |
| 5.5.2    | Оценка сравнительной эффективности исследования.....   | 80 |
| Глава 6. | Социальная ответственность .....   | 82 |
|          | Введение.....  | 82 |
| 6.1      | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....   | 83 |
| 6.2      | Производственная безопасность.....   | 85 |
| 6.2.1    | Анализ вредных и опасных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....                               | 86 |
| 6.3      | Экологическая безопасность.....  | 89 |
| 6.4      | Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....   | 90 |
|          | Выводы по разделу «Социальная ответственность» .....   | 90 |
|          | Заключение.....  | 92 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| Список литературы..... | 93  |
| Приложение А.....      | 96  |
| Приложение Б.....      | 108 |
| Приложение В.....      | 111 |
| Приложение Г.....      | 112 |
| Приложение Д.....      | 115 |

## Введение

Данная работа посвящена изучению феномена геофагии животных, а также геохимических особенностей почв и растительности, в районе её проявления. В работе приводятся результаты полевых и лабораторных исследований, проведенных на территории Прибайкальского национального парка, выполненные при поддержке гранта ФГАОУ ВО НИ ТПУ №20-64-47021. А также рассматриваются основные гипотезы, на сегодняшний день фигурирующие в отечественной и зарубежной литературе, с помощью которых производятся попытки объяснить причины геофагиального поведения.

В теоритической части работы представлены литературные данные, описывающие явление геофагия (литофагия) среди различных групп животных. Кроме того, приводятся результаты научных изысканий, описывающих литогенный состав грунтов, поедаемых животными, а также гипотезы, объясняющие геофагию как физиологически обусловленный процесс.

В практической части работы приведены результаты статистической обработки данных, полученных в результате лабораторного анализа проб почвы и растительности, отобранных на участках проявления геофагии животных Прибайкальского национального парка.

В заключительной части работы производится попытка обобщить полученные данные о геохимических особенностях отобранных проб почвы и растительности, а также связать их с известными гипотезами возникновения геофагиального поведения у животных.

Объектом исследования являются районы развития геофагии Прибайкальского национального парка. Предмет исследования – пробы почвы и растительности.

**Цель работы** – определить геохимические особенности почв и растительности в районе развития геофагии.

### **Задачи:**

1. Описать историю исследования феномена.
2. Представить существующие гипотезы геофагии животных.
3. Описать методы аналитических исследований, использованных в работе.
4. Составить физико-географическую характеристику территории отбора проб.
5. Выявить особенности накопления химических элементов редкоземельной группы.
6. Выявить избыточное накопление элементов в отобранных пробах.
7. Выяснить причины геофагии животных.

**Актуальность работы** – получены данные о проявлении геофагии животных на территории Прибайкальского национального парка; получены и обработаны результаты химического анализа проб геофагиального материала.

## Глава 1. Общие сведения

### 1.1 История исследований

Литофагия (от греч.: λίθος (литос) – камень, φαγω (фагос) – поедать) это процесс заглатывания камней и литогенных веществ. Случаи подобного поведения зафиксированы как у животных, так и у человека. Автором термина является русский ученый и путешественник Петр Людовикович Драверт, который впервые использовал его в своей статье «О литофагии», опубликованной в 1922 году в научном журнале «Сибирская природа» [4]. В своей статье, Драверт, находясь под влиянием массовых случаев землеедения среди голодающих людей Европейской части России, рассматривал данный феномен с точки зрения поглощения людьми минералов, в целях поиска пропитания. Аналогичную склонность он описывал и у некоторых животных, однако, исключая случаи заглатывания камней “в качестве жерновов – для перетирания пищи” [4]. Также, в статье были приведены данные по распространённости литофагии среди различных народов и культур по всей Земле.

Параллельно, в западной литературе уже существовал термин «геофагия», который ввёл германский врач Карл Фридрих Гейзингер, в медицинской работе от 1852 г [16]. Однако, данный феномен в ней рассматривался как следствие психологических расстройств, шизофрении, или слабоумия, которыми страдает человек. В последствии, именно “синдромом Гейзингера” и была названа склонность к геофагии у человека. И термин «геофагия», и термин «литофагия» описывают одно явление, но первый более широко используется в научных публикациях.

Начиная с 20-го века ученые приступили к систематическим исследованиям экологии и биологии животных. Таким образом были зафиксированы места, которые животные периодически посещают, с целью потребления минеральных солей, содержащихся в почве и воде. По факту установленной связи был введен термин «зверовой солонец», или «salt licks. Данные термины подчеркивают связь между пристрастием животных к натриевым солям и определенными типами почв, используемыми животными в пищу. В результате дальнейших исследований обнаружилось, что аналогичный по смыслу термин существует у тюркоязычных народов, населяющих степные регионы средней Азии - “кудюры”, или места, которые животные посещают для поедания земли. Среди отечественных исследователей, занимавшихся вопросом формирования зверовых солонцов, в следствии жизнедеятельности животных, первым был зоолог А.Н. Насимович, который занимался изучением закономерности посещения различными видами травоядных млекопитающих солонцов, находящихся на территории Кавказского заповедника [7]. Кроме того, им были предприняты первые попытки проанализировать химический состав солонцовых пород.

В настоящее время, исследования литофагии ведутся во множестве стран мира (США, Канада, страны Европы и Азии, Африки и Латинской Америки), выпущено более тысячи научных публикаций. В России центрами изучения считаются Тихоокеанский институт географии, Дальневосточный геологический, а также Дальневосточный федеральный университет, сотрудники которых уже более сорока лет проводят полевые исследования и публикуют статьи и монографии. Однако, окончательное объяснение феномена литофагии на сегодняшний день остается под вопросом.

## 1.2 Литогенный состав

Литогенный состав поедаемых пород может значительно различаться, в зависимости от таких факторов, как: геологические особенности региона обитания животных, вид животного, индивидуальные особенности организма. Установлено, что животные проявляют склонность, в основном, к двум разным видам литофагии: гастролитной, которая предполагает заглатывание "камней" и кудюритной, предполагающую поедание землистых веществ. По данной классификации, к гастролитной форме литофагии склонны растительноядные клоачные животные и растительноядные птицы, а к кудюритной – плацентарные растительноядные млекопитающие. Две формы геофагии различаются по химическому составу поедаемого животными материала. Гастролиты, найденные в желудках птиц, химически однородны и практически не различаются по своему составу – это разновидности окатанных частиц кварца, по большей части песчаной фракции. Второй по встречаемости минерал – различные виды полевого шпата, относящиеся к группе алюмосиликатов [10]. Гастролиты чаще всего состоят из кварца и полевых шпатов, как следствие встречаемости этих минералов в горных породах. Однако, иногда гастролиты содержат мелкие гальки самоцветов, такие как корунд, топаз, гранат и горный хрусталь, с твердостью не менее 7 по шкале Мооса. В таких случаях можно предположить, что не только твердость, но и блеск, и цвет камней также играют определенную роль, при выборе их птицей из россыпей.

Для кудюритной разновидности литофагии характерной особенностью является значительное разнообразие состава поедаемых веществ. Наиболее часто млекопитающие выбирают глинистые грунты, однако, выбор зависит от нескольких факторов: климатическая зона и геологическое строение района, состав горных пород. Так, для высоких и умеренных широт, в которых распространены различные метаморфические породы, млекопитающие часто выбирают глинистые минералы из группы хлоритов и гидрослюд. В тропических и субтропических районах млекопитающие предпочитают минералы группы каолинита, а в местах с вулканическими породами - смектиты, вне зависимости от географического положения. Такие глины, как правило, содержат минералы цеолитовой группы, которые могут составлять до половины от общего состава. Характерные представители цеолитов - это



клиноптилолит и гейландит. В составе глин могут также присутствовать другие минералы, включая кристаллы кварца, полевых шпатов и примеси карбонатов кальция, доля которых в глине может достигать 75% и более. [10].

Состав микроэлементов кудюритных пород крайне различен. В своей работе, А.М. Паничев подразделяет кудюры, сформированные животными, на две группы: гидро- и литокудюры [17].

Гидрокудюры (от греч. Hydro – вода) связаны с источниками воды, богатой минеральными элементами. Гидрохимическое изучение 80ти кудюров на территории Сихотэ-Алинь выявило, что родниковая вода на этих территориях была обогащена бикарбонатом натрия и бикарбонатом кальция, с высоким содержанием кремния и железа. Почва, поглощаемая рядом с этими источниками, представляла из себя глину, суглинки, либо илистые основания. Она привлекала животных наличием глинистых минералов и органических веществ почвы, которые после испарения и сорбции на геохимических барьерах обогатились натрием и другими ионами, и их соединениями из богатой минералами воды. Иногда они содержали значительную долю опалоподобного оксида кремния, который выпадал в осадок из минерализованной воды. Большинство этих кудюров расположены на дне рек и речных долин, реже – на структурных террасах горных склонов. На древних платформах, таких как Западно-Сибирская и Восточно-Сибирская, гидрокудюры приурочены к выходу глубоких хлоридно-натриевых рассолов. Их часто посещают местные травоядные, например, олени и лоси [17].

Литокудюры – осколки «съедобных» камней – существенно различаются, как внешне, так и по расположению в земле. Их минеральный состав зависит от состава материнских скальных обнажений: рыхлые коллювиальные образования, аллювиальные отложения рек, глинистый элювий тектонических зон и даже скальные обнажения, с участками ветровой эрозии. Таким образом, в пределах вулканических поясов и зон ареального вулканизма литокудюры могут встречаться на полях глинистого элювия и коллювиальных отложений среди цеолитизированных и опаловых вулканогенно-осадочных пород, отложившихся в кратерных озерах палеовулканов и в относительно небольших долинах грабенных и вулканотектонических депрессионных зонах. Эти породы часто содержат слои растительного детрита, а иногда и пласты и даже слои угля мощностью 1 м. и более. В Восточно-Сихотэ-Алинском вулканическом поясе подавляющее большинство литокудюров пространственно приурочено к базальт-риолитовым палеовулканическим структурам разного уровня, вскрытым прорывами палеоцена и латерагов [17].

В областях блочно-складчатой геологической структуры с преобладанием осадочно-метаморфических пород мезозойского и раннего периода (например, в Кавказских

горах, южной Сибири и на Байкале), большинство литокудуров формируется из рыхлых минеральных ассоциаций гидрослюдисто-хлоритов, образованных разрушением метаморфических элювиальных сланцев, а также флювиальным и коллювиальным переносом минеральных накоплений [17].

Породообразующие минералы - оксиды кремния, гидрослюды и хлориты, часто смешанные с полевыми шпатами, иногда карбонатами, - обычно присутствуют в литокудурах в виде порошка. Существенно, что среди них также можно обнаружить долю вторичных глинистых минералов каолиновой серии.

Наиболее мощные и крупные по гранулометрическому составу и минеральным слоям гидрослюдисто-хлорита кудюриты, образовались в результате бурного переноса водными потоками с последующим отложением в застойных условиях (старицы и озера) в глыбово-складчатых горах по всему миру. Например, пойменные кудюриты, в устье реки Аккем в Алтайских горах, которые активно посещают животные, сформировались в результате переноса из области элювиальных глинисто-алевритовых пород, распределенных вдоль зоны тектонических надвигов, на широте реки Ярлу, притока реки Аккем. Вдоль тектонической зоны тянутся на десятки километров скопления больших и малых литокудуров на элювии. Эти кудюры посещают многочисленные группы сибирских горных козлов и оленей, живущих в этой местности [17].

### **1.3. Исследования животных**

Литофагия гастролитного типа характерна для видов животных, имеющих мускульный желудок (рептилии, птицы, земноводные). У представителей данных видов животных в желудке постоянно присутствуют гастролиты. Характерна литофагия и для млекопитающих, особенно, растительноядных (включая приматов), однако, распространена не повсеместно, а лишь в определенных территориях и зависит от годового цикла, обычно отмечаясь в весенние периоды. Состав поедаемых минералов также отличен – это не камни, а землистые вещества, чаще глинистой фракции. Такая форма литофагии называется кудюритной [17].

В отличие от кудюритной, гастролитная литофагия не имеет сезонной выраженности, т.е., гастролиты присутствуют в организме постоянно и включены в его систему. Их количество и состав может изменяться, в зависимости от геологических условий района и сезонных особенностей – сход снега, глубина снежного покрова, интенсивность дождей. К кудюритной форме растительноядные животные прибегают лишь периодически, по мере необходимости. Инстинктивный поиск кудюритов животными, с посещением определенных мест на протяжении долгого времени, приобретает у них характер традиции, ведущий к формированию характерных ландшафтных комплексов – кудюров. Наличие подобных комплексов является признаком неравномерного распределения минеральных веществ в

почвах, а также постоянных стрессоров, действующих на животных в этой местности. Чаще всего, на таких ландшафтах растительность характеризуется значительной контрастностью, в основном из-за состава горных пород, которые встречаются в средних и высоких горных районах. Животные, приспособленные к однородным хомогенным отложениям, особенно к карбонатам кальция и магния, сталкиваются с адаптационными трудностями из-за химических отличий. Поэтому в таких районах животные часто ищут кудюры для поедания земли.

У животных, обитающих на равнинном ландшафте, адаптационные проблемы и связанные с ними случаи литофагии менее распространены, но, тем не менее, встречаются. Связаны такие случаи с суровым климатическим режимом территории, например, в северных тундрах, либо в засушливых районах, в районах с избыточно засоленностью или высоким содержанием карбонатов в почве.

Плотоядные животные практически не испытывают потребности в посещении кудюров, в отличие от растительноядных. Этот факт напрямую исходит из способа питания: мясо, которым питаются хищники, уже сбалансированно по химическому составу и мало по нему варьируется, в то время, как содержание химических веществ в растениях может различаться на много порядков. Этим также объясняется частота посещения животными кудюров в весенний сезон, так как это период смены кормового рациона, из-за чего баланс минеральных веществ в организме травоядных теряет стабильность.

Полевые исследования поведения копытных возле кудюров показывают, что проявления геофагии животных подчиняются сезонным ритмам [17]. Максимальная численность животных на территориях кудюров, в среднем, приходится на позднюю весну/начало лета, сдвигаясь в некоторые годы на середину лета. Осенью, обычно в Сентября, случается второй, более мелкий пик. В работе, изучавшей поведение диких копытных на кудюрах Центральной Якутии были выявлены следующие закономерности: всего кудюры посетило 216 особей лосей, включая повторные заходы одних и тех же особей; посещаемость составила в июне – 43.3%, июль – 49.2%, август – 5.8%, сентябрь – 1.7%, октябрь – 0%. В среднем, количество посещений в сутки животными составило 3.1. В основном, животные посещали участки с 20.00 вечера до 8.00 утра. Наибольшая частота посещений в летние месяцы (июнь-июль) была объяснена большой нехваткой минеральных элементов, в период роста рогов и лактационного периода, для диких парнокопытных. Так, в июне самки посещали места чаще самцов, в связи с лактационным периодом, а в июле превалировали самцы, что связано с процессом окостенения рогов в этом месяце [23]. К схожим выводам пришли сотрудники университета Нортен Британская Колумбия, которые изучали активность лосей Северной Америки, связанной с поеданием соли, аккумулирующийся на обочинах дорог [22]. Наибольшую число особей было зафиксирована с мая по июнь, что соответствовало

наибольшей частоте дорожно-транспортных происшествий, случившихся от столкновения лосей с автомобилями.

#### 1.4. Гипотезы возникновения

Задачей объяснить литофагиальное поведение животных ученые начали заниматься не меньше ста лет назад. За прошедшее время было предложено немало гипотез, часть из них претендовала на универсальность, однако.. Дадим описание основным из них:

*Натриевая гипотеза.* Впервые описана в статье «Влияние углеводов и дополнительных источников жиров на метаболизируемую энергию рациона» и долгое время являлась доминирующей в западной литературе. Она обосновывала литофагию растительноядных млекопитающих недостатком натрия, поступающего с кормом и водой, что заставляет животных употреблять любые вещества, которые могут его содержать, например, горные породы, грунты, минерализованные воды [24]. Действительно, у растительноядных млекопитающих потребность в натрии обусловлена физиологически. Австралийские ученые обнаружили, что снижения уровня натрия в спинно-мозговой жидкости домашних овец и коров запускает рефлекторный механизм его поиска в окружающей среде [14]. Достаточное содержание натрия в организме обуславливает эффективное протекание обменных процессов в клетке. Однако, то же исследование доказало, что жесткая дефицитность натрия в ландшафте не является лимитирующим фактором, для его заселения животными. В такой среде у животных формируются особые, адаптивные к дефициту натрия, механизмы поведения.

Наблюдение за лосями, обитающими возле месторождений цеолитов в Якутии показало, что лоси активно поедают глинисто-цеолитовые породы, тогда как множественные выходы каменной соли оставляют без внимания [9]. Такое же пристрастие к глинам широко отмечено и среди одомашненных животных, которые не испытывают недостатка в натрии. Подобные случаи геофагии нельзя объяснить, пользуясь лишь «натриевой» гипотезой.

Вывод: «натриевая» гипотеза не может объяснить все случаи литофагии у животных. Вызванная дефицитом натрия геофагия характерна лишь на натриево-дефицитных ландшафтах, где у животных формируются специфические механизмы адаптации.

*Ионообменная (сорбционная) гипотеза* предполагает, что потребление почвы регулирует ионный состав организма животного, способствует адсорбции вредных веществ. Впервые, способность гастролитов регулировать химический состав электролитов экспериментально подтвердил Бгатов (1987). В ходе эксперимента, домашним курицам давали кварцевую и цеолитную крошку, в качестве гастролитов. Спустя сутки, минеральный песок, в пищеварительном тракте птиц измельчался с размеров 4-3 мм до 0.3 – 0.1 мм. В случае с кварцем, только 50% камней было измельчено, а его химический состав, в ходе

переваривания, фактически не изменился, в отличие от цеолитов. Исследуя химический состав растворимой части минералов выяснилось, что суммарный объем выведенных химических элементов был в два раза больше, в эксперименте с кварцем, чем с цеолитом, и содержал фосфор, калий, натрий, кальций, магний, серу и кремний [1]. Таким образом, был сделан вывод, что выведение химических элементов посредством кремнеоксидного геля, возникшего в слабощелочной среде кишечника, из частичек кремния, намного более эффективно, чем посредством адсорбции на твердых поверхностях. Благодаря полученным данным, было сделано предположение, что кремнеоксидный гель, обладающий функцией избирательной сорбции, является основным методом регуляции ионного баланса, в желудке. Главным образом, этот механизм характерен для животных, обладающих мускульным желудком, в котором кремнистый материал постоянно перемалывается, посредством трения камешков друг об друга.

Важную роль кремнеоксидный гель играет и в желудке млекопитающих, связывая калий. Как показывают исследования, долговременный избыток содержания калия в желудке ведет к плохой усвояемости кальция, магния и натрия, что может стать причиной серьезных заболеваний, и даже привести к смерти. Избыток кальция наблюдается в растительности, произрастающей на молодых, вулканических породах гранитоидного состава. И именно для этих территорий характерно формирование кудюритов цеолит-сметитового состава, с наивысшим потенциалом сорбции калия [17].

В пользу сорбционной гипотезы приводятся данные исследования геофагии у нечеловеческих приматов [19]. Автор анализировал данные по 4 видам приматов (*Pan troglodytes*, *Pongo pygmaeus*, *Saguinus mystax*, *Macaca mulatta*), проживающих в тропических регионах Африки и Азии. Характерной особенностью геофагии среди наблюдаемых особей, было употребление в пищу глинистых почв, бедного минерального состава, но с хорошей сорбирующей функцией. Диета приматов содержала растительные компоненты, в которых могли находиться такие токсины, как танин, фенол, терпен и др. Особи, чей пищеварительный тракт по какой-либо причине не справлялся с выведением токсинов самостоятельно, прибегали к употреблению глиноподобных почв, связывающих токсины и выводящих их из организма.

