

Санкт-Петербургский государственный университет

ЖИГУНОВА Анастасия Олеговна

Выпускная квалификационная работа

Эколого-геохимические особенности почв Байкальского заповедника

Уровень образования: бакалавриат

Направление *05.03.06 «Экология и природопользование»*

Основная образовательная программа *СВ.5024.2017 «Экология и природопользование»*

Профиль 07 «Рациональное природопользование»

Научный руководитель:
*Институт наук о Земле,
кафедра геоэкологии и
природопользования, к.г.н.,
доцент, Елсукова Екатерина
Юрьевна*



Рецензент: *ЛГУ им. Пушкина,
кафедра естествознания и
географии, к.б.н., доцент,
Лебедева Мария Юрьевна*

Санкт-Петербург
2021

Содержание

Введение	3
Глава 1. Физико-географическая характеристики района исследования	4
1.1 Байкальский государственный природный биосферный заповедник	4
1.2 Геологическое строение	5
1.3 Рельеф	5
1.4 Климат	6
1.5 Гидрология	7
1.6 Почвы	8
1.7 Растительность	20
1.8 Животный мир	21
Глава 2. Источники загрязнения района исследования	23
2.1 Региональные источники загрязнения	23
2.2 Локальные источники загрязнения	25
Глава 3. Методы физико-химического анализа почв	27
3.1 Определение обменных кальция и магния	27
3.2 Определение тяжелых металлов	27
Глава 4. Экологическая оценка почвенного покрова	30
4.1 Содержание обменных кальция и магния	30
4.2 Содержание подвижных форм тяжелых металлов	31
Заключение	36
Список использованных источников	38
Приложения	40

Введение

Байкальский государственный природный биосферный заповедник расположен в южной части Республики Бурятия. Множество обитающих здесь видов растений и животных занесено в Красную книгу Российской Федерации и Красную книгу Республики Бурятия. Также на территории заповедника находятся ненарушенные кедровые леса и произрастают эндемичные и реликтовые виды растений. Обилие во флоре заповедника реликтовых растений отчасти объясняется именно тем, что они сохранялись на плодородных почвах заповедника – буроземах.

Поэтому так важно производить исследования почв Байкальского заповедника, чтобы сохранить уникальные экосистемы этой территории.

В научной литературе конкретных сведений непосредственно о почвенном покрове территории заповедника не было до 1980-го года [16]. Мониторинговые исследования почв Байкальского заповедника были начаты в 1983 г. О. Д. Ермаковой. Собранные ею материалы послужили основой для сравнения изменений, происходящих в природном комплексе хребта Хамар-Дабан. Также в 2005 г. в журнале «Почвоведение» была опубликована статья Н.Б. Саниной и О.А. Пройдаковой «Химический состав почв Байкальского биосферного заповедника (к проблеме деградации пихтовых лесов)», в которой были установлены фоновые значения тяжелых металлов исследуемой территории.

Целью данной курсовой работы является изучение эколого-геохимических особенностей почв Байкальского заповедника.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Дать физико-географическую характеристику района исследования.
2. Изучить источники загрязнения окружающей среды.
3. Использовать методы физико-химического анализа и оценки почвенного покрова.
4. Произвести статистическую обработку результатов измерений.
5. Выявить эколого-геохимические особенности почв заповедника.

Автором были выполнены лабораторные работы и камеральная обработка данных, полученных в ходе физико-химического анализа и оценки почвенного покрова.

Глава 1. Физико-географические характеристики района исследования

1.1 Байкальский государственный природный биосферный заповедник

Байкальский государственный природный биосферный заповедник был создан 26 сентября 1969 г. для сохранения экосистем побережья Байкала и центральной части хребта Хамар-Дабан. В 1986 г. Байкальский заповедник получил статус биосферного и был включен в международную сеть заповедников биосферы, а с 1996 г. эта территория входит в состав объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО «Озеро Байкал». За основу развития Байкальского заповедника приняты концепция биосферного резервата ЮНЕСКО и рекомендации Севильской Стратегии для биосферных резерватов [3].

Байкальский резерват разделен на три функциональные зоны (рис. 1):

- ядро – территория Байкальского государственного заповедника, где были заложены почвенные разрезы;
- буферная зона – охранная зона заповедника и территория государственного заказника федерального значения «Кабанский»;
- территория зоны сотрудничества (Бойченко и др., 2000).

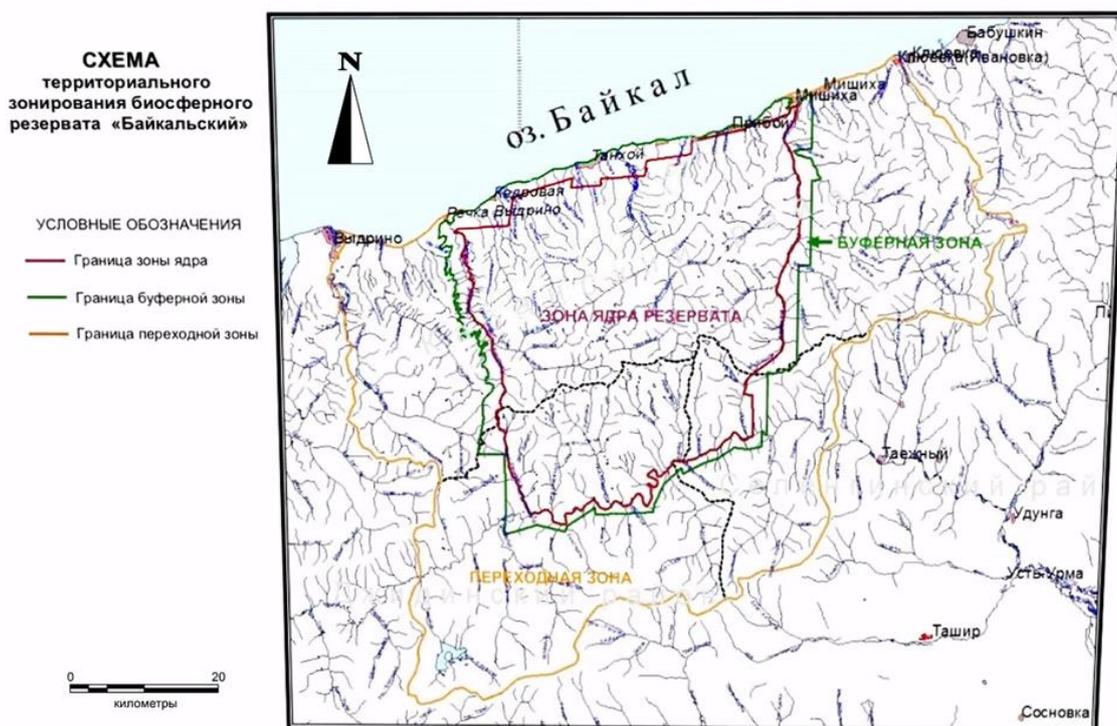


Рисунок 1. СТЗ БР «Байкальский» [1]

Байкальский государственный природный биосферный заповедник расположен на смежных землях трёх административных районов Республики Бурятия: Джидинского, Селенгинского и Кабанского. Заповедная территория занимает центральный участок

горного хребта Хамар-Дабан, протянувшегося в широтном направлении вдоль южного побережья оз. Байкала. Главный водораздел хребта Хамар-Дабан условно разделяет территорию заповедника на две неравные части: большую – северную, захватывающую кроме северного макросклона хребта и полосу байкальского побережья, и меньшую – южную [3]. Северная часть лежит в пределах Кабанского района, где в посёлке Танхой находится центральная усадьба заповедника.

Северная граница заповедника проходит по берегу оз. Байкала, оставаясь отделённой от него Транссибирской железнодорожной магистралью и федеральной автотрассой. На юге, западе и востоке границы заповедной территории проходят в основном по естественным рубежам – долинам рек: Темник, Левая Мишиха, Выдриная, Верхняя Хандагайта (Бойченко и др., 2000).

Общая площадь заповедной территории составляет 167871 га, а протяженность границ достигает 200 км. По периметру заповедник охватывает замкнутое кольцо охранной зоны. Ширина полосы охранной зоны колеблется от 0,5 до 4 км, общая её площадь – 34788 га [3].

1.2 Геологическое строение

Территория Байкальского заповедника характеризуется довольно сложным геологическим строением. Эта территория сложена в основном древними кристаллическими породами архея и протерозоя (гнейсы, сланцы, известняки), изверженными (гранитоиды) и вулканическими породами (четвертичные базальты). В высокогорной зоне сохранились многочисленные следы четвертичного оледенения [13]. Межгорные котловины и широкие участки речных долин сложены мощной толщей рыхлых песчано-супесчаных отложений, насыщенных карбонатами. Низкие речные террасы подстилаются современным речным аллювием, которые в долинах крупных рек характеризуются песчано-галечниковым и песчано-глинистым составом [10].

1.3 Рельеф

Согласно схеме физико-географического районирования территория заповедника лежит на стыке двух провинций Южно-Сибирской горной области: Хамар-Дабанской гольцово-горнотаёжной, включающей юго-восточное побережье оз. Байкала вплоть до главного водораздела хребет Хамар-Дабан, и Джидинско-Нижнеселенгинской котловинно-горнотаёжной [3].

Рельеф территории, где расположен заповедник, сформировался около миллиона лет назад при сводовом поднятии, образовавшем горную систему. Основную часть заповедной

территории занимает центральный участок хребта Хамар-Дабан [14]. На формирование более мелких форм рельефа Хамар-Дабана заметное влияние оказали водная эрозия, неотектоника и горно-долинные оледенения плейстоценового периода. В настоящее время процесс рельефообразования продолжается, в чём важную роль играют снежные лавины, оползни и сели. Сейсмичность осевой части хребта составляет 7 баллов [3].

Территория заповедника имеет резко расчленённый рельеф. Относительные превышения водоразделов над днищами речных долин колеблются в пределах 400-900 м. н.у.м. Широко распространены древнеледниковые, гравитационные, флювиальные и криогенные формы рельефа. Абсолютные отметки высот в пределах заповедника колеблются от 456 до 2316 м н.у.м. (вершина г. Сохор) [3].

Северный макросклон хребта Хамар-Дабан простирается на 30-35 км с перепадом высот 1860 м, к берегу Байкала на 6-8 км подходят мощные отроги. Для этой части характерны альпинотипные ландшафты высокогорий с наличием острых пиков, зубчатых гребней, долин с крутыми склонами (трогов). В средней части хребта находятся ледниковые формы рельефа, где встречаются хорошо сохранившиеся кары с озерами. Долины рек здесь имеют плавные изгибы и троговую форму профилей [14].

Южный макросклон Хамар-Дабана значительно короче – 12-15 км, имеет меньшие перепады высот (до 1550 м) и слабо выраженную альпинотипичность [3]. В соответствии с этим резко меняется и морфология хребта. Ледниковые формы исчезают, преобладают куполообразные вершины с пологими склонами [14].

