

Санкт-Петербургский государственный университет

**ЗАГИТОВА Гульназ Тимуровна**

**Выпускная квалификационная работа**

*Эколого-геохимическая характеристика почвенного покрова Байкальского региона*

*Ecological and geochemical characteristics of the soil cover of Baical region*

Уровень образования: *Магистратура*

Направление 05.04.06 «*Экология и природопользование*»

Основная образовательная программа ВМ.5797 «*Геоэкология: мониторинг, природопользование и экологическая безопасность*»

Научный руководитель:

*доцент, к.г.н.*

*Елсукова Е.Ю.*

Рецензент:

*доцент кафедры*

*естествознания и географии*

*ЛГУ им. Пушкина,*

*кандидат биологических наук*

*Лебедева М.Ю.*

Санкт-Петербург

2022

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. Физико-географическая характеристика Байкальского региона .....	5
1.1 Геологическое строение и рельеф .....	5
1.2 Климатические условия .....	7
1.3 Почвенный покров .....	8
1.4 Растительный покров .....	20
Глава 2. Антропогенное воздействие на почвенный покров Байкальского региона .....	22
2.1 Промышленные предприятия .....	22
2.2 Железнодорожный и автомобильный транспорт .....	23
2.3 Другие источники загрязнения .....	23
Глава 3. Методы исследования .....	29
3.1 Методы полевых исследований .....	29
3.2 Методы лабораторных исследований .....	31
Глава 4. Эколого-геохимическая характеристика почвенного покрова Байкальского региона .....	34
4.1 Кислотность почв .....	34
4.2 Эколого-геохимическая характеристика почв .....	36
Заключение .....	51
Список использованных источников .....	53
Приложение 1 .....	56
Приложение 2 .....	57

## Введение

К основным источникам воздействия на озеро Байкал относятся расположенные в бассейне и по берегам озера промышленные предприятия, из-за чего и возрастает антропогенная нагрузка на природные системы озера, которые, на данный момент, практически не поддаются контролю.

Один из критериев оценки состояния природной территории – это эколого-геохимическая характеристика почв. Именно поэтому данная тема так актуальна на сегодняшний день, поскольку изучение подвижных форм тяжёлых металлов (ТМ) в почвенном покрове, их распределение, аккумуляция и миграция – одна из главных составляющих почвенного экологического мониторинга.

Изучением почвенного покрова Байкальского региона занимались многие исследователи: О.Д. Ермакова, Л.Д. Балсанова, А.Б. Гынинова, Ц.Ц. Цыбикдоржиев, В.И. Убугунова, В.А. Снытко, чьи статьи и были изучены при написании выпускной квалификационной работы.

Целью данной работы является изучение эколого-геохимических свойств почвенного покрова Байкальского региона.

К задачам относятся:

1. Дать физико-географическую характеристику Байкальского региона;
2. Выявить источники антропогенного воздействия на почвенный покров;
3. Изучить литературный материал по данной теме, рассмотреть степень изученности;
4. Провести полевые работы, в том числе заложить геоэкологические профили, описать почвенные разрезы, отобрать почвенные образцы;
5. Освоить лабораторные методы исследования компонентов окружающей среды, проанализировать содержание Cu, Cr, Zn, Fe, Ni, Mn, Pb, V, Ba, Cd, Co в отобранных пробах почв, определить кислотность почв;
6. Дать эколого-геохимическую характеристику почвенного покрова изученной территории.

Автором проведены полевые работы – закладка геоэкологических профилей, закладка и описание почвенных разрезов, отбор почвенных проб, помимо полевого этапа работы, автором было определено содержание подвижных форм ТМ с помощью атомно-эмиссионного метода и определена кислотность. Также была проведена статистическая обработка полученных результатов и дан анализ эколого-геохимической характеристики

почв данного региона. Были рассмотрены следующие регионы: Байкальский государственный природный биосферный заповедник, окрестности пос. Новый Энхалук, Забайкальский национальный парк.

Выражаю благодарность за содействие в проделанной работе сотруднику Научного парка СПбГУ Ресурсного Центра Методы анализа состава вещества, Григоряну В.Н., а также дирекции Байкальского заповедника и старшему научному сотруднику Байкальского заповедника Ермаковой О.Д.

Подвижные формы ТМ определены в Научном парке СПбГУ Ресурсном Центре Методы анализа состава вещества.

## Глава 1. Физико-географическая характеристика Байкальского региона

### 1.1 Геологическое строение и рельеф

Впадина озера Байкал является центральным звеном Байкальской рифтовой зоны, с протяженной полосой которой связана подавляющая часть эпицентров землетрясений. В целом, Байкальский рифт – достаточно обособленная единая, уникальная сейсмогенная структура.

Байкальский государственный заповедник расположен на южном побережье озера Байкала. Общая площадь заповедной территории составляет 165 724 тыс. га, протяженность ее границ достигает 200 км. Побережье и северные отроги магистрального хребта Хамар-Дабан формируются под влиянием Байкальской котловины, а южные имеют типичные черты, свойственные ландшафтам гор юга Сибири.

Вдоль всего побережья в большей или меньшей степени развиты прибрежные мелководья (шельфы) и подводные склоны; есть подводные банки и даже подводные хребты; выражено ложе трёх основных котловин озера — Южной, Средней и Северной, отделённых друг от друга двумя хребтами — Академическим и Селенгинским. Наиболее выразителен Академический хребет, протянувшийся от острова Ольхон к Ушканьим островам, которые являются его самой высокой частью. Протяжённость его составляет около 100 км, максимальная высота над дном Байкала — 1848 м (*Государственный доклад, 2018*).

Расположенный в средней части восточного побережья озера Байкал Забайкальский национальный парк относится к горно-котловинной гольцово-таежной территории, где соприкасаются разнообразные природные комплексы: от гольцово-тундровых, горно-таежных, ложногольцовых до степных и болотных.

Полуостров Святой Нос представляет собой горный массив с одноименным названием, высочайшей точкой которого является гора Маркова с отметкой 1877 м. Массив состоит из двух кулисообразно сочлененных хребтов с острыми гребневидными водоразделами. Горы имеют крутые, местами обрывистые склоны. Геологическое строение полуострова отличается сложным составом и представлен осадочно-метаморфическими породами, щебнистыми, тяжелосуглинистыми суглинками в нижних частях склонов хребтов. Галечники и переслаивающиеся пески слагают озерно-аллювиальные террасы. Полуостров входит в район островного распространения многолетнемерзлых толщ, встречающихся в сырых, заболоченных участках и в горах выше 1000 м (*Балсанова Л.Д., 2019*).

На территории Байкальского региона широко представлены четвертичные обломочные коры выветривания и их дериваты. Локально обнаруживаются остатки древних глинистых красноцветных и пестроцветных кор выветривания. Местами кора выветривания покрыта плащом суаэральных отложений неогена и квартера. Побережье оз. Байкал в окрестностях р. Сарма входит в подтаежно-степной пояс, где светлохвойные лиственничные и сосновые леса соседствуют со степными участками.

Хребет Хамар-Дабан в пределах заповедной территории имеет сильно расчленённый рельеф с перепадами высот от 500 до 2316 метров над уровнем моря, чем объясняется ярко выраженная высотная поясность в распределении растительности на его макросклонах.

Распределение тяжелых металлов по профилю также увязывается с минеральным составом почвенного мелкозема. Так, более высокие уровни накопления Mn, Cd, Ni, Cu в верхних горизонтах природных почв обусловлены относительно повышенными содержаниями граната (содержит Fe, Cr), плагиоклаза, сфалерита (Zn), ильменита (Fe), а к глубоким горизонтам несколько возрастают содержания биотита (Fe), роговой обманки (Fe), апатита (примеси Mn, Fe).

Байкальский заповедник расположен в Южно-Сибирской горной ландшафтной области. Данный ландшафт отличается: наиболее высокими средними содержаниями - Hg, Zn и V; превышающими кларковые - Hg, Y, Zn, Mo, Co, B, Cu; на уровне кларковых - Pb, V; ниже кларковых - Be, F, Cr, Ni. Средние содержания всех рассматриваемых химических элементов превышают фоновые в 1,04-2,71 раза; содержания ртути и иттрия достигают значений ПДК (*Государственный доклад, 2018*).

Геохимический состав горных пород представлен в табл. 1.

Таблица. 1 Геохимический состав горных пород в Байкальском регионе, мкг/л  
(*Сутурин А.Н., Куликова Н.Н., Бойко С.М., Сайбаталова Е.В., 2013*)

Элемент	Гранито-гнейс	Амфиболит	Мрамор
Na	21 000	28 000	<160
Mg	1800	46000	110000
Al	46000	59000	820
Si	120 000	100 000	44 00
P	<46	<46	<46
S	<560	<560	<560
K	33 000	2900	230
Ca	5200	69 000	200 000
Ti	1800	3100	<2.0
V	2.9	170	<0.076
Cr	<1.9	420	<1.9
Mn	130	1100	8.3
Fe	16000	60000	1300

Co	<23	37	<23
Ni	<0.82	170	<0.82
Cu	7.6	95	<0.17
Zn	37	60	<2.0
As	0.85	48	<0.012
Se	2.6	<0.24	<0.24
Br	<0.49	<0.49	<0.49
Rb	110	13	<0.030
Sr	43	120	300
Y	11	13	0.47
Zr	210	48	8
Nb	6.9	1.2	<0.012
Mo	0.73	0.018	0.024
Ag	1.5	0.35	<0.007
Cd	<0.081	<0.081	<0.081
Cs	1.00	0.095	<0.0078
Ba	920	800	32
Hf	7	1.5	0.2
Th	16	<0.026	<0.026
U	1.3	0.21	0.2

## 1.2 Климатические условия

В настоящее время климат этого региона характеризуется как влажный и умеренно континентальный на фоне резко континентального климата региона. Средние температуры северного макросклона Хамар-Дабан в июле, январе и в среднем по году составляют +14,4 °С, -7,7 °С и -0,7 °С соответственно. Средняя годовая сумма атмосферных осадков изменяется от 600 до 800 мм. Максимумы осадков характерны для высокогорных территорий (ст. Хамар-Дабан, более 1000 мм/год). Снежный покров лежит в среднем: 180 дней на побережье, 240–250 дней в среднегорье, а в гольцах снежники сохраняются в течение всего лета (Сутурин А.Н., Куликова Н.Н., Бойко С.М., Сайбаталова Е.В., 2013).

Самым важным фактором является влияние огромной водной массы озера Байкал. Поэтому климат северного макросклона Хамар-Дабана значительно отличается от южного, носит черты муссонности, здесь отсутствуют резкие перепады температур, зима не сильно морозная и многоснежная, а летние месяцы прохладные, с частыми и продолжительными дождями.

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°С, в январе — -26—27°С. 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. Часто образуются мощные надувы снега — снежники, в затенённых участках склонов они долго, иногда до конца лета, не стаивают, питая горные озёра и ключи.

На рис. 1. Представлена роза ветров города Бабушкин. Глядя на данную розу ветров, можно заключить, что на территории Байкальского региона доминируют ветра западного направления. Наибольшие порывы ветра встречаются в осеннее и зимнее время года. Осенью и зимой средняя скорость ветров составляет 6 км/ч.

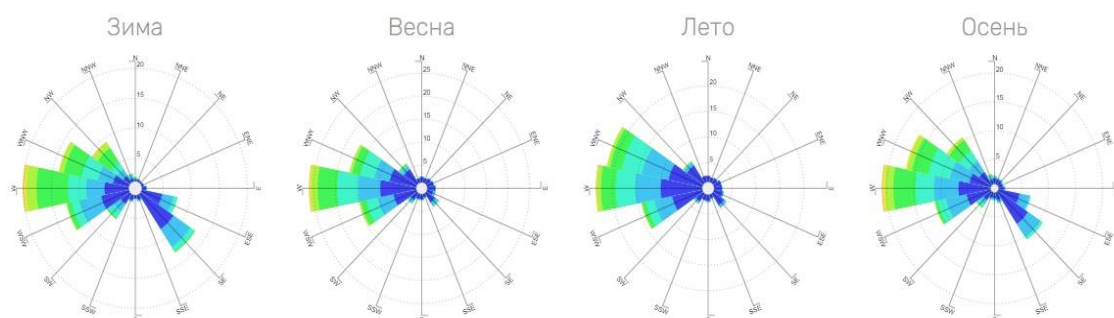


Рисунок 1. Роза ветров г. Бабушкин (Кабанский р-н) (Бурятский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2021)

### 1.3 Почвенный покров

Преобладающие типы почв горно-таежной территории: почвы альфегумусового отдела. Под подстилкой формируется горизонт с осветленными и сильно разрушенными минералами, которые почти не имеют пленок из тонкодисперсного материала. Мощность этого слоя сильно варьирует: от отдельных линз до прослоек и слоев размером 8–10 см. Общим признаком почв альфегумусового отдела является преобладание силикатных групп оксидов железа над несиликатными, наиболее диагностичным параметром для типового разделения почв – элювиально-иллювиальная дифференциация профиля по несиликатным формам соединений оксидов железа и соотношению гумусово-железистых и железистых соединений (Балсанова Л.Д., Гынинова А.Б., Цыбкдоржиев Ц.Ц., Гончиков Б-М. Н., Шахматова Е.Ю., 2014).

На единой методологической основе с учетом классификации почв России (Классификация и диагностика почв России, 2004) объединенными усилиями почвоведов России и Монголии создана почвенная карта бассейна оз. Байкал масштаба 1:5 000 000.

Новая версия карты представлена на рис. 2. Названия почв различных контуров даны в таблице, где ассоциации сгруппированы по природным зонам.