*Гипотеза биологической активности* предполагает, что животные употребляют литогенный материал для регуляции состава микробиоты пищеварительного тракта. Гипотеза опирается на способность некоторых глинистых минералов стимулировать рост полезных бактерий, внутри пищеварительного тракта. Такие данные впервые были опубликованы в работе «Влияние глинистых минералов на микроорганизмы» (1966) [24]. К подобным выводам, в ходе экспериментальной работы, приходит и Паничев: кудюриты, содержавшие

цеолиты и смектиты, значительно стимулировали рост ферментирующих бактерий, например, рода клостридиевых, в то же время, угнетая развитие грибковых микроорганизмов, особенно, бактериальных антагонистов – актиномицет [8].

Другой особенностью, связывающей взаимодействие минералов с микроорганизмами, является селективное прилипание микроорганизмов к твердым поверхностям. Звягинцев установил, что склеивание является свойством, заложенным в самих микроорганизмах. Так, у типичных обитателей пищеварительного тракта – кишечных палочек (*E.coli*), нет подобного механизма, тогда как патогены рода *Candida* обладают данной особенностью [17].

*Редкоземельная (микроэлементная) гипотеза* постулирует, что причиной геофагии является биохимический дисбаланс организма, который может быть вызван недостатком элементов редкой и редкоземельной групп, необходимых для нормального функционирования иммунной системы. Подобный дефицит ведет к сбоям в работе иммунной системы, выражающейся в дезадаптации организма, к раздражителям внешней среды, т.е., является состоянием стресса. С.Р. Барчфильд, в ходе эксперимента на мышах, выявил их стремление к геофагии, проявлявшемся в состоянии стресса [15]. Такой стресс у млекопитающих может вызывать недостаток, или, напротив, переизбыток концентрации химических элементов в кишечнике. Приводят к этому такие факторы, как: переход на другую диету, в связи со сменой сезона, питание растительностью, обогащенной специфическими химическими элементами (например, молибден и селен), длительное голодание, диарейные расстройства пищеварительной системы, в периоды беременности и лактации.

Важнейшие химические элементы, обеспечивающих работу иммунной системы, эпифиза и щитовидной железы, а также на уровне нервных клеток спинного и головного мозга, это Se, Y, Sc, а также La и легкие лантаноиды – Pr, Sm, Se, Nd. Условно, будем называть их элементами иммунной системы (ЭИС). Для легких и тяжелых лантаноидов характерно явление химического антагонизма, т.е., элементы данных групп способны замещать друг друга в органах и тканях. Основной проблемой, связанной с процессом антагонизма лантаноидов является невозможность выполнять «тяжелыми» элементами своих биологических функций в организме. Следствием данного процесса для животных является необходимость выведение тяжелых лантаноидов из организма и восполнение содержания недостающих легких лантаноидов.

Впервые, о роли редкоземельных элементов (РЭЭ) в организме и связи с литофагией, объявил А.М.Паничев, в ходе изучения кудюров, посещаемых дикими животными на Сихотэ-Алине, а также анализа данных исследований из Африки и Юго-Восточной Азии [18]. Проведя химический анализ кудюритов и родниковых источников Сихотэ-Алиня, было выявлено высокое содержание РЭЭ, причем, их состав был практически сходен с составом кудюритов,

обследованных возле озера Телецкое. Косвенно, редкоземельную гипотезу подтверждают исследования кудюров заповедника «Чинара Вайлдлайф» (штат Керала, Южная Индия). Там, геофагия отмечается у диких травоядных в верховьях реки, где почва богата содержанием РЭЭ, тогда как ниже по течению, почвы представлены монацито-содержащими песками, с низким содержанием РЭЭ, а среди людей распространены эндемические заболевания, вызванные недостатком химических элементов [21].

Представляется, однако, что животные употребляют в пищу литогенные вещества, не столько, благодаря содержащимся в них, а благодаря присутствию в них специфических микроорганизмов, способных преобразовывать минеральную форму РЭЭ, не усваиваемую млекопитающими, в биодоступную, в форме органо-химической смеси. Достоверно установлено, что РЭЭ содержат специфические виды бактерий. Также установлено, что разные виды бактерий аккумулируют только определенные виды РЭЭ. Это продемонстрировали Японские исследователи, которые, в процессе изучения адсорбции на клеточных стенках бактерий *Bacillus subtilis* и *Escherichia coli* выявили, что максимальной адсорбции подверглись элементы самарий (Sm) и европий (Eu), тогда как неодим (Nd) сорбции не подвергался [25]. Экспериментально подтверждено, что, с помощью лантаноидов, микроорганизмы приспособляются к неблагоприятным условиям окружающей среды. Бактерия *Methylophilum fumariolicum*, обитающая в сильнокислотных водах кратера вулкана Сольфатора (Италия), содержит в составе фермента La, Ce, Pr и Nd, в отличие от обычного Ca, которые абсорбирует из воды [20]. Позже, было установлено, что подобный редкоземельный состав фермента, распространен среди многих бактерий, распространенных повсеместно.

Вероятно, микроорганизмы, способные поглощать РЭЭ широко распространены не только в воде и почве, но и являются важной составной частью пищеварительного тракта животных. Группы таких микроорганизмов, включая метанотрофов и сероредуцирующих бактерий автотрофов, участвуют в усвоении редких и редкоземельных элементов иммунной системой организма. Некоторые из этих бактерий успешно используют в промышленной добыче РЭЭ из природных и искусственных минеральных веществ [13].

Таким образом, гипотеза предполагает, что подобные микроорганизмы, а точнее, вырабатываемые ими биологически активные вещества, обогащенные высоким содержанием РЭЭ, являются стимулом геофагии животных по всему миру. В процессе потребления, литогенные сорбенты, которые содержат данные микроорганизмы, почвенная микрофлора проходит сквозь кислотный барьер желудка и объединяется с микрофлорой кишечника.

**Выводы:**

1. Геофагия – поедание животными почв и отдельных минералов – заложенный эволюцией способ регулировать химический и физический состав среды внутренних органов, а также биологические и физиологические процессы в организме.

2. Поглощаемые кудюритные субстанции обладают многофункциональным сорбционным, ионообменным, катализирующим эффектом, а также благоприятно действуют на полезную микрофлору кишечника.

3. Геофагия и её функции различны у разных групп животных. Для клоачных характерна гастролитная геофагия – постоянное заглатывание кремнесодержащих субстанций, с постоянным присутствием гастролитов в организме, помогающим поддерживать гомеостаз. Для плацентарных млекопитающих характерна кудюритная форма литофагии – периодическое поглощение землистых минералов (кудюритов), для восстановления гомеостаза.

4. Состав поглощаемых минеральных веществ зависит от географического положения и геологического строения территории.

5. Все литогенные субстанции, поглощаемые животными, способны регулировать химический баланс организма, удаляя избыточные и привнося недостающие элементы, посредством прохождения через пищеварительный тракт.

6. Гипотезы, объясняющие причину геофагиального поведения недостатком натрия, либо другого макро- или микроэлемента не способны объяснить все описанные случаи геофагии. Таким образом, можно заключить, что, на данный момент, универсальной гипотезы объяснения этого феномена не существует.



## Глава 2. Физико-географическая характеристика района отбора проб

### 2.1. География

Географически точки отбора проб находятся в Иркутской области, Прибайкалье, на территории Прибайкальского национального парка, западное побережье озера Байкал. В данной зоне, точки отбора проб сгруппированы по трем различным географическим участкам: населенный пункт Харгино, мыс Средние Хомуты, остров Ольхон.

Прибайкальский национальный парк располагается на территориях трех районов Иркутской области: Иркутского, Ольхонского, Слюдянского. Координаты - 52°37'25" с. ш. 106°17'45" в. д. Площадь парка – 417 297 га. Территория парка занимает большую часть западного побережья озера Байкал, от п. Култук на юге до мыса Кочериковского на севере [2].

### 2.2. Геологическое строение

Национальный парк Прибайкальский в геоморфологическом отношении расположен на территории двух геологических структур - *Байкальской впадины*, являющейся центральной и крупнейшей частью Байкальской рифтовой зоны и *Приольхонье*.

Район *Байкальской впадины* включает в себя подрайоны: Акватория озера, Хребет Академический, Прибортовые зоны впадины, Усть-Селенгинскую впадину.

В основании Байкальской осадочной толщи оз. Байкал на кристаллическом фундаменте залегают песчано-глинисто-алевритовые осадки с пластами углистых глин и песчаников. Осадки датированы миоценом — ранним плиоценом (N1 2– N2 1). Мощность отложений непостоянна: в Центральной впадине — до 1000 м, в Малом море — 50–60 м, полностью выклинивается у пос. Бол. Онгурен. Выше залегают преимущественно песчаные осадки с примесью грубого материала, алевритов и глин мощностью в Центральной впадине до 1500 м, в районе Малого моря — отсутствуют. Возраст отложений обосновывается корреляцией с ановской свитой и устанавливается как средне-познеплиоценовый. На хребте Академический установлено залегание на породах фундамента коры выветривания (аналогичной таковой на о. Ольхон). Выше залегают пляжные галечники, перекрытые кавернозными глинами мощностью до 500 м, возраст которых определен как плиоценовый.

Прибортовые зоны Байкальской впадины включают побережье оз. Байкал, склоны хребтов Приморский, Байкальский и Морской. В составе соответствующих возрастных подразделений на указанной территории выделена кора выветривания и осадочные толщи.

Кора выветривания латерит-каолинитового типа, прослеживается до глубины 100–150 м. Разрез коры выветривания сложен суглинками, глинами красными, сургучными, охристыми, оранжевыми с обломками коренных пород, супесями светло-кремовыми.

Олигоцен-палеоценовые осадочные толщи представлены отложениями танхойской свиты. Свита залегает на каолининовой коре выветривания кристаллических пород, сложена чередующимися зеленоцветными песчаниками, алевролитами, углистыми аргиллитами, глинами монтмориллонитовыми, каолининовыми с прослоями бурых углей. Свита фациально неустойчива. Преобладают озерные, озерно-болотные глинисто-алевритовые отложения, которые фациально замещаются песчано-алевритовыми озерноаллювиальными. Мощность свиты 1000–1200 м.

Усть-Селенгинская впадина выполнена отложениями усть - селенгинской толщи. По геофизическим данным, мощность свиты в наиболее глубокой части впадины достигает 5000 м. В разрезе свиты отмечаются чередующиеся пески, алевриты, глины, присутствуют прослойки гравия, гравийно-галечного материала; по всему разрезу рассеяны гальки, встречаются редкие прослойки бурого угля; в низах — прослойки известковистой глины.

*Приольхонье* охватывает западное побережье Байкала от устья р. Бугульдейка до мыса Рытой и о. Ольхон. В строении района принимают участие образования кор выветривания и отложения объединенных халагайской и харанцинской свит.

Кора выветривания сохранилась на западном побережье о. Ольхон в днищах древних долин, озерных и межгорных впадин, в Кочериковской впадине на побережье оз. Байкал, часто перекрыта неогеновыми и четвертичными отложениями. Кора выветривания различных пород представлена глинами красными, красно-бурыми, розовато-серыми, желтовато-серыми каолининовыми и гидрослюдистыми, часто запесоченными, лимонитизированными, омарганцованными, с обломками выветрелых коренных пород, дресвой, щебнем; в карстовых полостях — бурые, красные охристые глины с чешуйками реликтового графита.

Халагайская и харанцинская свиты на побережье Байкала выполняют Кочериковскую впадину, залегают на кристаллических породах с развитой на них корой выветривания. В разрезе впадины низы представлены глинами песчаными зеленовато-серыми, бурыми с прослоями глинистых песков мощностью 60 м; выше залегают глины песчаные бурые, черные, иногда углистые, мощностью 20 м; в верхах разреза — глины песчаные зеленовато-серые, бурые, черные мощностью более 35 м.

В стратотипическом разрезе на о. Ольхон низы объединенного подразделения, соответствующие халагайскому уровню, сложены озерными, пролювиально-озерными зелеными, зеленовато-серыми, синими, черными, преимущественно монтмориллонитовыми известковистыми, песчанистыми, гравелистыми с включениями белого каолинита, бобовин охр, с прослоями песков гравийников (редко), углистых глин и бурых углей. Верх разреза сложены глинами монтмориллонитовыми, гидрослюдистыми и каолининовыми, прослоями

дресвы, щебня; присутствуют горизонты палеопочв черно-коричневых, коричневых, в верхах — тундровые глеевые и лесные [2].

### 2.3.Рельеф

Территория отбора проб относится к области аккумуляции, для которой характерен структурно-тектонический генетический тип рельефа, развитый в осевой части Байкальской рифтовой зоны, на западном и юго-восточном побережии озера Байкал, а также Приморском и Морском хребтах.

Приморский хребет пролегает с юго-запада на северо-восток. Абсолютные отметки ступенеобразно повышаются от 1137 м на юго-западе до 2058 м на северо-востоке в среднем с амплитудой 400–200 м, подчеркивая глыбово-сводовый характер хребта. Характерны морфологические типы рельефа согласно блоковым ступеням от высокогорного 1880,0 м — густо расчлененного на крайнем северо-востоке, до среднегорного и низкогорного на юго-западе, также густо и глубоко расчлененного. На водоразделах сохранились реликты деформированного мел-палеогенового пенеппена в виде наклонных (5–10°) поверхностей, примыкающих к останцовым возвышенностям. Выше границы леса пенеппен преобразован уступами нагорных террас, площадки которых субгоризонтальны. Местами рельеф хребта усложнён узкими долинами-грабенами и реликтами древней речной сети, имевшей сток в юго-западном направлении. В результате поднятий произошел разрыв древней долины пра-Манзурки, часть долины сохранила свой сток в бассейн Лены, вторая половина была перехвачена и в современном рельефе представляет р. Голоустная. Аналогично сформированы реки Бугульдейка, Сарма. В целом побережье Байкала изрезано густой сетью рек, ручьев, распадков, каньонообразных кулуаров, деллей, с крутым продольным профилем, что обуславливает развитие сплывов, селей, лавин и как следствие формирование пролювиальных присклоновых шлейфов. Широко развиты процессы абразии и гравитационного сноса в виде обвалов [2].

Юго-восточная граница Приморского хребта, выраженная системой крутопадающих сбросовых уступов с амплитудами смещений свыше 2000 м прослеживается по зоне Приморского разлома. Сюда же относятся обособленные крупные блоки — Приольхонского плато, о. Ольхон и Малое море. Остров Ольхон представляет собой часть Ольхоно-Ушканской междупадинной перемычки, являясь активным горстом. Он ограничен с юго-востока высоким, более 2000 м тектоническим уступом. Особенность Ольхонского поднятия заключается в том, что его северо-западное крыло осложнено неогеновыми впадинами, испытавшими инверсионные поднятия. В результате поверхности приобрели обратный перекося и находятся в стадии начального эрозионного расчленения. Крутосклонные

эрозионные промоины врезаны в пологие неогеновые поверхности, а местами и в породы фундамента на глубину до 20 м. Разломы, ограничивающие западные границы Байкала, пластинообразные, комбинируются в протяжённые системы с кулисообразной сменой друг друга по простиранию, часто со сдвиговой составляющей. Сдвиговые деформации фиксируются в рельефе изгибами речных долин.

Одними из крупных элементов структурно-тектонического рельефа горстового обрамления Байкала являются краевые ступени, которые располагаются между поднятиями и впадинами. Известны они вдоль обоих ограничений Байкала. Их ширина достигает 15–20 км, длина 70–80 км. Для западного берега поверхность блоков краевых ступеней наклонена к поднятому плечу рифта, для восточных — в сторону оси Байкальской впадины. Кочериково-Онгуренская, Приольхонская ступени характерны наличием малых впадин, сформированных на наклонных поверхностях блоков и заполненных кайнозойскими отложениями мощностью до 120–150 м. Здесь сохранились значительные по площади реликты мел-палеогеновой поверхности выравнивания и коры выветривания, что предопределяет общий выровненный облик рельефа. Вдоль крайней западной границы Приольхонья интенсивно развиты эрозионные процессы. Речные долины каньонообразные, побережье густо изрезано мелкими короткими водотоками, деллями, характерны абразионные процессы. Дисбаланс осадков, аридизация, сильная трещиноватость пород приводят к образованию карстовых провалов, формированию озёр, их засолонению. Широкое развитие получили карстовые пещеры, провальные озёра, воронки. Наиболее юной структурой структурно-тектонического рельефа западного побережья является Маломорский грабен. Суходольным продолжением его служит Бугульдейско-Чернорудский грабен, примыкающий к Приморскому сбросу. Здесь наблюдаются выраженные в рельефе молодые деформации в виде вертикальных трещин — рвов глубиной до 1,5–2,0 м, палеосистемодислокаций, современных сейсмодислокаций. Все это свидетельствует о разрастании Маломорского рифта к юго-западу, и со временем Приольхонская краевая ступень отделится от материка, превратившись в остров. Об этом же свидетельствует и высокий уровень современной сейсмичности района [2].

#### **2.4. Климат**

Климат Прибайкальского национального парка относится к типу резко континентального. Водные массы озера Байкал смягчают и увлажняют климат в радиусе 30–50 км от берегов и на высотах от 2000 до 2500 м над уровнем моря. Среднегодовые температуры находятся в диапазоне от 0 °С до -1 °С в котловинах и от -6 °С до -8 °С в гольцовой зоне. В январе самые низкие среднемесячные температуры бывают в котловинах и на высокогорьях, достигая от -33 °С до -36 °С, а на склонах, обращенных к озеру, температуры теплее, от -26 °С на севере до -17 °С на юге. Минимальные температуры

достигают  $-53^{\circ}\text{C}$  в котловинах и  $-41^{\circ}\text{C}$  на берегу. Летом температуры в котловинах достигают средних  $17^{\circ}\text{C}$ , а на побережье -  $12-15^{\circ}\text{C}$ . Западные склоны хребтов отличаются большей влажностью и снежным покровом, с меньшими амплитудами температур, чем восточные склоны. Наибольшее количество осадков выпадает на хребте Хамар-Дабан (около 1500 мм) и в осевой части Байкальского хребта (около 1000 мм), тогда как на восточном склоне и на острове Ольхон, а также в межгорных котловинах, количество осадков снижается до 300 мм в год. В среднем высота снежного покрова в Прибайкалье составляет около 40 см, но на склонах Хамар-Дабана и Баргузинского хребта, обращенных к Байкалу, покров может достигать более 100 см (иногда до 300 см), а в котловинах (Тункинская, Баргузинская) - до 15 см. Время солнечного сияния превышает средние показатели для данной широты. Возникают сильные местные ветры, дующие со склонов в сторону озера Байкал, они иногда вызывают штормы и задерживают замерзание озера. Весной сильные ветры и низкая влажность воздуха являются причиной возникновения лесных пожаров.