1.4 Климат

Климатические условия на территории заповедника неоднородны. Весной и летом преобладают факторы зональной циркуляции атмосферы, определяющие западно-восточный перенос воздушных масс. Наиболее часто циклоны смещаются с запада и северо-запада, принося холодный арктический воздух. Значительное воздействие на климат оказывает близость оз. Байкала (Гармаева и др., 2009).

В результате этого воздействия климат северного макросклона Хамар-Дабана существенно отличается от южного, носит черты муссонности, отсутствуют резкие перепады температур, зима отличается многоснежьем и сравнительно слабыми морозами, тогда как летние месяцы прохладные, с частыми и продолжительными дождями. Формированию своеобразного климата на северном макросклоне хребта в значительной мере способствуют северо-западные ветры, которые обуславливают выпадение обильных осадков и смягчение континентальности климата. На высотах, близких к 1500 м н.у.м., за год выпадает около 1440 мм осадков, глубина снега достигает к концу зимы 1,7-1,9 м. На

берегу озера осадков выпадает несколько меньше, около 1000 мм, и глубина снежного покрова обычно не превышает 0,8 м [3]. Средняя температура воздуха в январе – $-15,9^{\circ}\text{C}$, в июле – $+15,4^{\circ}\text{C}$ (Бойченко и др., 2000).

Территория южного макросклона Хамар-Дабана подвержена сильному влиянию аридного климата Забайкалья. Зима здесь малоснежная, лето жаркое и сухое. Средняя температура воздуха в июле – $+18-19^{\circ}\text{C}$, в январе – $-26-27^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков не превышает 400 мм. Встречаются участки с многолетней мерзлотой. Глубина снежного покрова у подножия склона, в долине р. Темник, 10-20 см, в верхней части склона – 50-60 см [3].

Безморозный период на территории заповедника составляет в среднем 113 дней, максимально 138 дней, минимально – 92 дня [6].

По сезонам года распределение осадков неравномерно. Минимум осадков приходится на февраль, максимум – на июль-август. В теплое время года выпадает 83% годовой нормы осадков (Гармаева и др., 2009).

В среднем за год на территории заповедника господствуют западные ветры (рис. 2), что связано с орографическими особенностями территории. Также в зимнее и осеннее время к преобладающим западным ветрам добавляются ещё и юго-восточные. Средняя годовая скорость ветра – 3,3 м/с [6].

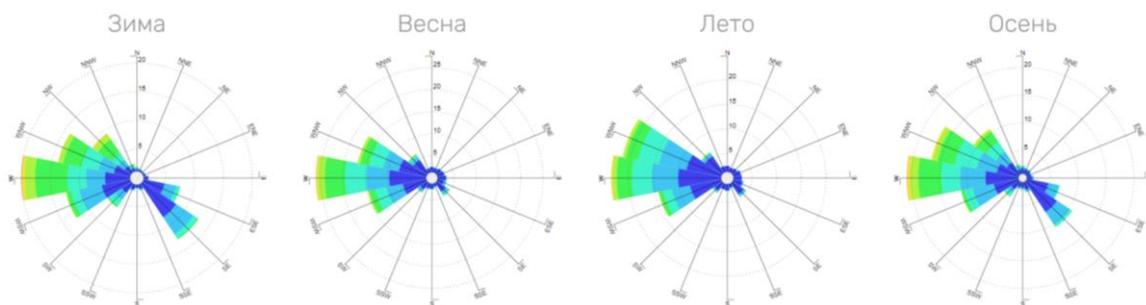


Рисунок 2. Розы ветров п. Танхой по временам года [17]

1.5 Гидрология

Территория заповедника имеет густую сеть речных долин, прорезающих оба макросклона Хамар-Дабана. Многие реки заповедника берут своё начало из горных озёр, а затем впадают в оз. Байкал (Бойченко и др., 2000).

Все реки заповедника можно разделить на три группы [3]. В первую входят реки южного макросклона хребта, основу питания которых составляют подземные воды (более 40 % годового стока). К таким рекам относится самая многоводная река – Темник. Ко второй группе относятся довольно крупные реки северного макросклона, имеющие сравнительно большие водосборные бассейны: Мишиха, Переёмная, Выдриная, Аносовка.

Третью группу образуют относительно мелкие реки северного склона Хамар-Дабана, чьи истоки почти не выходят за пределы лесного пояса, а водосборные бассейны невелики (Бойченко и др., 2000).

В пределах заповедника находится более 160 мелких и крупных озёр. Большинство из них расположено выше границы леса, на дне каров. Глубина их колеблется от 1 до 50 м, площадь поверхности – от 0,1 до 25 га. Все они преимущественно нивального происхождения [14].

1.6 Почвы

На хребте Хамар-Дабан хорошо выражены две структуры распределения почв по вертикальным поясам: экстраконтинентальная – для южного макросклона и гумидная – для северного. В первой представлены элементы всех почвенных зон, от тундровой до степной, а во второй отсутствуют типы почв, присущие лесостепной и степной зонам [3].

На выположенных участках главного водораздела хребта, занятых высокогорной тундрой, встречаются тундровые гольцово-дерновые примитивные почвы. На склонах, заросших кедровым стлаником с примесью карликовых берёз, ив и можжевельника, обычны тундровые подбурые почвы: сухо-торфянистые, тёмные и светлые. Подзолы иллювиально-гумусовые тундровые, луговые альпийские и субальпийские почвы встречаются на нивальных луговинах и альпийских лужайках близ снежников. Довольно широко также распространены в высокогорье горно-луговые дерновые остепнённые почвы, глеезёмы торфянистые и глеезёмы перегнойные тундровые (Бойченко и др., 2000).

Наибольшие площади в лесном поясе южного макросклона хребта приходятся на долю комплексов, включающих, наряду с глеезёмами, подзолистые и подбурые светлые (мерзлотно-таёжные типичные) почвы. По долинам крупных рек распространены подзолы иллювиально-гумусово-железистые и слабоподзоленные подбуры в сочетании с дерново-таежными и дерново-буроземно-железистыми слабокислыми почвами [3].

Бурозёмы занимают доминирующее положение в средней части горно-лесного пояса северного макросклона хребта, главным образом в пихтовых и кедрово-пихтовых лесах с крупнотравьем и папоротниками, а также во вторичных березняках и тополевниках.

В высокогорье северного склона хребта в основном преобладают горно-луговые и горно-луговые дерновые почвы в сочетании с тундровыми подбурами и подзолами. У восточной границы заповедника наряду с ними, а также с глеезёмами, щебнистыми примитивными почвами, подбурами и бурозёмами встречаются характерные для южного макросклона горно-луговые дерновые остепнённые почвы и подзолы иллювиально-гумусово-железистые (Бойченко и др., 2000).

Почвенный покров глубоких речных долин слагают подзолы, тёмные подбуры и грубогумусные бурозёмы. В нижней части лесного пояса на древних озёрных террасах, простирающихся вдоль подножия северного макросклона, среди заболоченных березняков, верховых осоково-сфагновых болот, осиновых и тополевых лесов в поймах рек встречаются пойменные слоистые, пойменные дерновые и болотные почвы.

В настоящее время отсутствуют данные о фоновых значениях почв изучаемого региона. Но в работе Саниной Н.Б. «Химический состав почв Байкальского биосферного заповедника (к проблеме деградации пихтовых лесов)» были проведены исследования бурых лесных и аллювиально-дерновых почв Байкальского заповедника на содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов, исходя из которых можно судить о фоновых значениях почв изучаемой территории.



Рисунок 3. Карта точек пробоотбора на территории Байкальского заповедника [8]

В 2019 г. на исследованной территории Байкальского заповедника было заложено 6 почвенных разрезов на 3 участках с разной степенью антропогенной нарушенности и различной антропогенной нагрузкой: экотропа «Кедровая аллея», экотропа «В дебри Хамар-Дабана» и правый берег р. Выдриной (рис. 3). Участок долины р. Выдриной был принят за условный фон, так как на маршруте этой реки антропогенное воздействие минимально.

ПР 2 ПК 1 Разрез №1

Местоположение: Республика Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной.

Привязка: 51°28'25" с.ш., 104°52'51" в.д.

Растительность: терраса с березово-пихтово-кедрово-еловым хвоцево-папоротниково-вейниковым сообществом на дерново-подбурях на аллювиальных отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
О	0-2	Увлажнённый, светло-коричневый, рыхлый, представлен слаборазложившимся опадом растений.
AУ	2-10	Суглинок, увлажнённый, коричневый, мелко- и среднекомковатый, уплотненный, включения корней и остатков растительности, переход резкий, заметен по цвету, граница затечная.
BF ₁	10-75	Супесь, увлажнённый, рыжий, мелкокомковатый, уплотнённый, включения корней, переход размытый, заметен по механическому составу, граница неясная.
BF ₂	75-116	Песок, увлажненный, рыже-коричневый, мелко- и среднекомковатый, плотный, включения корней, переход размытый, заметен по механическому составу, граница неясная.
BF ₃	116-150	Суглинок, влажный, более тёмный, среднекомковатый, уплотнённый, включения корней.

Название почвы: дерново-подбур на аллювиальных отложениях на террасе.



Рисунок 4. Почвенный разрез №1 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

Профиль 2 ПК 2 Разрез №2

Местоположение: Республика Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной.

Привязка: 51°28'25" с.ш., 104°53'24" в.д., выше по течению, в 1,5 км от ПР2 ПК1.

Растительность: верхняя часть склона западной экспозиции с елово-кедровым чернично-зеленомошным сообществом на буроземах типичных на щебнистых отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
О	0-5,5	Свежий, рыхлый, представлен остатками растений (мха, хвой, веток), переход заметен по плотности, граница волнистая.
АО	5,5-10	Увлажненный, черный, мелкокомковатый, рыхлый, включения корней, переход заметен по цвету, граница затечная.
BF	10-37	Легкий суглинок, увлажнённый, рыжий, комковатый, плотный, включения корней, переход постепенный, заметен по цвету, граница волнистая.
В	37-86	Легкая глина или тяжелый суглинок, влажный, палево-серый, комковатый, плотный, включения корней и щебня.

Название почвы: бурозем типичный на щебнистых отложениях на верхней части склона западной экспозиции.



Рисунок 5. Почвенный разрез №2 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

ПР 3 ПК 1 Разрез №3

Местоположение: Республика Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «В дебри Хамар-Дабана».

Привязка: 51°32'46" с.ш., 105°07'06" в.д.

Растительность: средняя часть склона восточной экспозиции с березово-елово-пихтовым с кедровой сосной бадано-вейниково-чернично-зеленомошным сообществом на буроземе горном типичном на коллювиальных отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
АО	0-1,5	Свежий, рыхлый, представлен остатками растений средней степени разложения, переход заметен по цвету, плотности, граница волнистая неравномерно распределенная.