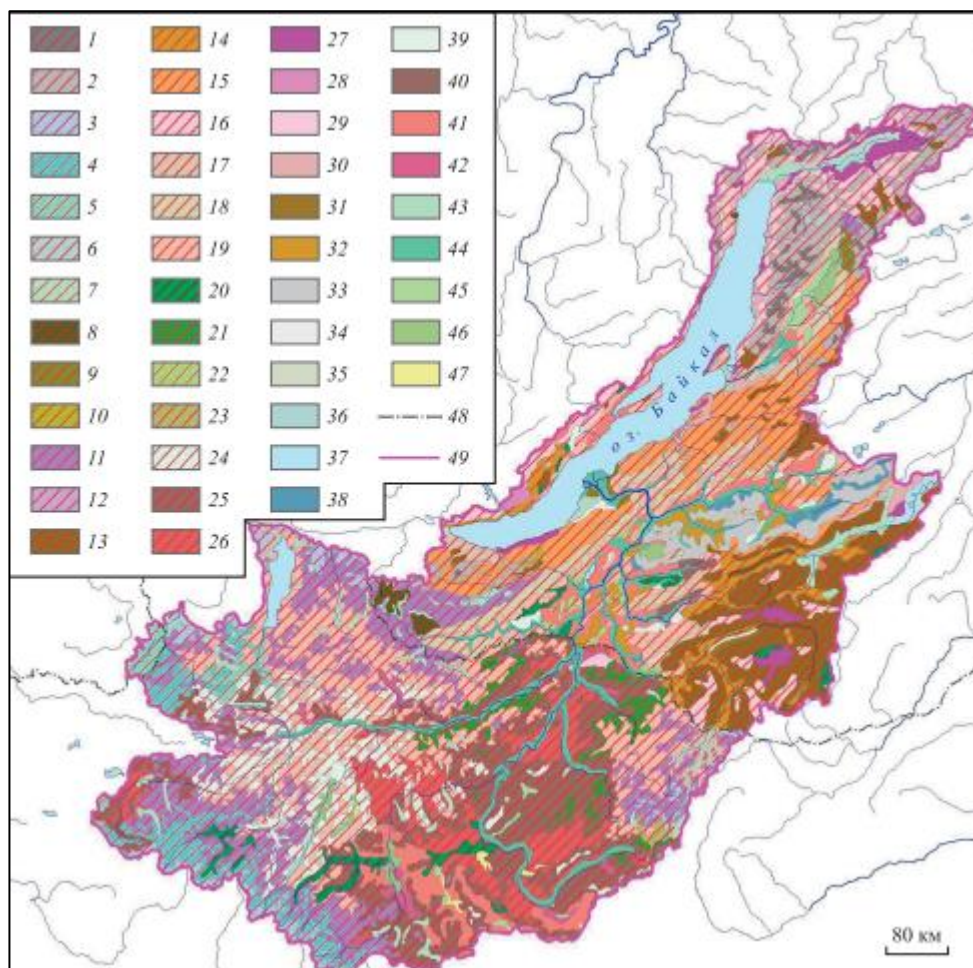


Рисунок 2. Почвы бассейна оз. Байкал (*Ubugunov L.L., Ubugunova V.I., Gyninova A.B., 2018*)

1 – литоземы, петроземы, 2 – литоземы, 3 – литоземы грубогумусовые, 4 – литоземы перегнойно – темногумусовые, 5 – литоземы темногумусовые, 6 – глееземы, 7 – торфяно-глееземы, 8 – карболитоземы темно-гумусовые, 9 – карболитоземы перегнойные, 10 – перегнойно-темно-гумусовые, 11 – криоземы, 12 – торфяно-криоземы, 13 – подбуры грубогумусированные, 14 – подбуры оподзоленные, 15 – подбуры, буроземы грубогумусовые, 16 – подбуры, подзолы, 17 – буроземы, 18 – подбуры, 19 – дерново-подбуры, 20 – темногумусовые типичные, 21 – темногумусовые метаморфизированные, 22 – светлогумусовые, 23 – темногумусовые остаточно-карбонатные, 24 – черноземы дисперсно-карбонатные, 25 – каштановые, 26 – криоардинные, 27 – подзолы, 28 – дерново-подзолистые, 29 – псаммоземы гумусовые, 30 – дерново-подзолы гумусовые, 31 – дерново-подбуры и дерново-серые, 32 – дерново-подбуры и псаммоземы гумусовые, 33 – дерново-серые, 34 – серые метаморфические, 35 – гумусово-гидрометаморфические, 36 – перегнойно-глеевые, 37 – черноземы квазиглеевые, 38 – черноземовидные, 39 – черноземы дисперсно-карбонатные, 40 – черноземы текстурно-карбонатные, 41 – каштановые, 42 – каштановые гидрометаморфизированные, 43 – торфяные эутрофные, 44

– аллювиальные серо-гумусовые, 45 – солончаки, солонцы, 46 – серо- и светло-гумусовые, 47 – пески.

Почвообразующими породами в Байкальском регионе являются продукты выветривания амфиболитов, гнейсов и пегматитов.

В горно-таежных ландшафтах предгорий Приморского хребта встречаются торфяно-криоземы и подзолистые почвы. Недостаток атмосферного увлажнения усугубляется высокой водопроницаемостью древесисто-суглинистых почвогрунтов. Следствием экстремальных почвенно-климатических условий является низкая биопродуктивность (Белозерцева И.А, Кичигина Н.В., Абалаков А.Д, Дроков В.В, Марышкин Д.И., 2014).

В структуре вертикальной поясности горных хребтов Забайкалья (хр. Хамар-Дабан, Баргузинский), окружающих оз. Байкал, формируются преимущественно подбуры. 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. Примером может служить профиль №1 (разрез №9, 10, 13), а также профиль №2 (разрез №11,12).

Девятый разрез на территории Байкальского заповедника заложен близ зимовья рядом с экотропой «Кедровая аллея».

#### Разрез № 9 (Профиль ЗПК 9)

Республика Бурятия, Байкальский заповедник, экотропа «Кедровая аллея». Верхняя часть склона западной экспозиции с березово-кедровым вейниково-черничным сообществом.

N51°32'20.02''

E105°07'11.83''

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-3	Хвоя кедра, листья березы, очень рыхлая, в нижней части не теряет своего состава
<b>А</b>	4-15	Буро-черный, увлажненный, средний суглинок, крупнокомковатый, очень рыхлый, включения песка, корней, поры и трещины, переход по цвету резкий, по плотности граница неровная
<b>ВНФ</b>	15-23	Коричневый с охристым оттенком, средний суглинок, мелкокомковатый, присутствие скелета, включения корней (не обильно), переход по цвету, граница извилистая
<b>ВФ</b>	23-51	Светло-коричневый, средний суглинок, мелкокомковатый, плотный, включения корней, камней (до 39 см), увлажнённый, переход по плотности и по цвету, граница волнистая
<b>ВС</b>	51-65	Коричневый, увлажненный, лёгкий суглинок, бесструктурный, плотный

Название: подбур иллювиально-железистый на суглинистых отложениях.



Рисунок 3. Разрез №9 (фото: Загитова Г.Т.)

Десятый разрез заложен на территории относительно старого кедрового сообщества в 200 м от первого разреза.

Разрез № 10 (Профиль ЗПК 10)

Республика Бурятия, Байкальский заповедник, рядом с дорогой на водопад, Верхняя часть склона западной экспозиции с кедровым папоротниково-черничным сообществом.

N51°32'4.2''

E102°07'11.2''

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-3	Слабо разложившийся опад хвойных и травянистых растений, увлажненный, переход по цвету, граница ровная
<b>Ох</b>	3-7	Бурый с чёрным оттенком, суглинок, среднекомковатый, рыхлый, включения корней, включения угля, переход по цвету, плотности, граница извилистая
<b>ВНФ</b>	7-24	Коричневый, увлажненный, средний суглинок с затеками гумуса, мелкокомковатый, плотный, переход по цвету, включения корней, граница извилистая, камни (до 24 см)
<b>ВФ</b>	24-51	Горчичный, увлажненный, тяжелый суглинок, мелкокомковатый

Название: подбур иллювиально-железистый на суглинистых отложениях



Рисунок 4. Разрез №10 (фото: Загитова Г.Т)

Тринадцатый разрез заложен территориально ниже по склону, чем первый разрез.

Разрез № 13 (Профиль ЗПК 13)

Республика Бурятия, Байкальский заповедник, ниже первого разреза, Нижняя часть склона западной экспозиции с березово-кедровым черничным сообществом.

N51°32'19,0''

E105°07'6.6''

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-4	Средне разложившаяся хвоя, переход по цвету, граница волнистая
<b>АУ</b>	4-13	Чёрный, влажный суглинок, крупнокомковатый, уплотненный, включения корней и камней, граница волнистая и затечная, переход по цвету
<b>ВНГ</b>	13-20	Светло-коричневый, влажный суглинок, крупнокомковатый, уплотненный, включения корней, переход по цвету, граница волнистая
<b>ВГ</b>	20-46	Коричневый, влажный суглинок, комковатый, плотный, включения корней и камней (до 13 см)

Название: подбур иллювиально-железистый на суглинистых отложениях



Рисунок 5. Разрез №13 (фото: Загитова Г.)

Подзолы и дерново-подзолистые почвы, которые в верхнем горном поясе сменяются подбурами сухоторфянистыми и горными примитивными почвами. В силу незначительных высот отрогов Улан-Бургасы, окружающих бассейн оз. Котокельское, почвы верхнего горного пояса, подзолы и дерново-подзолистые почвы отсутствуют. Встречаются лишь оподзоленные подтипы буроземов и оглеенные варианты серых метаморфических почв.

Одиннадцатый разрез заложен близ реки Выдриная.

Разрез № 11 (Профиль 4ПК 11)

Республика Бурятия, Байкальский заповедник, рядом с р. Выдриная., Средняя часть склона с березовым орляково-черничным сообществом.

N51°27'36.2''

E104°53'42.2''

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-3	Хорошо разложившиеся остатки растительности, темно-коричневый, рыхлый, влажный, переход по цвету, граница неровная
<b>АУ</b>	3-10	Чёрный, влажный суглинок, среднекомковатый, рыхлый, включения корней, поры и трещины, включения угля, переход по цвету, граница волнистая
<b>ВФ</b>	10-47	Светло-коричневый, влажный суглинок, средне и мелкокомковатый, уплотнённый, включения корней, поры и трещины, включения камней до 15 см

Название: Подбур иллювиально-железистый на суглинистых аллювиальных отложениях.



Рисунок 6. Разрез №11 (фото: Загитова Г)

Двенадцатый разрез заложен также близ р. Выдриная.

Разрез № 12 (Профиль 4 ПК 12)

Республика Бурятия, Байкальский заповедник, рядом с р. Выдриная, но выше одиннадцатого разреза. Верхняя часть склона с елово-березовым черничным сообществом.

N51°27'35.5''

E104°53'39.1''

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-4	Сложен растительными остатками, чёрный, влажный, уплотнённый, переход по цвету, граница волнистая
<b>АУ</b>	4-19	Граница по периметру распределена неравномерно от 5 до 19 см, темно-бурый с оттенками серого, влажный, тяжелый суглинок, уплотненный, пластинчатый, включения корней, камней до 7 см, переход по цвету, граница волнистая

Глинистая прослойка 10-20 см, серый, суглинок, плотный, пластинчатый, увлажнённый, переход по цвету (длина 50 см).		
<b>ВНФ</b>	19-24	Коричневый, влажная супесь, крупнокомковатый, плотный, включения корней, поры и трещины, переход по цвету, граница волнистая
<b>ВГ</b>	24-63	Охристый, влажный суглинок, среднекомковатый, плотный, включения корней, камней до 20 см,
<b>Название:</b>		<b>Подбур глееватый на суглинистых отложениях</b>



Рисунок 7. Разрез №12 (фото: Загитова Г.)

В отличие от других хребтов в структуре вертикальной поясности отрогов Улан-Бургасы в бассейне оз. Котокельское широко представлены серые метаморфические почвы, а также аллювиальные и торфяные почвы обширного северо-восточного понижения бассейна (Балсанова Л.Д., Гынинова А.Б., Цыбикдоржиев Ц.Ц., Гончиков Б.-М. Н., Шахматова Е.Ю., 2014).

К отличительным чертам черноземов Забайкалья относятся слабая оструктуренность и в т.ч. гумусового горизонта, палевые тона окраски минеральных горизонтов, низкое содержание илистой фракции, преимущественно криптозернистая (мучнистая) форма карбонатов.

Каштановые почвы имеют одноименную окраску в поверхностном горизонте, а подгумусовый горизонт, сохраняя каштановые оттенки, приобретает палевый фон. Обилие корней травянистых растений в гумусовом горизонте при небольшом проективном покрытии свидетельствует о замедленном процессе гумификации. При невысоком содержании гумуса состав его гуматнофульватный, форма карбонатов преимущественно криптозернистая. Формирование этих признаков обусловлено аридностью климата, длительным промерзанием и сохранением запасов холода в почве, а также преобладанием физического выветривания. Среди почв внеледниковых континентальных регионов, формирующихся на карбонатных корах выветривания, подобные признаки имеют в условиях влияния многолетней мерзлоты палевые почвы, а на территориях с длительным сезонным промерзанием – криоаридные почвы.

Бурые лесные почвы относятся к сильнокислым и кислым; подстилка зачастую слабокислая. Железо способно закрепляться в почвенных агрегатах или в виде гумусово-железистых плёнок, которые, экранируя поверхность минеральных зёрен, защищают их от воздействия органического вещества. Несмотря на слабую дифференциацию профиля бурозёмов на генетические горизонты по валовому составу элементов, в верхних горизонтах прослеживается биологическая аккумуляция СаО, MgO, МпО. Бурые горно-лесные почвы отличаются средней и высокой степенью гумификации, средней обогащённостью азотом, гуматно-фульватным типом гумуса в верхних горизонтах и фульватным - в нижних. В составе гумуса доминируют фульвокислоты. Наряду с ними существенна роль бурых гуминовых кислот, определяющих подвижность органического вещества. Они слабо осаждаются кальцием и активно взаимодействуют с подвижными полуторными оксидами, в частности с железом, что и придаёт почвам специфическую бурю окраску. Бурые почвы обладают хорошей водоотдачей и способны к образованию в профиле гравитационного потока влаги; в силу настоящих физических свойств они быстро впитывают интенсивные атмосферные осадки (*Государственный доклад, 2018*).

На территории п. Нов. Энхалук предположительно был пожар. В связи с этим встречаются пирогенные виды почв, связанные с возникавшими ранее пожарами и образовавшимися на их месте новыми растительными сообществами. Один из таких типов почв был встречен неподалеку от р. Большая Сухая в профиле № 5.