## **2.5. Водные ресурсы**

Прибайкальский национальный парк граничит с реликтовым озером Байкалом и имеет береговую линию длиной 470 км (не считая островов). Берега южной и средней материковых частей парка и восточной части Ольхона в основном являются высокими и имеют слабое разветвление и незначительное количество бухт. В западной части Ольхона и крайней северной материковой зоне парка преобладают низкие, сильно разветвленные береговые линии, с дюнной волной обработки и аллювиальными отложениями, формирующими множества песчаных берегов, кос, баров, лагун и т.п. Также характерны ингрессионные (в основном рiasовые) берега со значительной бухтообразованием. В устьях основных рек преобладают аккумулятивные береговые линии с абразионной обработкой, а также дельтово-фитогенные типы берегов. Температура воды в озере Байкал летом колеблется от  $+12$  до  $+15^{\circ}\text{C}$ , однако в теплых заливах Приольхонья может прогреться до  $+25^{\circ}\text{C}$ . Уровень воды Байкала, по средним многолетним данным составляет 457 м, с высотой волн доходящей до 6 м.

Реки на территории парка образуют равномерную, развитую сеть, в которой преобладающими являются горные реки, длиной не более 10 км. Водоразделы большинства рек приурочены к долинам Приморского хребта.

Самыми крупными реками на территории парка являются река Голоустная (122 км), река Бугульдейка (80 км), река Анга (90 км), река Сарма (56 км) и река Большая Половинная (25 км). Побережье оз. Байкал содержит множество ручьев и временных водотоков. Большинство рек относятся к дождевому типу питания, представляющему до 50% годового прихода. Воды большинства рек в этом районе имеют низкую минерализацию. У рек с

закарстованными бассейнами (например, Бугульдейка и Анга), подземные источники играют ведущую роль в питании, и процент сублимации снега здесь составляет лишь 18–26 %.

На территории парка протекает около 150 постоянных водотоков, характеризующихся малой длиной русла (менее 10 км), около 60 из них впадают непосредственно в Байкал.

Основные черты, характеризующие водный режим рек парка: устойчивая зимняя межень и высокое, четко выраженное весеннее половодье. На водотоках часто происходит образование наледей, которые могут привести к серьезному повреждению строений в долинах. Максимум стока отмечается весной, в апрель, минимум - в марте. В особенно холодные зимы некоторые реки и ручьи могут промерзнуть насквозь.

Приблизительно 80 озер находятся на территории парка. Для северной части парка отмечается образование озер различного типа, среди них - дельтовые, лагунные, соровые, пойменные. Большинство озер являются пресноводными, однако около 20 карстовых озер Тажеранской степи и в урочища Крестовская падь являются солеными. На Ольхоне имеется только одно такое озеро, это озеро Шара-Нур.

На высокогорьях верховьев реки Кочериковой обнаружены несколько каровых и перевальных приводораздельных озер.

Болота имеют ограниченное распространение и находятся в основном возле речных долин и являются представителями низинного типа.

## **2.6. Почвы**

Значительное различие почвенно-растительного покрова на территории парка объясняется широкой географической протяженностью бассейна озера с юга на север. Среди факторов, оказывающих влияние на формирование почвенного покрова также можно выделить влияние зональности, экспозиции, различие в почвообразующих породах, зимних мерзлот, а также историческое антропогенное воздействие.

Основной растительностью, формирующейся на литоземах, петроземах, подбурах и подзолах хребтов Прибайкалья являются заросли стланика, которые простираются отдельной полосой посреди каменистых россыпей. Применение методов аэрофотосъемки и пешей рекогносцировки местности подтверждает редкость кедровых стланиковых зарослей и их близости к гольцам.

В горной тайге обнаруживаются самостоятельные контуры на юго-западе и северо-востоке Прибайкалья, состоящие из сочетаний почв с элювиально-иллювиальным и недифференцированным профилем. Подзолы и подбуры преобладают на Байкальском хребте и Северо-Байкальском нагорье и имеют торфяно-подбуровый и дерново-подзолистый состав. Эти почвы характеризуются небольшой мощностью профиля - 30 см на нагорье, в горах -

около 40 см. Подбуры в данном районе находятся на ранней стадии формирования почвенного слоя, в связи с чем их мощность значительно меньше.

Основным видом почв зоны Приольхонья и острова Ольхон являются каштановые почвы типа сухих степей и предгорий Прибайкалья. Аридная горная зональность климата, наравне с нахождением территории в зоне дождевой тени предопределяют образование сухих ландшафтов с каштановыми почвами. Ситуацию существенно усугубляет недостаток атмосферного увлажнения и высокая водопроницаемостью глинистых почв, что сказывается на биопродуктивности почв. Вместе эти факторы образуют зону экстремальных почвенно-климатических условий, усиливая деградацию агроэкосистем и почвенного покрова.

Для Хамар-Дабана, Муйского, Верхне-Ангарского и Баргузинского хребтов характерными почвами являются петроземы, торфяно-литоземы и литоземы грубогумусные. Грубогумусовые, перегнойные и перегнойно-темногумусовые типы почв склонны формироваться под субальпийскими лугами. Глеевые подбуры характерны для северных склонов и пониженных элементов рельефа.

В лесостепной природно-климатической зоне преобладающими являются серые метаморфические почвы. Их расположение отмечено на подножиях горных котловин и северных склонах сопок внутри межгорных понижений или в нижней части лесистых склонов хребтов, обращенных к степным котловинам. Данные почвы характерны для южной части Забайкальского среднегорья.

Для речных долин Прибайкалья и Забайкалья характерными являются аллювиальные перегнойно-глеевые, торфяно-глеевые, темногумусовые, серогумусовые и темногумусовые квазиглеевые типы почв. Исследование пойм рек верхнего и среднего течения обнаруживает аллювиальные слоистые почвы. Приозерные понижение и поймы рек, с прилегающими частями пологих склонов сухостепеных территорий Забайкалья характеризуются формированием солонцовых и солончаковых типов почв. В данных районах виды засоления солонцов и солончаков разделяются на сульфатно-содовый, содово-сульфатный, сульфатный и хлоридно-сульфатный. Значительные участки засоленных почв располагаются в Иволгинской котловине, Боргойской степи и приозерных понижениях озер Верхнее и Нижнее Белое. Солонцы и солончаки встречаются в приозерных депрессиях Бичурского района и Тугнуйской степи. В дельте реки Селенга, а также в долине реки Баргузин отмечается формирование болота, почвы которых представлены торфяно – эутрофными и торфяно – эутрофно глеевыми почвами.

## **2.7. Флора**

На территории Прибайкальского национального парка зафиксировано 1396 видов высших сосудистых растений, около трети которых составляют эндемики, реликтовые виды,

виды с ограниченным распространением, виды, с сокращающейся популяцией. Многие виды растений требуют особой защиты, среди них: 21 эндемик территории Западного Прибайкалья, более 30 эндемиков всего Байкала и столько же реликтов, ареал обитания которых приурочен к четвертичным приледниковым тундрам, межледниковым сухим и холодным пустыням, третичным сухим и жарким пустыням и широколиственным лесам.

Прибайкальский парк представляет собой многообразие ландшафтов, которое определяет многообразие растительного покрова. Растения распределены по высотно-поясным закономерностям. Практически на всей территории парка, побережье Байкала занимает подтаежно-степной высотный пояс, который включает сообщества разных подтипов степей (петрофильных, криофильных, ксерофильных, псаммофильных и т.д.) и светлохвойных лесов (лиственничников и сосняков). Южное, маритуйское побережье является зоной луговых степей с доминированием лесов, а в Приольхонье и на онгуренском берегу преобладают степи. Территории западного побережья острова Ольхон, а также островов Малого моря и Тажеранской степи фактически обезлесены.

Эндемичные виды западного побережья Байкала встречаются на всей территории парка, среди них - житняк байкальский, примула перистая, полынь ольхонская, лапчатка ольхонская, остролодочки Попова, Пешковой, трехлистной и байкальский, копеечник зундукский - вид единственного местообитания на известняковом шлейфе конуса выноса реки Зундук, кизильник блестящий - вид криоксеропетрофитных горносклоновых степей и остепненных сосново-лиственничников. Кроме того, на территории парка произрастают астрагал ольхонский - эндемик ольхонских песчаных береговых дюн, произрастающий лишь в северной части западного побережья Ольхона в местах формирования первичных дюнных сообществ, гастрелихнис Попова - эндемик прибрежных галечников онгуренского побережья и множество других видов, являющихся наиболее ценными флористическими объектами парка.

В том же районе можно встретить большинство общеприбайкальских эндемиков, многие виды с ограниченным ареалом и небольшими популяциями (например, черепоплодник щетинистоватый, норичник надрезанный, хохлатка недотрога, щучка Турчанинова, кизильник Попова, змееголовник перистый и другие). Многие из них являются реликтами древних флор, в основном ледниковых и криоаридных, то есть степных и холодных, межледниковых периодов четвертичного периода, а также древнесредиземных пустынно-степных эпох доледниковых периодов третичного периода (миоцен-плиоцен). Один из наиболее ценных реликтов - фиалка надрезанная - произрастает только рядом с устьем реки Голоустной, в подтаежном лиственничнике, кроме нескольких мест ее обитания, находящихся на расстоянии



нескольких сотен километров друг от друга - в горах Южного Казахстана, Алтае, Туве и на Северном Байкале.

Растительность светлохвойного таежного пояса, в основном различные виды сосняков и лиственничников, преобладают на средних склонах хребтов и плато, а также в долинах рек. Среди них можно выделить разнотравные и багульниково-брусничные, а также разнотравно-бруснично-остепненные горносклоновые лиственничники и сосняки. В этом поясе можно найти кустарники, такие как кизильники блестящий и Попова, а также интересный представитель маньчжуро-даурской флоры на ее западной границе - боярышник Максимовича, а также травяной, ранневесенний и эфемероид циноктон пурпурный.

## 2.8. Фауна

Исследования, проведенные в национальном парке, обнаружили 130 таксонов зоопланктона, относящихся к двум классам, 24 семействам и 60 родам, распределенные в пойменных, прибрежных и высокогорных озерах. Коловратки (60 видов), ветвистоусые (44 вида) и веслоногие (20 видов) являются наиболее типичными группами. Семь видов коловраток и два вида ракообразных были обнаружены в водоемах Восточной Сибири впервые [29].

На территории парка обитает 16 видов рыб, представленных в различных водоемах. В Лене можно увидеть сибирского хариуса, обыкновенного сига, ленка, обыкновенного валека и налима. Щуку и окуня можно встретить только в озере Северном, на мысе Покойном. В горных озерах обитают хариус и сибирский голец, а в реках можно увидеть алтайского гольяна.

В национальном парке зарегистрировано 276 видов птиц, из них 146 гнездятся, для 29 видов предполагается наличие гнездовья, 50 видов пролетных, пять зимующих и также пять залетных. Типичной группой птиц являются виды горной тайги, а увидеть орнитологические комплексы водно-болотных, высокогорных и степных ландшафтов можно реже. Разнообразие плавающих птиц представлено почти всеми видами, характерными для этого региона, но в период гнездования их численность невелика (чаще всего можно увидеть гоголя, большого крохалея, чирок-свистунка и крякву)

На территории парка обитает 52 вида млекопитающих, которые характерны для северо-сибирской области Палеарктики. Среди них есть 10 видов насекомоядных, 7 видов рукокрылых, 16 видов грызунов, 2 вида зайцеобразных, 12 видов хищных, 1 вид ластоногих и 5 видов копытных. Единственным эндемическим видом является байкальская нерпа.

Черношапочный сурок в национальном парке является одним из самых редких и ценных зверей и обитает на юго-западной границе своего ареала. Эти животные предпочитают

жить только в гольцах, которые находятся в горных цирках верховьев рек и ручьев с крупноглыбистыми россыпями и на субальпийских лугах с густой травянистой растительностью. Несмотря на то, что не было обнаружено крупных колоний сурков, встречи с ними происходят довольно редко, так как в прошлом была распространена охота на этих животных. Черношапочные сурки включены в Красную книгу как России, так и Иркутской области и Бурятии.

## Глава 3. Методы исследования

### 3.1. Методика пробоотбора

Отбор проб производился с целью выявления геохимических особенностей почв и растительности в районе развития геофагии диких животных на территории Прибайкальского национального парка (Иркутская область).

Пробы почвы и растительности были отобраны в июне-июле 2022 года, на территории Прибайкальского национального парка. Участки отбора проб были условно разделены на две группы территорий: 1. «Материковая» часть – вблизи п. Харгино и мыса Средние Хомуты. 2. «Островная» часть – остров Ольхон.

Всего было отобрано 33 пробы почвы и 37 проб растительности. Места отбора проб определялись по наличию следов геофагии животных. Карты-схемы точек отбора проб представлены в приложении В.

Пробы почвы отобраны методом конверта, согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 [27]. Пробы растительности отобраны согласно ГОСТ Р 58588-2019 [28].

Отбор осоки проводился с пастбищных и сенокосных угодий. Для этого были выделены 8-10 участков площадью 1-2 м<sup>2</sup>, расположенных по диагонали. С каждого участка отбиралось по 400-500 г растительной массы и готовилась объединенная проба, из которой была отобрана усредненная проба, массой 1-1,5 кг. Данная проба высушивалась до воздушно-сухого состояния, затем измельчалась в агатовой ступке. Для приготовления образцов нужно использовать сосуды из фторопласта (PTFE, Viton™, Teflon™) или перфторалкоксиполимера (PFA). Для временного хранения образцов и калибровочных растворов следует использовать одноразовую посуду из полипропилена, например, пробирки объемом 15-20 мл для образцов и пробирки объемом 50 мл с винтовыми крышками для калибровочных растворов.

Пробы почвы для химического анализа высушены до воздушно-сухого состояния по ГОСТ 5180-84. Пробу почвы в лаборатории рассыпают на бумаге или кальке и разминают пестиком крупные комки. Затем выбирают включения - корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных, а также новообразования - друзы гипса, известковые журавчики и др. Почву растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Выполнение измерений проводят при нормальных климатических условиях испытаний в соответствии с ГОСТ 15150. Помещение не должно содержать токсичных паров и газов. Температура окружающего воздуха в лаборатории 18 - 25°C. Атмосферное давление 84-106 кПа (630-800 мм рт. ст.). Относительная влажность воздуха 75±5 %. Градиент температуры не должен превышать 1,5 °C/час. При использовании электроприборов частота переменного тока

50±1 Гц,, напряжение сети 220±10 В. Освещение помещения естественное или искусственное, не ограничивается особыми требованиями.

### **3.2. Аналитические методы исследования и обработки данных**

Пробы растительности и почвенного покрова были изучены с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ИШПР ТПУ (аналитик - В.В. Куровская). Масс-спектрометрия - это метод анализа, который позволяет определять массу и химический состав молекул и атомов, а также изотопический состав пробы. Это достигается путем разделения ионов на основе их массы и заряда с помощью электрических и магнитных полей. Ионы, которые образуются из пробы, проходят через масс-спектрометр, где на них действуют различные поля, в результате чего ионы разделяются по массе-заряду. Затем ионы обнаруживаются детектором, который регистрирует число ионов каждой массы. Масс-спектрометрия широко применяется в различных областях, включая химию, физику, биологию, медицину, геологию и другие науки. Масс-спектрометрия способна обнаруживать примеси на уровне 0,0001% и ниже.

На основе данных, полученных в результате лабораторного анализа проб почвы и растительности, производился расчёт коэффициента концентрации (Кс) и кларка концентрации (КК) для исследуемых элементов. Коэффициент концентрации отражает отношение содержания элемента в пробе к его фоновому содержанию. Кларк концентрации – отношение среднего содержания элемента в пробе к кларку этого элемента в земной коре (для проб почвы) и наземных растениях (для проб растительности).

Для оценки состояния содержания химических элементов в почве принято использовать кларк земной коры, как эталон для сравнения и оценки степени концентрации химических элементов в почве. Поэтому для элементов, обнаруженных в пробах почв был рассчитан кларк концентрации – за основу брался кларк земной коры по Н.А. Григорьеву [3]. Для проб растительности был использован кларк концентрации наземных растений по Маркерту [5].

По результатам масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, проведенной для проб почвы и растительности, была проведена статистическая обработка результатов аналитических исследований с помощью программного комплекса STATISTICA 12.0 и на основе методических рекомендаций [6]. Статистическая обработка включала в себя описательную статистику, корреляционный, факторный, кластерный и другие анализы, отдельно для каждой изучаемой среды и географического района.

## **Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Исследования проводились на территории Прибайкальского национального парка (Иркутская область). Исследование проводилось с целью выявления геохимических особенностей почв и растительности в районе развития геофагии диких животных. В качестве объекта исследования были выбраны пробы почвы и растительности.

### **5.1 Предпроектный анализ**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Наличие признаков геофагии диких животных на определенной территории может являться признаком содержания редкоземельных элементов в почве данной территории. Данная особенность может являться важным «маркером», для проведения геологических изысканий.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области;
- Компании, занимающиеся добычей редкоземельных металлов;
- Научно-исследовательские организации, университеты.

- Граждане.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируются геохимические особенности почв и растительности, в районе развития геофаги диких животных Прибайкальского национального парка.

В таблице 9 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженером-экологом в научно-исследовательском институте, к2 – исследование, проведенное организацией, которая занимается добычей редкоземельных металлов.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы          |                 |                 | Конкурентоспособность |                 |                 |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|   |              | Б <sub>ф</sub> | Б <sub>к1</sub> | Б <sub>к2</sub> | К <sub>ф</sub>        | К <sub>к1</sub> | К <sub>к2</sub> |
| 1   | 2            | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7               | 8               |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b> |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Повышение производительности                         | 0,14         | 5              | 3               | 4               | 0,7                   | 0,42            | 0,56            |
| 2. Точность   | 0,18         | 4              | 4               | 4               | 0,72                  | 0,72            | 0,72            |
| 3. Скорость   | 0,15         | 5              | 4               | 3               | 0,75                  | 0,6             | 0,45            |
| 4. Технологичность                                      | 0,15         | 4              | 4               | 4               | 0,6                   | 0,6             | 0,6             |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>      |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Конкурентоспособность продукта                       | 0,12         | 5              | 4               | 4               | 0,6                   | 0,48            | 0,48            |
| 2. Цена   | 0,14         | 5              | 3               | 2               | 0,7                   | 0,42            | 0,28            |
| 3. Время  | 0,12         | 4              | 5               | 3               | 0,48                  | 0,6             | 0,36            |
| <b>Итого</b>  | <b>1</b>     | <b>32</b>      | <b>27</b>       | <b>24</b>       | <b>4,55</b>           | <b>3,84</b>     | <b>3,45</b>     |

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B<sub>i</sub> – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT (Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы)) - представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 10). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

*Первый этап* заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 10 – Матрица SWOT-анализа

|  |  |
|--|--|
| <b>Сильные стороны</b><br>С1. Низкая цена проекта<br>С2. Достоверность полученных данных<br>С3. Применение современных программно-технических комплексов<br>С4. Экологичность проведенных исследований | <b>Слабые стороны</b><br>Сл1. Удаленность территории объекта исследования<br>Сл2. Погрешность методов анализа<br>Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации |
| <b>Возможности</b><br>В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ<br>В2. Применение подобных исследований для других природных территорий                               | <b>Угрозы</b><br>У1. Ограниченная область применения<br>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования   |

*Второй этап* состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 11. 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 «-».

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

| Возможности проекта | Сильные стороны проекта |     |     |     |     |
|---------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                     |                         | С1. | С2. | С3. | С4. |
|                     | В1.                     | +   | +   | +   | +   |
| В2.                 | +                       | +   | +   | +   |     |

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

| Угрозы | Сильные стороны проекта |     |     |     |     |
|--------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
|        |                         | С1. | С2. | С3. | С4. |
|        | У1.                     | -   | -   | -   | -   |
| У2.    | -                       | +   | +   | -   |     |

| Угрозы | Слабые стороны проекта |      |      |      |
|--------|------------------------|------|------|------|
|        |                        | Сл1. | Сл2. | Сл3. |
|        | У1.                    | +    | -    | -    |
| У2.    | +                      | -    | +    |      |

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа

(таблица 12).