АУ	1,5-5	Средний суглинок, черный, среднекомковатый, рыхлый, оторфованный, включения корней и остатков растений, переход заметен по цвету, плотности, граница волнистая.
ВМ	5-11	Средний суглинок, свежий, бурый, мелкокомковатый, рыхлый, включения корней, переход ясный, заметен по цвету, структуре, граница волнистая.
В	11-17	Средний суглинок, белёсый (оподзоленный или оглеение), плотный, включения корней и щебня, переход ясный, заметен по цвету, граница волнистая, извилистая.
ВФ	17-58	Опесчаненный средний суглинок, увлажненный, рыжий, мелкокомковатый, плотный, ожелезненный, включения углей и валунов.

Название почвы: бурозем горный типичный на коллювиальных отложениях на средней части склона восточной экспозиции.



Рисунок 6. Почвенный разрез №3 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

ПР 4 ПК 1 Разрез №4

Местоположение: Республика Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея»

Привязка: 51°32'19" с.ш., 105°07'14" в.д., в 100 м на СЗ от полотна экотропы «Кедровая аллея» и остановки «Зимовье».

Растительность: пологонаклонно-волнистая равнина с сосново-кедровым мелкотравно-щитовниково-осоковым сообществом на подбурх иллювиально-железистых на элюво-делювиальных отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
О	0-2	Свежий, рыхлый, представлен слаборазложившейся корой, хвоей кедра, травой, растениями, корнями, переход неясный, граница неровная, волнистая.
АУ	2-5	Суглинок, увлажненный, черный, комковатый, рыхлый, включения корней, переход неясный, заметен по цвету, граница размытая.
ВМ	5-15	Суглинок, влажный, бурый, мелкокомковатый, рыхлый, включения корней и трав, переход заметен по цвету, плотности, граница волнистая, затечная.
ВF	15-70	Средний суглинок, увлажненный, рыжий, мелкокомковатый, плотный, включения корней и трав растений (осока Ильина), переход неясный, заметен по механическому составу, плотности.
В	70-86	Тяжелый суглинок, влажный, серо-коричневый, средне- и крупнокомковатый, плотный, включения щебня.

Название почвы: подбур иллювиально-железистый на элюво-делювиальных отложениях на пологонаклонно-волнистой равнине.



Рисунок 7. Почвенный разрез №4 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

ПР 4 ПК 2 Разрез №5

Местоположение: Республика Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея».

Привязка: 51°32'19" с.ш., 105°07'09" в.д., ниже по склону в 20 м на ЮВВ от «Зимовья».

Растительность: верхняя часть склона с березово-пихтовым щитовниково-черничным сообществом на подбурах иллювиально-железистых на суглинистых отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
АО	0-2	Свежий, рыхлый, представлен остатками растений, корней, листьями березы, хвоей кедра, прошлогодними листьями слабой степени разложения.
АУ	2-8	Легкий суглинок, свежий, черный, мелкокомковатый, рыхлый, включения остатков растений, корней, гравия, переход заметен по цвету, граница волнистая.
ВМ	8-11	Супесь, увлажненный, бурый, мелкокомковатый, уплотненный, граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету.

BF	11-64	Увлажненный, включения корней и щебня, переход неясный, заметен по механическому составу, граница волнистая, размытая, затеки гумуса и железа (ярко коричневый).
В	64-77	Средний суглинок, увлажненный, рыжий, мелкокомковатый, плотный, включения щебня и валунов.

Название почвы: подбур иллювиально-железистый на суглинистых отложениях на верхней части склона.



Рисунок 8. Почвенный разрез №5 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

ПР 4 ПК 3 Разрез №6

Местоположение: Республика Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея».

Привязка: 51°32'18.7" с.ш., 105°07'05.7" в.д., в 70 м от «Зимовья»

Растительность: терраса средней части склона с березово-кедрово-сосновым мелкотравно-черничным сообществом на кочках и разнотравно-хвоцево-вейниковым сообществом на мочажинах на торфяно-подбурах глеевых на тяжелосуглинистых отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
АО	0-5	Рыхлый, темно-серый, подстилка оторфованная, представлен остатками мха, корней, листьями, ветками, хвоей кедра слабой степени разложения, переход неясный, заметен по цвету, граница волнистая.
T	5-12	Супесь, увлажненный, черный, мелкокомковатый, уплотненный, оторфованный, включения щебня, слюды, углей, корней, переход ясный, заметен по цвету, граница затечная, волнистая.
BF	12-40	Суглинок, влажный, среднекомковатый, серо-рыжий, плотный, включения корней и щебня, переход постепенный, граница размытая.
B _g	40-47	Суглинок тяжелый (глина), сырой, серый с рыжими пятнами, плотный, включения корней и щебня.

Название почвы: торфяно-подбур глеевый на тяжелосуглинистых отложениях на террасе средней части склона.



Рисунок 9. Почвенный разрез №6 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

Также в 2019 г. в г. Байкальске было заложено 2 почвенных разреза вблизи Байкальского ЦБК с северной и юго-западной стороны с целью анализа состояния почв после воздействия работы данного комбината.

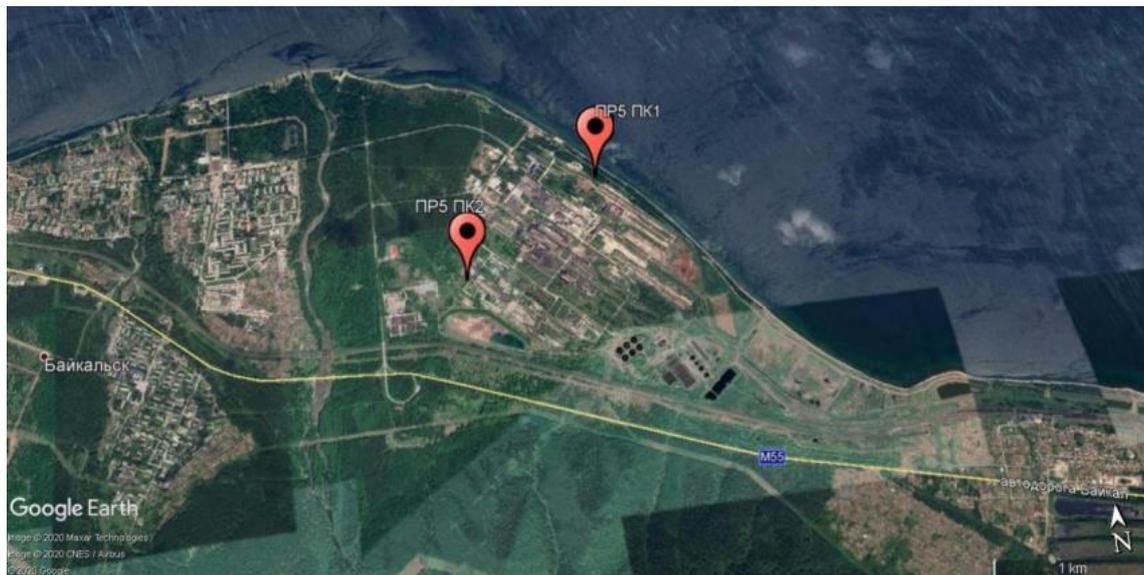


Рисунок 10. Карта точек пробоотбора в г. Байкальске, рядом с БЦБК [8]

ПР 5 ПК 1 Разрез №7

Местоположение: г. Байкальск, БЦБК.

Привязка: 51°31'10" с.ш., 104°11'18" в.д., в 50 м от дороги, в 70 м от оз. Байкал, рядом с забором БЦБК.

Растительность: рудеральное сообщество на дерново-подбурях на аллювиальных отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
О	0-4	Свежий, уплотненный, представлен остатками корней, листьями, переход заметен по плотности.
АУ	4-16	Супесь, свежий, темно-коричневый, среднекомковатый, уплотненный, включения гальки, углей, переход заметен по цвету, граница волнистая.
ВН	16-30	Суглинок, увлажненный, комковатый, коричневый, уплотненный, включения гальки и валунов.

Название почвы: дерново-подбур на аллювиальных отложениях.



Рисунок 11. Почвенный разрез №7 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

ПР 5 ПК 2 Разрез №8

Местоположение: г. Байкальск, БЦБК.

Привязка: 51°30'48" с.ш., 104°10'26" в.д., с юго-западной стороны БЦБК, в 20 м от проселочной дороги.

Растительность: рудеральное сообщество на дерново-подбурах на аллювиальных отложениях.

Горизонт	Мощность, см	Описание
АУ	0-7	Супесь, свежий, черный, среднекомковатый, уплотненный, включения корней, щебня.
В	7-20	Супесь, свежий, коричневый, среднекомковатый, уплотненный, включения щебня.

Название почвы: дерново-подбур на аллювиальных отложениях.



Рисунок 12. Почвенный разрез №8 (фото Елсуковой Е.Ю.) [8]

1.7 Растительность

Хребет Хамар-Дабан в пределах заповедной территории имеет сильно расчленённый рельеф, чем объясняется ярко выраженная высотная поясность в распределении растительности на его макросклонах. Большая часть площади склонов хребта покрыта горной тайгой, в заповеднике лесами занято около 70% территории, 10% занимают субальпийские луга, 7% приходится на высокогорные тундры, остальная площадь занята скалистыми необлесёнными склонами, каменными осыпями, горными озёрами, ручьями и реками [14].

На территории заповедника произрастает 1147 видов растений, из них 13 видов включены в Красную книгу Российской Федерации и 48 видов в Красную книгу Республики Бурятия.

Особенность флоры заповедника – наличие в её составе элементов третичного неморального комплекса, или растений-реликтов третичного периода истории Земли. В настоящее время известно произрастание 30 реликтовых видов растений [18].

Также здесь встречается несколько эндемичных видов. Эндемики хребта Хамар-Дабан – сверция байкальская *Swertia baicalensis* Popov ex Pissjauk., мятлик иркутский *Poa irkutica* Roshev., тридактилина Кирилова *Tridactylina kirilowii* (Turcz.) Sch. Bip. (Бойченко и др., 2000).

На территории заповедника известно 298 видов мхов, в том числе 2 вида включены в Красную книгу Российской Федерации и 9 видов в Красную книгу Республики Бурятия.

Выявлено 775 видов лишайников, в том числе занесенных в Красную книгу Российской Федерации 12 видов, в Красную книгу Республики Бурятия 37 видов.

Флора грибов в настоящее время составляет 367 видов. В Красную книгу Республики Бурятия включено 8 видов и в Красную книгу Российской Федерации – 1 вид.