Четырнадцатый разрез заложен также близ р. Большая Сухая в посёлке Новый Энхалук.

Разрез № 14 (Профиль 5 ПК 14)

Республика Бурятия, посёлок Новый Энхалук, рядом с р. Большая Сухая. Межболотное пространство с сосново-лиственничным черничным сообществом.

N52°32.922'

E107°08.866'

Название	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-3	Слабая и средняя степень разложения растительности, Уплотнённый, сухой, светло-коричневый, переход по цвету, составу, граница ровная
<b>Ау</b>	3-7	Темно-коричневый, сухая супесь, среднекомковатый, уплотненный, включения корней, переход по цвету, граница волнистая
<b>ВНН</b>	7-49	Коричневый, свежий суглинок, пластинчатый, уплотненный, включения корней, переход по цвету, граница ровная
<b>ВГ</b>	49-68	Охристо-рыжий, свежий песок, уплотненный, переход по цвету, граница волнистая
<b>В</b>	68-71	Серый, увлажненная супесь, комковатый, уплотненный

Название: подбур иллювиально-железистый на элюво-делювиальных отложениях.



Рисунок 8. Разрез №14 (фото: Загитова Г)

Пятнадцатый разрез заложен также близ р. Большая Сухая, в метрах 20 от четырнадцатого разреза.

Разрез № 15 (Профиль 5 ПК 15)

Республика Бурятия, поселок Новый Энхалук, рядом с р. Большая Сухая, но выше четырнадцатого разреза. Межболотное пространство с сосново-лиственничным орляково-черничным сообществом.

N51°27'35.5''

E104°53'39.1''

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>Н</b>	0-12	Темно-серый, суглинок, бесструктурный, уплотненный включения корней, переход по цвету, граница плохо выраженная
<b>В</b>	12-48	Серый, сыро песок, бесструктурный, уплотненный, включения корней, камни до 3 см

Название: подбур перегнойный на элюво-делювиальных отложениях.



Рисунок 9. Разрез №15 (фото: Загитова Г.Т.)



Разнообразие почвенного покрова восточного побережья полуострова Святой Нос определяется литологическим фоном, обусловленный типом берега и рельефом. Горные массивы с высокими скалистыми берегами, сформированными тектоническими процессами, близко подстилаются коренными породами, на которых формируются маломощные дерново-подбуры. Например, типичный дерново-подбур мы можем наблюдать в профиле №6.

Шестнадцатый разрез заложен в Забайкальском национальном парке.

Разрез № 16 (Профиль 6 ПК 16)

Республика Бурятия, поселок Усть-Баргузин, Забайкальский национальный парк, рядом с дорогой. Нижняя часть склона западной экспозиции с сосновым брусничным сообществом.

N53°39'38.11''

E108°58'43.71''

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-6	Хвоя сосны слабой и средней степени разложения, коричневый, свежий, очень рыхлая, переход по цвету, граница волнистая
<b>АУ</b>	6-14	Бурый, свежая супесь, мелкокомковатый, рыхлый, включения корней, переход по цвету, граница волнистая
<b>ВНГ</b>	14-51	Коричневый, свежая супесь, мелкокомковатый, плотный, включения корней, есть скелет

Название: подбур иллювиально-гумусовый на тяжелосуглинистых отложениях.



Рисунок 10. Разрез №16 (фото: Загитова Г.Т)

Семнадцатый разрез также заложен в Национальном парке, одна расположен он ниже, ближе к болотам.

## Разрез № 17 (Профиль 6 ПК 17)

Республика Бурятия, поселок Усть-Баргузин, Забайкальский национальный парк, рядом с дорогой, ниже шестнадцатого разреза на 50 метров. Нижняя часть склона западной экспозиции с сосновым брусничным сообществом.

N53°53.618'

E108°58.829'

Горизонт	Мощность, см	Характеристика
<b>О</b>	0-4	Средняя степень разложения растительности, темно-коричневый, рыхлый, свежий, переход по цвету, граница волнистая
<b>АУ</b>	4-14	Бурый, свежая супесь, мелкокомковатый, рыхлый, включения корней, переход по цвету, граница волнистая
<b>ВНН</b>	14-48	Коричневый, суглинок, комковатый, есть оглеенные места, включения корней, поры и трещины, много скелета

Название: дерново-подбур иллювиально-гумусовый на тяжелосуглинистых отложениях.



Рисунок 11. Разрез №17 (фото: Загитова Г.)

Короткая и узкая полоса подгольцовой растительности так называемый «ложноподгольцовый пояс» с низкими абразионными берегами на песчаных отложениях занят аллювиальными серогумусовыми оподзоленными почвами. Буроземы занимают предгорные равнинные территории с песчаными отложениями на низких аккумулятивных берегах, сформированных преимущественно волновыми процессами. При отсутствии предгорных равнинных территорий, близко расположенные к береговой линии нижние части хребтов с суглинистыми отложениями, также заняты буроземами. Эти почвы, развивающиеся на фоне литологической неоднородности, объединены сходными морфологическими признаками, которые проявляются в наличии диагностического структурно-метаморфического горизонта, а также в дифференциации профиля по илу. Важным фактором формирования является преимущественное формирование этих почв под смешанными лесами с богатым разнотравьем, особенности относительно мягкого

микроклимата побережий, обусловленного тепляющим влиянием озера Байкал, и мощный снеговой покров (Балсанова Л.Д., 2019).

В результате проведенных работ на побережье оз. Байкал и прилегающей территории выявлено 3 крупных подразделения почв по разной степени устойчивости к рекреационной деятельности (Вашукевич О.Ю., 2012):

1. Низкая устойчивость — очень холодных и длительно промерзающих, умеренно увлажненных, среднего и невысокого естественного плодородия почв, на высоких по абсолютной высоте уровнях из-за большой крутизны склонов, высокой каменистости, легкого гранулометрического состава, разреженности почвенно-растительного покрова, слабой развитости почвенного профиля. При ненормированном антропогенном воздействии могут происходить уничтожение дернового горизонта, активизация эрозионных процессов почв. Невысокая устойчивость — средне- и относительно мощных, недостаточно, умеренно и временно избыточно увлажненных почв, в условиях близкого залегания многолетней мерзлоты, засоления почв, что сокращает активный период почвообразования, приводит к угнетению роста и развития растений.

2. Средняя устойчивость — преимущественно среднемогных, суглинистых, умеренно и периодически недостаточно увлажненных, холодных, длительно промерзающих среднего и невысокого естественного плодородия почв на выровненных поверхностях среднегорья. При ненормированном антропогенном воздействии может активизироваться линейная эрозия, приводящая к локальному прерыванию биогеохимического круговорота и усилению геологического.

3. Выше средней устойчивости — преимущественно суглинистых, умеренно холодных и умеренно длительно промерзающих, умеренно и недостаточно увлажненных почв, в предгорьях, низкогорье и в межгорных понижениях с пологими и покатыми склонами, где наряду с большой мощностью профиля, лучшей теплообеспеченностью выше продуктивность растительности. Меньшая подверженность денудации с кратковременными нарушениями биогенных циклов (Гагаринова О.В., Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н., 2018).

## 1.4 Растительный покров

Растительность заповедника представлена различными типами лесов, болот, лугов и высокогорной тундры. Есть здесь и остепнённые участки (убуры), а также кустарниковые и стланиковые сообщества. В комплексе с другими природными условиями – климатом, рельефом, водной сетью, почвами и животным миром – растительность составляет ёмкое единое понятие – горная тайга.

В современной растительности южного побережья оз. Байкал, в пределах Танхойской подгорной равнины, преобладает южносибирская тайга, в которой доминируют темнохвойные леса из кедра сибирского *Pinus sibirica* L. и пихты *Abies sibirica* L. Ель *Picea obovata* L. также встречается в составе древостоя в виде незначительной примеси в пихтово-кедровых лесах, особенно в затемненных долинах и ущельях на холодных почвах, иногда образуя небольшие ельники в долинах рек. Лиственница *Larix sibirica* L. растет преимущественно на заболоченных территориях или на местах вырубki коренной тайги. Береза *Betula platyphylla* L. образует производные группировки, замещающие темнохвойные леса на вырубках и гарях (Шарова О.Г., Безрукова Е.В., Летунова П.П., Кулагина Н.В., Щеников А.А., Филинов И. А., Иванов Е.В., Левина О.В., 2015).

На территории заповедника встречается несколько эндемичных видов. Эндемики хребта Хамар-Дабан – сверция байкальская (*Swertia*), мятлик иркутский (*Poa irtutica* L.), тридактилина Кирилова (*Tridactylina kirilowii* L.).

Различные виды сфагновых мхов изобилуют на болотах и в сырых местах заповедника. Они отличаются от остальных мхов бурым, красноватым или бледно-зеленым цветом, а при высыхании становятся почти белыми.

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.

Также, на территории Байкальского заповедника выявлено 775 видов лишайников, в том числе занесенных в Красную книгу Российской Федерации 12 видов, в Красную книгу Республики Бурятия 37 видов (Официальный сайт Байкальского государственного биосферного заповедника, 2021).

К характерным высокогорным видами флороцено типа Байкальского заповедника являются из высших сосудистых растений – *Dryas oxyodonta* L., *Arctous alpina* L., *Carex ledebouriana* L., *Ciminalis grandiflora* L., *Hierochloë alpina* L., *Lloydia serotina* L.; из лишайников – *Flavocetraria cucullata* L., *F. Nivales* L., *Thamnolia vermicularis* L. и др. Включает ассоциации: щебнистые лишайниково-дриадовые (*Dryas oxyodonta* L., *Cladina*

*rangeferina* L., *Flavocetraria cucullata* L.), злаково-дриадовые (*Dryas oxyodonta* L., *Poa sibirica* L.), алтайскоовсяницево-дриадовые (*Dryas oxyodonta* L., *Festuca altaica* L.), караганово-комаровоовсяницево-дриадовые (*Dryas oxyodonta* L., *Festuca komarovii* L., *Caragana jubata* L.), рододендроново-овсяницево-дриадовые (*Dryas oxyodonta* L., *Festuca sphagnicola* L., *Rhododendron parvifolium* L.) (Ченинога В.В., 2019).

## **Глава 2. Антропогенное воздействие на почвенный покров Байкальского региона**

### **2.1 Промышленные предприятия**

Если говорить в целом про Байкальский регион, то можно отметить, что основные источники воздействия на окружающую среду на оз. Байкал – это расположенные в бассейне и по берегам озера промышленные предприятия, воздушный перенос загрязнений из Иркутско-Черемховского промузла.

Самую высокую вероятность попадания в экосистемы Байкальского региона имеют воздушные выбросы предприятий и котельных городов Байкальска, Слюдянки, Северобайкальска, Нижнеангарска и поселков, расположенных в котловине Байкала. По многочисленным исследованиям в последние годы выявлено, что значительно меньшую часть общего объема загрязнения атмосферы над Байкалом представляют продукты воздушного переноса от Иркутско-Черемховской агломерации из-за удаленности, большого количества штилей и туманов. Однако наблюдаются локальные загрязнения при неблагоприятных метеорологических условиях, и создается опасная экологическая ситуация в городах данного промузла. Влияние на экологическую ситуацию оказывают выбросы диоксида серы, оксидов азота, серо- и углеводорода, метилмеркаптана, формальдегида, фенола, производимые прибрежными предприятиями.

Промышленные предприятия и котельные городов Улан-Удэ, Гусиноозерск, Петровск-Забайкальск, Кяхта и других, расположенных в буферной зоне Байкальской природной территории (БПТ), существенного влияния на озеро Байкал не оказывают вследствие удаленности, особенностей метеорологических условий и орографических препятствий. Но они имеют влияние на экосистему всего Байкальского региона. Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат имеет существенное влияние на озеро Байкал не воздушным путем, а непосредственно по речным стокам

Антропогенное воздействие на Восточное Прибайкалье проявляется в результате деятельности ОАО «Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат», который составляет более 90%. Источниками загрязнения атмосферы пылегазовыбросами служат цехи самого комбината, локомотивы и автотранспорт. Также, стоит отметить, в 2013 году «Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат» закрылся, однако экосистемы, находившиеся вблизи данного предприятия, до сих пор восстанавливаются.

Наибольший вклад в загрязнение окружающей среды привносит электроэнергетика (во всех городах около 50 %), автотранспорт, производство строительных материалов. В отдельных промышленных центрах встречаются

производства цветной металлургии (Шелехов), пищевая промышленность (Байкальск, Култук), деревообрабатывающая, лесная и целлюлозно-бумажная (Селенгинск).

Таким образом, на территории Байкальского региона, можно выделить крупные промышленные центры, которые и оказывают антропогенное воздействие на экосистемы: Ангарск, Иркутск, Селенгинск, Улан, Удэ, Шелехов, Слюдянка, Байкальск, Кабанск, Листвянка, Нижнеангарск, Северо-байкальск, Култук (*Вашукевич О.Ю., 2012*).

## **2.2 Железнодорожный и автомобильный транспорт**

Автотранспорт вносит весомый вклад в загрязнение экосистем рассматриваемого региона. На территории пос. Танхой, а также и в пределах пос. Новый Энхалук и Забайкальского национального парка наблюдается интенсивное движение автотранспорта. Результатом воздействия выхлопных газов могут стать повышенная концентрация CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, а также бенз(а)пирена.

Через Байкальский регион проходят две крупные железнодорожные магистрали – Транссибирская магистраль и Байкало-Амурская магистраль. Хотя в целом неблагоприятное влияние железнодорожного транспорта на окружающую среду по сравнению с автомобильным меньше, но тепловозы с дизельными силовыми установками негативно влияют на атмосферу, поскольку в отработанных газах присутствуют углеводороды, оксиды углерода, азота, серы, различные твердые загрязняющие вещества. Кроме того, железнодорожный транспорт оказывает сильное шумовое загрязнение окружающей среды и служит источником вибраций.

## **2.3 Другие источники загрязнения**

Антропогенно-преобразованные условия среды, резкая смена условий почвообразования и сельскохозяйственная эксплуатация неизбежно повлекли изменение почвообразовательного процесса. Распашка лесных почв Восточного Прибайкалья привела к механическому перемешиванию маломощного серогумусового и подстилающего его гумусово-элювиального горизонтов, которые значительно различаются по своим характеристикам. В результате агрогумусовый горизонт первично унаследовал не только благоприятные свойства дернового горизонта, но и неблагоприятные гумусово-элювиального (*Болонева М.В., Афанасьева Л.В., 2011*).