Таблица 12 –SWOT-анализ

|  | <b>Сильные стороны</b>  | <b>Слабые стороны</b>  |
|--|---|--|
|  | С1. Низкая цена проекта<br>С2. Достоверность полученных данных<br>С3. Применение современных программно-технических комплексов<br>С4. Экологичность проведенных исследований                      | Сл1. Удаленность территории объекта исследования<br>Сл2. Погрешность методов анализа<br>Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации. |
| <b>Возможности</b><br>В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ<br>В2. Применение подобных исследований для других природных территорий | Заинтересованность в исследовании большого числа территорий;<br>Сотрудничество с другими исследовательскими школами для углубления изучения.<br>Привлечение компаний для проведения исследований. | Привлечение местных исследователей.  |
| <b>Угрозы</b><br>У1. Ограниченная область применения<br>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования   | Создание конкурентоспособного проекта.  | Из-за относительной длительности анализа могут возникнуть проблемы с продвижением данного исследования.  |

#### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации



На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальную форму, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 13).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. 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.

Таблица 13 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

| № п/п | Наименование   | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|--|--|---|
| 1.    | Определен имеющийся научно-технический задел                                     | 5  | 5                                       |
| 2.    | Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела | 3  | 3                                       |
| 3.    | Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке        | 2  | 3                                       |
| 4.    | Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок  | 2  | 2                                       |
| 5.    | Определены авторы и осуществлена охрана их прав                                  | 5  | 5                                       |
| 6.    | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности                        | 5  | 5                                       |
| 7.    | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта                                | 2  | 2                                       |
| 8.    | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки                       | 2  | 2                                       |
| 9.    | Определены пути продвижения научной разработки на рынок                          | 3  | 3                                       |
| 10.   | Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки                      | 3  | 3                                       |
| 11.   | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок   | 2  | 2                                       |

| № п/п | Наименование  | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|---|--|---|
| 12.   | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 5  | 5                                       |
| 13.   | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки            | 5  | 4                                       |
| 14.   | Имеется команда для коммерциализации научной разработки                           | 3  | 3                                       |
| 15.   | Проработан механизм реализации научного проекта                                   | 5  | 5                                       |
|       | <b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>   | 52                                       | 51                                      |

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.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

### 5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

## 5.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 14).

Таблица 14 – Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта                             | Ожидания заинтересованных сторон  |
|--|---|
| НИ ТПУ   | Выпуск высококвалифицированных специалистов   |
| Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области | Получение эколого-геохимического исследования на территории Прибайкальского заповедника |

В таблице 15 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 15 – Цели и результат проекта

|   |  |
|---|--|
| <b>Цели проекта:</b>                        | Выявления геохимических особенностей почв и растительности в районе развития геофагии диких животных                     |
| <b>Ожидаемые результаты проекта:</b>        | Обнаружение связи между районами развития геофагии животных и наличием редкоземельных элементов в почвах данных районов  |
| <b>Критерии приемки результата проекта:</b> | Найти в пробах почвы, отобранных на участках зафиксированной геофагии, редкоземельные элементы, обнаружить корреляцию    |
| <b>Требования к результату проекта:</b>     | <b>Требование:</b>   |
|   | Отобрать пробы почвы и растительности, с участков зафиксированной геофагии, для лабораторных аналитических исследований; |
|   | Подготовить пробы для анализа в лаборатории, отдать пробы на анализ;   |
|   | Провести обработку полученных данных;  |
|   | Выявить особенности проб, влияющие на проявление геофагии животных.  |

В таблице 16 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 16 – Рабочая группа проекта

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте | Функции | Трудозатраты, час. |
|-------|---------------------------------------|----------------|---------|--------------------|
|-------|---------------------------------------|----------------|---------|--------------------|

|        |                                      |                        |   |      |
|--------|--------------------------------------|------------------------|---|------|
| 1.     | Соктоев Б.Р., НИ ТПУ, доцент ОГ ИШПР | Руководитель проекта   | Консультирование, координация деятельности, отбор проб, определение задач, контроль выполнения. | 1216 |
| 2.     | Потоскуев А.А., магистрант ОГ ИШПР   | Исполнитель по проекту | Анализ литературных источников, анализ лабораторных данных, написание работы                    | 2640 |
| ИТОГО: |                                      |                        |   | 3856 |

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 (таблица 17).

Таблица 17 – Ограничения проекта

| Фактор  | Ограничения/ допущения |
|---|------------------------|
| 3.1. Бюджет проекта                               | <b>1 525 955,87</b>    |
| 3.1.1. Источник финансирования                    | НИ ТПУ                 |
| 3.2. Сроки проекта:                               | 04.04.2022- 31.05.2023 |
| 3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом | 04.04.2022             |
| 3.2.2. Дата завершения проекта                    | 31.05.2023             |

### 5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

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.

#### 5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 17).



Рисунок 17 – Иерархическая структура работ

### 5.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 18, 19).

Таблица 18– Календарный план проекта

| Название   | Длительность, дни | Дата начала работ | Дата окончания работ | Состав участников            |
|--|-------------------|-------------------|----------------------|------------------------------|
| Утверждение темы магистерской диссертации        | 2                 | 04.04.22          | 06.04.22             | Потоскуев А.А., Соктоев Б.Р. |
| Установление методики проведения исследования    | 55                | 06.04.22          | 31.05.22             | Потоскуев А.А., Соктоев Б.Р. |
| Проведение отбора проб почвы и растительности    | 14                | 27.06.22          | 11.07.22             | Потоскуев А.А., Соктоев Б.Р. |
| Обработка полученных проб почвы и растительности | 51                | 11.07.22          | 01.09.22             | Потоскуев А.А., Соктоев Б.Р. |

| <b>Название</b>   | <b>Длительность,<br/>дни</b> | <b>Дата<br/>начала<br/>работ</b> | <b>Дата<br/>окончания<br/>работ</b> | <b>Состав<br/>участников</b>   |
|---|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Анализ литературных источников                          | 122                          | 01.09.22                         | 31.12.22                            | Потоскуев А.А.                 |
| Статистический расчет данных лабораторного анализа проб | 59                           | 01.01.23                         | 01.03.23                            | Потоскуев А.А.                 |
| Обсуждение результатов статистического анализа          | 30                           | 01.03.23                         | 31.03.23                            | Потоскуев А.А.,<br>Соктоев Б.Р |
| Описание полученных результатов                         | 62                           | 01.04.23                         | 31.05.23                            | Потоскуев А.А.                 |
| <b>Итого:</b>   | <b>395</b>                   |                                  |                                     |                                |

Таблица 19 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

| Наименование этапа                                      | Т, дней | 2022   |     |      |      |        |          |         |        |         |        | 2023    |      |        |     |  |
|---|---------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|--------|---------|------|--------|-----|--|
|   |         | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май |  |
| Утверждение темы магистерской диссертации               | 2       | ▨      |     |      |      |        |          |         |        |         |        |         |      |        |     |  |
| Установление методики проведения исследования           | 55      | ▨      | ▨   |      |      |        |          |         |        |         |        |         |      |        |     |  |
| Проведение отбора проб почвы и растительности           | 14      |        |     | ▨    |      |        |          |         |        |         |        |         |      |        |     |  |
| Обработка полученных проб почвы и растительности        | 51      |        |     |      | ▨    | ▨      |          |         |        |         |        |         |      |        |     |  |
| Анализ литературных источников                          | 122     |        |     |      |      |        | ■        | ■       | ■      | ■       | ■      |         |      |        |     |  |
| Статистический расчет данных лабораторного анализа проб | 59      |        |     |      |      |        |          |         |        |         | ■      | ■       |      |        |     |  |
| Обсуждение результатов статистического анализа          | 30      |        |     |      |      |        |          |         |        |         |        | ▨       |      |        |     |  |
| Описание полученных результатов                         | 62      |        |     |      |      |        |          |         |        |         |        |         |      | ■      | ■   |  |



- Потоскуев А.А.



- Потоскуев А.А., Соктоев Б.Р.

#### 5.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

*Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).* В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 20).

Таблица 20 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

| Наименование                               | Количество, шт | Цена за единицу, руб. | Сумма, руб.   |
|--|----------------|-----------------------|---------------|
| Тетрадь                                    | 2              | 40,0                  | 80,0          |
| Ручка шариковая                            | 3              | 31,0                  | 93,0          |
| Ластик                                     | 2              | 20                    | 40,0          |
| Всего за материалы                         | 213            |                       |               |
| Транспортно-заготовительные расходы (3-5%) |                |                       | 10,65         |
| <b>Итого по статье</b>                     |                |                       | <b>223,65</b> |
|  |                |                       |               |

*Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.* В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 21).

Таблица 21 – 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            | Компьютер (Asus)                         | 1                          | 54 000,0                        | 54 000,0                           |
| 2            | Программное обеспечение Microsoft Office | 1                          | 10 750,0                        | 10 750,0                           |
| 3            | Statistica                               | 1                          | 20 000                          | 20 000                             |
| Итого, руб.: |  |                            |                                 | 84 750                             |

*Расчет основной заработной платы.* В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных



мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 22.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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;

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где:  $Z_{м}$  – 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;

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

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Магистрант |
|-----------------------------|--------------|------------|
| Календарное число дней      | 395          | 395        |
| Количество нерабочих дней   | 119          | 119        |
| - выходные дни              | 24           | 24         |
| - праздничные дни           |              |            |
| Потери рабочего времени     | 0            | 0          |
| - отпуск                    | 0            | 0          |
| - невыходы по болезни       |              |            |

| Показатели рабочего времени                  | Руководитель | Магистрант |
|--|--------------|------------|
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 252          | 252        |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_6 * (k_{пр} + k_d) * k_p, \text{ где}$$

$Z_6$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

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

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_6 * K_p, \text{ где}$$

$Z_6$  – базовый оклад, руб.;

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

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2020 году составил 33664 руб. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

| Исполнители  | $Z_6$ , руб. | $k_{пр}$ | $k_d$ | $k_p$ | $Z_m$ , руб. | $Z_{дн}$ , руб. | $T_p$ , раб. дн. | $Z_{осн}$ , руб. |
|--------------|--------------|----------|-------|-------|--------------|-----------------|------------------|------------------|
| Руководитель | 33 664       | 1        | 0,02  | 1,3   | 43 763       | 1 945,15        | 252              | 490 148          |
| Магистрант   | 3 500        | -        | -     | 1,3   | 4 550        | 202             | 252              | 50 960           |

*Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.* В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

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

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \text{ где}$$

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

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В таблице 24 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей НТИ

| Заработная плата                | Руководитель | Магистрант |
|---------------------------------|--------------|------------|
| Основная зарплата               | 490 148      | 50 960     |
| Дополнительная зарплата         | 49 015       | 5 096      |
| Итого по статье С <sub>зп</sub> | 539 163      | 56 056     |

*Отчисления на социальные нужды.* Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:  $C_{\text{внеб}} = 0,27 \cdot 539\,163 = 145\,574$  рублей

*Научные и производственные командировки.* В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 49 015 руб.

*Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.*

Сторонней организацией был выполнен анализ проб методом масс спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), который выполняется в Химико-аналитическом центре «Плазма» г. Томск. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 25.

Таблица 25 - Расчет затрат на подрядные работы

| Метод анализа                                      | Количество проб | Стоимость, руб | Итого, руб |
|--|-----------------|----------------|------------|
| Масс-спектрометрия с индуктивной связанной плазмой | 70              | 2500           | 175 000    |

*Накладные расходы.* Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (539163 + 56056) = 476175$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 847228,2, которые приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Затраты научно-исследовательской работы

| Вид исследования    | Затраты по статьям   |  |                           |                         |                                |   |  |                       |                   |                              |
|---------------------|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|--|-----------------------|-------------------|------------------------------|
|                     | Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты | Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | Основная заработная плата | Доп-ая заработная плата | Отчисления на социальные нужды | Научные и производственные командировки | Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями | Прочие прямые расходы | Накладные расходы | Итого плановая себестоимость |
| Данное исследование | 223,65   | 84 750   | 541 107,84                | 54 110,78               | 145 573,91                     | 49 014,78                               | 175 000  | -                     | 476 174,90        | <b>1 525 955,87</b>          |
| Аналог              | 2000   | 300000   | 999919,2                  | 99991,6                 | 329973,2                       | 109991,1                                | -  | -                     | 879928,6          | 2721803,7                    |

### 5.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 18.

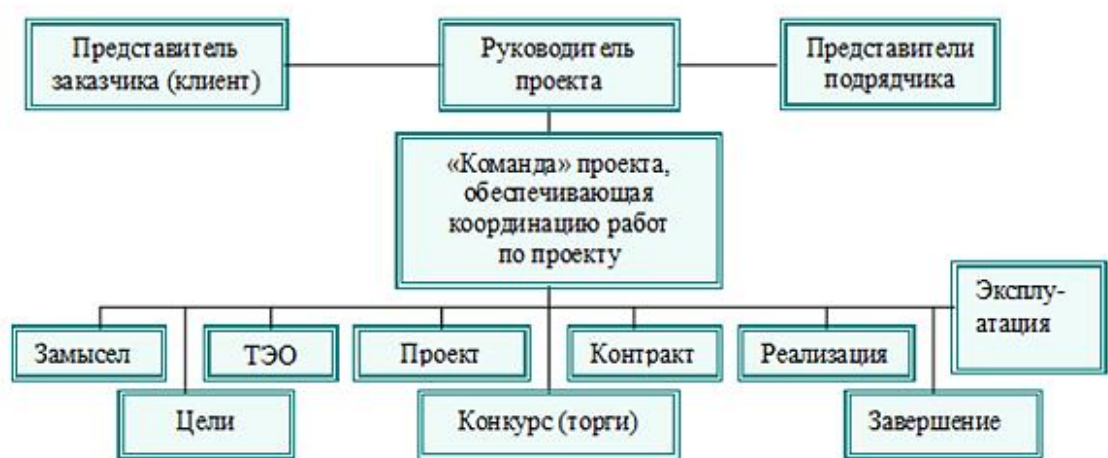


Рисунок 18 – Проектная структура проекта

### 5.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 27).

Таблица 27 – План управления коммуникациями

| № п/п | Какая информация передается                   | Кто передает информацию | Кому передается информация | Когда передает информацию                             |
|-------|---|-------------------------|----------------------------|---|
| 1.    | Статус проекта                                | Исполнитель             | Руководителю               | Еженедельно (понедельник)                             |
| 2.    | Обмен информацией о текущем состоянии проекта | Исполнитель             | Руководителю               | Ежемесячно (конец месяца)                             |
| 3.    | Документы и информация по проекту             | Исполнитель             | Руководителю               | Не позже сроков графиков и к. точек                   |
| 4.    | О выполнении контрольной точки                | Исполнитель             | Руководителю               | Не позже дня контрольного события по плану управления |

### 5.4.3 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 28.

Таблица 28 – Реестр рисков

| № | Риск   | Вероятность наступления | Влияние риска | Уровень риска | Способы смягчения риска                         | Условия наступления                 |
|---|--|-------------------------|---------------|---------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Неточность метода анализа                      | 2                       | 5             | Низкий        | Внешний и внутренние анализы                    | Низкая точность метода анализа      |
| 2 | Погрешность расчетов                           | 3                       | 5             | Средний       | Пересчет, проверка                              | Невнимательность                    |
| 3 | Отсутствие интереса к результатам исследования | 2                       | 5             | Низкий        | Привлечение предприятий, публикация результатов | Отсутствие результатов исследования |

## 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. 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).

*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<sub>опt</sub> – 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 21. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10 %.

Себестоимость=1 525 955,87 руб.

Выручка=себестоимость\*1,25=1525955,87\*1,25= 1 907 444,83 руб.

Операционные затраты = сырье + амортизация + ЗП (осн + доп) + соц.отч. + науч.ком + контр.расх + накл.расх = 35%\*бюджета = 686 680,14 руб.

Таблица 29 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

| №  | Наименование показателей                                      | Шаг расчета           |                   |                   |                   |                   |
|----|---|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|    |   | 0                     | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 |
| 1  | Выручка от реализации, руб.                                   | 0                     | <b>1907444,83</b> | <b>1907444,83</b> | <b>1907444,83</b> | <b>1907444,83</b> |
| 2  | Итого приток,руб.   | 0                     | 1907444,83        | 1907444,83        | 1907444,83        | 1907444,83        |
| 3  | Инвестиционные издержки, руб.                                 | -1525955,87           | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 4  | Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)                   | 0                     | 686680,14         | 686680,14         | 686680,14         | 686680,14         |
| 5  | Налогооблагаемая прибыль(1-4)                                 | 0                     | 1220764,69        | 1220764,69        | 1220764,69        | 1220764,69        |
| 6  | Налоги 20 %, руб.(5*20%)                                      | 0                     | 244152,94         | 244152,94         | 244152,94         | 244152,94         |
| 8  | Чистая прибыль, руб.(5-6)                                     | 0                     | 976611,75         | 976611,75         | 976611,75         | 976611,75         |
| 9  | Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация) | -1525955,87           | 1074272,93        | 1074272,93        | 1074272,93        | 1074272,93        |
| 10 | Коэффициент дисконтирования при i=20% (КД)                    | 1                     | <u>0,833</u>      | <u>0,694</u>      | <u>0,578</u>      | <u>0,482</u>      |
| 11 | Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)      | -1525955,87           | <b>894869,35</b>  | <b>745545,41</b>  | <b>620929,75</b>  | <b>517799,55</b>  |
| 12 | <b>ΣЧД</b>  | <b>2 779 144,07 Р</b> |                   |                   |                   |                   |
| 12 | Итого NPV, руб.   | <b>1 253 188,2 Р</b>  |                   |                   |                   |                   |

**NPV=2779144,07-1525955,87=1253188,2 руб. > 0**

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %; (10%)

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 736216 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

*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:

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

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2779144,07}{1525955,87} = 1,82$$

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

*Внутренняя ставка доходности (IRR)*. Значение ставки, при которой 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 =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.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 30 и на рисунке 19.