На северном макросклоне Хамар-Дабана, который отличается высокой влажностью, мощным снеговым покровом и непромерзающими почвами, лесной пояс в основном представлен темнохвойной кедрово-пихтовой тайгой. На отдельных участках склона преобладают кедровые леса различных типов. Предгорные террасы, протянувшиеся вдоль берега Байкала, заняты смешанными лесами со значительным участием березняков и верховых сфагново-осоковых болот. По речным долинам обычны смешанные леса пойменного комплекса, где в качестве эдификатора выступает тополь душистый *Populus suaveolens* Fisch. (Бойченко и др., 2000).

Примерно на высоте 1400 м над уровнем моря лесной пояс сменяется субальпийским, который представлен на северном макросклоне хребта пихтовыми лесами паркового облика, широко распространёнными здесь зарослями кедрового стланика *Pinus pumila* (Pall.) Regel и высокогорными лугами с обильным травостоем, где господствуют злаки, разные виды анемонов *Anemone* L., чемерица Лобеля *Veratrum lobelianum* Bernh., борец высокий *Aconitum excelsum* Rchb. и ряд других видов крупных трав. На южном склоне высокогорные луга отсутствуют, а аналогом пихтовых парков являются кедрово-лиственничные и берёзовые редколесья, чередующиеся с зарослями кедрового стланика *Pinus pumila* (Pall.) Regel В местах с избыточным увлажнением – заболоченные луговины.

По пологим сухим склонам встречаются участки кустарничковых пустошей с рододендромом золотистым *Rhododendron aureum* Georgi, баданом *Bergenia* Moench, филлодоце голубой *Phyllodoce caerulea* (L.) Vab. и дриадой *Dryas* L. Господствующие высоты примерно с 1900 м над уровнем моря занимает в заповеднике альпийский пояс. Наибольшие пространства этого пояса принадлежат щебнисто-дриадовым, а в понижениях рельефа – ерниково-мохово-лишайниковым тундрам (Бойченко и др., 2000).

1.8 Животный мир

Фауна Байкальского заповедника довольно типична для горных систем Южной Сибири, своеобразие её заключается лишь в том, что в ней присутствуют виды, местом происхождения которых являются глубинные районы Центральной Азии.

В заповеднике насчитывается 376 видов позвоночных животных [19].

Млекопитающие в заповеднике представлены 52 видами, в том числе, один вид – северный олень (лесной подвид алтае-саянской популяции) – занесён в Красную книгу Российской Федерации, и 6 видов – в Красную книгу Республики Бурятия (крот сибирский, трубконос большой, ночница усатая, ночница Иконникова, выдра речная, северный олень (лесной подвид алтае-саянской популяции)) (Бойченко и др., 2000).

На 2019 год в Байкальском заповеднике и его охранной зоне отмечены встречи 303 видов птиц, из них 24 вида занесены в Красную книгу Российской Федерации, 68 видов – в Красную книгу Республики Бурятия.

Ихтиофауна заповедника представлена 17 видами. Из их представителей 2 вида занесены в Красную книгу Республики Бурятия – ленок и таймень.

Мир беспозвоночных животных чрезвычайно богат видами, но из-за глубокой видовой специализации изучение их идёт довольно медленно. Фауна беспозвоночных животных насчитывает более 1700 видов, в том числе 27 отрядов и 182 семейства [19].

Глава 2. Источники загрязнения района исследования

На территории, где в настоящее время расположен Байкальский заповедник, практически никогда не велась активная хозяйственная деятельность, кроме охоты, рыболовства и сбора плодов различных растений. На многих участках северного макросклона Хамар-Дабана сохранились не пройденные пожарами коренные пихтово-кедровые леса. На южном макросклоне вся территория постоянно подвергалась пожарам, и старых лесов там практически нет [3].

В настоящее время серьёзную угрозу экосистемам заповедника представляют выбросы в атмосферу промышленных предприятий региона, региональных источников загрязнения атмосферы [3]. Специфика атмосферного переноса в Байкальской котловине заключается в том, что на северный макросклон Хамар-Дабана вместе с обильными осадками приносятся химические элементы, содержащиеся в промышленных выбросах удалённых предприятий Иркутско-Черемховского промышленного узла. Ранее ближайшим к заповеднику источником атмосферных загрязнений, расположенным в 60 км от него, являлся Байкальский ЦБК, но после приостановления его деятельности в 2012 г. влияние комбината на состояние экосистем данной территории сократилось. На данный момент на территории предприятия работает ТЭЦ, обслуживающая город, а также остались шламонакопители с лигнином.

2.1 Региональные источники загрязнения

Как уже было сказано ранее, региональными источниками загрязнения Байкальского заповедника являются предприятия Иркутско-Черемховского промышленного узла – наиболее освоенной и экономически развитой части Иркутской области, объединяющей юго-восточные районы, расположенные вблизи Транссибирской железнодорожной магистрали, в бассейне верхнего течения Ангары и на юго-западном побережье Байкала. В состав данного промышленного узла входят крупные промышленные города: Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов, Слюдянка, Свирск и Байкальск. Во всех этих городах развита электроэнергетика, также основными видами промышленных отраслей здесь являются горнодобывающая (Слюдянка) и пищевая промышленность (Байкальск и Култук), цветная металлургия (Шелехов), химия и нефтехимия (Ангарск), машиностроение (Иркутск) (рис. 13).

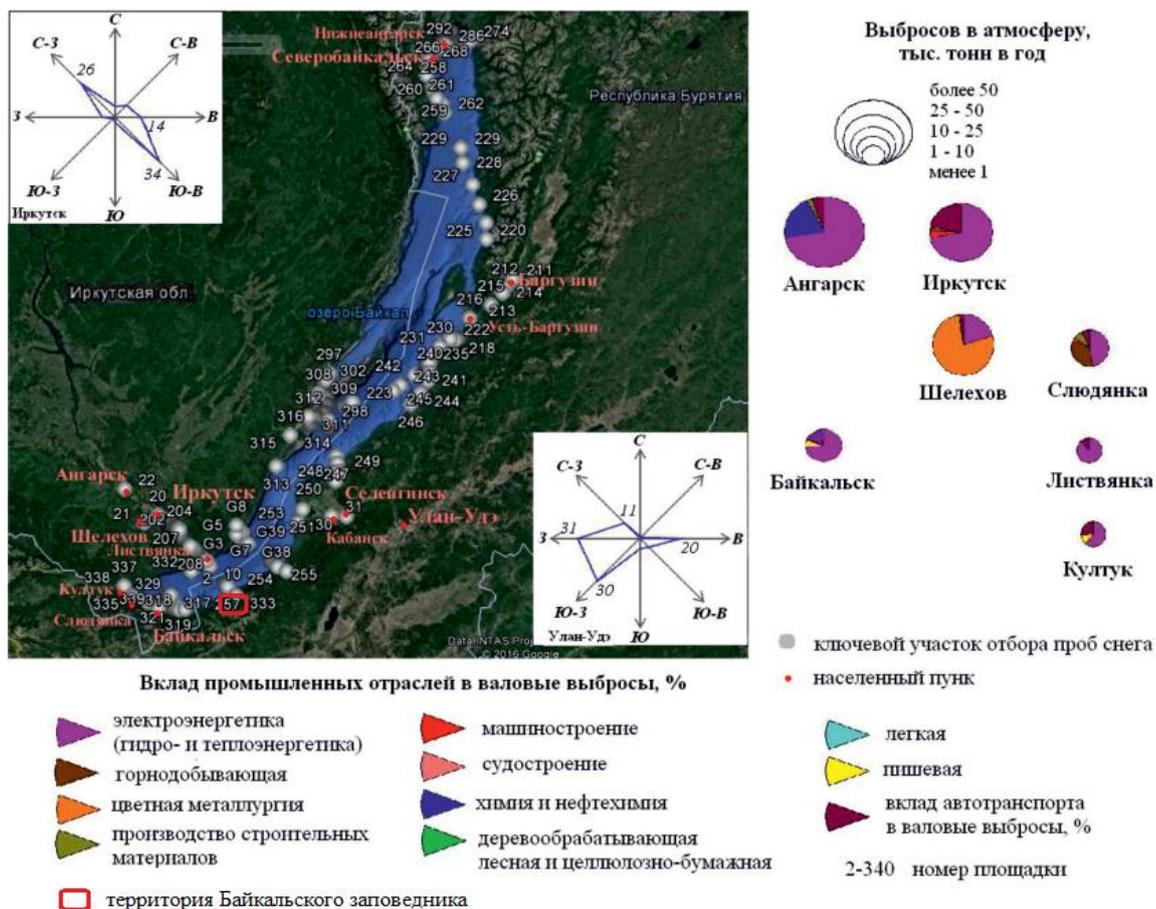


Рисунок 13. Региональные источники загрязнения Байкальского заповедника [1]

Основными компонентами, которые поступают от данного промышленного узла и загрязняют атмосферный воздух, являются взвешенные вещества, бенз(а)пирен, оксид углерода, окислы азота, диоксид серы и формальдегид, а также специфические загрязняющие вещества – сероводород, метилмеркаптан, фтористый водород, хлор (Беркин и др., 2009).

Таким образом, действительно существует угроза переноса выбросов Иркутско-Черемховского промышленного узла на территорию Байкальского заповедника, так как над юго-западным побережьем оз. Байкала господствуют северо-западные и юго-восточные ветры (рис. 13), а над юго-восточным побережьем – северо-восточные (рис. 14).

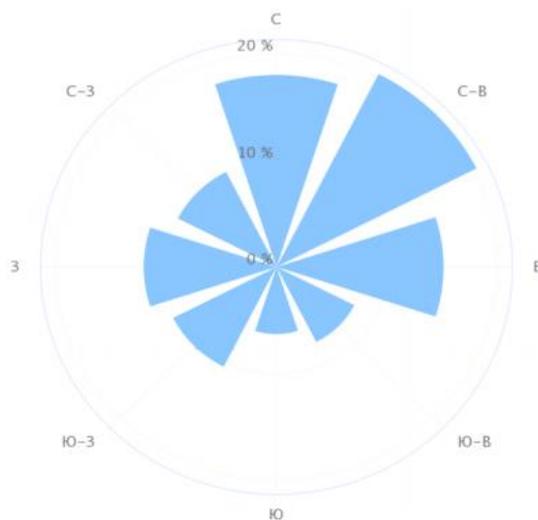


Рисунок 14. Среднегодовая роза ветров г. Байкальска [15]

2.2 Локальные источники загрязнения

Наряду с региональными источниками загрязнения в районе расположения заповедника существуют и другие – локальные источники – железная и автомобильная дороги и отопительные системы близких к заповеднику посёлков. Опасность воздействия локальных загрязнителей атмосферы на биоту заповедника относительно невелика, но тем не менее на экосистемы, граничащие с источниками загрязнений, они оказывают влияние (Бойченко и др., 2000).