Антропогенное вмешательство зачастую нарушает природную буферность экосистем, что приводит к уменьшению их устойчивости: повышается вероятность развития эрозии и дефляции, накопления поллютантов и т.д.

Если говорить об антропогенном влиянии на почвенный покров на территории Байкальского региона, то в первую очередь следует сказать об активной рекреационной деятельности, которая ведётся в Байкальском заповеднике и в Забайкальском национальном парке.

Рекреационная дигрессия экологических троп в основном связана с существованием дорожно-тропиночной сети в лесу, где происходят наиболее масштабные повреждения растительности и почвенного покрова. При интенсивной рекреации профиль тропы приобретает форму лотка, по которому в условиях даже незначительно уклона происходит быстрый сброс ливневых вод, в результате - за пределы биогеоценоза выносятся органический материал, гумусовые вещества и минеральные элементы питания (*Вашукевич О.Ю., 2012*).

Рост туристического потока, помимо активного воздействия на прибрежные ландшафты, сопровождается увеличением зон с высокой плотностью неупорядоченных грунтовых дорог. Увеличиваются площади застроенных территорий. С другой стороны, воздействие неконтролируемого выпаса скота сокращается. С начала XX в. до 60–70-х годов поголовье скота увеличивалось, достигнув максимума в 1970 г. (60 000 голов), а затем начало снижаться. В 2003 г. поголовье скота составило 15 900 голов, а в 2012 г. – 8279 (*Znamenskaya T.I., Vanteeva J.V., Solodyankina S.V., 2018*).

Трансформация почв проявляется, прежде всего, в физической деградации, касающаяся изменений их морфологического строения: уничтожения подстилок и уменьшения мощности верхних горизонтов. Так, в трансформированных дерново-подбурях исчезает пятисантиметровый горизонт подстилки, мощность серогумусового горизонта с 5 см сокращается до 2 см. В аллювиальных серогумусовых оподзоленных почвах полностью вытаптывается моховая подушка, имеющая мощность до 12 см, а мощность гумусового горизонта сокращается в 2 раза. В подбурях же из профиля наряду с подстильно-торфяным горизонтом выпадает альфегумусовый оподзоленный прослой. На микроморфологическом уровне рекреационное воздействие в этих почвах проявляется в изменении тонкодисперсного плазменного материала и органического вещества. Так, в подбурях насыщенность тонкодисперсным веществом становится ниже, а органические остатки практически исчезают. В нарушенных дерново-подбурях в результате смешивания гумусового и иллювиального горизонтов песчано-органогенное микростроение сменяется на плазменно-песчаное. Тонкодисперсный материал в



результате изменения органического вещества сменяется с гумусового-глинистого на глинистый. Входящие в состав органического материала полуразложившиеся остатки растений, грибные гифы, копролиты мезофауны, в отдельных микроразонах образующее коагулированную структуру исчезают, и появляются лишь обугленные растительные остатки. В аллювиальных серогумусовых оподзоленных почвах заметна дифференциация скелета, выраженная в микроучастках с фракциями песка и скоплениями минералов мелкопылеватой фракции. Такая сортированность фракций связана с механическим ее перемешиванием, что находит отражение в гранулометрическом составе профиля.

Также на территории Байкальского региона, существует участок, который имеет название Малое Море. Так называют участок озера Байкал, отделённый от основной части островом Ольхон. Геоморфологические особенности территории, сухой климат, относительно тёплая вода Малого Моря из-за его малой глубины образуют специфические природные условия на побережье Байкала, которые в Иркутской области нигде более не наблюдаются. Однако данный участок активно задействован в рекреационном использовании территории, поскольку на его территории преобладает автотуризм в сочетании с палаточным («диким») отдыхом у воды (более 50 тыс. туристов за сезон) (*Antipov A.N., 2004*).

Исследованные почвы по гранулометрическому составу в Байкальском регионе относятся к легким песчаным и супесчаным почвам, исключение составляют буроземы, имеющих суглинистый состав. В результате перемешивания горизонтов почв, смывания с поверхности мелких частиц, механическим измельчением происходит перераспределение фракций или изменение гранулометрического состава. В дерново-подбурах связнопесчаный состав гумусового горизонта сменяется на супесчаный с увеличением доли физической глины в два раза. В подбурах увеличение доли физической глины выражено менее. В целом во всех изученных почвах проявляется увеличение доли пылеватых и илистой фракций и одновременное уменьшение доли крупного и среднего песка. Изученные параметры химических свойств почв также выявили изменения в почвах рекреационных площадей. Изменения касаются преимущественно гумусового горизонта, где реакция почвенной среды меняется в сторону снижения кислотности, содержание гумуса и обменных катионов уменьшается, что связано с уничтожением растительного покрова.

Наглядно демонстрируют трансформацию почв при рекреационном использовании индикаторы водно-физических свойств почв: плотность и водопроницаемость. Значительный диапазон изменений показывает водопроницаемость, которая в верхних горизонтах максимально снижается в аллювиальных серогумусовых

оподзоленных почвах в 16 раз, и в остальных почвах в 3 раза. Сниженные значения водопроницаемости сохраняются и в нижележащих горизонтах (от 3,5 раза до 18), а полное их выравнивание с почвами контрольных участков отмечается с глубины 30 см. Почвы рекреационных зон отличаются также показателями плотности, которые в верхних горизонтах превышают фоновые значения на 20 %. Такой диапазон изменений показателей связан как с генетическими особенностями горизонтов почв, так и с определенной степенью их рекреационной трансформации (Балсанова Л.Д., 2019).

В таблице 2 приведена природная дифференциация территории и потенциальная угроза загрязнения почвы. Исследуемые территории относятся к природной провинции Хамар-Дабан, Южная Байкальская среднегорная тайга, лесостепь.

Таблица 2. Природная дифференциация территории и потенциальная угроза загрязнения почвы (Belozertseva Irina A., Sorokovoy Andrey A., Enkhtavan Dangaа., 2018)

Природный регион	Природная провинция	Почвы	Геохимические классы	Интенсивность миграции	Потенциальная угроза техногенного и химического загрязнения
Южная Сибирь	I Восточно-Саянская горная тайга	Дерново-подзолистые почвы, иллювиальный железистый подзол, подзолистая бурая	Переходный от кислого к кальциевому соединению с кислотой [HCa] с [H]	Контрастно (от умеренной до высокой)	От умеренного до слабого
	II Хамар-Дабан, Южная Байкальская среднегорная тайга, лесостепь, горно-пониженная и степная	Бурые почвы, дерново-бурые почвы, грубогумусовые бурые почвы, подзолистые, криогенные почвы, литогенные почвы, углеродистые литогенные плесневые гумусы, серые метаморфические черноземы, черноземы черноземные, квазиглеевые черноземы, каштановые почвы, легкие гумусы, аллювиальные почвы с пятнистыми солонцами и солончаками	Кислый, переходный от кислого к кальциевому, окись железа, кальций, пятнистый солонец и солончак [H, H-Ca, O-Fe], [CA] и [Ca-Na-Cl, SO]	Контраст (от слабого до высокого)	От сильного к слабому

Байкал-Джугджур	III Байкальское среднегорье, Предгорье, низкогорье средняя тайга	Торфяно-бурые почвы, бурые почвы (в т. ч. подзолистые бурые почвы), грубогумусовые бурые почвы, дерново-бурые, дерново-подзолистые и каштановые почвы	Кальций и переходный от кислого к кальциевому [Ca, H-Ca]	Средняя	Средняя
	IV Байкало-Джугджурское высокогорье и средняя тайга, равнины и впадины	Типичные бурые и грубогумусовые бурые почвы, дерново-бурые, подзолистые почвы, дерново-подзолистые (глеевые) почвы, подзолистые, грубогумусовые бурые почвы, литогенные почвы, петрогенные почвы, углерод-литогенные плесневые гумусовые почвы, глеевые почвы, торфяные эвтрофные почвы, аллювиальные, каштановые и серые метаморфические почвы	Кислый и железистый оксид, частично переходный от кислого к кальциевому [H, O-Fe], [H-Ca]	Интенсивная	Очень слабая
Хангай	V Хубсугульское высокогорье	Крио-литогенной грубого гумуса почвы, крио-меловых отложений, плесени и темно-перегнойные, темный гумус литогенных почв, криогенные почвы, дерново-бурые почвы, темно-гумус, очаговое горные темно-каштановые тонкие ранг грунты, аллювиальные перегнойно-гидро-метаморфических и торфа-эвтрофных почвах	Кальций и переходный от кислого к кальциевому [Ca, H-Ca]	Высокая и средняя	Слабая и средняя
	VI Хэнтэйское высоко-средне-низкоегорье, горы и равнины	Криогенные почвы, крио-литогенной грубого гумуса почв, дерново-коричневый почвах, темный гумус, горных темно-каштановых почвах ранг тонкий, темный гумус метаморфических почв, горных черный разогнать-углеродных тонких ранг почвы темно-каштановые, аллювиальные, и очаговые торфяные эвтрофные почвы	Кальций и переходный от кислого к кальциевому [Ca, H-Ca]	Средняя	Средняя

VII	Хангайская высокогорная и среднегорная тайга, горная и равнинная лесостепь	Крио-литогенные-темно-гумусовые почвы, дерново-бурые почвы, горные темно-каштановые почвы, черноземы, гидро-метаморфических почвы, гумусовый гидрометаморфический (солончаки), торфо-эвтрофные и аллювиальные	Кислый и железистый оксид, частично переходный от кислого к кальциевому [H, O-Fe], [H-Ca]	Интенсивная	Очень слабая
VIII	Орхонтуульская лесостепь и степь	Темно-каштановые, горные темно каштановые тонкие ранг грунтов, горных черный разогнать-углеродных тонких ранг почвах, каштановых, темно-каштановых и каштан гидро-метаморфические почвы, гумуса темно-гидро-метаморфические (в т. ч. засоленные), плесневые гидрометаморфические почвы (ВКЛ. солончаки), торфо-эвтрофные, аллювиальные, продуваемые ветром пески, пятнистые солончаки.	Кальций и переходный от кислого к кальциевому, пятнистый солонец и солончак [Ca, Ca], [Ca-Na-Cl, SO]	Контрастная (от высокой до слабой)	Очень слабая

Также, к антропогенным воздействиям на Прибайкалье, можно отнести такие условия, как браконьерство и вырубка леса. В разы снизилась популяция байкальской нерпы. Главной целью браконьеров становятся детеныши нерпы белеки, потому что их мех очень высоко ценится. Незаконная вырубка уже давно стала большой проблемой, так как имеет губительное влияние на экосистему озера Байкал (Ефимова Е.А., 2018).

## Глава 3. Методы исследования

### 3.1 Методы полевых исследований

Полевые исследования проходили в августе 2021 года на территории Байкальского региона в республике Бурятия в составе группы преподавателей и студентов Института наук о Земле СПбГУ.

Для выполнения выпускной квалификационной работы было заложено 4 геоэкологических профиля на разных участках с разными типами почв, заложено 9 почвенных разрезов, сделано 9 описаний эталонных площадей, отобрано 28 почвенных проб. Работы проводились на территории Байкальского государственного природного биосферного заповедника, в посёлке Новый Энхалук и в Забайкальском национальном парке.

На территории Байкальского государственного заповедника заложено 2 геоэкологических профиля, также заложено 5 почвенных разрезов, сделано 5 описаний эталонных площадей, отобрано 18 почвенных образцов. Карта-схема расположения точек пробоотбора на территории Байкальского заповедника представлена на рис. 12.

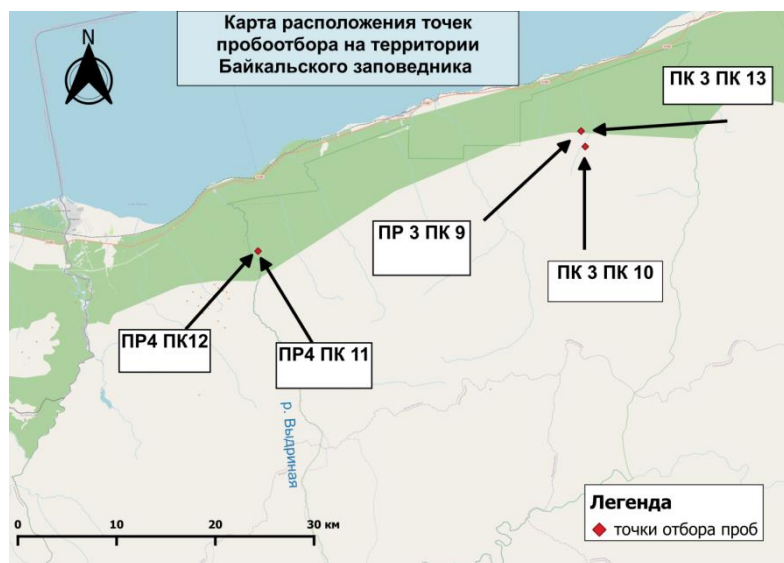


Рисунок 12. Карта-схема расположения точек пробоотбора на территории Байкальского заповедника

На территории поселка Новый Энхалук заложено 1 геоэкологический профиль, 2 разреза, сделано 2 описания эталонных площадей, отобрано 6 почвенных образцов. Карта-схема расположения точек пробоотбора на территории поселка Новый Энхалук представлена на рис. 13.