Таблица 30 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

| № | Наименование показателя      | 0           | 1          | 2          | 3          | 4          | NPV, руб. |
|---|------------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 1 | Чистые денежные потоки, руб. | -1525955,87 | 1074272,93 | 1074272,93 | 1074272,93 | 1074272,93 |           |
| 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      | 0,35       |           |
|   | 0,4                          | 1           | 0,714      | 0,51       | 0,364      | 0,26       |           |
|   | 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, руб. |             |           |           |           |           |                 |
|   | 0,1                                   | -1525955,87 | 976514,09 | 887349,44 | 806778,97 | 733728,41 | 1878415,05      |
|   | 0,2                                   | -1525955,87 | 894869,35 | 745545,41 | 620929,75 | 517799,55 | 1253188,20      |
|   | 0,3                                   | -1525955,87 | 826115,88 | 635969,57 | 488794,18 | 375995,53 | 800919,30       |
|   | 0,4                                   | -1525955,87 | 767030,87 | 547879,19 | 391035,35 | 279310,96 | 459300,51       |
|   | 0,5                                   | -1525955,87 | 716540,04 | 476977,18 | 316910,51 | 212706,04 | 197177,91       |
|   | <b>0,6</b>                            | -1525955,87 | 671420,58 | 418966,44 | 262122,59 | 164363,76 | <b>-9082,49</b> |
|   | 0,7                                   | -1525955,87 | 631672,48 | 359881,43 | 218077,40 | 120318,57 | -196005,98      |
|   | 0,8                                   | -1525955,87 | 597295,75 | 331950,34 | 183700,67 | 102055,93 | -310953,18      |
|   | 0,9                                   | -1525955,87 | 565067,56 | 297573,60 | 156843,85 | 82719,02  | -423751,84      |
|   | 1                                     | -1525955,87 | 537136,46 | 268568,23 | 134284,12 | 66604,92  | -519362,13      |

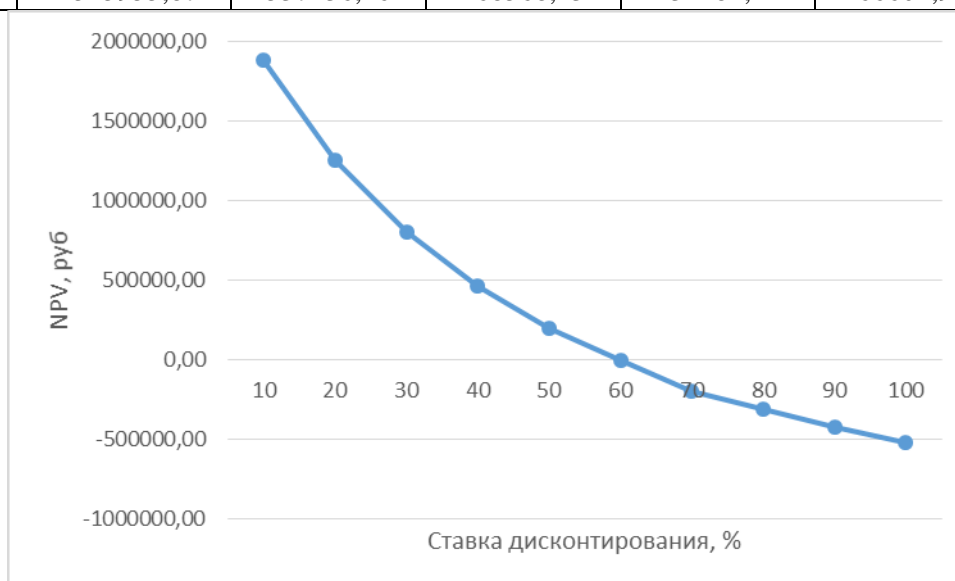


Рисунок 19 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в ноль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,59.

$IRR > i$ , проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта:  $59\% - 20\% = 39\%$

*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 (таблица 31).

Таблица 31 – Дисконтированный срок окупаемости

| № | Наименование показателя                                   | Шаг расчета  |            |           |           |            |
|---|---|--|------------|-----------|-----------|------------|
|   |   | 0  | 1          | 2         | 3         | 4          |
| 1 | Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ ), руб. | -1525955,87  | 894869,35  | 745545,41 | 620929,75 | 517799,55  |
| 2 | То же нарастающим итогом, руб.                            | -1525955,87  | -631086,52 | 114458,90 | 735388,65 | 1253188,20 |
| 3 | Дисконтированный срок окупаемости                         | $DRR_{диск} = 1 + (631086,52 / 745545,41) = 1,85 = 1,9$ года |            |           |           |            |

**Социальная эффективность научного проекта** учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений 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 32).

Таблица 32 – Критерии социальной эффективности

| ДО  | ПОСЛЕ  |
|---|--|
| Отсутствие информации об связи геофагии животных с геохимическим составом почвы   | Получены данные о зависимости нахождения редкоземельных элементов в геофагиальных субстратах                           |
| Нехватка обширных и достоверных данных о геофагиальном поведении животных на территории Прибайкальского национального парка | Обобщены и структурированы данные о геофагиальном поведении животных на территории Прибайкальского национального парка |

### 5.5.2 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:

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

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – 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 (таблице 33).

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| ПО<br>Критерии                      | Весовой<br>коэффициент<br>параметра | Текущий проект | Аналог 1 | Аналог 2 |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------|----------|
| 1. Выход продукта                   | 0,20                                | 5              | 5        | 4        |
| 2. Удобство в эксплуатации          | 0,15                                | 5              | 3        | 3        |
| 3. Надежность                       | 0,15                                | 4              | 4        | 4        |
| 4. Безопасность                     | 0,15                                | 4              | 3        | 4        |
| 5. Простота эксплуатации            | 0,15                                | 5              | 4        | 5        |
| 6. Возможность автоматизации данных | 0,20                                | 5              | 4        | 5        |
| Итого                               | 1                                   | 28             | 23       | 25       |

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

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

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

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

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

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

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

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

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 34.

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели  | Разработка | Аналог 1 | Аналог 2 |
|-------|---|------------|----------|----------|
| 1     | Интегральный финансовый показатель разработки           | 0,18       | 0,16     | 0,16     |
| 2     | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,50       | 3,85     | 4,00     |
| 3     | Интегральный показатель эффективности                   | 23,12      | 22,83    | 23,03    |
| 4     | Сравнительная эффективность вариантов исполнения        | 1,02       | 1,01     | 1,0      |

Выводы: 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 определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 1 253 188,20 руб.; индекс доходности  $PI=1,82$ , внутренняя ставка доходности  $IRR=59\%$ , срок окупаемости  $PP_{\text{дск}}=1,9$  года. Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

## Глава 6. Социальная ответственность

### Введение

Данная выпускная квалификационная работа проводилась с целью выявления геохимических особенностей почв и растительности в районе развития геофагии диких животных на территории Прибайкальского национального парка (Иркутская область).

В ходе исследования была осуществлена обработка результатов анализов проб почвы, растительности; расчет геохимических показателей и их сравнительных характеристик; оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, а также набор текста на персональном компьютере. Основная работа производится в закрытом помещении за компьютером.

Цель раздела состоит в анализе вредных и опасных факторов производственной деятельности, которые могут воздействовать на человека в ходе проведения данных работ, в решении правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности, а также обеспечении экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях. Полученные результаты могут быть использованы при проведении эколого-геохимических исследованиях различных территорий в будущем.

Работы проводились как в полевых условиях – на открытом воздухе в летнее время года, так и в помещениях: лабораториях со специальным оборудованием и в кабинетах с персональными компьютерами. Наиболее продолжительным этапом работы являлся камеральный этап, местом деятельности выступает учебный кабинет № 541, 20 корпуса ТПУ, расположенный на 5 этаже. Размер помещения 8,5×9,5×3,1м. Площадь на одно рабочее место в ПК составляет не менее 4,5 м<sup>2</sup>, а объем – не менее 20 м<sup>3</sup>. В аудитории имеется 12 персональных компьютеров.

### **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Согласно Трудовому кодексу РФ Работа в офисе относится ко второй категории тяжести труда, если работа выполняется при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Возможно, сокращение рабочего времени, для отдельных групп лиц.

При 12-часовой рабочей смене перерывы устанавливаются для первых 8 часов работы аналогично перерывам при 8-часовой рабочей смене, а в течение последних 4 часов работы, независимо от категории и вида работ, каждый час продолжительностью 15 минут. Эффективными являются нерегламентированные перерывы или микропаузы длительностью 1-3 минуты. Во время перерывов и микропауз желательно выполнять упражнения для глаз, кистей рук для снятия напряжения.

Режимы труда и отдыха при работе с ПК должны организовываться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности, которые разделяются на 3 группы:

1. группа А – работа по считыванию информации с экрана ПК с предварительным запросом;
2. группа Б – работа по вводу информации;

### 3. группа В – творческая работа в режиме диалога с ПК.

При выполнении в течение рабочей смены работ, относящихся к разным видам трудовой деятельности, за основную работу с ПК следует принимать такую, которая занимает не менее 50% времени в течение рабочей смены или рабочего дня.

Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ПК, которые определяются: для группы А – по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60 000 знаков за смену; для группы Б – по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40 000 знаков за смену; для группы В – по суммарному времени непосредственной работы с ПК за рабочую смену, но не более 6 часов за смену.

Для инженеров, обслуживающих учебный процесс в кабинетах (аудиториях) с ПК, продолжительность работы не должна превышать 6 часов в день.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей, на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы.

Продолжительность непрерывной работы за ПК без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов. Для предотвращения последующего ухудшения самочувствия пользователя и снижения его общей активности и работоспособности целесообразно соблюдать режим труда и отдыха.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место при выполнении работ сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 представлены общие требования к организации рабочих мест пользователей персональных компьютеров (ПК). Стоит отметить, что с 01.01.2021 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 отменен, заменен на СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи», но в заменяющем документе не в полном объеме описаны требования к размещению ПК.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов должно составлять не менее 1,2 м.

Расстояние между экраном видеомонитора и глазами пользователя должно составлять 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размера шрифта.

Конструкция рабочего стола должна позволять оптимально размещать на рабочей поверхности используемое оборудование с учетом его количества и конструкций, а также характера выполняемой работы. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы должна учитывать рост пользователя, характер и продолжительность работы на ПК. Рабочий стул должен обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы, позволять менять позу для снижения нагрузки на мышцы спины и шейно-плечевого отдела. Рабочий стул должен регулироваться по высоте и углам наклона сиденья и спинки, по расстоянию спинки от переднего края сиденья. Поверхность сиденья, спинки должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

## 6.2 Производственная безопасность

В данном разделе оценены требования производственной безопасности при проведении лабораторных исследований проб твердого осадка снега и почвы. Для выбора факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Все вредные и опасные факторы приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Основные опасные и вредные факторы, которые возникают при исследовании проб твердой фазы снега в лабораторных условиях

| Факторы<br>(по ГОСТ 12.0.003-2015)                     | Этапы работ |              |             | Нормативные документы   |
|--|-------------|--------------|-------------|---|
|  | Полевой     | Лабораторный | Камеральный |   |
| Недостаточная освещенность рабочей зоны                |             | +            | +           | СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»;  |
| Отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе | +           |              |             | СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; |
| Тяжесть физического труда                              | +           |              |             | Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»;        |
| Поражение электрическим током                          |             | +            | +           | ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность».  |

|  |  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
|  |  |   |   | Общие требования и номенклатура видов защиты»;   |
| Отклонение параметров микроклимата в помещении |  | + | + | СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»           |
| Пожароопасность                                |  | + | + | ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования»;<br>СП 10.13130.2020 «Системы противопожарной защиты»; |

### 6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

В данном разделе стоит упомянуть действие вредных и опасных факторов на рабочем месте при проведении полевых работ в зимний и осенний период времени, лабораторных и камеральных работ в помещении с использованием персонального компьютера.

#### Полевой этап

##### 1. Отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе

1. Полевые работы в летнее время в нагревающем микроклимате сопровождаются напряжением деятельности различных функциональных систем организма, обеспечивающих температурный гомеостаз, что может привести к ухудшению самочувствия, снижению работоспособности и производительности труда и в целом явиться причиной нарушения состояния здоровья. Одним из способов уменьшения термической нагрузки на организм работника может быть снижение продолжительности ее воздействия, направленное на сохранение должного теплового состояния человека.

Дополнительные рекомендации при работе на открытой местности в летний период времени:

- допускаются к работе в нагревающем микроклимате только лица, прошедшие медосмотры и не имеющие противопоказаний;
- соблюдения мер профилактики перегревания и рекомендаций относительно режима работы;

##### 2. Тяжесть и напряженность физического труда

Труд в полевых условиях всегда связан с физическими нагрузками. Отбор почвенных проб методом «конверта» подразумевает отбор пробы массой до 5 кг.

Физическая тяжесть труда – нагрузка на организм, требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения. Согласно Р 2.2.2006-05



классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат, с учетом вида нагрузки (статистическая или динамическая) и нагружаемых мышц.

Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая; 5-10 кг для женщин и 15-30 кг для мужчин – средней тяжести; свыше 10 кг для женщин и 30 кг для мужчин – тяжелая.

В соответствии с градацией, представленной выше, работы по отбору почвенных и растительных проб характеризуются как легкие и не несут опасности, связанной с тяжестью физического труда.

### **Лабораторный и камеральный этапы**

#### *1. Недостаточная освещенность рабочей зоны.*

При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы. Нормирование освещенности производится в соответствии с СП 52.13330.2016 – минимальная освещенность на рабочих местах не должна отличаться от нормируемой средней освещенности в помещении более чем на 10%. Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах.

Компьютерный класс, в котором расположено рабочее место имеет совмещенное освещение. Естественное освещение представлено двумя боковыми окнами, ориентированными на восток. Искусственное освещение представлено 20 светильниками, встроенными в потолок. Светильники расположены в пять рядов, параллельно столам с ПК, таким образом, что они обеспечивают равномерное освещение помещения. Расчет искусственного освещения представлен в приложении Б.

#### *2. Поражение электрическим током.*

Опасными факторами при работе на ПК могут являться перепады напряжения, высокое напряжение и вероятность замыкания человеком электрической цепи.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает три вида воздействия:

1. термическое - ожоги разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов;
2. электролитическое - расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма;
3. биологическое - нарушение нормальной работы мышечной системы, вызывая произвольные судорожные сокращения мышц.

Лаборатория, в которой проводится анализ проб почвы и растительности в отношении опасности поражения людей электрическим током относится к помещению без повышенной опасности поскольку в данном помещении относительная влажность составляет 40-60%, температура воздуха в помещениях не превышает 35°C, пол деревянный, то есть не проводящим ток. Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-2017.

Во избежание поражения электрическим током при работе с ПК запрещается:

- прикасаться задней панели системного блока, а также тыльной стороне дисплея компьютера;
- работать за компьютером во влажной одежде или влажными руками;
- вытирать пыль с компьютера во включенном состоянии;
- использовать жидкие или аэрозольные чистящие средства для осуществления чистки компьютера;
- касаться одновременно каких-либо трубопроводов, батарей отопления, металлических конструкций, соединенных с землей (при пользовании электроприборами);
- класть посторонние предметы на средства вычислительной техники, а также периферийные устройства.

### *3. Отклонение показателей микроклимата в помещении.*

К показателям, характеризующим микроклимат в производственных помещениях относятся: температура воздуха; температура поверхностей; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения. Все вышеперечисленные показатели формируются за счет работы отопительной и вентиляционной систем. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального теплового состояния организма.

Работы по анализу проб были проведены в учебных лабораториях и компьютерных классах. Компьютеры и микроскопы являются источниками существенных тепловыделений и могут привести к повышению температуры или снижению относительной влажности в помещениях.

Длительное воздействие на человека неблагоприятных показателей микроклимата ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям, поэтому в организации должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, установленные СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Для комфортной работы необходимо соблюдать оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне.

#### *4. Пожароопасность.*

В помещениях лаборатории, в коридорах, под лестницами запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, которые загромождают проходы и доступ к средствам пожаротушения.

После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях.

При возникновении пожара, задымления и других признаках пожара сотрудник лаборатории обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону «01», сообщив адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
- поставить в известность начальника лаборатории, который должен принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара, и окружающих сотрудников;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- при общем сигнале опасности покинуть здание.

#### **6.3 Экологическая безопасность**

На первом этапе проведения лабораторных работ осуществляется пробоподготовка исследуемых природных сред, которая включала просушивание проб, их упаковку для отправки на дальнейшие анализы. На данном этапе воздействие на ОС ограничивается образованием отходов, к которым относятся бумага, алюминиевая фольга, вата и мусор от уборки помещений (V класс опасности). Степень вредного воздействия на окружающую среду отходов V класса опасности – очень низкая, эти материалы, как правило, не несут никакой опасности или угрозы жизни человека, на данный вид отходов паспорт не выдается, рекомендовано сдавать на переработку.

На втором этапе лабораторных работ для исследования проб почвы и растительности, использовался метод инструментального нейтронно-активационного анализ (ИНАА). Анализ проводился на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета.

В процессе обработки исследуемых проб различными аналитическими методами, также может происходить образование отходов при поломке техники или ее компонентов. Вышедшие из строя электронные компоненты и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации.

При проведении инструментального нейтронно-активационного анализа, пробы отправляются в ядерно-геохимическую лабораторию отделения геологии на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Работы проводятся подрядчиками, где облученные образцы, в последующем, отправляются на

захоронение. Вредное воздействие проявляется в излучении радиоактивных элементов облученными пробами.

#### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

К возможным чрезвычайным ситуациям на рабочем месте на этапе лабораторных и камеральных работ можно отнести внезапное обрушение здания, землетрясение и пожар.

С учетом наличия ПК в помещении наиболее вероятно возникновение пожара, Предотвращение распространения пожара достигается следующим мероприятиями, согласно Федеральному закону от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (ред. 01.03.2023).

1. конструктивные и объёмно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению;

2. ограничения пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;

3. наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения;

4. сигнализация и оповещение о пожаре.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.4.009-83 все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по и иметь средства пожаротушения. В лаборатории должны быть установлены пожарные краны (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами. Каждое рабочее помещение должно быть оснащено огнетушителем и песком. В случае возникновения пожара в помещениях лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников.

Если возникновения пожара не удалось избежать, причинами которого могут послужить неисправность проводки, сбой компьютерной техники, халатность сотрудника при выполнении работ, следует провести эвакуацию сотрудников согласно плану эвакуации, и вызвать пожарную службу. При небольшом пожаре следует попытаться потушить его самостоятельно, используя огнетушители. В здании для лабораторных исследований имеются порошковые огнетушители типа ОУ-08.

#### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

Информация, проанализированная и полученная в ходе выполнения раздела «Социальной ответственности» является необходимой для полноценного состава выпускной квалификационной работы, были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, выявлены и охарактеризованы опасные и вредные факторы, возникающие при выполнении геоэкологических работ.

Также были рассмотрены возможные экологические последствия, связанные с выполнением работы, проанализирована такая ЧС, как пожар на рабочем месте. Практическая значимость раздела состоит в выявлении опасных и вредных факторов, составлении мероприятий по защите в чрезвычайных ситуациях и мер защиты при негативном воздействии источников на окружающую среду.

Полученные результаты могут быть полезны для прохождения инструктажей перед началом работы в лабораториях на специализированном оборудовании и персональных компьютерах во избежание несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций.

## Заключение

В ходе работы произведено исследование феномена геофагии животных, а также геохимических особенностей почвы и растительности, в районе её распространения, на примере территории Прибайкальского национального парка.

Основные результаты работы:

1. Описаны история исследования вопроса и основные исследования, проведенные в данной области.
2. Представлены главные гипотезы возникновения феномена геофагии животных, существующие на данный момент.
3. Описаны методы аналитических исследований, использованные в работе.
4. Составлена физико-географическая характеристика территории отбора проб.
5. Выявлены следующие особенности накопления химических элементов редкоземельной группы: средняя концентрация химических элементов редкоземельной группы на территории отбора остров Ольхон значительно превышает их концентрацию в почвах материковой части Прибайкальского национального парка. Несмотря на это, кларк концентрации для элементов данных групп не превышает среднего для верхнего слоя литосферы. В пробах растительности среднее содержание редкоземельных элементов близко к нулю, как для материковой части, так и для острова Ольхон.
6. Выявлено избыточное накопление химических элементов: для материковых проб – элементов Ca, Mn, Se, Br, Sr; для проб почвы острова Ольхон – элементов Se, Br, I; для материковых проб растительности – элементов Sc, Br, Ta, Au, Th; для проб растительности острова Ольхон – элементов Sc, Se, Br, Mo, Eu, Ta, Au, Th. Кроме того, выявлена геохимическая особенность, характерная для всех проб почвы Прибайкальского национального парка – аномально высокое содержание Йода (I), кларк концентрации которого превышает кларк верхнего слоя литосферы в 9 раз, для материковых почв, и в 13 раз, для почв острова Ольхон. Пробы растительности характеризуются аномальным содержанием элемента Скандий (Sc), кларк концентрации которого превышает кларк растительности в 8 раз для обеих групп.
7. Получены следующие данные о причинах геофагии животных: результаты анализа отобранных проб в сравнении с фоновыми пробами свидетельствуют о повышенном содержании элементов группы редкоземельных металлов, что является косвенным подтверждением редкоземельной гипотезы проявления геофагии животных.