Федеральная автомобильная дорога Р-258 «Байкал» находится в 1 км на север от Байкальского заповедника и имеет расчётную интенсивность движения 6 511 автомобилей в сутки (Вяткин, 2015). Последствием воздействия автомобильных транспортных средств, которые выбрасывают выхлопные газы, является повышенная концентрация CO, CO₂, SO₂, NO и бенз(а)пирена в атмосферном воздухе.

Железная дорога, которая расположена между оз. Байкалом и автомобильной дорогой, является источником загрязнения такими веществами, как углеводороды, оксиды углерода, азота, серы, различные твердые загрязняющие вещества при использовании дизельного топлива и мазута, а при использовании твердого топлива к вышеперечисленным поллютантам добавляются ещё летучая зола и сажа.

Помимо эмиссионного воздействия, железнодорожный и автомобильный транспорт оказывает шумовое и вибрационное воздействия на окружающую среду.

Нарушение в целостности экосистем приносит и высоковольтная линия электропередач, проходящая вдоль границы заповедника. Причём линии коммуникаций не только служат источниками локальных загрязнений, но и являются объектами, вызывающими гибель животных (Бойченко и др., 2000). В настоящее время влияние ЛЭП

на окружающую среду слабо изучено, но существуют исследования, которые показывают, что электромагнитное воздействие, оказываемое ЛЭП, может влиять на состояние организмов.

Таким образом, существуют региональные и локальные источники загрязнения Байкальского заповедника, в результате воздействия которых экосистемам заповедника могут угрожать следующие основные загрязнители: углеводороды, оксиды углерода, азота, серы и бенз(а)пирен, а также различные твердые загрязняющие вещества (например, тяжелые металлы).

Глава 3. Методы физико-химического анализа почв

Для оценки почвенного покрова Байкальского заповедника были применены следующие методы физико-химического анализа: определение обменных кальция и магния и подвижных форм микроэлементов.

3.1 Определение обменных кальция и магния

Для определения обменных кальция и магния был применен потенциометрический метод, основанный на зависимости электрического сигнала (потенциала) специального датчика, называемого измерительным электродом, от состава анализируемого раствора и заключающийся в измерении равновесной разности потенциалов между двумя электродами, один из которых является индикаторным (или рабочим), другой – электродом сравнения. Измерительный электрод избирательно реагирует на определенный ион (или группу ионов), а его потенциал зависит от содержания этих ионов в растворе и подчиняется уравнению Нернста. Относительная ошибка метода составляет 2-20% (ГОСТ 26428-85).

Всего было обработано и проанализировано 26 проб из Байкальского заповедника и 4 пробы из г. Байкальска. Для этого сначала из почвы отбиралась навеска весом 4 г, которая затем заливалась дистиллированной водой объемом 20 мл. Далее суспензия в стаканчиках перемешивалась стеклянной палочкой, затем стаканчики накрывались стеклом. Через сутки на потенциометре определялось содержание Са и Са+Mg, для чего перед измерением были подготовлены калибровочные растворы.

Для калибровочных растворов использовались навески сухого вещества, содержащие ионы кальция и магния в известной концентрации. Для получения раствора с концентрацией 10^{-2} , к исходному калибровочному раствору с концентрацией 10^{-1} приливалась дистиллированная вода в соотношении 1:10, для подготовки растворов с концентрацией 10^{-3} и 10^{-4} аналогично разбавлялся каждый следующий полученный раствор. Получившиеся растворы анализировались на потенциометре, по показаниям которого строились градуировочные графики для Са и Са+Mg. По построенным графикам вычислялось содержание обменных кальция и магния.

3.2 Определение тяжелых металлов

Чтобы определить подвижные формы микроэлементов, осуществлялось их извлечение аммонийно-ацетатным буфером (рН 4,8), поскольку в настоящее время разработана система предельно-допустимых концентраций (ПДК) подвижных форм тяжелых металлов в почве, экстрагируемых данным буфером (ГОСТы 26204-84, 26213-84).

Всего было обработано и проанализировано 52 пробы (26 проб в двукратной повторности) из Байкальского заповедника и 8 проб (4 пробы в двукратной повторности) из г. Байкальска на содержание следующих тяжелых металлов: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn.

Для элементного анализа проб был применен эмиссионно-спектрометрический метод, заключающийся в определении химического состава вещества по атомным спектрам его излучения, где каждой спектральной линии соответствует определенная энергия возбуждения. При данном методе неизвестную концентрацию какого-либо элемента определяют, сравнивая интенсивность излучения этого элемента в анализируемой пробе с интенсивностью излучения его в эталоне при их возбуждении в источнике (Опекунова и др., 2002). Основные трудности при определении создает зависимость интенсивности излучения элемента не только от его концентрации, но и от химического и минералогического состава пробы, что требует близкого сходства состава анализируемых проб и эталонов. Относительная ошибка метода в среднем составляет 10-25% [9].

Сначала почва измельчалась до состояния пудры с помощью ступки и пестика. Далее навеска почвы весом 1 г помещалась в колбу емкостью 100 мл и к ней приливалось 25 мл буферного раствора (4,8 рН). Затем суспензия взбалтывалась в течение 1 ч. Через сутки производилось фильтрование пробы сперва через фильтр «белая лента», потом через фильтр «синяя лента». Те же действия выполнялись и для второй пробы. Подготовленные фильтраты анализировались в двукратной повторности на оптическом эмиссионном спектрометре ICPE-9000 в ресурсном центре Методы анализа состава вещества (РЦ МАСВ). Чувствительность метода при его применении на ICPE-9000 приведена в таблице 1 [21].

Таблица 1. Чувствительность ICPE-9000, мг/кг

Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001

Согласно методическим указаниям (Опекунова и др., 2002) следует брать навеску весом 2,5 г, но при анализе получившегося фильтрата произошел сбой в работе спектрометра. Поэтому совместно с сотрудниками РЦ МАСВ и лаборатории кафедры геоэкологии и природопользования было принято решение уменьшить концентрацию суспензии путем снижения веса навески до 1 г.

Также по подвижным формам тяжелых металлов была проведена оценка уровня химического воздействия загрязнения почв, которая проводится по показателю суммарного загрязнения (Z_c). Z_c рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_{i,онп}}{C_{i,рф}} - (n - 1),$$

где $C_{i, \text{опр}}$ – определяемое содержание i -ого токсиканта в почве; $C_{i, \text{рф}}$ – регионально-фоновое содержание в почве i -ого токсиканта; n – число токсикантов (Опекунова и др., 2002). Так как данные о фоновых содержаниях в почве тяжелых металлов для региона исследования отсутствуют, были использованы значения ПДК.

В соответствии с оценочной шкалой опасности загрязнения почв по суммарному загрязнению определяется категория загрязнения почв (табл. 2).

Таблица 2. Оценочная шкала опасности загрязнения почв по показателю суммарного загрязнения (Z_c) [9]

Категории загрязнения почв	Z_c	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	< 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	> 128	Увеличение общей заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин

Численное значение Z_c при условии загрязненности почв зависит от состава и количества ингредиентов, используемых в расчетах. Увеличение количества поллютантов приводит к более высоким результатам [9].

Глава 4. Экологическая оценка почвенного покрова

4.1 Содержание обменных кальция и магния

Исходя из результатов анализа почв на содержание обменных Ca и Mg (прил. 1), было установлено, что почвы в Байкальском заповеднике и г. Байкальске бедны Ca и богаты Mg, что связано с подстилающими породами данной территории.

Заметна следующая закономерность распределения Mg в почвенном профиле, отобранных в Байкальском заповеднике (рис. 15): больше всего Mg содержится в верхних органических горизонтах и по мере увеличения глубины концентрация этого элемента значительно сокращается (разница достигает до 20 раз). Противоположная ситуация обстоит в почвах, отобранных возле БЦБК (рис. 16), где содержание Mg увеличивается с глубиной, что, скорее всего, обусловлено антропогенной нагрузкой, сложившейся на данной территории.

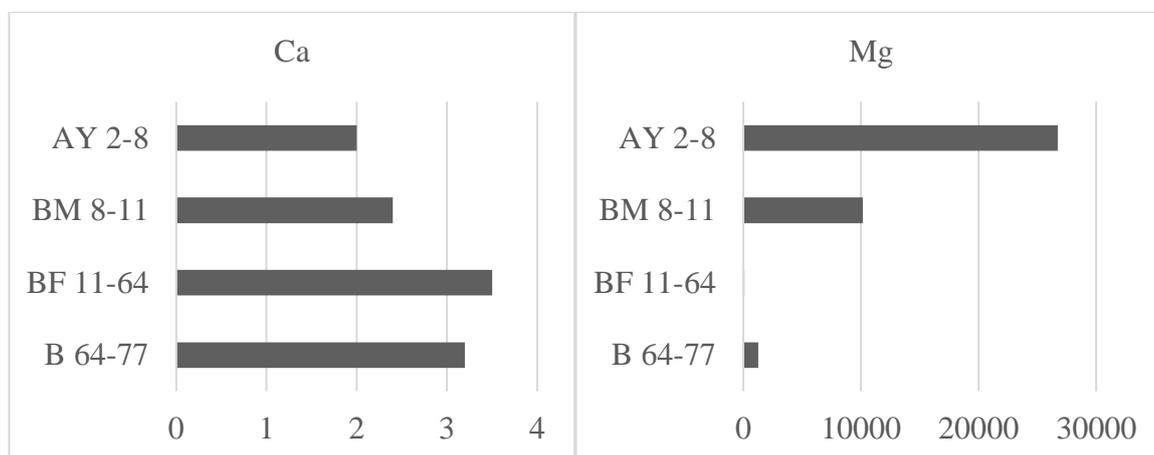


Рисунок 15. Распределение Ca и Mg по почвенному профилю Байкальского заповедника, мг/кг (на примере разреза №5)

Тенденция накопления Ca в почвах и Байкальского заповедника (рис. 15), и г. Байкальска (рис. 16) такова, что больше всего Ca содержится в средней части профиля и по мере увеличения глубины концентрация этого элемента возрастает.