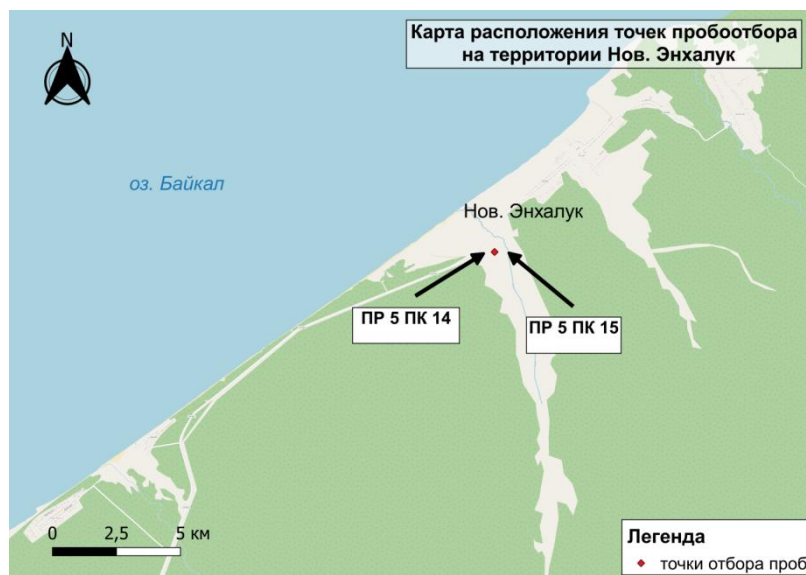


Рисунок 13. Карта-схема расположения точек пробоотбора на территории пос. Новый Энхалук

На территории Забайкальского национального парка был заложен 1 геоэкологический профиль, заложено 2 почвенных разреза, сделано 2 описания эталонных площадей, отобрано 6 почвенных образцов. Карта-схема расположения точек пробоотбора на территории Забайкальского национального парка представлена на рис. 14.

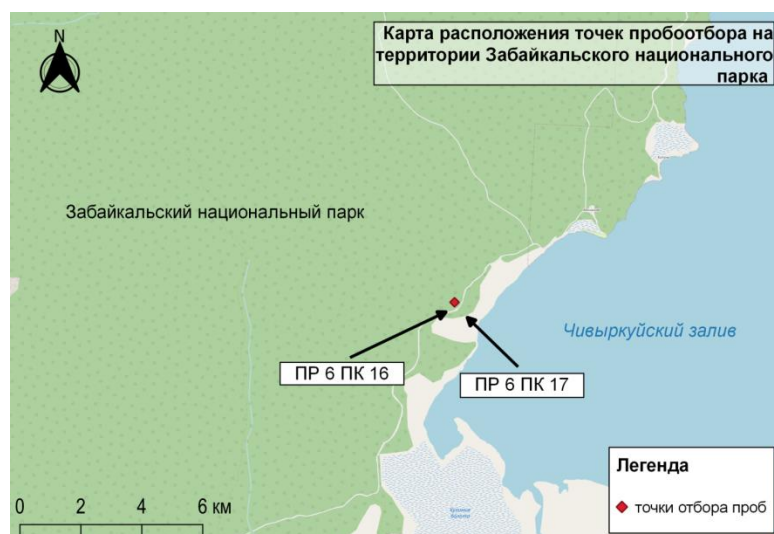


Рисунок 14. Карта-схема расположения точек пробоотбора на территории Забайкальского национального парка

Все почвенные горизонты были описаны по схеме: каждый из горизонтов описан по цвету, гранулометрическому составу, структуре, влажности, сложению и плотности, новообразованиям и включениям и характеристикам перехода в нижний горизонт.

Все почвенные пробы отобраны соответственно с ГОСТом 17.4.3.01-2017.

Для каждой пробной площадки фиксировались координаты (которые получены с помощью GPS) и высота.

Также на местах разрезов заполнены бланки описания фации, где указывалась следующая информация: обустроенность территории, замусоренность территории, характеристика жилой застройки, эстетическая ценность территории, положение в мезорельефе, микрорельеф, нарушенность естественного рельефа, условия увлажнения, тип миграционных потоков, характеристика почвы (Сенькин О.В., Опекунова М.Г., Щербаков В.М, 2000).

Дана общая характеристика растительности, т.е:

- характеристика древесных сообществ: состав древостоя, сомкнутость, характеристика древесного яруса по породам (в т.ч. высота, диаметр, возраст, бонитет, высота прикрепления кроны, высота отторгнутой корки), возраст хвой сосны, суховершинность, фаут, состояние хвой, сухостой, пни, характеристика подроста, состав подроста, сомкнутость подроста;
- кустарниковых сообществ: характер распределения, проективное покрытие, состав, высота, обилие по Друде, состояние;
- травяно-кустарничковых сообществ: общее проективное покрытие, характеристика видового состава (виды, подъярус, высота, обилие по Друде, проективное покрытие, жизненность, количество видов, виды, занесенные в «Красную книгу»).

Была дана характеристика мохово-лишайникового яруса (в т.ч. проективное покрытие). Описана нарушенность растительного покрова и пригодность площадки к использованию в качестве фонового эталона при мониторинге.

### 3.2 Методы лабораторных исследований

В учебно-научной лаборатории геоэкологического мониторинга, измерено рН 28 почвенных образцов в дистиллированной воде (водный) и в KCL (солевой).

Было взято навески почвы по 8 г на технических весах в два стаканчика. В один стаканчик прилили 20 мл дистиллированной воды, в другой – 20 мл 1н раствора KCl. Соотношение почва:жидкость = 1:2,5. Далее всё это было перемешено и оставлено ровно на сутки. Далее были сняты показания с потенциометра, предварительно погрузив электроды в испытуемую суспензию. Значения рН водной суспензии характеризуют активную кислотность почвы, значения рН солевой суспензии – обменную кислотность почвы.

Результаты измерения рН  $H_2O$  и рН  $KCl$  представлены в приложении 1.

Результаты проведения измерений  $pH_{H_2O}$  и  $pH_{KCl}$  в почвенных образцах показали высокую кислотность почвенного покрова Байкальского региона.

Для анализа на содержание подвижных форм ТМ было подготовлено и проанализировано 28 проб.

Пробы почвы для физико-химического анализа были высушены до воздушно-сухого состояния по ГОСТу 5180-2015. Воздушно-сухие пробы хранятся в матерчатых мешочках, в картонных коробках или в стеклянной таре.

Воздушно-сухая почва была перенесена на лист плотной бумаги и распределена по нему равномерным слоем. Далее пинцетом были удалены корни, остатки неразложившихся растений, камни. Образец почвы был разделен на четыре части. Две части составляют запасной образец, а другие две части – рабочий образец.

Далее рабочий образец растирали в агатовой ступке пестиком и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 и 0,25 мм.

Для извлечения подвижных форм ТМ используются разнообразные химические соединения, обладающие неодинаковой экстрагирующей силой. Наиболее часто применяется ацетатно-аммонийный буфер ( $pH$  4.8). Тем более что в настоящее время разработана система ПДК подвижных форм ТМ в почве, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером, поэтому для оценки экологического состояния ОС рекомендуется использовать именно этот экстрагент.

Затем навеску почвы весом 1 г помещали в колбу ёмкостью 100 мл и приливали 50 мл буферного раствора. Далее суспензию взболтали 1 ч и оставили ровно на сутки. Следующим шагом пробоподготовки была фильтрация. Проба была отфильтрована через «синюю ленту» и получившийся фильтрат уже был использован в последующем определении подвижных форм ТМ. По данным атомно-абсорбционного анализа была составлена таблица 2 с содержанием подвижных форм ТМ в почвенных образцах.

Далее определение подвижных форм ТМ в почвенных образцах проводилось в Ресурсном Центре Методы состава анализа вещества Научного парка СПбГУ с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе ICPE-9000. Чувствительность прибора при определении элементов представлена в таблице 3.

Исследования проводились по методике «М-МВИ-80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии» с помощью оптического эмиссионного спектрометра ICPE-9000.



Таблица 3. Чувствительность ICPE-9000, мг/кг

Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
0,20	1,00	0,02	0,15	0,04	0,15	0,10	0,02

Относительная погрешность метода 8-10 %. Относительная ошибка определения 5-10 %.

Данный метод заключается 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. 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% (*Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю, 2002*).

## Глава 4. Эколого-геохимическая характеристика почвенного покрова Байкальского региона

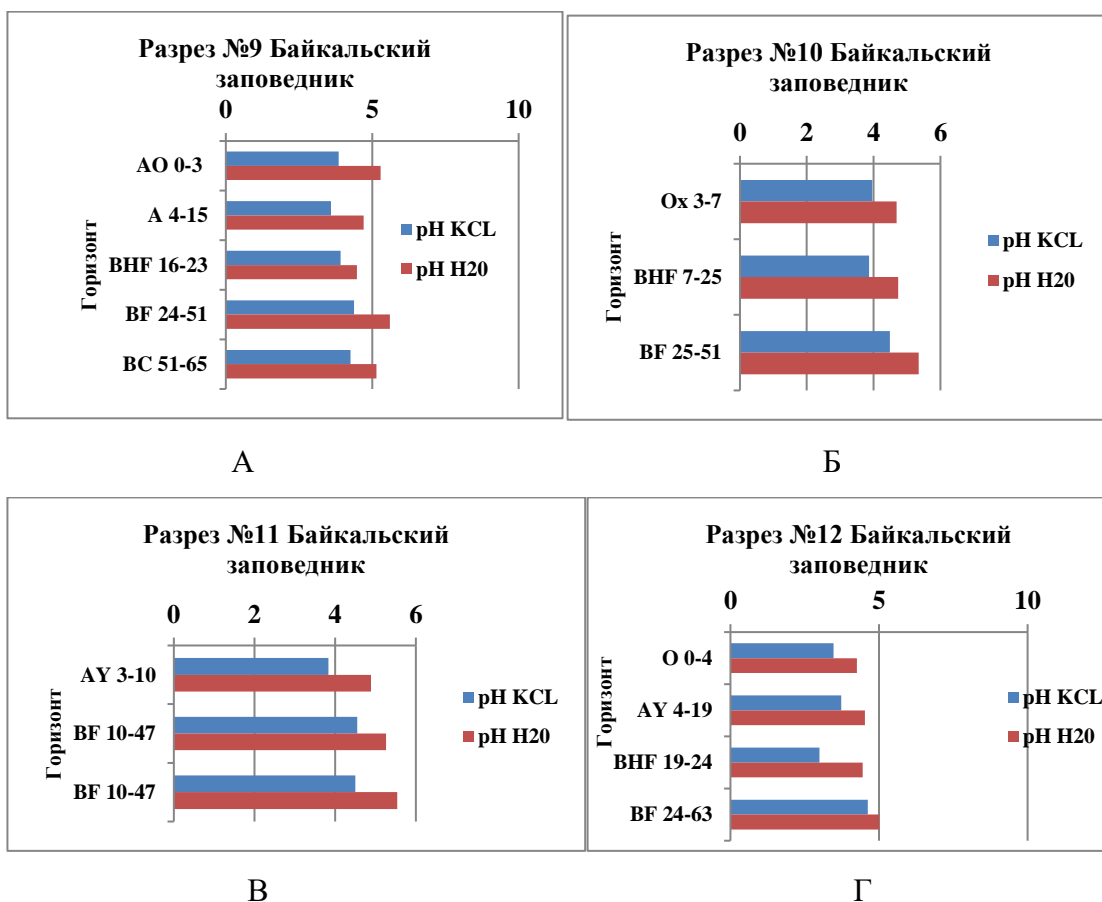
### 4.1 Кислотность почв

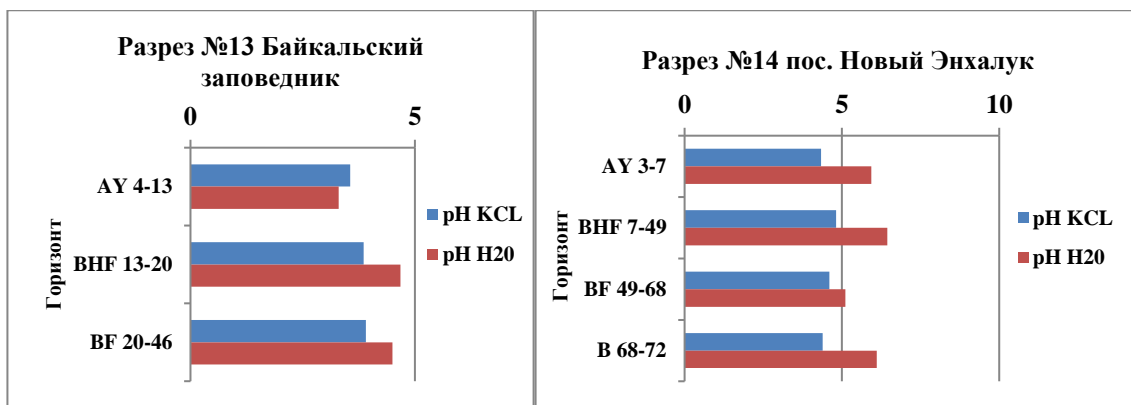
Результаты, полученные при определении водородного показателя (водного и солевого) проб почв, представлены в приложении 1.

Исходя из результатов измерения рН, были созданы диаграммы, отображенные на рис. 11:

Рисунок 12.

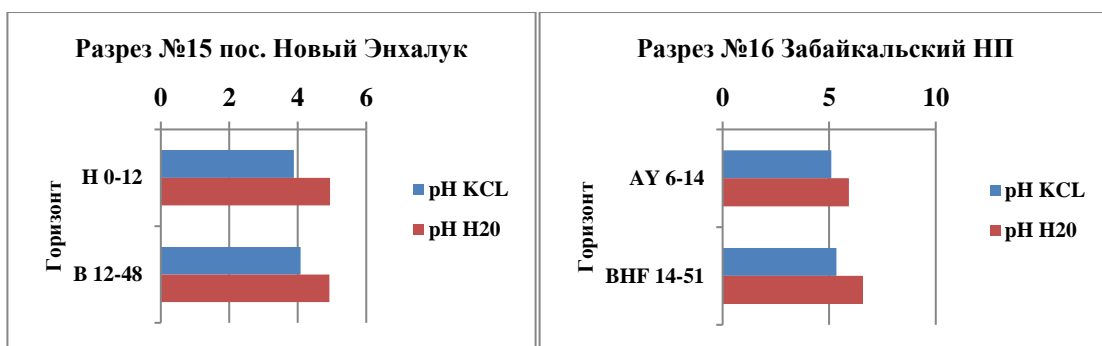
- А-Подбур иллювиально-железистый Г-Подбур глееватый*  
*Б- Подбур иллювиально-железистый Д- Подбур иллювиально-железистый*  
*В- Подбур иллювиально-железистый Е- Подбур иллювиально-железистый*  
*Ж-Перегнойный З-Подбур иллювиально-гумусовый*  
*И-Дерново подбур иллювиально-гумусовый*





Д

Е



Ж

З



И

Исходя из представленных результатов, можно сделать вывод о том, что на территории Байкальского заповедника реакция среды в проанализированных почвенных образцах преимущественно сильнокислая, в окрестностях пос. Новый Энхалук почвы имеют слабокислую среду, а в Забайкальском национальном парке преобладает кислая среда. Отобранные пробы расположены в зоне тайги, которой и свойственна кислая среда почвенного покрова. Во всех разрезах прослеживается тенденция к увеличению показателя pH с глубиной (от сильнокислой среды в поверхностных горизонтах до слабокислой среды в глубинных горизонтах).