## Список литературы

### Опубликованная литература

1. Бгатов В. И., Мотовилов К. Я., Спешилова М. А. Функции природных минералов в обменных процессах сельскохозяйственной птицы // С.-х. биология. – 1987. – № 7. – С. 98–102.
2. Галимова Т.Ф., Пермяков С.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-48 — Иркутск. Объяснительная записка. — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ. – 2009. – 574 с.
3. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной земной коры /Геохимия, 2003, № 7. – С. 785 – 792.
4. Драверт П. Л. О литофагии// Сибирская природа. – 1922. – №1. – С. 3-6.
5. Ермаков В.В., Ковальский Ю.В. Живое вещество биосферы: масса и химический элементный состав// Геохимия. – 2018. – №10. – С. 931-944.
6. Михальчук А.А., Язиков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть III. Лабораторный практикум. Учебное пособие // Томск: Изд. ТПУ, 2014. 198 с.
7. Насимович А. А. К познанию минерального питания диких животных Кавказского заповедника // Тр. Кавказск. заповедника. М. –1938. – Вып. 1. – С. 49-54.
8. Паничев А. М. Литофагия (геологические,биологические и биомедицинские аспекты). – М.: Наука. 2011. – 178 с.
9. Паничев А. М. Литофагия в мире животных и человека. – М.: Наука. 1990. – 220 с.
10. Паничев А. М. Литофагия: Причины феномена// Природа. – 2016. – №4. – С. 25-34.
11. Паничев А. М., Голохваст К.С. О причинах и следствиях литофагиального инстинкта// Успехи наук о жизни. – 2009. – №1. – С. 70-81.
12. Францевич Л. П. Патология системы эритроцитов // ВСП. – 2015. – №4. – С. 450-460.
13. Barmettler, F., Castelberg, C., Fabbri, C., Brandl, H. Microbial mobilization of rare earth elements (REE) from mineral solids–A mini review. // AIMS Microbiology. – 2016. – Vol. 2. – P.190–204.
14. Blair-West J. R., Denton D.A., Gellatly D.R. Changes in Sodium Appetite in Cattle Induced By Changes in CSF Sodium Concentration and Osmolality. // Physiology & Behavior. – 1987. – Vol.39. – № 4. – P. 465-469.
15. Burchfield, S. R., Elich, M. S., Woods, S. C. Geo-phagia in response to stress and arthritis. // Physiology &Behavior. – 1977. – Vol. 19. – P. 265–267.
16. Heusinger K.F. Die sogenannte Geophagie oder tropische (besser: Malaria-) Chlorose als Krankheit aller Länder und Klimate — Adamant Media Corporation, 1852. – 193 p.

17. Panichev A.M. Geophagy in animals and geology of kudurs (mineral licks): a review of Russian publications // *Environmental Geochemistry and Health*. — 2012. — Vol. 35. — № 1. — P. 133-152.
18. Panichev A.M., Seryodkin I.V., Kalinkin Y.N., Makarevich R.A., Stolyarova T.A., Sergievich A.A., Khoroshikh P.P. Development of the "rare-earth" hypothesis to explain the reasons of geophagy in Teletskoye Lake are kudurs (Gorny Altai, Russia). // *Environ Geochem Health*. — 2018. — №40. — P.1299-1316.
19. Pebsworth P., Lambert J.E., Young S.E. Geophagy among nonhuman primates: A systematic review of current knowledge and suggestions for future directions // *American Journal of Physical Anthropology*. — 2018. — Vol. 168. — № S67. — P. 164-194.
20. Pol, A., Barends, T. R. M., Dietl, A., Khadem, A. F., Eygensteyn, J., Jetten, M. S. Rare earth metals are essential for methanotrophic life in volcanic mudpots. // *Environmental Microbiology*. — 2014. — №16. — P.255–264.
21. Ramachandran, K. K., Balagopalan, M., Vijayakumaran Nayr, P. Use pattern and chemical characterization of the natural salt licks in Chinnar wildlife sanctuary // *Thrissur: Kerala forest research institute Peechi*. — 1995. — № 94. — P. 1-18.
22. Rea R.V. The effectiveness of decommissioning roadside mineral licks on reducing moose (*Alces alces*) activity near highways: implications for moose–vehicle collisions // *Canadian Journal of Zoology*. — 2021. — Vol. 99. — № 12. — P. 1009-1019.
23. Stepanova V.V., Argunov A.V., Kirillin R.A., Okhlopkov I.M. Time-study of moose (*Alces alces* L., 1758) geophagia activity in the Central Yakutia // *Russian J. Theriol.* — 2017. — Vol.16. — № 2. — P.185–190.
24. Stotzky, S., Rem L.T. Influence of clay minerals on microorganisms: i. montmorillonite and kaolinite on bacteria. // *Canadian Journal of Microbiology*. — 1966. — Vol. 12. — № 3. — P. 547-563.
25. Takahashi, Y., Chatellier, X., Hattori, K. H., Kato, K., Fortin, D. Adsorption of rare earth elements onto bacterial cell walls and its implication for REE sorption onto natural microbial mats. // *Chemical Geology*. — 2005. — № 219. — P.53–67.
26. Wilson M. J. Clay mineralogical and related characteristics of geophagic materials. // *Journal of Chemical Ecology*. — 2003. — Vol. 29. — P.1525–1547.

#### Нормативно-методические документы

27. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Дата введения 1986-01-01.
28. ГОСТ Р 58588-2019. Отбор и подготовка растительных проб для изотопного анализа. Дата введения 2020-01-01.



#### Интернет ресурсы

29. Прибайкальский национальный парк: официальный сайт. – 2022. – ФГБУ "Заповедное Прибайкалье". URL: <https://baikal-1.ru/territory/pribaikalsky> (дата обращения: 10.04.2023).  
– Текст: электронный.

## Приложение А

### The phenomenon of geophagy in animals and humans

Обучающийся

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| 2ГМ11  | Потоскуев Алексей<br>Алексеевич |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность                       | ФИО                            | Ученая<br>степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------|------|
| Доцент<br>отделения<br>геологии | Соктоев<br>Булат<br>Ринчинович | к.г.-м.н.                    |         |      |

Консультант-лингвист отделения иностранных языков

| Должность                                   | ФИО                                   | Ученая<br>степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---|---------------------------------------|------------------------------|---------|------|
| Доцент<br>отделения<br>иностраных<br>языков | Болсуновская<br>Людмила<br>Михайловна | к. фил. н.                   |         |      |

## **Introduction**

This work is devoted to the study of the phenomenon of geophagy, which was discovered in animals and humans. The paper presents the results of field and laboratory studies, and also considers the main hypotheses that appear in domestic and foreign literature today, with the help of which attempts are made to explain the causes of geophagic behavior.

Human geophagy is considered from a historical point of view, cases of geophagy among different human cultures of the planet are described. Particular attention is paid to the extensive works that study the population of African countries, and three main hypotheses for the emergence of this phenomenon are given. The paper does not consider cases of geophagy caused by mental disorders.

Geophagy (lithophagy) among animals is considered for different groups of animals. The paper discusses scientific research that describes the lithogenic composition of soils eaten by animals, and presents hypotheses that explain geophagy as a physiologically determined process.

## **Description**

Lithophagy (from the Greek: "λίθος (lithos)" - stone, "φάγω (phagos)" - to eat) is the process of swallowing stones and lithogenic substances. Cases of this behavior have been recorded in both animals and humans. The author of the term is the Russian scientist and traveler Pyotr Ludovikovich Dravert, who first used it in his article "On Lithophagy", published in 1922 in the scientific journal "Siberian Nature". In his article, Dravert, being under the influence of mass cases of land-eating among the starving people of the European part of Russia, considered this phenomenon from the point of view of people absorbing minerals in order to find food. He described a similar tendency in some animals, however, excluding cases of ingestion of stones "as millstones for grinding food". Also, the article provided data on the prevalence of lithophagy among various peoples and cultures throughout the Earth.

At the same time, the term "geophagy" already existed in Western literature, which was introduced by the German physician Karl Friedrich Geisinger in a medical work written in 1852. However, this phenomenon was considered in it as a consequence of psychological disorders, schizophrenia, or dementia, which a person suffers from. Subsequently, it was the "Heisinger's syndrome" that was called the tendency to geophagy in humans. Both the term "geophagy" and the term "lithophagy" describe the same phenomenon, but the first one is more commonly used in scientific publications.

Since the beginning of the 20th century, scientists embarked on a systematic study of animal ecology and biology. In the course of observations, special places were discovered that animals actively visit to consume water and earthy substances rich in mineral salts. It was during this period that the term "animal salt licks" appeared in Russian literature, which emphasize the connection between certain types of soils and the predilection of herbivorous animals for sodium salts. An analogue of these terms has long existed among the Turkic-speaking peoples of Central Asia, called "kudyurs" - places that animals

visit to eat the earth. A.N. Nasimovich, who collected extensive material on the pattern of visits by various species of herbivorous mammals to solonchaks located on the territory of the Caucasian Reserve. A.N. Nasimovich also made the first attempts to analyze the chemical composition of solonchak rocks.

Currently, studies of lithophagy are being conducted in many countries of the world (USA, Canada, Europe and Asia, Africa and Latin America), more than a thousand scientific publications have been published. In Russia, the centers of study are considered to be the Pacific Institute of Geography, the Far Eastern Geological University, and the Far Eastern Federal University, whose employees have been conducting field research and publishing articles and monographs for more than forty years. However, the final explanation of the phenomenon of lithophagy remains in question today.

### **Studies in humans**

Cases of lithophagy have been recorded in human societies from ancient times to the present day. Back in 400 BC. Hippocrates described cases of lithophagy, and a little later, Celsus in his work *De Medicina* associated cases of anemia with earth-eating. In VI AD the Byzantine physician Aetius of Amida noticed that pregnant women tend to eat inedible objects, including earth, and described this phenomenon with the term "pica" (lat. Pica - magpie).

As human civilization developed, geographical discoveries led to the expansion of ethnographic data about the life and culture of various peoples inhabiting the Earth. Thus, enough facts and information were accumulated, fixing various forms of land-eating in many different cultures. The scientific work of colonial doctors "Cachexia Africana", describing cases of dystrophy due to earth-eating among black natives of the African continent, was one of the first. Later, similar descriptions were found in works on travels to South America and India. The first work that summarized information about lithophagy around the world was the work of the ethnographer of American origin B. Laufer, which was published in 1930. It described the customs of using lithogenic substances for food by the peoples of America, Europe, Asia, Australia, Siberia, Africa, etc.

With the pass of time, it became clear that the general prevalence of geophagy phenomenon couldn't be explained only by the manifestation of mental illness of individuals: the roots of this phenomenon go back to the distant antiquity of many cultures. For example, in Africa, human burials were found, with the remains of "edible" clay, approximately 35 thousand years of old. In other words, it is worth separating the terms "picacism" and "geophagy (lithophagy)": the former refers to a perversion of appetite, expressed in cravings to eat inedible objects, including coal, earth, etc., while geophagy is a phenomenon of a special eating behavior of a person, often a part of a ritual at the level of entire human societies. And although formally individual cases of geophagy can be considered as a special form of picacism, in general, this phenomenon is more complex.

Currently, most of the research in this area is carried out in the countries of the African continent. This is due to the presence of local, widespread practices of lithophagy among children and adults. It

should be noted that traditionally, manifestations of this deviation are predominantly found in young children and pregnant women, so researchers separate cases of childhood and adult geophagia.

1) A study of the association of geophagy and intestinal parasite infection in a child population of rural Guinea was published in the International Journal of the Epidemiological Association in 1999 [4]. This cross-sectional study was conducted to measure the prevalence and pattern of nematode intestinal infections and geophagia in children 1–18 years of age in a rural area of Guinea, Africa. One objective was to characterize and quantify the relationship between geophagia and the risk of soil-transmitted nematode parasites for which ingestion is the primary route of infection versus those which infect by penetration of the skin. This was part of a larger study to identify risk factors for intestinal parasitism and to determine its relationship to the health and nutritional status of infected children.

The results of this study provide one of the first quantitative estimates of the prevalence of soil-transmitted nematode intestinal parasitism in children in rural areas of Guinea. A higher prevalence of *A. lumbricoides* and *T. trichiura* infections were observed among males than females aged 1–5, and a higher prevalence among females than males aged 11–18 years. This pattern of parasitism with respect to the age and gender of the children coupled with the pattern of geophagia, indicates that geophagia is a specific risk factor for infection with orally acquired soil-transmitted nematode parasites such as *A. lumbricoides* and *T. trichiura*, but not for parasites that infect primarily through the skin. Although in a similar study of pre-school children aged 1–5 years in nearby Ghana *A. lumbricoides*, hookworm, *T. trichiura* and *S. stercoralis* infections were commonly observed either alone or in various combinations, no significant differences were detected in the prevalence of parasites according to gender.

A high prevalence of geophagia among children in a community may partially explain a high rate of intestinal parasitism. However, in developing countries, intestinal parasitism is also an indicator of substandard sanitation, poor personal hygiene, lack of a convenient, safe water source, overcrowding and poverty.

It was noted during this study that geophagia was culturally accepted by mothers of children who were receiving breast milk. After weaning, geophagia was neither discouraged nor encouraged by mothers. Anthropologists have found that habits such as earth and clay eating are common in certain areas of the world and may become part of life for that population group.<sup>11</sup> While it is believed by some that geophagia is a response to a physiological need and is related to growth periods such as childhood and pregnancy,<sup>12</sup> a survey in Africa<sup>13</sup> suggested that the habit was widespread and was passed on from one generation to another, because of the belief in the magical and spiritual properties of the earth and a genuine enjoyment of the habit rather than for any physiological necessity.

2) The Pemba Health Laboratory (Zanzibar, Tanzania) and Cornell University (USA) conducted a study of the relationship of geophagy in pregnant women of Pemba Island with the incidence of parasitic infections [9]. The first research method was interviewing 60 inhabitants of the island, of which

only 3 were male, who practiced geophagy. Based on their responses, two types of geophagy material were selected: "acceptable" in the amount they ingest daily; "unacceptable" - the one that the respondents called inedible. All interviewees were picky about the choice of soil. When asked to explain the criteria for the "edibility" of the soil, the answer mainly indicated its pleasant smell and texture, as well as that the soil was from a clean place. None of the respondents confirmed that they use "any" soil, rejecting samples from contaminated areas. All interviewed women indicated that they only eat soil when they are pregnant.

At the second stage, 970 women were examined, on average, being at the 25th week of pregnancy. In addition to the questionnaire, fecal analyzes were collected for the presence of hookworm eggs, roundworms and whipworms. Participants were asked about their recent and past experiences of geophagy during current and past pregnancies, as well as similar experiences outside of pregnancy. The ethnographic interview revealed that the participants consider geophagism during pregnancy to be "normal".

The results of analyzes of "edible" soil samples did not reveal the presence of parasites dangerous to humans. In only one specimen, a non-parasitic, free-living nematode was found. Ascaris and whipworm eggs were found in the "inedible" samples. Thus, the authors of the study concluded that manifestations of geophagia are not a source of parasite infection among pregnant women of Pemba Island.

3) Representatives of the University of Limpopo investigated geophagy of pregnant women as a way to relieve nausea and vomiting [3]. This practice is widespread in South Africa and Cameroon. To study the issue, 13 food soil samples were taken: 6 from Cameroon and 7 from South Africa; the samples were subjected to physicochemical analysis. It was found that all the presented samples belonged to the group of silty loams, medium or high plasticity, were acidic (pH 3.1 - 6). In addition to consistency, the sour taste of the soil was associated with a reduction in excessive salivation and was attributed to the pH of the soil and its content of dissolved salts. In addition, the study focused on the cultural phenomenon of geophagy practiced by traditionally oriented peoples and associated with their belief system, in which the soil represents fertility, belonging to a certain place and procreation. These cultural factors are the main incentive for pregnant women to geophagy behavior.

### **Studies in animals**

Among animals, lithophagy is most characteristic of most ancient species with muscular stomachs, such as reptiles, amphibians, birds, and some fish. Gastroliths are almost always present in the stomach of such animals. Lithophagy is also characteristic of mammals, especially herbivores (including primates), but with a different specificity. Thus, typical gastroliths are eaten only by pinnipeds, while in terrestrial forms, lithophagy is not widespread, but only in certain areas and depends on the annual cycle, usually occurring in spring. The composition of the minerals eaten is also different

- these are not stones, but earthy substances, more often the clay fraction. This form of lithophagy is called kudurite. Unlike cudurite, gastrolithic lithophagy does not have a seasonal manifestation, i.e., gastroliths are constantly present in the body and are included in its system. Their number and composition may change, depending on the geological conditions of the area and seasonal features - snowmelt, snow depth, rainfall intensity. Herbivorous animals resort to the kudurite form only periodically, as needed. The instinctive search for kudyurites by animals, with visiting certain places for a long time, acquires the character of a tradition in them, leading to the formation of characteristic landscape complexes - kudyurs. The presence of such complexes is a sign of uneven distribution of mineral substances in soils, as well as constant stressors affecting animals in this area. Such areas are more common in areas of medium and high mountains and this is largely due to the composition of the constituent rocks, especially if they are rocks of volcanic origin. This is explained by the fact that soils and vegetation on volcanic rocks always have a very contrasting composition. Also, adaptive difficulties arise in animals living on chemogenic-sedimentary rock types (especially calcium and magnesium carbonates) due to their chemical contrast. In such areas, animals often resort to visiting kudyurs.

In animals living in a flat landscape, adaptation problems and associated cases of lithophagy are less common, but nonetheless occur. Such cases are associated with the harsh climatic regime of the territory, for example, in the northern tundra, or in arid areas, in areas with excessive salinity or a high content of carbonates in the soil.

Carnivorous animals practically do not feel the need to visit kudyurs, unlike herbivores. This fact directly comes from the mode of nutrition: the meat that predators eat is already balanced in chemical composition and varies little in it, while the content of chemicals in plants can vary by many orders of magnitude. This also explains the frequency of visits by animals to kudyurs in the spring season, since this is a period of change in the feed ration, due to which the balance of minerals in the body of herbivores loses stability.

1) Field studies of the behavior of ungulates near kudyurs show that the manifestations of animal geophagy are subject to seasonal rhythms. The maximum number of animals in the territories of Kudyurs, on average, occurs in late spring/early summer, shifting in some years to the middle of summer. In autumn, usually in September, there is a second, smaller peak. In the work that studied the behavior of wild ungulates on kudyurs in Central Yakutia, the following patterns were revealed: in total, 216 elk individuals visited kudyurs, including repeated visits of the same individuals; attendance in June was 43.3%, July - 49.2%, August - 5.8%, September - 1.7%, October - 0%. On average, the number of visits per day by animals was 3.1. Basically, the animals visited the sites from 20.00 pm to 8.00 am. The highest frequency of visits during the summer months (June-July) was explained by the large shortage of mineral elements during the horn growth and lactation period for wild artiodactyls. For example, in

June, females visited places more often than males, due to the lactation period, and in July, males prevailed, which is associated with the process of ossification of the horns in this month.