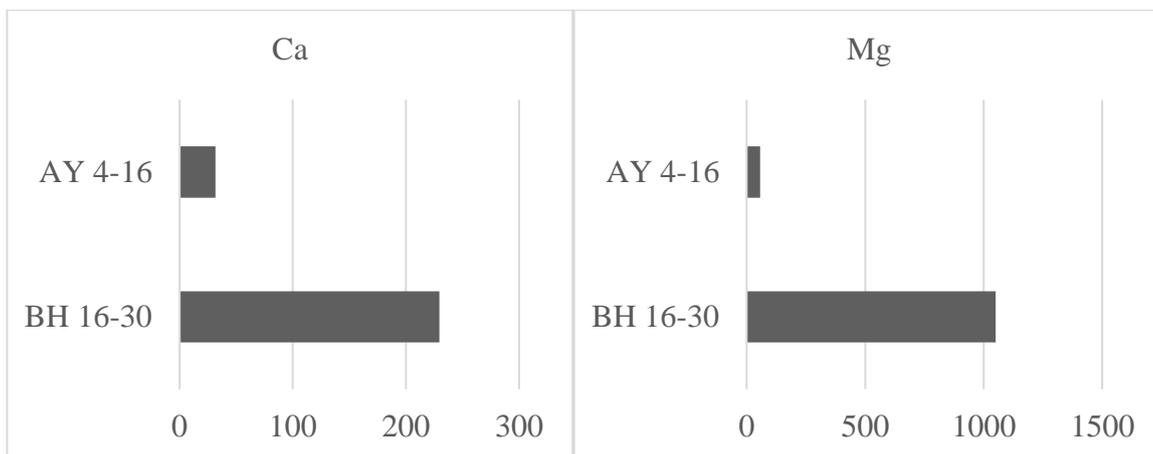


Рисунок 16. Распределение Ca и Mg по почвенному профилю почв, отобранных возле БЦБК, мг/кг (на примере разреза №6)

Также при сравнении значений обменных Ca и Mg в почвах Байкальского заповедника и г. Байкальска прослеживается такая закономерность, что Ca в почвах, отобранных возле БЦБК в десятки раз больше, чем в почвах Байкальского заповедника, а Mg – в десятки, а то и в сотни раз меньше. Данная обстановка может быть связана с антропогенным фактором, воздействующим на почвы г. Байкальска.

Таким образом, в результате анализа почв в Байкальском заповеднике на содержание Ca и Mg было установлено, что Mg накапливается в основном в верхней части почвенного профиля и по мере увеличения глубины его концентрация сокращается, а Ca имеет тенденцию к накоплению в средней части профиля и с глубиной его концентрация возрастает.

4.2 Содержание подвижных форм тяжелых металлов

В ходе анализа подвижных форм микроэлементов были определены следующие химические элементы: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn. Все эти элементы относят к тяжелым металлам при попадании в почву в опасном количестве из выбросов, сбросов и отходов (Давыдова и др., 2002). С другой стороны, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni и Zn являются микроэлементами, жизненно необходимым организмам в небольших концентрациях, но при увеличении содержания в экосистеме эти элементы становятся токсичными. Функциональная роль Cd и Pb в настоящее время неизвестна, поэтому их влияние считается негативным даже при минимальных концентрациях (Титов и др., 2014).

Тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы. Так, согласно ГОСТу 17.4.1.02-83 Cd, Pb и Zn являются веществами I класса опасности, Co, Ni, Cu и Cr – II класса опасности, а V и Mn – III класса опасности.

В качестве критериев оценки уровня загрязнения использовались нормативы ПДК (СанПиН 1.2.3685-21) химических веществ в почве и фоновые значения почв Байкальского заповедника (Санина,).

Основываясь на результатах анализа почв на содержание подвижных форм тяжелых металлов (прил. 2), было установлено, что содержание Cd незначительно превышает фоновые значения в основном в верхней и средней частях почвенного профиля и по мере увеличения глубины его концентрация сокращается, что можно проследить на примере почвенного разреза №3 (рис. 17).

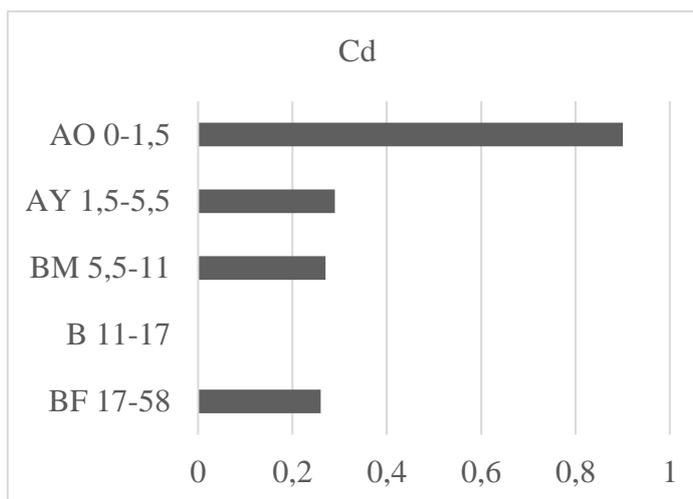


Рисунок 17. Распределение Cd по почвенному профилю Байкальского заповедника, мг/кг (на примере разреза №3)

Значения Cd находятся в пределах нормативов и фона, также в почвах Байкальского заповедника его концентрация уменьшается с глубиной практически во всех почвенных разрезах, что можно проследить на примере почвенного разреза №1 (рис. 18).

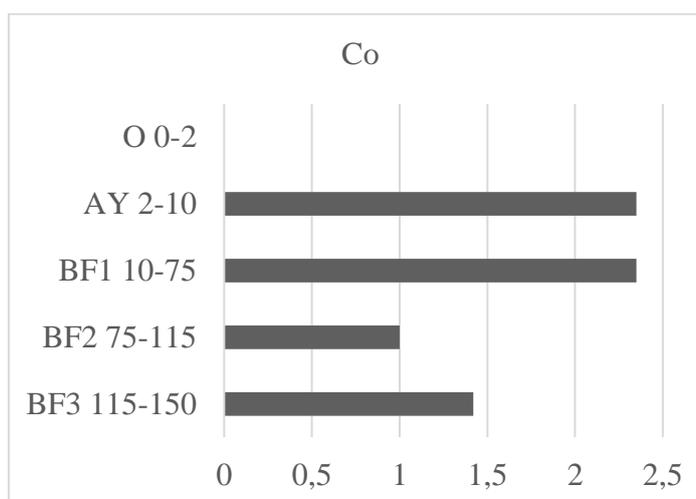


Рисунок 18. Распределение Co по почвенному профилю Байкальского заповедника, мг/кг (на примере разреза №1)

Содержание Cr, Cu и Mn в почвах превышает ПДК и фоновые значения, а количество Fe в почвах – фоновые, что связано с подстилающими породами данной территории, что подтверждает их повышенное содержание в минеральных горизонтах средней и нижней частей почвенного профиля, а в случае с Cu – во всем почвенном профиле. Концентрация данных химических элементов имеет тенденцию к увеличению с глубиной, что можно проследить на примере почвенных разрезов №3 и №4 (рис. 19).

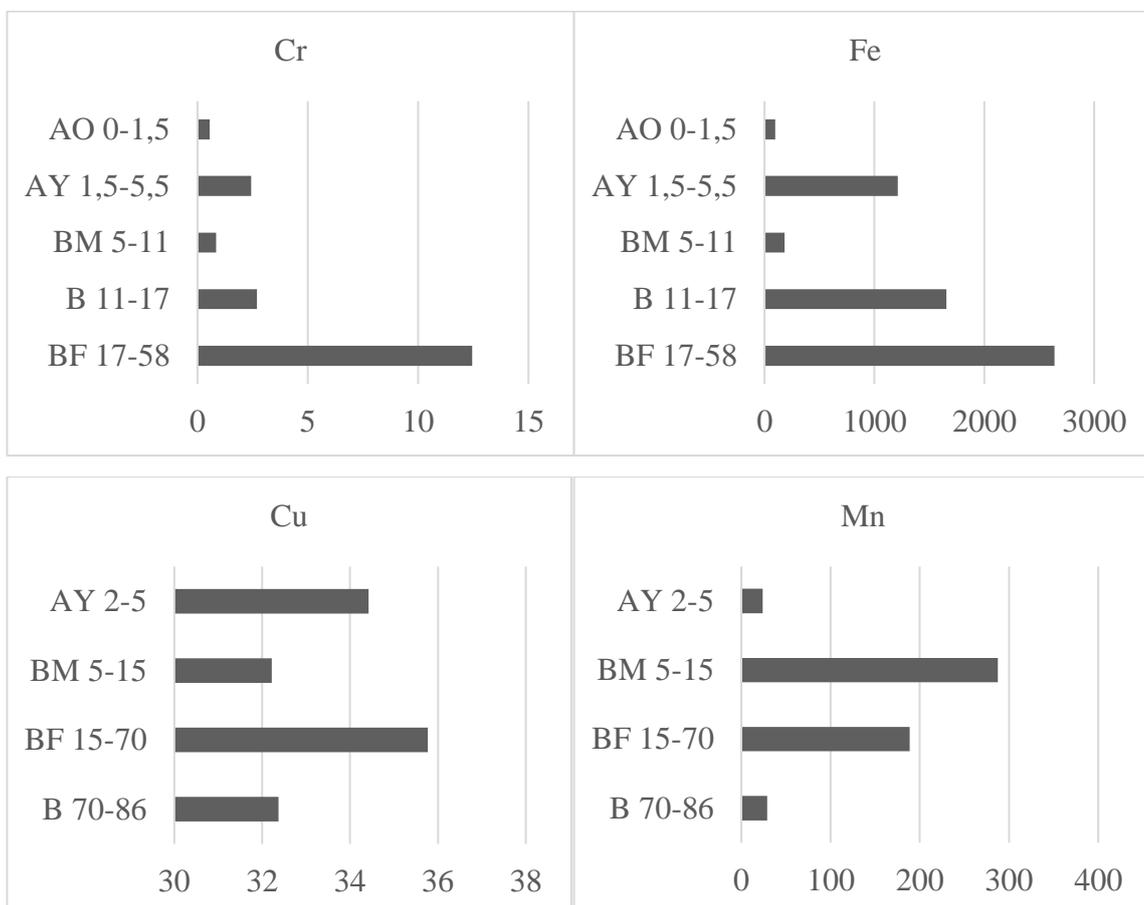


Рисунок 19. Распределение Cr и Fe по почвенному профилю Байкальского заповедника на примере разреза №3 и Cu и Mn на примере разреза №4, мг/кг

Содержание Ni в почвах заповедника находится в пределах ПДК, но выше фона, по всей территории. Для Ni, а также V характерно накопление в средней части почвенного профиля, что можно проследить на примере почвенного разреза №2 (рис. 20).