## 4.2 Эколого-геохимическая характеристика почв

Автором были проанализированы почвенные образцы на содержание подвижных форм ТМ. Исследовались следующие микроэлементы: Co. Cr. Cd. Cu. Fe. Mn. Ni. Zn. Pb. Ba. V.

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).

Согласно ГОСТу 17.4.1.02-83 Cd, Pb и Zn являются веществами I класса опасности, Co, Ni, Cu и Cr – II класса опасности, V и Mn – III класса опасности.

### Медь. ПДК=3,0

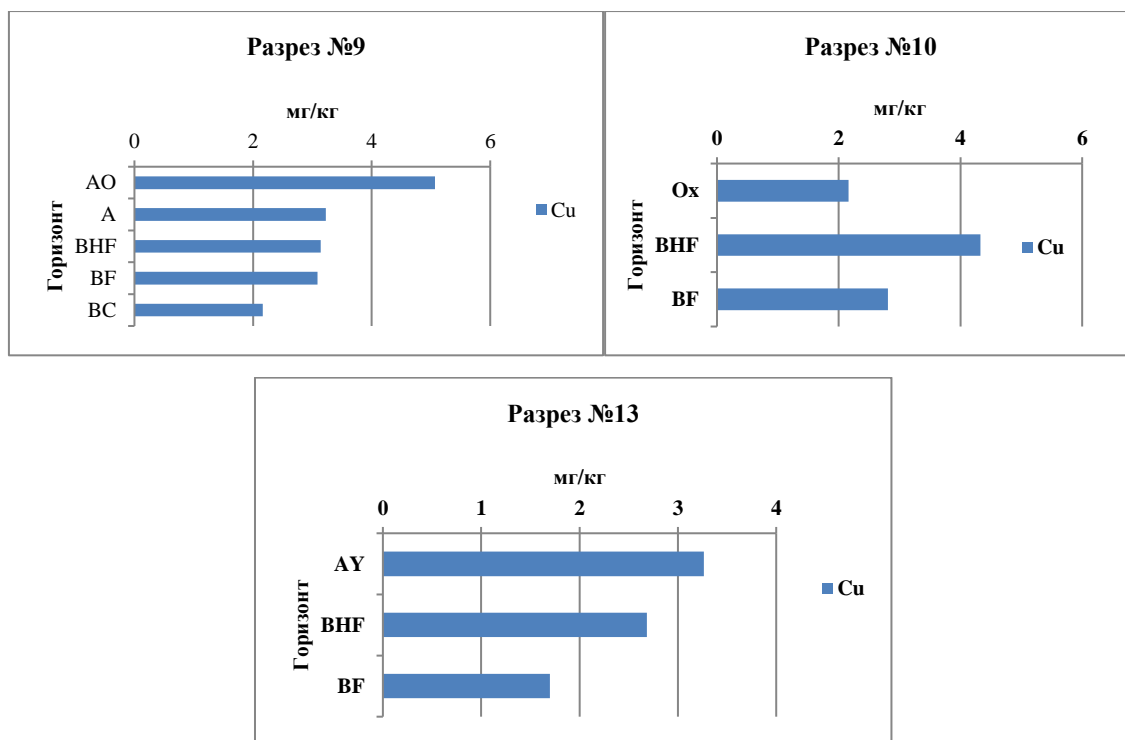


Рисунок 13. Содержание Cu в профиле №3 (Байкальский заповедник)

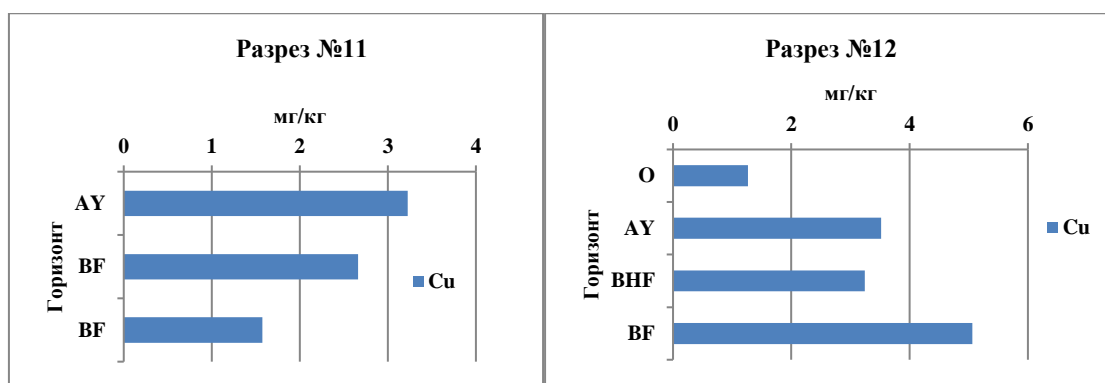


Рисунок 14. Содержание Cu в профиле №4 (Байкальский заповедник)

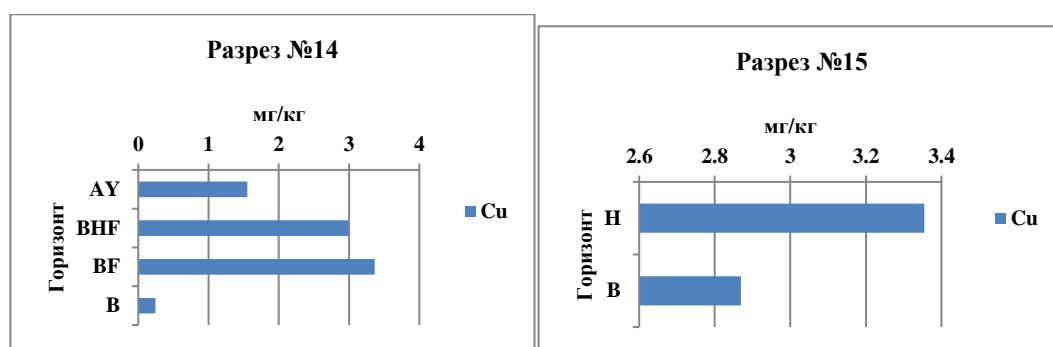


Рисунок 15. Содержание Cu в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)

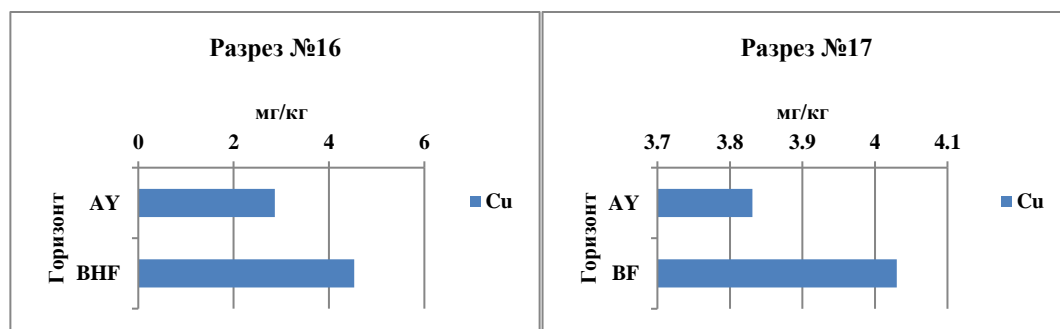


Рисунок 16. Содержание Cu в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Исходя из составленных диаграмм почвенных разрезов, видно, что Cu практически во всех разрезах накапливается в горизонте BF и BHF (иллювиально-железистый горизонт). Cu содержится в диапазоне от 1,3 до 5,7 мг/кг. При этом превышение Cu выявлено в большинстве анализированных проб. В разрезе 16 зафиксировано наибольшее значение Cu (4,53 мг/кг). Исходя из данных диаграмм, можно сделать вывод о том, что природными геохимическими барьерами в заложенных профилях являются горизонты BHF, BF и иногда AY.

Высокое содержание данного элемента в почвах объясняется тем, что повышенное содержание Си свойственны подстилающим горным породам данной территории, а также почвам, богатым органикой.

### Марганец. ПДК=60,0

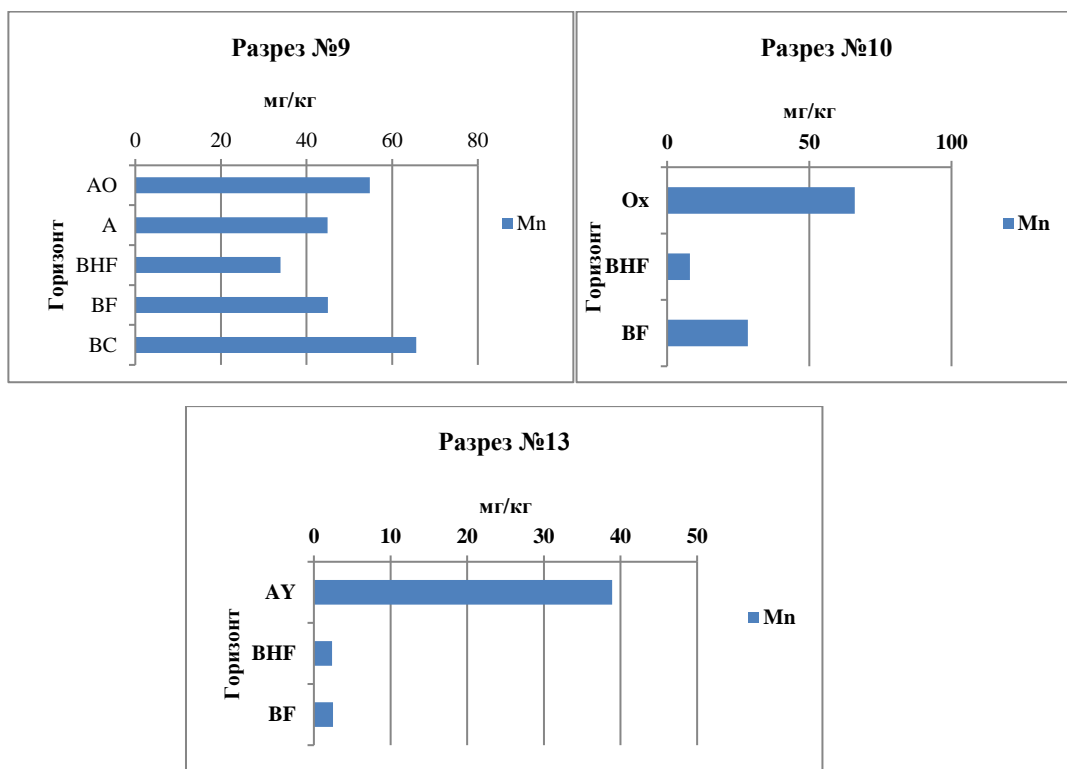


Рисунок 17. Содержание Mn в профиле №3 (Байкальский заповедник)

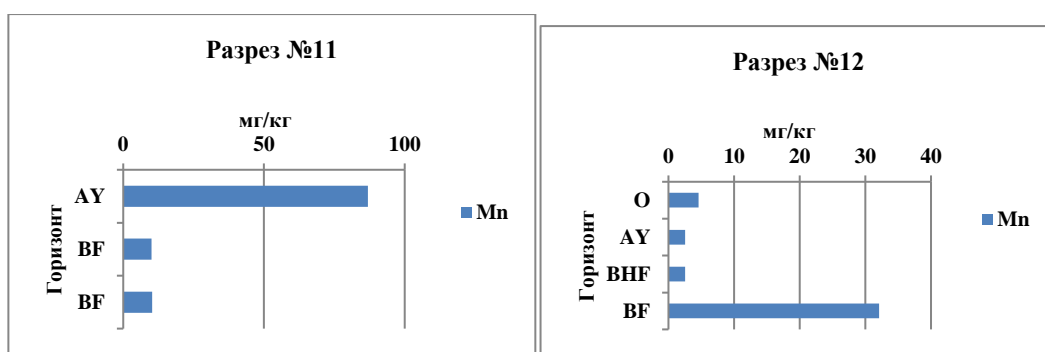


Рисунок 18. Содержание Mn в профиле №4 (Байкальский заповедник)

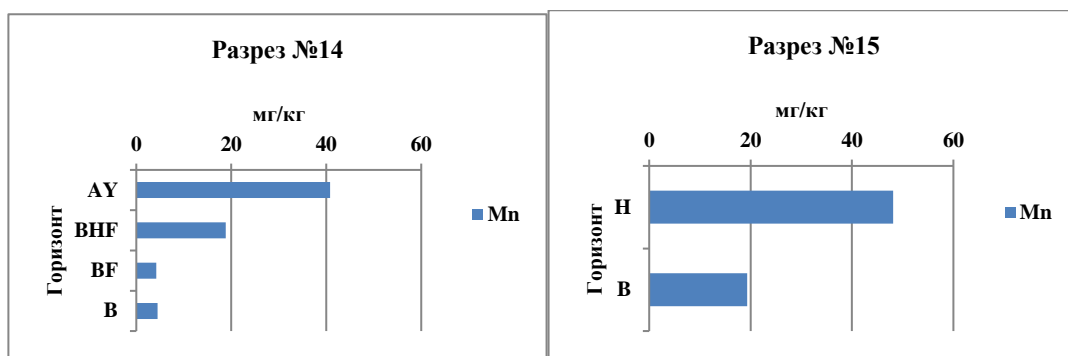


Рисунок 19. Содержание Mn в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)

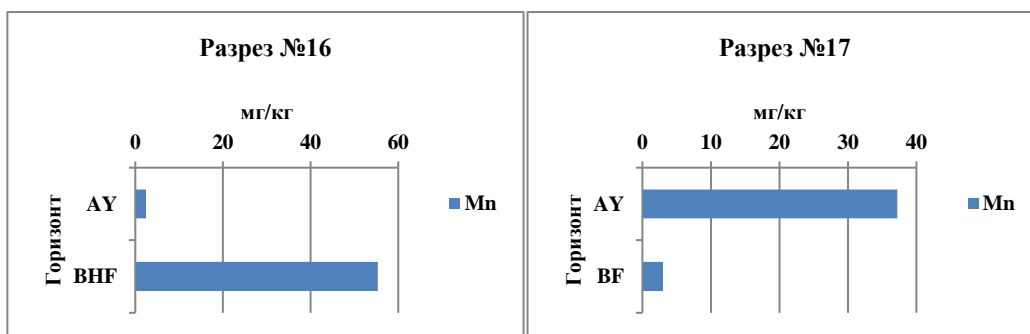


Рисунок 20. Содержание Mn в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Концентрация Mn в профилях 3-6 распределена неравномерно. Mn в почвенных образцах содержится в диапазоне от 2,4 до 86,9 мг/кг. Например, в разрезе 9 концентрация Mn в горизонте АО превышает 50 мг/кг, затем прослеживается снижение до 33 в горизонте BHF, и в итоге концентрация снова растет до 55 в нижнем горизонте – BC. В 16 и 17 разрезах концентрации Mn разнятся в зависимости от горизонтов почв, т.е. в 16 разрезе Mn сконцентрирован в основном в горизонте BHF, а в 17 разрезе в горизонте AY. В почвенных разрезах в роли природных геохимических барьеров выступают преимущественно органогенные горизонты, т.е. горизонт AY (в профиле №6), АО (в профиле №3).