2) Researchers at Northern University, British Columbia, studied salt-eating activity in North American moose that accumulates on roadsides [7]. They suggested that moose appear to use mineral licks, both near and away from roads, to obtain sodium and other minerals (e.g. iron, calcium, magnesium, sulfates, and carbonates). These elements are essential for physiological processes related to muscle and neuron function, pregnancy, lactation, molting, antler growth, and to help stabilize rumen function (e.g., pH, microbial community). Field study showed, that moose are attracted to roadside licks because of high concentrations of minerals and other soil suspensions in these roadside waters. The largest number of individuals was recorded from May to June, which corresponded to the highest frequency of traffic accidents that occurred from a collision of moose with cars.

### **Theories about humans**

Cases of human geophagy have been described by people of different cultures throughout human history. To date, data on this issue have been collected from probably all countries of the world. However, the question of the reasons of geophagy behavior still does not have a clear answer. Researchers from different fields of science (ecology, anthropology, biochemistry, medicine, geology, etc.) put forward various hypotheses to explain this phenomenon, but cannot come to a common opinion. Difficulties arise for two reasons: 1) Most of the research in this area is carried out only within the framework of one given discipline. This significantly narrows the range of possible searches. 2) Some researchers deliberately avoid discussing the identified patterns of possible causes of the phenomenon if they are outside the scope of their discipline. Such a highly specialized approach leads to conflicting data, for example, on the positive or negative effects of geophagy on human health.

A group of authors from Cornell University (USA) considered three main hypotheses of human geophagy: the first two considered it as a form of adaptive behavior, the third considered a non-adaptive mechanism of occurrence [10].

*Hypothesis №1 – Nutrient deficiency.* The hypothesis suggests that human geophagic behavior can be explained by deficiencies in micronutrients, most commonly iron and zinc, and macronutrients such as sodium and calcium. For example, anemia - a decrease in hemoglobin concentration and a lack of red blood cells in the blood - is most often associated with iron deficiency, which, it seems, can lead to geophagia. It is worth noting that anemia, strictly speaking, is not a separate disease, but manifests itself as a symptom of concomitant diseases and pathologies, which may not be associated with a lack of any trace elements in the body.

If this hypothesis is correct, then it should be assumed that people suffering from a lack of minerals (iron, zinc, calcium) practice geophagy more often than others. From this assumption it follows that: if geophagy develops from a lack of calcium, then people of retirement and pre-retirement age



should practice it more often than others, because they need it more than others; if geophagia is caused by a lack of zinc, then its distribution should not depend on age, because people of all ages need it equally; if geophagy is caused by iron deficiency, then the main geophages should be women and small children. However, none of these assumptions has been confirmed in the scientific literature. In addition, considering the lack of iron in women due to pregnancy, it can be assumed that the need for iron and calcium in women is aggravated in the later stages, due to the development of the fetus, respectively, the likelihood of geophagy should also increase. However, the collected data refute this assumption, showing that cases of geophagy are recorded in the early terms almost twice as often as in the later ones. These patterns do not fit into the nutrient deficiency hypothesis.

*Hypothesis №2 – Protective.* The hypothesis suggests that geophagy is an adaptive defense mechanism to cope with gastrointestinal disorders. With this assumption correlates the fact that 96% of the study participants who practiced geophagy had one of the gastrointestinal disorders. An important factor was the selectivity of the soil consumed for food. For example, in 237 out of 243 registered cases of geophagia (98%), the soil used was clay-like. Moreover, the soil was frequently subjected to multi-stage processing, before eating, reducing the likelihood of becoming infected with parasites.

One of the postulates of the defense hypothesis says that people who are most susceptible to the effects of pathogens, toxins and parasites should practice geophagy more often than others. Pregnant women are a particularly susceptible group, as their natural immunity is suppressed and the body's chemical balance is disturbed. In other words, avoiding sources of disease and infection is especially important for both the health of the pregnant woman and the health of the baby. From which we can conclude that, in cultures where geophagy is common, it should be more common among pregnant women. This assumption is true and supported by statistics: there are more reported cases of geophagy in pregnant women group than among all other groups of people combined. Geophagy is so associated with pregnancy that, in some cultures, it is characterized as a unique behavior associated with the onset of pregnancy.

*Hypothesis №3 - Hunger.* According to this physiological hypothesis, geophagy is a consequence of hunger, or a lack of nutrients. Despite the fact that there are works that describe cases of "hungry" geophagy, among all registered cases, they are no more than 20%. In contrast to this hypothesis, data are given that most of the geophages do not lack food. Respondents usually explain the practice of geophagy with the taste of the soil, habit, or pleasure [5].

Summarizing the above: the second (defensive) adaptive hypothesis seems to be the most consistent. This hypothesis is supported by the association of geophagy with gastric diseases and protection against toxic substances, through the absorption of clay rocks that can absorb harmful toxins and pathogens, as well as the prevalence of geophagy in areas with hot and humid climates / the highest prevalence among pregnant women, especially vulnerable to the effects of pathogens.

### **Theories about animals**

Scientists began to study the lithophageal behavior of animals at least a hundred years ago. Many hypotheses have been proposed in recent years, we will describe the main ones.

*Sodium hypothesis.* It was first described in the article "The effect of carbohydrates and additional sources of fat on the metabolizable energy of the diet" and has long been dominant in Western literature [8]. This hypothesis justified the lithophagy of herbivorous mammals by a lack of sodium supplied with food and water, which forces animals to consume any substances that may contain it, for example, rocks, soils, mineralized waters. Indeed, in herbivorous mammals, the need for sodium is physiologically determined. Australian scientists have found that reducing the level of sodium in the cerebrospinal fluid of domestic sheep and cows triggers a reflex mechanism to search for it in the environment [1]. Sufficient sodium content in the body determines the effective flow of metabolic processes in the cell. However, the same study proved that severe sodium deficiency in the landscape is not a limiting factor for animal colonization. In such an environment, animals develop special behavioral mechanisms to adapt to sodium deficiency.

Observation of moose living near zeolite deposits in Yakutia showed that moose actively eat clay-zeolite rocks, but ignore multiple outcrops of rock salt. The same predilection for clays is widely noted among domesticated animals, who does not have deficient in sodium. Similar cases of geophagy cannot be explained using only the "sodium" hypothesis.

Conclusion: the "sodium" hypothesis cannot explain all cases of lithophagy in animals. Geophagy caused by sodium deficiency is typical only in sodium-deficient landscapes, where animals develop specific adaptation mechanisms for survival.

*The ion-exchange (sorption) hypothesis* assumes that soil consumption regulates the ionic composition of the animal organism and promotes the adsorption of harmful substances. For the first time, the ability of gastroliths to regulate the chemical composition of electrolytes was experimentally confirmed by Bgatov (1987). During the experiment, domestic chickens were given quartz and zeolite chips as gastroliths. A day later, mineral sand, in the digestive tract of birds, was crushed from 4-3 mm to 0.3-0.1 mm. In the case of quartz, only 50% of the stones were crushed, and its chemical composition, during digestion, did not actually change, unlike zeolites. Investigating the chemical composition of the soluble part of the minerals, it turned out that the total volume of the withdrawn chemical elements was twice as large in the experiment with quartz than with zeolite, and contained phosphorus, potassium, sodium, calcium, magnesium, sulfur and silicon. Thus, it was concluded that the removal of chemical elements by silica gel, which arose in the slightly alkaline environment of the intestine, from silicon particles is much more efficient than by adsorption on solid surfaces. Based on the data obtained, it was suggested that silica gel, which has the function of selective sorption, is the main method for regulating

the ion balance in the stomach. This mechanism is mainly characteristic of animals that have a muscular stomach, in which the siliceous material is constantly ground, by rubbing the pebbles against each other.

In favor of the sorption hypothesis, data from a study of geophagy in non-human primates are presented [6]. The author analyzed data on 4 primate species (*Pan troglodytes*, *Pongo pygmaeus*, *Saguinus mystax*, *Macaca mulatta*) living in the tropical regions of Africa and Asia. A characteristic feature of geophagy among the observed individuals was the consumption of clay soils, poor in mineral composition, but with a good sorption function. The primate diet contained plant components that could contain toxins such as tannin, phenol, terpene, etc. Individuals whose digestive tract for some reason could not cope with the elimination of toxins on their own resorted to the use of clay-like soils that bind toxins and remove them from the body.

*The biological activity hypothesis* suggests that animals consume lithogenic material to regulate the composition of the gut microbiota. The hypothesis relies on the ability of some clay minerals to stimulate the growth of beneficial bacteria inside the digestive tract. Such data were first published in the work “Influence of clay minerals on microorganisms” (1966). Panichev also comes to similar conclusions in the course of experimental work: kudyurites containing zeolites and smectites significantly stimulated the growth of fermenting bacteria, for example, the genus *Clostridium*, while at the same time inhibiting the development of fungal microorganisms, especially bacterial antagonists – actinomycetes.

*The rare earth hypothesis* postulates that the cause of geophagy is a biochemical imbalance of the body, which can be caused by a lack of elements of the rare and rare earth groups necessary for the normal functioning of the immune system. Such a deficiency leads to malfunctions in the immune system, which is expressed in the maladjustment of the body to environmental stimuli, i.e., it is a state of stress. S.R. Barchfield, during an experiment on mice, revealed their desire for geophagy, which manifested itself in a state of stress [2]. Such stress in mammals can cause a deficiency, or, conversely, an excess of the concentration of chemical elements in the intestine. This is caused by factors such as: switching to a different diet due to the change of season, feeding on vegetation enriched with specific chemical elements (for example, molybdenum and selenium), prolonged fasting, diarrheal disorders of the digestive system, during pregnancy and lactation.

For the first time, the role of rare earth elements (REE) in the body and its connection with lithophagy was announced by A.M. Panichev during the study of kudyurs visited by wild animals in Sikhote-Alin, as well as the analysis of research data from Africa and Southeast Asia. Having carried out a chemical analysis of kudyurites and spring sources of the Sikhote-Alin, a high content of REE was revealed, and their composition was almost similar to the composition of kudyurites examined near Lake Teletskoye. Indirectly, the rare-earth hypothesis is confirmed by studies of the kudyurs of the Chinara Wildlife Reserve (Kerala, South India). There, geophagy is noted in wild herbivores in the upper reaches

of the river, where the soil is rich in REE, while downstream, the soils are represented by monazite-containing sands, with a low content of REE, and endemic diseases caused by a lack of chemical elements are common among people.

### **Conclusion**

1. Geophagy - eating soils and individual minerals by animals - is a way laid down by evolution to regulate the chemical and physical composition of the environment of internal organs, as well as biological and physiological processes in the body.

2. Absorbed kudyurite substances have a multifunctional sorption, ion-exchange, catalytic effect, and also have a beneficial effect on the beneficial intestinal microflora.

3. Geophagy and its functions are different in different groups of animals. Cloacs are characterized by gastrolithic geophagia - the constant ingestion of silica-containing substances, with the constant presence of gastroliths in the body, helping to maintain homeostasis. Placental mammals are characterized by kudurite form of lithophagy - periodic absorption of earthy minerals (kudyurites) to restore homeostasis.

4. The composition of absorbed minerals depends on the geographical location and geological structure of the territory.

5. All lithogenic substances ingested by animals are able to regulate the chemical balance of the body, removing excess and introducing missing elements, through the passage through the digestive tract.

6. Hypotheses that explain the cause of geophagy behavior by a lack of sodium, or another macro- or microelement, are not able to explain all the described cases of geophagy. Thus, we can conclude that, at the moment, there is no universal hypothesis to explain this phenomenon.

## References

1. Blair-West J. R., Denton D.A., Gellatly D.R. Changes in Sodium Appetite in Cattle Induced By Changes in CSF Sodium Concentration and Osmolality. // *Physiology & Behavior*. – 1987. – Vol.39. – № 4. – P. 465-469.
2. Burchfield, S. R., Elich, M. S., Woods, S. C. Geo-phagia in response to stress and arthritis. // *Physiology & Behavior*. – 1977. – Vol. 19. – P. 265–267.
3. Diko M. L., Siewe épse Diko C. N. Physico-chemistry of geophagic soils ingested to relief nausea and vomiting during pregnancy // *African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines*. – 2014. – Vol. 11. – №3. – P.21-24.
4. Glickman, L. T., Camara, A. O., Glickman, N. W., McCabe, G. P. Nematode intestinal parasites of children in rural Guinea, Africa: prevalence and relationship to geophagia // *International Journal of Epidemiology*. – 1999. – Vol.28. – P.169-174.
5. Mateos G., Sell L. Influence of Carbohydrate and Supplemental Fat Source on the Metabolizable Energy of the Diet // *Poultry Science*. – 1980. – Vol.59. – №9. – P. 2129-2135.
6. Pebsworth P., Lambert J.E., Young S.E. Geophagy among nonhuman primates: A systematic review of current knowledge and suggestions for future directions // *American Journal of Physical Anthropology*. – 2018. – Vol. 168. – № S67. – P. 164-194.
7. Rea R.V. The effectiveness of decommissioning roadside mineral licks on reducing moose (*Alces alces*) activity near highways: implications for moose–vehicle collisions // *Canadian Journal of Zoology*. – 2021. – Vol. 99. – № 12. – P. 1009-1019.
8. Stotzky, S., Rem L.T. Influence of clay minerals on microorganisms: i. montmorillonite and kaolinite on bacteria. // *Canadian Journal of Microbiology*. – 1966. – Vol. 12. – № 3. – P. 547-563.
9. Young, S. L., Goodman D., Farag T.H., Ali S.M., Khatib M.R., Khalfan S.S., Tielsch J.M., Stoltzfus R.J. Geophagia is not associated with *Trichuris* or hookworm transmission in Zanzibar, Tanzania // *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. – 2007. – № 101. – P. 766—772.
10. Young, Sera L., Paul W. Sherman, Julius B. Pelto L., Pelto G. Why On Earth ? : Evaluating Hypotheses About The Physiological Functions Of Human Geophagy. // *The Quarterly Review of Biology*. – 2011. – Vol.86. – P. 97-120.

## Приложение Б

### Расчет искусственного освещения

Для проведения данного расчета воспользуемся методом коэффициента использования светового потока. Он является наиболее применимым для расчета общего равномерного освещения помещений. При расчете этим методом учитывается как прямой свет от светильника, так и свет, отраженный от стен и потолка. Световой поток лампы (F) определяется по формуле, согласно СП 52.13330.2016 (требования к освещению промышленных предприятий):

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_l \cdot \eta}, \text{ где}$$

$E_n$  – берется из таблицы по нормам освещённости на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (берется из таблицы коэффициентов запаса светильников с люминесцентными лампами, в данном случае  $K_3=1,5$ , т.к. помещение с малым выделением пыли);

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{cp}/E_{min}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

$N_l$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Дано помещение с размерами: длина 8,5 м, ширина 9,5 м, высота 3,1 м. Высота рабочей поверхности  $h_{rp}=0,8$  м. Требуется создать освещенность  $E=300$  лк. Коэффициент отражения стен  $R_c=30\%$ , потолка  $R_n=50\%$ . Коэффициент запаса  $k=1,5$ , коэффициент неравномерности  $Z=1,1$ . Рассчитаем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем открытые двухламповые светильники типа ОД, интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda=L/h$ , характеризующая наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками, для ОД она равна 1,4. Приняв высоту светильника за  $h_c=0,5$  м, определим расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{rp}, \text{ где}$$

$H$  – высота помещения;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия;

$h_c$  – высота светильника над полом;

$h_{rp}$  – высота рабочей поверхности над полом;

Таким образом  $h=3,1-0,5-0,8=1,8$  м.

Далее определим расстояние между светильниками –  $L$ . Оптимальное расстояние от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным  $L/3$ , тогда:

$$L = \lambda x h = 1,4 \times 1,8 = 2,52 \text{ м};$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:  $L/3 = 0,84$  м. Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B + \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{9,5 + 1,68}{2,52} + 1 \approx 5, \text{ где}$$

$n_{\text{ряд}}$  – количество рядов;

$B$  – ширина помещения, м;

$L$  – расстояние между рядами светильников, м.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{L_{\text{св}} + 0,5} = \frac{8,5 - 1,68}{1,23 + 0,5} = 6,82 / 1,73 \approx 4, \text{ где}$$

$n_{\text{св}}$  – количество светильников в ряду;

$A$  – длина помещения, м;

$l_{\text{св}}$  – длина светильника, м.

Размещаем светильники в пять рядов. В каждом ряду можно установить 4 светильника типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см.

На рисунке 1 изображен в масштабе план помещения и размещения на нем светильников. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 40$ .

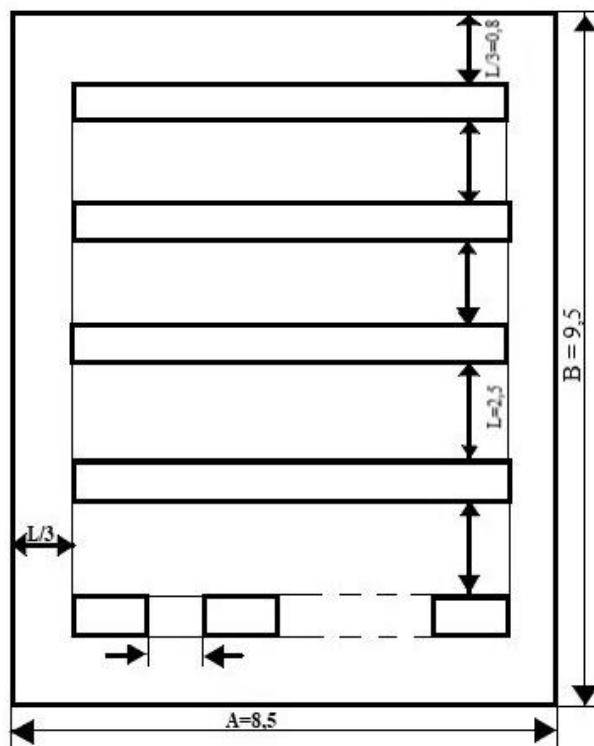


Рисунок Б.1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S/h(A+B)$$
$$i=80,8/(1,8(8,5+ 9,5))=2,5$$

Значения коэффициента использования светового потока  $\eta$  светильников берется из таблицы по коэффициенты использования светового потока светильников с люминесцентными лампами,  $\eta = 0,61$ .