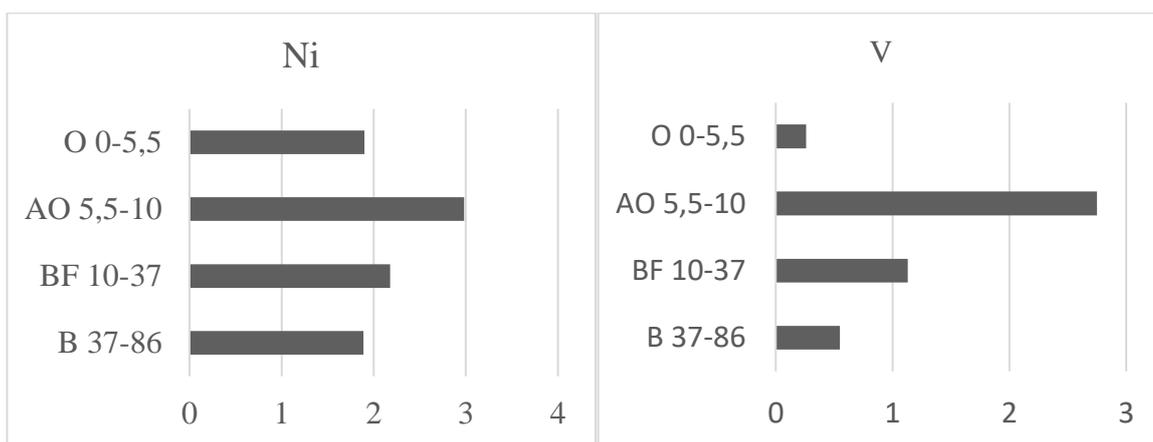


Рисунок 20. Распределение Ni и Vn по почвенному профилю Байкальского заповедника, мг/кг (на примере разреза №2)

Значения Pb и Zn выходят за пределы ПДК и фона в органогенных горизонтах почвенного профиля в почвах Байкальского заповедника, что можно проследить на примере почвенного разреза №1 (рис. 21). Это указывает на антропогенную причину данной закономерности, подтверждением чему служит накопление этих химических элементов также в верхней части почвенного профиля в разрезах, заложенных возле БЦБК. Превышения ПДК по Pb на территории заповедника составили до 2,5 раз, а по Zn – до 3,5.

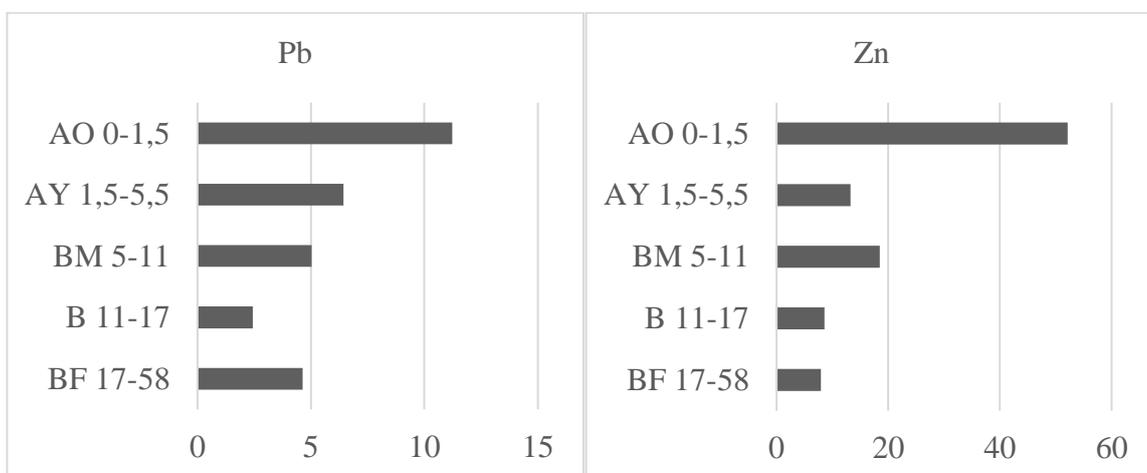


Рисунок 21. Распределение Pb и Zn по почвенному профилю Байкальского заповедника, мг/кг (на примере разреза №1)

В результате оценки уровня химического загрязнения почв по показателю суммарного загрязнения (Z_c) (прил.3) было установлено, что почвы Байкальского заповедника имеют допустимый уровень загрязнения почв ($Z_c=6,3-13,8$), а в почвах, отобранных возле БЦБК, где диапазон Z_c составляет от 12,9 до 18,4, имеется горизонт с умеренно опасным уровнем загрязнения ($Z_c=18,4$).

Таким образом, изученные почвы Байкальского заповедника отличаются следующими геохимическими особенностями: низким содержанием Ca (2-12,5 мг/кг), а также высоким содержанием Mg (93,5-31416 мг/кг), Cr (0,475-12,950 мг/кг), Cu (15,97-35,77

мг/кг), Fe (66,1-5013,9 мг/кг) и Mn (8,18-384,40 мг/кг), что обусловлено подстилающими породами данной территории, которые богаты залежами слюды и хрома. Значения Pb (1,54-14,42 мг/кг) и Zn (5,43-83,17 мг/кг) выходят за пределы ПДК и фоновых значений, причиной чему могут являться вещества, выделяемые железнодорожным и автомобильным транспортом, а также перенос выбросов Иркутско-Черемховского промышленного узла. Изученные химические элементы обладают следующими тенденциями миграции в почвенных профилях: органогенные горизонты служат геохимическими барьерами для Cd, Co, Pb и Zn; в средней части профиля характерно накопление для Ni и V; накопление в минеральных горизонтах Cr, Cu, Fe и Mn связано с горными породами, слагающими данную территорию. Также почвы заповедника имеет допустимый уровень загрязнения почв ($Z_c=6,3-13,8$).

Заключение

В итоге проведенной работы была дана физико-географическая характеристика района исследования. Для данного района характерен резко континентальный климат, значительное воздействие на который оказывает оз. Байкал. Типичными почвами Байкальского заповедника являются подбуры и буроземы, также здесь встречаются торфяно- и дерново-подбуры.

Существуют региональные и локальные источники загрязнения Байкальского заповедника. К региональным источникам относятся предприятия Иркутско-Черемховского промышленного узла, а к локальным – железная и автомобильная дороги и отопительные системы близких к заповеднику посёлков, а также ЛЭП.

Автором были освоены такие методы физико-химического анализа и оценки почвенного покрова, как определение обменных кальция и магния и подвижных форм микроэлементов, а также оценка уровня химического загрязнения почв по показателю суммарного загрязнения.

Исходя из статистической обработки результатов измерений, была дана экологическая оценка почвенного покрова, в ходе которой были выявлены следующие геохимические особенности почв Байкальского заповедника: низкое содержание Са (2-12,5 мг/кг), а также высокое содержание Mg (93,5-31416 мг/кг), Cr (0,475-12,950 мг/кг), Cu (15,97-35,77 мг/кг), Fe (66,1-5013,9 мг/кг) и Mn (8,18-384,40 мг/кг), что обусловлено подстилающими породами данной территории, которые богаты залежами слюды и хрома. Значения Pb (1,54-14,42 мг/кг) и Zn (5,43-83,17 мг/кг) выходят за пределы ПДК и фоновых значений, причиной чему могут являться вещества, выделяемые железнодорожным и автомобильным транспортом, а также перенос выбросов Иркутско-Черемховского промышленного узла. Изученные химические элементы обладают следующими тенденциями миграции в почвенных профилях: органогенные горизонты служат геохимическими барьерами для Cd, Co, Pb и Zn; в средней части профиля характерно накопление для Ni и V; накопление в минеральных горизонтах Cr, Cu, Fe и Mn связано с горными породами, слагающими данную территорию. Основными источниками загрязнения почв заповедника данными тяжелыми металлами могут служить вещества, выделяемые железнодорожным и автомобильным транспортом, а также перенос выбросов Иркутско-Черемховского промышленного узла. Также почвы заповедника имеет допустимый уровень загрязнения почв ($Z_c=6,3-13,8$).

Также выражаю благодарность за содействие в проделанной работе научному руководителю, Елсуковой Е.Ю., сотрудникам РЦ МАСВ, Григорьяну В.Н., и лаборатории кафедры геоэкологии и природопользования, Шейнерман Н.А.

Список использованных источников

Литература:

1. Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Гагаринова О.В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н. Экологическое состояние побережья озера Байкал и его влияние на загрязнение озера // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 11 (часть 1) – С. 85-95.
2. Беркин Н.С. Байкаловедение : учеб. пособие / Н.С. Беркин, А.А. Макаров, О.Т. Русинек. – Иркутск : Изд-во Ирк. гос. ун-та, 2009. – 291 с.
3. Бойченко В.С., Баскаков В.В., Краснопевцева А.С., Ермакова О.Д., Карбаинов Ю.М., Штильмарк Ф.Р., Сыроечковский Е.Е., Рогачева Э.В. Байкальский заповедник // Заповедники России. Т. 2. Заповедники Сибири. – М.: Логата, 2000. – С. 191-204.
4. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
5. Вяткин М. Ф., Куимова М. В. О влиянии выхлопных газов автомобилей на здоровье человека // Молодой ученый. — 2015. — №10. — С. 87-88.
6. Гармаева, Е.П. Генеральный план МО ГП «Танхойское» Кабанского района Республики Бурятия / Е.П. Гармаева, Т.С. Дамбаев, А.А. Шелухеев – пояснительная записка – 2009 – 72 с.
7. Давыдова С.Л., Тагасов В.И., Тяжелые металлы, как супертоксиканты XXI века, учебное пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
8. Мордовской, Е.О. Эколого-геохимическая оценка почв Байкальского государственного биосферного заповедника: дис.: 25.00.00. – СПб., 2020. – 68 с.
9. Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю. Методы физикохимического анализа почв и растений: методические указания. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – 70 с.
10. Ральдин, Б.Б. Геоэкологические аспекты землепользования в Республике Бурятия / Б.Б. Ральдин, Л.Л. Убугунов, В.Н. Хертуев, К.Ш. Шагжиев. – Улан-Удэ, 2003. – с. 10-16.
11. Санина, Н.Б. Химический состав почв Байкальского биосферного заповедника (к проблеме деградации пихтовых лесов) / Н.Б. Санина // Почвоведение. – 2005. – №1. – С. 74-81.
12. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.

13. Убугунов Л.Л., Белозерцева И.А., Убугунова В.И., Сороковой А.А. Районирование почв бассейна озера Байкал: экологический подход // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2019. № 2(11). С. 40–59.

Электронные ресурсы:

14. Ландшафты [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://baikalzapovednik.ru/landscapes> (дата обращения 10.04.2020.).

15. Мониторинг загрязнения окружающей среды | ФГБУ Иркутское УГМС <https://www.irmeteo.ru/index.php?id=5>

16. Наука [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://baikalzapovednik.ru/science> (дата обращения 27.04.2020.).

17. Розы ветров <https://lakka-sails.ru/winds/>

18. Флора [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://baikalzapovednik.ru/flora> (дата обращения 10.04.2020.).

19. Фауна [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://baikalzapovednik.ru/fauna> (дата обращения 10.04.2020.).

21. Shimadzu <https://shimadzu.com.au/sites/default/files/sites/files/Scientific-Web/Products/Spectroscopy/ICPE-9000%20G.pdf>

Нормативные документы:

22. ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения» (введен в действие постановлением Госстандарта СССР от 17 декабря 1983 г. № 6107).

23. ГОСТ 26428-85. «Государственный стандарт. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке» (введен в действие постановлением Госстандарта СССР от 8 февраля 1985 г. № 283).

24. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2).