Критично высокие концентрации Mn зафиксированы в 10 и 11 разрезах. Это может быть связано с геологическими особенностями заповедника.

Хром. ПДК=6,0

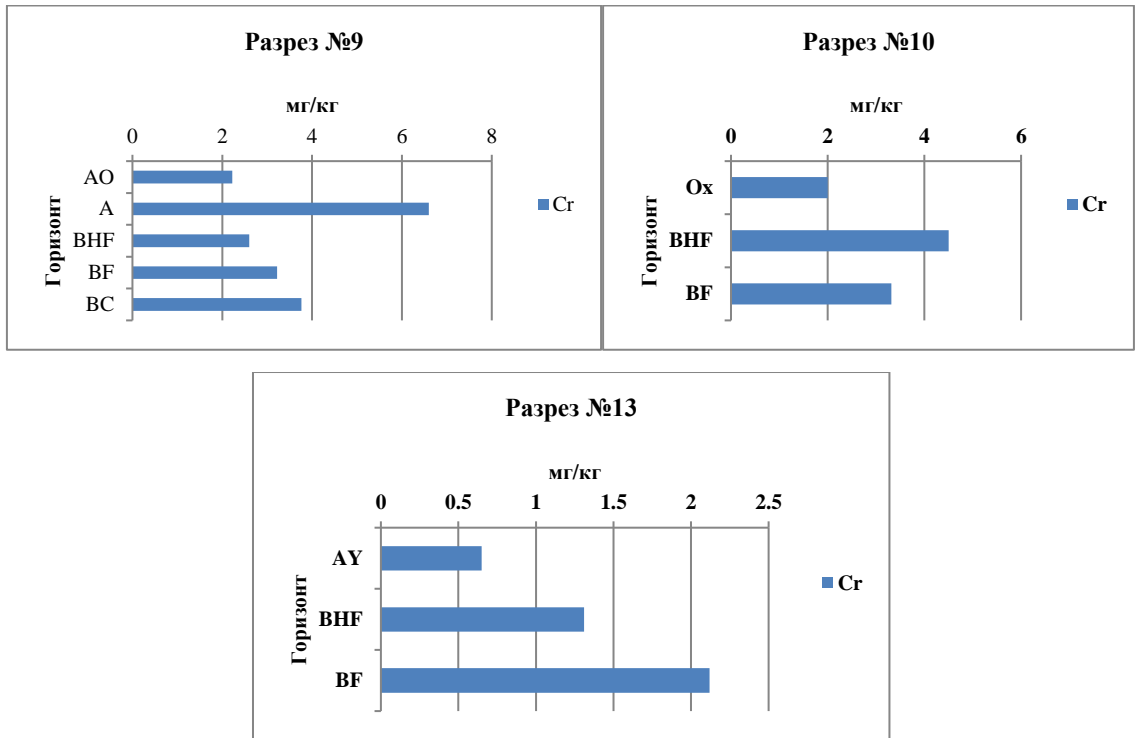


Рисунок 21. Содержание Cr в профиле №3 (Байкальский заповедник)

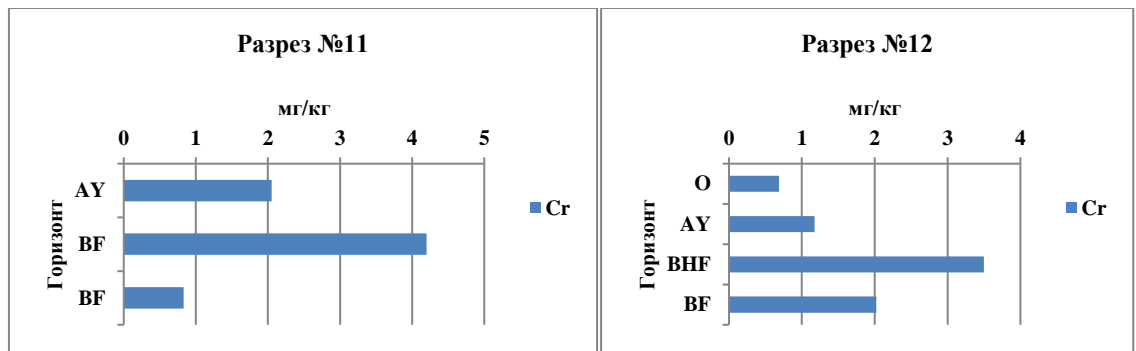


Рисунок 22. Содержание Cr в профиле №4 (Байкальский заповедник)

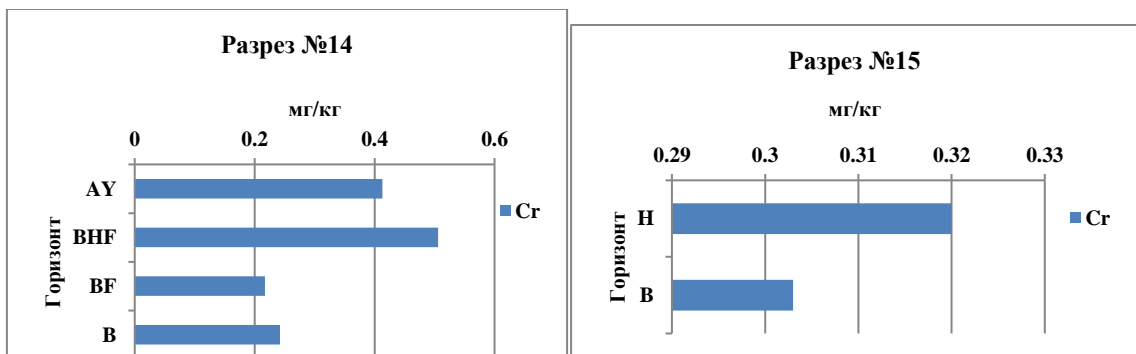


Рисунок 23. Содержание Cr в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)



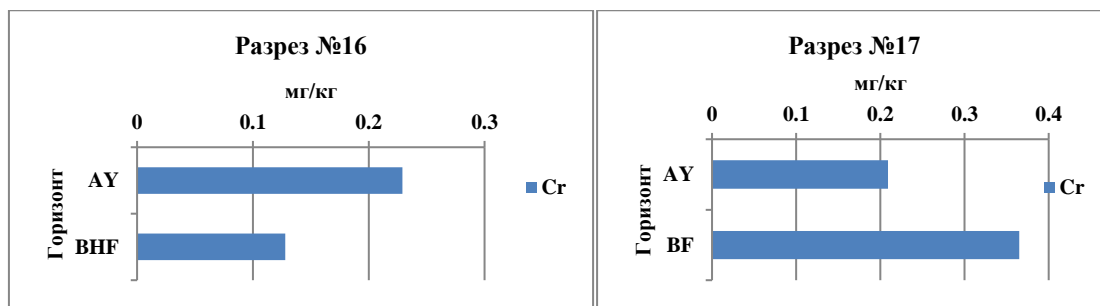


Рисунок 24. Содержание Cr в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Исходя из составленных диаграмм, мы можем увидеть, что Cr накапливается зачастую в горизонте BHF, BF и только в разрезе 9 Cr накапливается в горизонте А (6,6 мг/кг, т.е. превышение ПДК), что, в свою очередь, является природным геохимическим барьером для ТМ. В остальных пробах превышение не выявлено.

Мы можем наблюдать ярко выраженную миграцию Cr из разреза 9 в разрез 13. Также из разреза 17 Cr мигрирует в разрез 16 и уменьшается в концентрации к горизонту BHF.

### Барий.

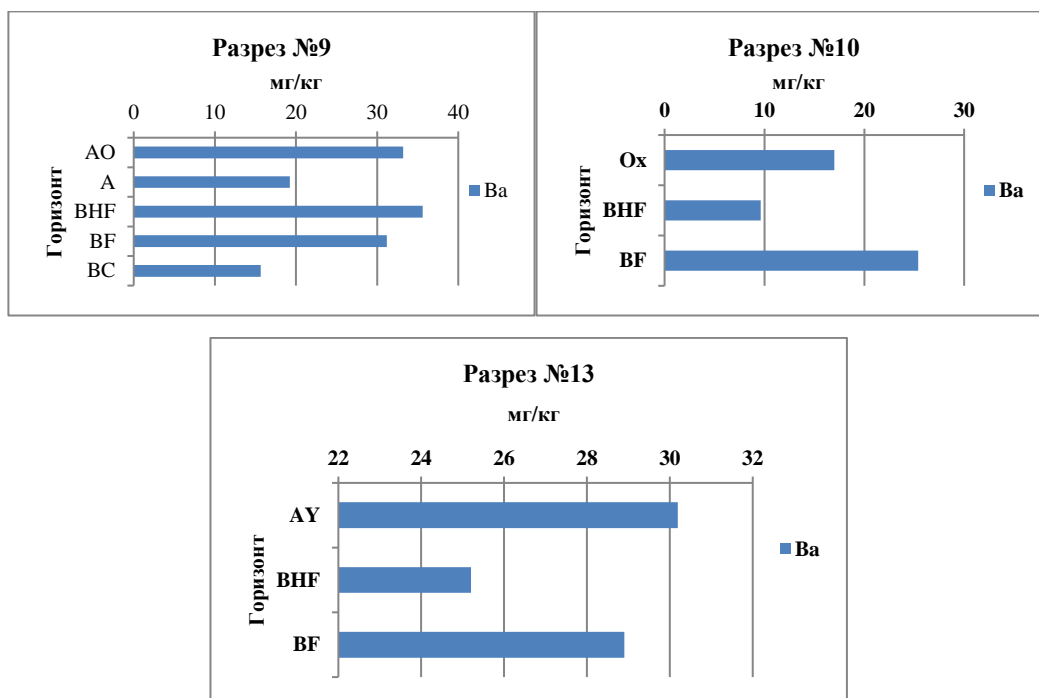


Рисунок 25. Содержание Ba в профиле №3 (Байкальский заповедник)

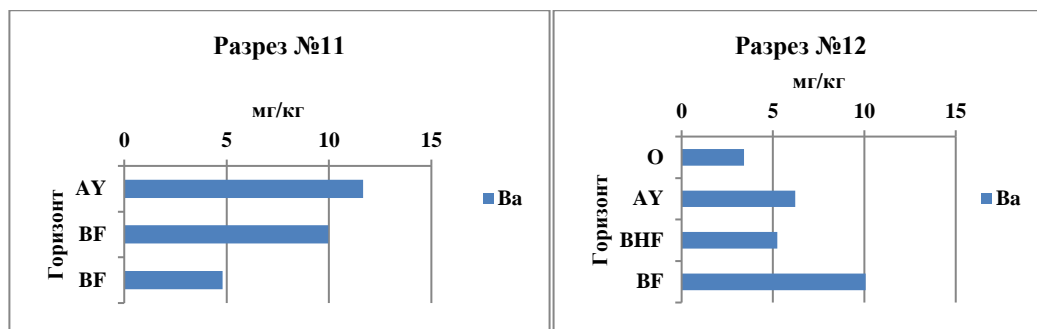


Рисунок 26. Содержание Ba в профиле №4 (Байкальский заповедник)

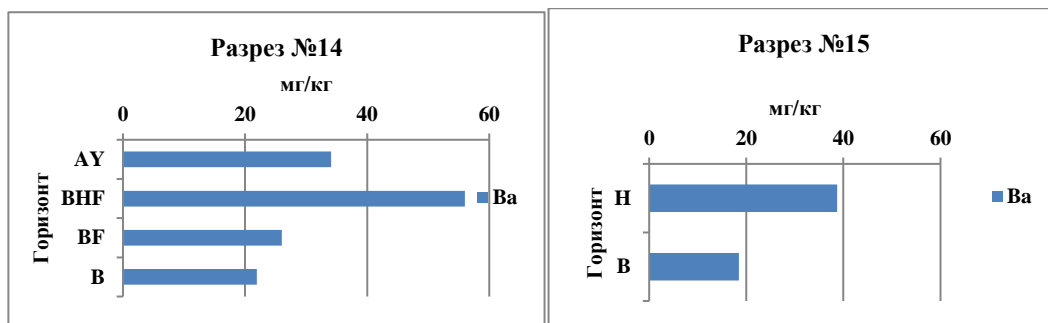


Рисунок 27. Содержание Ba в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)

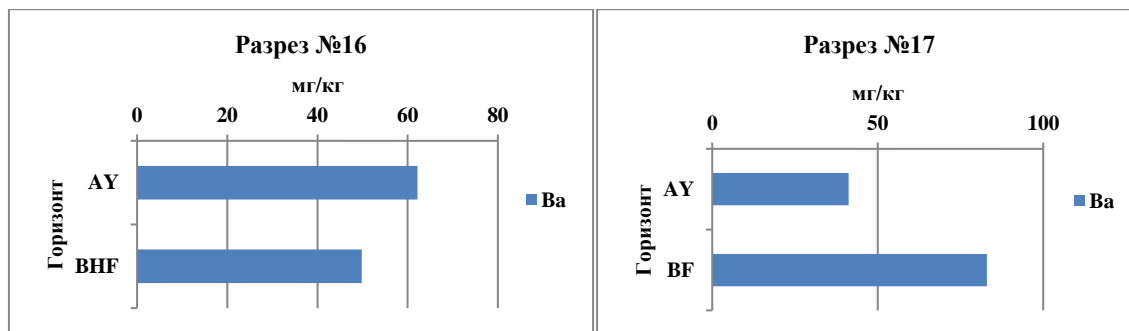


Рисунок 28. Содержание Ba в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Концентрация бария в разрезах распределена не равномерно, ярко прослеживается миграция в разрезах 9, 10 и 13 (профиль № 3). В разрезе 9 концентрация снижается до 15 мг/кг и затем мигрирует в разрез № 10, где происходит накопление в горизонте BF. Даже из разреза 10 Ba мигрирует по профилю в р-р 13. Также миграция прослеживается и в профиле № 4 (разрезы 11,12) и в профиле № 6 (разрезы 16,17).