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

$$\text{Тогда, } \Phi = \frac{300 \cdot 80,8 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{40 \cdot 0,61} = \frac{39996}{24,4} = 1639$$

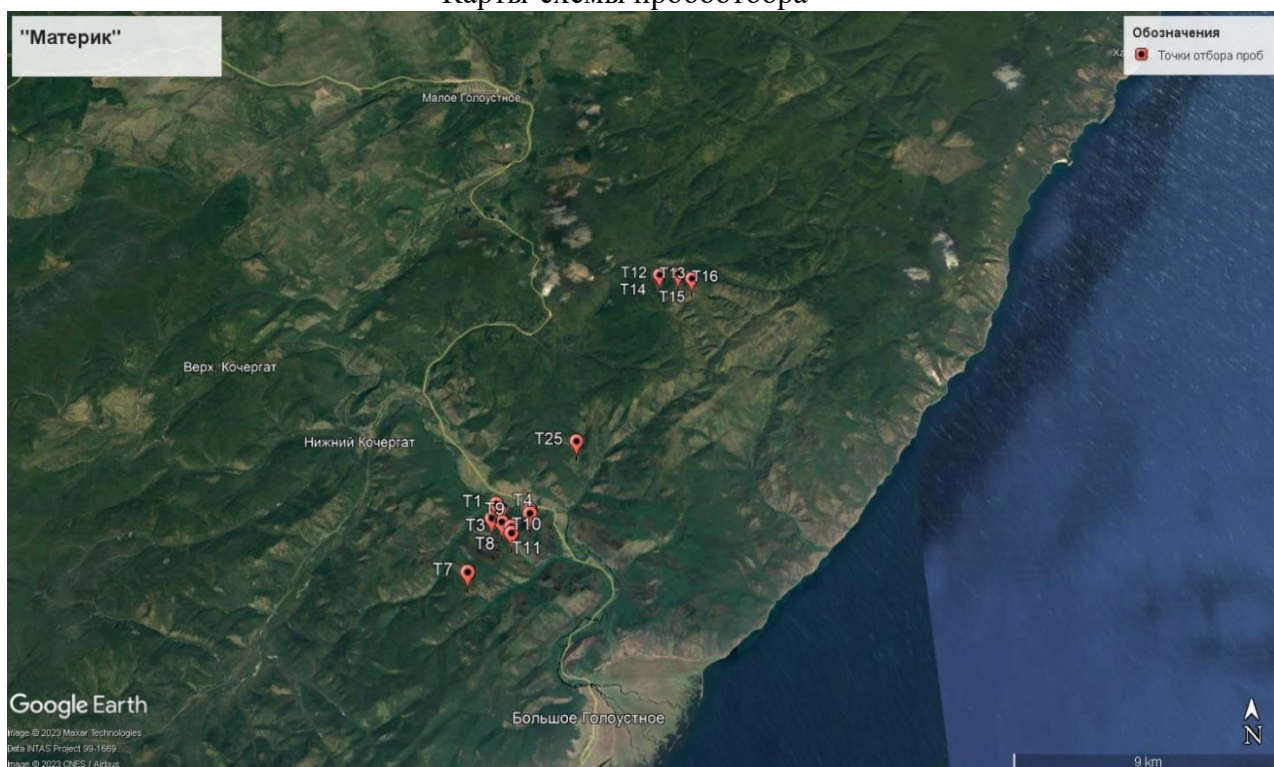
Рассчитав световой поток  $\Phi$ , зная тип лампы, выбирается ближайшая стандартная лампа и определяется электрическая мощность всей осветительной системы. Поток лампы не должен выходить за пределы диапазона  $-10\div+20\%$ . Далее по таблице основных характеристик люминесцентных ламп выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 30 Вт с потоком 1650 лм.

*Для данного помещения требуется 5 светильников, общее число ламп в таком случае будет равно 40, которые будут равномерно распределены по поверхности потолка. Таким образом необходимый световой поток ламп будет равен 1639 лк.*



## Приложение В

### Карты-схемы пробоотбора



А)



Б)

А) – «материковая» часть Прибайкальского национального парка, Б) – остров Ольхон  
Рисунок В.1 – Карта-схема отбора проб почвенного и растительного покрова (Ресурс <https://www.google.ru/maps/> с дополнениями автора)

## Приложение Г

### Таблицы коэффициентов концентрации химических элементов в почве и растительности Прибайкальского национального парка

Таблица Г.1 – Повышенное содержание элементов в почве материковой зоны

| Эл-т | Среднее   | Макс. Значение | Кларк по Григорьеву | По среднему | По макс |
|------|-----------|----------------|---------------------|-------------|---------|
| Mg   | 5874,548  | 45134,301      | 17700,0             | 0,332       | 2,550   |
| P    | 555,044   | 1029,116       | 690,0               | 0,804       | 1,491   |
| Ca   | 68865,186 | 222789,481     | 38900,0             | 1,770       | 5,727   |
| Mn   | 769,772   | 2665,688       | 770,0               | 1,000       | 3,462   |
| Zn   | 36,269    | 142,023        | 75,0                | 0,484       | 1,894   |
| Se   | 0,288     | 1,154          | 0,2                 | 1,918       | 7,692   |
| Br   | 20,467    | 91,050         | 11,0                | 1,861       | 8,277   |
| Sr   | 393,109   | 1621,804       | 270,0               | 1,456       | 6,007   |
| Te   | 0,009     | 0,067          | 0,0                 | 0,340       | 2,464   |
| I    | 4,493     | 23,316         | 0,5                 | 9,169       | 47,584  |
| Hg   | 0,045     | 0,228          | 0,1                 | 0,687       | 3,513   |
| Pb   | 0,081     | 23,674         | 17,0                | 0,005       | 1,393   |
| Th   | 1,072     | 9,071          | 9,1                 | 0,118       | 0,997   |
| U    | 1,072     | 8,880          | 2,5                 | 0,429       | 3,552   |

Таблица Г.2 – Повышенное содержание элементов в растительности материковой зоны

| Эл-т | Среднее  | Макс. Значение | Кларк по Маркерту | По среднему | По макс |
|------|----------|----------------|-------------------|-------------|---------|
| Li   | 0,054    | 0,45           | 0,2               | 0,271       | 2,242   |
| Si   | 391,339  | 1033,43        | 1000              | 0,391       | 1,033   |
| P    | 1549,617 | 3159,34        | 2300              | 0,674       | 1,374   |
| Sc   | 0,163    | 0,43           | 0,02              | 8,130       | 21,502  |
| Ti   | 2,768    | 6,37           | 5                 | 0,554       | 1,273   |
| Cr   | 0,904    | 2,24           | 1,5               | 0,603       | 1,491   |
| Ni   | 0,676    | 3,29           | 3                 | 0,225       | 1,097   |
| Se   | 0,040    | 0,22           | 0,2               | 0,198       | 1,113   |
| Br   | 5,844    | 21,91          | 4                 | 1,461       | 5,477   |
| Sr   | 44,290   | 358,63         | 50                | 0,886       | 7,173   |
| Mo   | 0,329    | 1,11           | 0,9               | 0,366       | 1,233   |
| Ba   | 21,193   | 97,93          | 40                | 0,530       | 2,448   |
| Eu   | 0,004    | 0,02           | 0,008             | 0,513       | 2,894   |
| Ta   | 0,008    | 0,02           | 0,001             | 8,118       | 21,669  |
| Au   | 0,002    | 0,01           | 0,001             | 1,531       | 8,126   |
| Th   | 0,008    | 0,03           | 0,005             | 1,536       | 5,113   |
| U    | 0,002    | 0,01           | 0,01              | 0,229       | 1,008   |

Таблица Г.3 – Повышенное содержание элементов в почве о. Ольхон

| Эл-т | Среднее   | Макс. Значение | Кларк по Григорьеву | По среднему | По макс |
|------|-----------|----------------|---------------------|-------------|---------|
| P    | 567,162   | 1687,1         | 690                 | 0,822       | 2,445   |
| Ca   | 18032,785 | 120305,8       | 38900               | 0,464       | 3,093   |
| Mn   | 710,625   | 1226,6         | 770                 | 0,923       | 1,593   |
| Co   | 11,782    | 28,7           | 17                  | 0,693       | 1,687   |
| Cu   | 18,875    | 51,7           | 39                  | 0,484       | 1,326   |
| Zn   | 46,006    | 100,7          | 75                  | 0,613       | 1,343   |
| Se   | 1,889     | 4,7            | 0,15                | 12,595      | 31,266  |
| Br   | 58,437    | 456,0          | 11                  | 5,312       | 41,458  |
| Sr   | 82,980    | 371,0          | 270                 | 0,307       | 1,374   |
| Y    | 18,874    | 63,7           | 26                  | 0,726       | 2,451   |
| Mo   | 0,734     | 5,2            | 1,56                | 0,471       | 3,332   |
| Ag   | 0,083     | 0,2            | 0,11                | 0,758       | 1,910   |
| Cd   | 0,294     | 0,9            | 0,64                | 0,459       | 1,396   |
| Te   | 0,008     | 0,0            | 0,027               | 0,281       | 1,216   |
| I    | 6,760     | 38,8           | 0,49                | 13,796      | 79,282  |
| La   | 16,330    | 68,0           | 32                  | 0,510       | 2,126   |
| Ce   | 31,151    | 108,3          | 63                  | 0,494       | 1,718   |
| Pr   | 3,778     | 12,8           | 8,7                 | 0,434       | 1,470   |
| Nd   | 14,890    | 45,1           | 29                  | 0,513       | 1,555   |
| Sm   | 3,077     | 9,9            | 5,7                 | 0,540       | 1,740   |
| Eu   | 0,686     | 2,1            | 1,3                 | 0,528       | 1,651   |
| Gd   | 3,354     | 10,6           | 6,3                 | 0,532       | 1,684   |
| Tb   | 0,486     | 1,6            | 0,89                | 0,546       | 1,784   |
| Dy   | 2,989     | 11,0           | 4,8                 | 0,623       | 2,287   |
| Ho   | 0,610     | 2,2            | 1,3                 | 0,469       | 1,718   |
| Er   | 1,814     | 6,5            | 2,7                 | 0,672       | 2,399   |
| Tm   | 0,263     | 1,0            | 0,42                | 0,627       | 2,490   |
| Yb   | 1,705     | 6,8            | 2,5                 | 0,682       | 2,733   |
| Lu   | 0,250     | 0,9            | 0,48                | 0,522       | 1,894   |
| Hg   | 0,046     | 0,3            | 0,065               | 0,709       | 3,864   |
| U    | 1,550     | 4,1            | 2,5                 | 0,620       | 1,620   |

Таблица Г.4 – Повышенное содержание элементов в растительности о. Ольхон

| Эл-т | Среднее  | Макс. Значение | Кларк по Маркерту | По среднем у | По макс |
|------|----------|----------------|-------------------|--------------|---------|
| Li   | 0,047    | 0,24           | 0,2               | 0,236        | 1,179   |
| Si   | 582,118  | 1574,82        | 1000              | 0,582        | 1,575   |
| P    | 1411,597 | 2962,75        | 2300              | 0,614        | 1,288   |
| Sc   | 0,168    | 0,37           | 0,02              | 8,386        | 18,326  |
| Ti   | 3,229    | 7,21           | 5                 | 0,646        | 1,442   |
| Cr   | 0,795    | 1,68           | 1,5               | 0,530        | 1,120   |
| Ni   | 1,791    | 5,83           | 3                 | 0,597        | 1,942   |
| Se   | 0,298    | 2,24           | 0,2               | 1,492        | 11,198  |
| Br   | 14,951   | 48,54          | 4                 | 3,738        | 12,136  |
| Zr   | 0,037    | 0,18           | 0,1               | 0,371        | 1,836   |
| Nb   | 0,007    | 0,05           | 0,05              | 0,133        | 1,035   |
| Mo   | 1,532    | 3,99           | 0,9               | 1,702        | 4,439   |
| Cd   | 0,061    | 0,73           | 0,6               | 0,101        | 1,225   |
| Ba   | 38,202   | 156,76         | 40                | 0,955        | 3,919   |
| La   | 0,087    | 0,40           | 0,2               | 0,433        | 2,014   |
| Ce   | 0,166    | 0,71           | 0,5               | 0,332        | 1,419   |
| Nd   | 0,077    | 0,41           | 0,2               | 0,384        | 2,065   |
| Sm   | 0,016    | 0,09           | 0,04              | 0,409        | 2,234   |
| Eu   | 0,009    | 0,03           | 0,008             | 1,127        | 3,353   |
| Tb   | 0,002    | 0,01           | 0,008             | 0,291        | 1,714   |
| Yb   | 0,006    | 0,04           | 0,02              | 0,308        | 2,211   |
| Lu   | 0,001    | 0,01           | 0,003             | 0,423        | 2,709   |
| Ta   | 0,013    | 0,08           | 0,001             | 13,165       | 81,881  |
| Au   | 0,001    | 0,01           | 0,001             | 1,427        | 8,841   |
| Bi   | 0,004    | 0,05           | 0,01              | 0,359        | 5,485   |
| Th   | 0,017    | 0,06           | 0,005             | 3,346        | 12,499  |
| U    | 0,008    | 0,04           | 0,01              | 0,840        | 4,007   |

## Приложение Д

### Непараметрический U-критерий Манна-Уитни

Таблица Д.1 – Тест Манна-Уитни для проб почвы

| variable | Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (База_почва) |                 |    |       |         |       |         |          |
|----------|---|-----------------|----|-------|---------|-------|---------|----------|
|          | Rank Sum материк  | Rank Sum остров | U  | Z     | p-value | Z     | p-value | 2*1sided |
| Li       | 215   | 346             | 79 | -2,04 | 0,042   | -2,04 | 0,042   | 0,0407   |
| Be       | 186   | 376             | 50 | -3,10 | 0,002   | -3,10 | 0,002   | 0,0012   |
| Al       | 188   | 373             | 52 | -3,01 | 0,003   | -3,01 | 0,003   | 0,0019   |
| K        | 181   | 380             | 45 | -3,26 | 0,001   | -3,26 | 0,001   | 0,0007   |
| Ca       | 328   | 233             | 80 | 2,00  | 0,046   | 2,00  | 0,046   | 0,0445   |
| Sc       | 180   | 381             | 44 | -3,30 | 0,001   | -3,30 | 0,001   | 0,0006   |
| Ti       | 177   | 384             | 41 | -3,40 | 0,001   | -3,40 | 0,001   | 0,0003   |
| V        | 142   | 419             | 6  | -4,66 | 0,000   | -4,66 | 0,000   | 0,0000   |
| Cr       | 188   | 373             | 52 | -3,01 | 0,003   | -3,01 | 0,003   | 0,0019   |
| Fe       | 190   | 371             | 54 | -2,94 | 0,003   | -2,94 | 0,003   | 0,0025   |
| Co       | 177   | 384             | 41 | -3,40 | 0,001   | -3,40 | 0,001   | 0,0003   |
| Ni       | 155   | 406             | 19 | -4,20 | 0,000   | -4,20 | 0,000   | 0,0000   |
| Cu       | 167   | 394             | 31 | -3,76 | 0,000   | -3,76 | 0,000   | 0,0001   |
| Zn       | 217   | 344             | 81 | -1,96 | 0,050   | -1,96 | 0,050   | 0,0487   |
| Ga       | 177   | 384             | 41 | -3,40 | 0,001   | -3,40 | 0,001   | 0,0003   |
| Se       | 160   | 401             | 24 | -4,02 | 0,000   | -4,04 | 0,000   | 0,0000   |
| Rb       | 201   | 360             | 65 | -2,54 | 0,011   | -2,54 | 0,011   | 0,0097   |
| Sr       | 343   | 218             | 65 | 2,54  | 0,011   | 2,54  | 0,011   | 0,0097   |
| Y        | 178   | 383             | 42 | -3,37 | 0,001   | -3,37 | 0,001   | 0,0004   |
| Ag       | 156   | 405             | 20 | -4,16 | 0,000   | -4,16 | 0,000   | 0,0000   |
| In       | 203   | 358             | 67 | -2,47 | 0,014   | -2,47 | 0,014   | 0,0122   |
| Ba       | 190   | 371             | 54 | -2,94 | 0,003   | -2,94 | 0,003   | 0,0025   |
| La       | 211   | 350             | 75 | -2,18 | 0,029   | -2,18 | 0,029   | 0,0279   |
| Ce       | 214   | 347             | 78 | -2,07 | 0,038   | -2,07 | 0,038   | 0,0371   |
| Pr       | 205   | 356             | 69 | -2,40 | 0,017   | -2,40 | 0,017   | 0,0151   |
| Nd       | 195   | 366             | 59 | -2,76 | 0,006   | -2,76 | 0,006   | 0,0048   |
| Sm       | 195   | 366             | 59 | -2,76 | 0,006   | -2,76 | 0,006   | 0,0048   |
| Eu       | 188   | 373             | 52 | -3,01 | 0,003   | -3,01 | 0,003   | 0,0019   |
| Gd       | 193   | 368             | 57 | -2,83 | 0,005   | -2,83 | 0,005   | 0,0037   |
| Tb       | 195   | 366             | 59 | -2,76 | 0,006   | -2,76 | 0,006   | 0,0048   |
| Dy       | 189   | 372             | 53 | -2,97 | 0,003   | -2,97 | 0,003   | 0,0022   |
| Ho       | 188   | 373             | 52 | -3,01 | 0,003   | -3,01 | 0,003   | 0,0019   |
| Er       | 188   | 373             | 52 | -3,01 | 0,003   | -3,01 | 0,003   | 0,0019   |
| Tm       | 187   | 374             | 51 | -3,04 | 0,002   | -3,04 | 0,002   | 0,0016   |
| Yb       | 182   | 379             | 46 | -3,22 | 0,001   | -3,22 | 0,001   | 0,0008   |
| Lu       | 184   | 377             | 48 | -3,15 | 0,002   | -3,15 | 0,002   | 0,0011   |
| Ir       | 208   | 354             | 72 | -2,31 | 0,021   | -2,36 | 0,018   | 0,0187   |
| Tl       | 168   | 393             | 32 | -3,73 | 0,000   | -3,73 | 0,000   | 0,0001   |

| Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (База_почва) |                  |                 |    |       |         |       |         |          |
|---|------------------|-----------------|----|-------|---------|-------|---------|----------|
| By variable Место   |                  |                 |    |       |         |       |         |          |
| Marked tests are significant at p <,05000                   |                  |                 |    |       |         |       |         |          |
| variable  | Rank Sum материк | Rank Sum остров | U  | Z     | p-value | Z     | p-value | 2*1sided |
| U   | 203              | 358             | 67 | -2,47 | 0,014   | -2,47 | 0,014   | 0,0122   |

Таблица Д.2 – Тест Манна-Уитни для проб растительности

| Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (База_растения) |                  |                 |    |      |         |      |         |          |
|--|------------------|-----------------|----|------|---------|------|---------|----------|
| By variable Место  |                  |                 |    |      |         |      |         |          |
| Marked tests are significant at p <,05000                      |                  |                 |    |      |         |      |         |          |
| variable   | Rank Sum Материк | Rank Sum Остров | U  | Z    | p-value | Z    | p-value | 2*1sided |
| Mg   | 419              | 284             | 94 | 2,3  | 0,02    | 2,3  | 0,02    | 0,02     |
| Al   | 232              | 471             | 61 | -3,3 | 0,00    | -3,3 | 0,00    | 0,00     |
| Si   | 270              | 433             | 99 | -2,2 | 0,03    | -2,2 | 0,03    | 0,03     |
| V  | 213              | 490             | 42 | -3,9 | 0,00    | -3,9 | 0,00    | 0,00     |
| Co   | 243              | 460             | 72 | -3,0 | 0,00    | -3,0 | 0,00    | 0,00     |
| Ni   | 216              | 487             | 45 | -3,8 | 0,00    | -3,8 | 0,00    | 0,00     |
| Ge   | 255              | 449             | 84 | -2,6 | 0,01    | -2,6 | 0,01    | 0,01     |
| Se   | 256              | 448             | 85 | -2,6 | 0,01    | -2,7 | 0,01    | 0,01     |
| Br   | 247              | 456             | 76 | -2,9 | 0,00    | -2,9 | 0,00    | 0,00     |
| Rb   | 419              | 284             | 94 | 2,3  | 0,02    | 2,3  | 0,02    | 0,02     |
| Mo   | 203              | 500             | 32 | -4,2 | 0,00    | -4,2 | 0,00    | 0,00     |
| Ba   | 247              | 456             | 76 | -2,9 | 0,00    | -2,9 | 0,00    | 0,00     |
| Eu   | 246              | 457             | 75 | -2,9 | 0,00    | -2,9 | 0,00    | 0,00     |
| Ho   | 270              | 433             | 99 | -2,2 | 0,03    | -2,2 | 0,03    | 0,03     |
| Ir   | 270              | 433             | 99 | -2,2 | 0,03    | -2,4 | 0,02    | 0,03     |
| Hg   | 269              | 434             | 98 | -2,2 | 0,03    | -2,2 | 0,03    | 0,03     |