Приложения

Приложение 1. Содержание обменных кальция и магния, мг/кг

Местоположение	h н.у.м., м	Тип почвы	Горизонт	Глубина, см	Ca+Mg	Ca	Mg
Разрез №1 ПР2 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной	450	Дерново-подбур	О	0-2	10166,5	5,0	10161,5
			АУ	2-10	14034,0	5,3	14028,7
			ВF ₁	10-75	612,6	12,6	600,0
			ВF ₂	75-115	612,6	4,8	607,8
			ВF ₃	115-150	845,6	8,3	837,3
Разрез №2 ПР2 ПК2 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной, выше по течению, в 1,5 км от ПР2 ПК1	490	Бурозем типичный	О	0-5,5	12799,1	7,6	12791,5
			АО	5,5-10	31418,2	2,0	31416,2
			ВF	10-37	486,6	н/ч	486,6
			В	37-86	486,6	3,2	483,4
Разрез №3 ПР3 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «В дистри Хамар-Дабана»	590	Бурозем горный типичный подкисленный	АО	0-1,5	12799,1	8,3	12790,8
			АУ	1,5-5,5	21241,3	2,4	21238,9
			ВМ	5,5-11	3004,1	3,2	3000,9
			В	11-17	3004,1	н/ч	3004,1
			ВF	17-58	845,6	н/ч	845,6
Разрез №4 ПР4 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, в 100 м на СЗ от полотна экотропы «Кедровая аллея» и остановки «Зимовье»	540	Подбур иллювиально-железистый	АУ	2-5	3366,5	2,5	3364
			ВМ	5-15	2800,1	3,2	2797,0
			ВF	15-70	3366,5	4,8	3361,7
			В	70-86	1469,5	5,8	1463,8
Разрез №5 ПР4 ПК2 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея», ниже по склону в 20 м на ЮВВ от «Зимовья»	530	Подбур иллювиально-железистый	АУ	2-8	26741,2	2,0	26739,2
			ВМ	8-11	10166,7	2,4	10164,3
			ВF	11-64	97,1	3,5	93,6
			В	64-77	1279,9	3,2	1276,7
Разрез №6 ПР4 ПК3 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея», в 70 м от «Зимовья»	519	Торфяно-подбур глеевый	АО	0-5	15241,5	2	15239,5
			Т	5-12	12799,1	2,6	12796,5
			ВF	12-40	1279,9	2,4	1277,5
			В _g	40-47	293,2	2,2	291,0
Разрез №7 ПР5 ПК1 Респ. Бурятия, г. Байкальск, в 50 м от дороги, в 70 м от оз. Байкал, рядом с забором БЦБК	470	Дерново-подбур	АУ	4-16	88,5	31,7	56,9
			ВН	16-30	1279,9	229,6	1050,3
Разрез №8 ПР5 ПК2 Респ. Бурятия, г. Байкальск, с юго-западной стороны БЦБК, в 20 м от проселочной дороги	472	Дерново-подбур	АУ	0-7	116,7	50,2	66,5
			В	7-20	255,4	76,0	179,3

Приложение 2. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг (красным цветом выделены значения, превышающие фоновые и ПДК)

Местоположение	h н.у.м., м	Тип почвы	Горизонт	Глубина, см	Cd Фон – 0,01- 0,17	Co ПДК – 5,0	Cr ПДК – 6,0	Cu ПДК – 3,0	Fe Фон – 55-264	Mn ПДК – 100,0	Ni ПДК – 4,0	Pb ПДК – 6,0	V	Zn ПДК – 23,0
Разрез №1 ПР2 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной	450	Дерново-подбур	O	0-2	н/ч	н/ч	0,48	16,77	74,9	98,25	2,01	5,63	н/ч	63,22
			AУ	2-10	0,52	2,35	3,21	24,62	2618,9	140,72	3,99	4,56	н/ч	26,47
			BF ₁	10-75	0,26	2,35	1,86	24,12	631,4	70,17	3,49	2,74	н/ч	6,53
			BF ₂	75-115	0,10	1,00	0,93	21,97	493,9	35,77	2,42	1,54	н/ч	5,43
Разрез №2 ПР2 ПК2 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной, выше по течению, в 1,5 км от ПР2 ПК1	490	Бурозем типичный	O	0-5,5	0,46	1,08	0,54	15,97	66,1	370,72	1,90	14,42	0,26	83,17
			AO	5,5-10	н/ч	н/ч	8,69	19,07	5013,9	20,05	2,98	6,84	2,75	24,52
			BF	10-37	0,29	н/ч	12,95	26,77	3711,4	45,45	2,18	6,48	1,13	12,67
			B	37-86	0,17	1,50	4,58	23,87	622,9	384,40	1,89	3,41	0,55	9,92
Разрез №3 ПР3 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «В дебри Хамар-Дабана»	590	Бурозем горный типичный подкисленный	AO	0-1,5	0,90	н/ч	0,55	24,37	96,4	373,10	1,01	11,22	0,22	52,12
			AУ	1,5-5,5	0,29	н/ч	2,44	21,97	1213,9	30,97	1,87	6,43	0,67	13,22
			BM	5,5-11	0,27	0,92	0,84	17,42	181,4	10,67	1,61	5,03	0,54	18,47
			B	11-17	н/ч	н/ч	2,70	21,77	1653,9	8,18	1,62	2,43	1,82	8,59
Разрез №4 ПР4 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, в 100 м на СЗ от полотна экотропы «Кедровая аллея» и остановки «Зимовье»	540	Подбур иллювиально- железистый	AУ	2-5	0,33	н/ч	2,38	34,42	752,4	24,05	3,18	6,03	н/ч	16,40
			BM	5-15	0,28	4,12	9,08	32,22	3203,9	287,72	3,24	3,60	н/ч	8,80
			BF	15-70	0,29	2,72	11,85	35,77	1618,9	188,72	3,19	4,79	0,72	10,27
			B	70-86	н/ч	н/ч	1,88	32,37	363,9	28,97	2,73	3,88	0,20	11,17
Разрез №5 ПР4 ПК2 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея», ниже по склону в 20 м на ЮВВ от «Зимовья»	530	Подбур иллювиально- железистый	AУ	2-8	н/ч	н/ч	2,32	32,62	817,4	21,40	3,03	6,37	0,66	15,32
			BM	8-11	н/ч	н/ч	7,51	28,47	4993,9	16,95	3,97	5,38	1,94	11,27
			BF	11-64	0,14	1,22	5,74	30,12	977,4	38,52	2,47	5,93	н/ч	7,54
			B	64-77	н/ч	1,50	3,72	31,52	575,9	51,07	2,21	3,36	н/ч	15,17
Разрез №6 ПР4 ПК3 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея», в 70 м от «Зимовья»	519	Торфяно-подбур глеевый	AO	0-5	н/ч	н/ч	1,98	18,97	397,4	16,32	1,91	5,48	0,75	11,39
			T	5-12	0,10	1,92	3,84	27,52	3258,9	14,92	3,07	4,11	2,13	9,42
			BF	12-40	н/ч	н/ч	4,69	23,82	1803,9	12,47	2,15	2,19	1,21	5,44
			B _g	40-47	н/ч	0,66	5,04	31,27	2603,9	27,37	2,30	3,27	1,18	7,40
Разрез №7 ПР5 ПК1 Респ. Бурятия, г. Байкальск, в 50 м от дороги, в 70 м от оз. Байкал, рядом с забором БЦБК	470	Дерново-подбур	AУ	4-16	0,22	2,73	2,86	23,37	392,4	279,72	1,99	28,72	1,23	28,07
			BH	16-30	0,28	н/ч	2,77	33,67	1103,9	315,72	3,31	13,67	0,87	108,47
Разрез №8 ПР5 ПК2 Респ. Бурятия, г. Байкальск, с юго-западной стороны БЦБК, в 20 м от проселочной дороги	472	Дерново-подбур	AУ	0-7	0,33	2,27	3,35	26,97	606,9	276,22	2,88	15,62	0,38	36,62
			B	7-20	0,28	н/ч	4,29	36,22	1638,9	212,72	3,37	7,56	0,56	28,22

Приложение 3. Оценка уровня химического загрязнения почв по показателю суммарного загрязнения (Z_c)

Местоположение	h н.у.м., м	Тип почвы	Горизонт	Глубина, см	Z_c	Категория загрязнения почв
Разрез №1 ПР2 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной	450	Дерново-подбур	О	0-2	7,3	Допустимая
			АУ	2-10	8,8	Допустимая
			ВF ₁	10-75	8,0	Допустимая
			ВF ₂	75-115	7,3	Допустимая
			ВF ₃	115-150	8,7	Допустимая
Разрез №2 ПР2 ПК2 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, правый берег р. Выдриной, выше по течению, в 1,5 км от ПР2 ПК1	490	Бурозем типичный	О	0-5,5	12,0	Допустимая
			АО	5,5-10	7,0	Допустимая
			ВF	10-37	10,2	Допустимая
			В	37-86	10,8	Допустимая
Разрез №3 ПР3 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «В дебри Хамар-Дабана»	590	Бурозем горный типичный подкисленный	АО	0-1,5	13,0	Допустимая
			АУ	1,5-5,5	7,4	Допустимая
			ВМ	5,5-11	5,8	Допустимая
			В	11-17	7,3	Допустимая
			ВF	17-58	10,5	Допустимая
Разрез №4 ПР4 ПК1 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, в 100 м на СЗ от полотна экотропы «Кедровая аллея» и остановки «Зимовье»	540	Подбур иллювиально- железистый	АУ	2-5	11,5	Допустимая
			ВМ	5-15	10,7	Допустимая
			ВF	15-70	13,8	Допустимая
			В	70-86	10,8	Допустимая
Разрез №5 ПР4 ПК2 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея», ниже по склону в 20 м на ЮВВ от «Зимовья»	530	Подбур иллювиально- железистый	АУ	2-8	10,9	Допустимая
			ВМ	8-11	9,7	Допустимая
			ВF	11-64	10,0	Допустимая
			В	64-77	10,5	Допустимая
Разрез №6 ПР4 ПК3 Респ. Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея», в 70 м от «Зимовья»	519	Торфяно-подбур глеевый	АО	0-5	6,3	Допустимая
			Т	5-12	9,2	Допустимая
			ВF	12-40	7,9	Допустимая
			В _g	40-47	10,4	Допустимая
Разрез №7 ПР5 ПК1 Респ. Бурятия, г. Байкальск, в 50 м от дороги, в 70 м от оз. Байкал, рядом с забором БЦБК	470	Дерново-подбур	АУ	4-16	13,6	Допустимая
			ВН	16-30	18,4	Умеренно опасная
Разрез №8 ПР5 ПК2 Респ. Бурятия, г. Байкальск, с юго-западной стороны БЦБК, в 20 м от проселочной дороги	472	Дерново-подбур	АУ	0-7	12,9	Допустимая
			В	7-20	13,7	Допустимая