Кобальт. ПДК=5,0

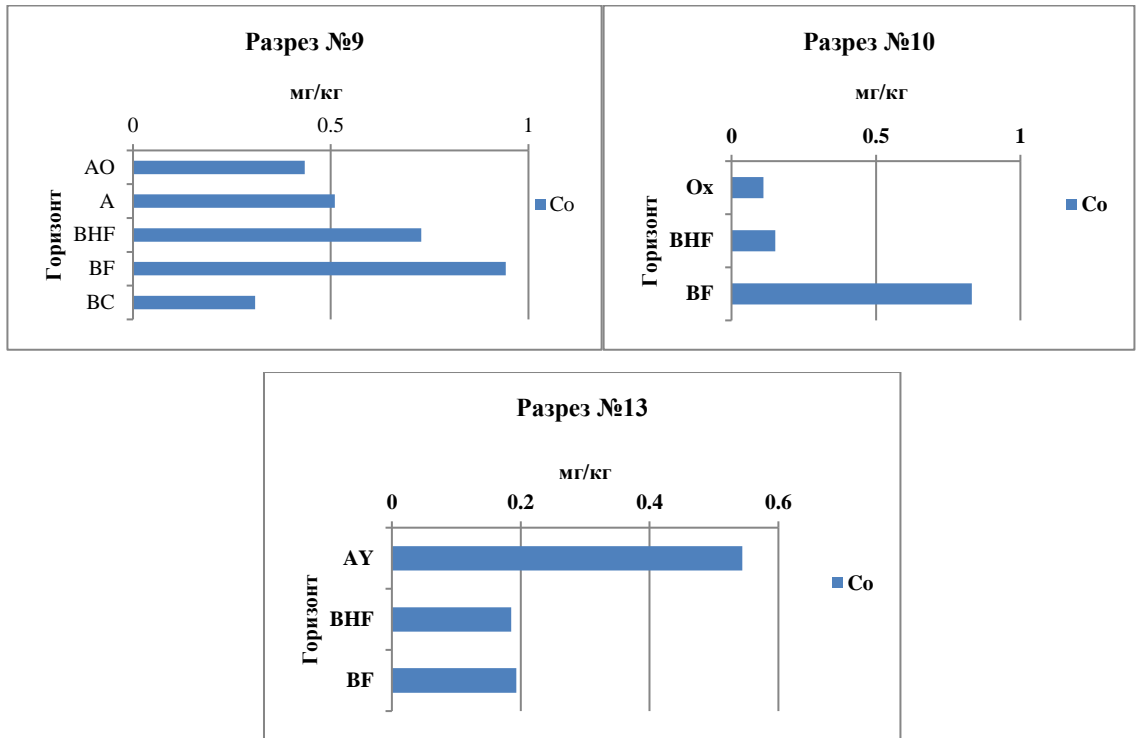


Рисунок 29. Содержание Co в профиле №3 (Байкальский заповедник)

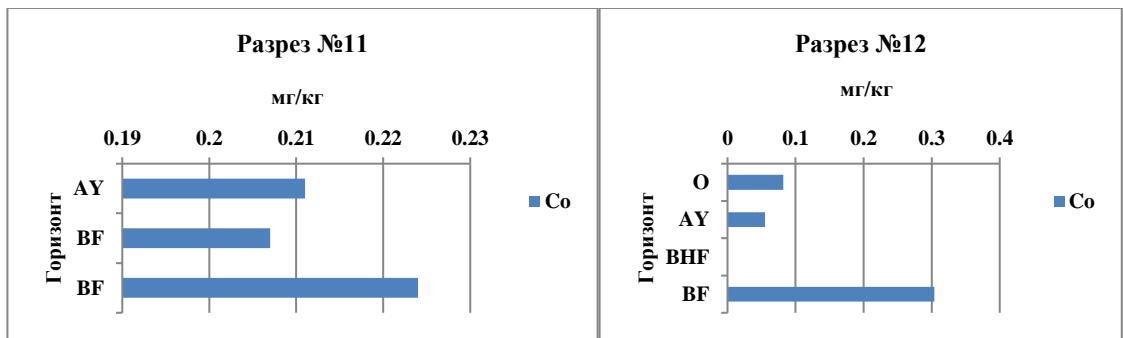


Рисунок 30. Содержание Co в профиле №4 (Байкальский заповедник)

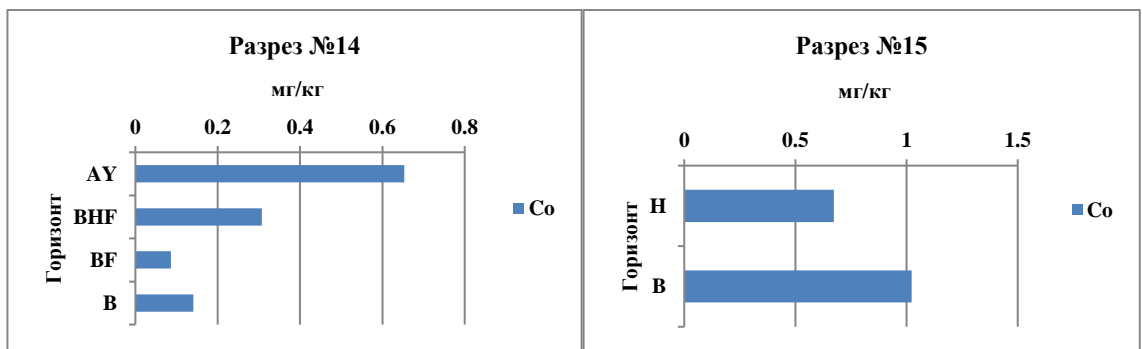


Рисунок 31. Содержание Co в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)

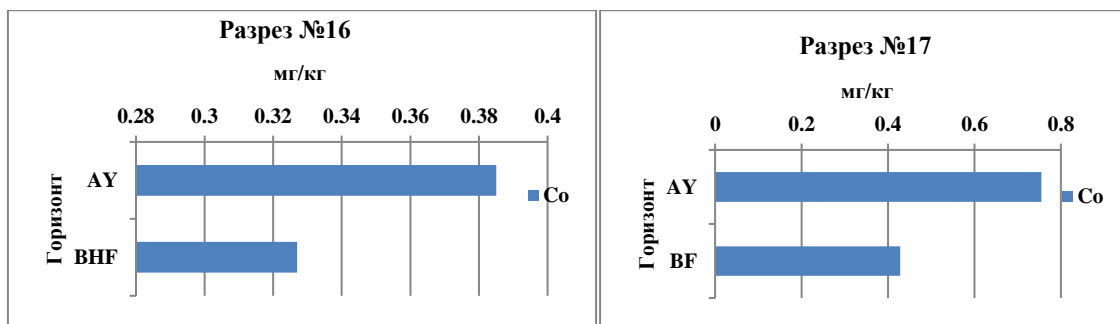


Рисунок 32. Содержание Co в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Значения Co находятся в пределах нормативов и фона. В миграции данного элемента отмечена следующая закономерность: происходит активна миграция Co по профилю № 3 (разрезы №9,10,13), с глубиной концентрация Co снижается. Также отмечена активная миграция в профиле № 6 (разрезы № 16, 17). В разрезе 12 концентрация Co в горизонте BHF достигает ниже порога обнаружения.

#### Железо. Фон=55-264

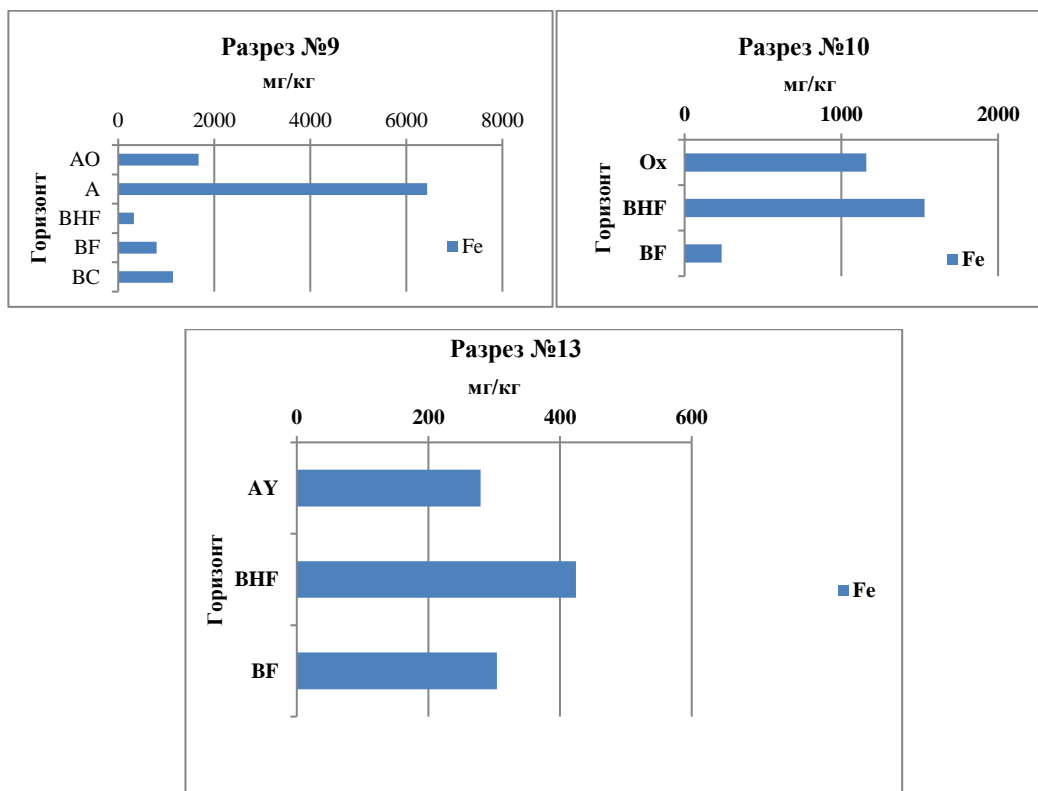


Рисунок 33. Содержание Fe в профиле №3 (Байкальский заповедник)

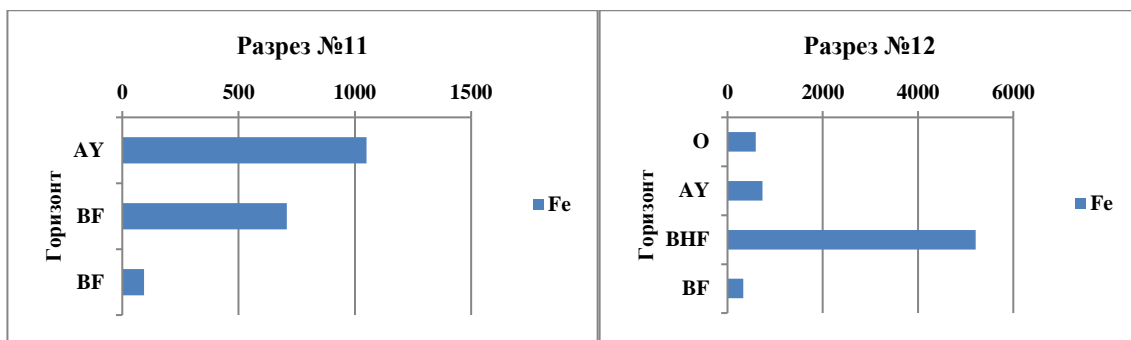


Рисунок 34. Содержание Fe в профиле №4 (Байкальский заповедник)

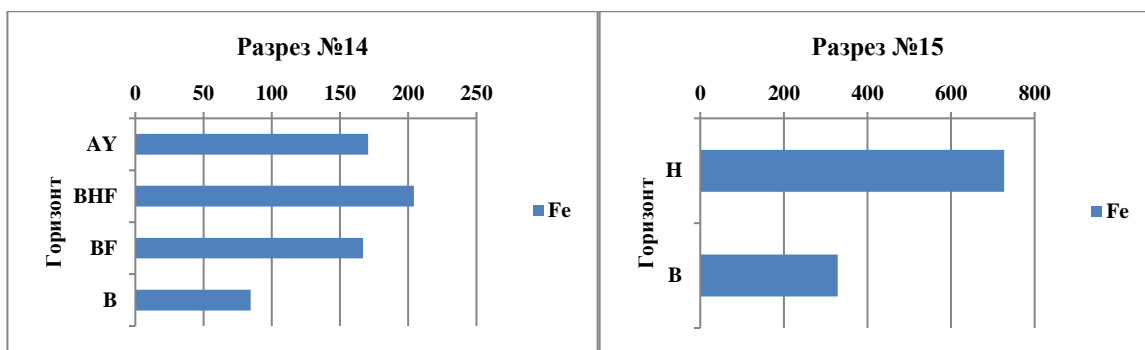


Рисунок 35. Содержание Fe в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)

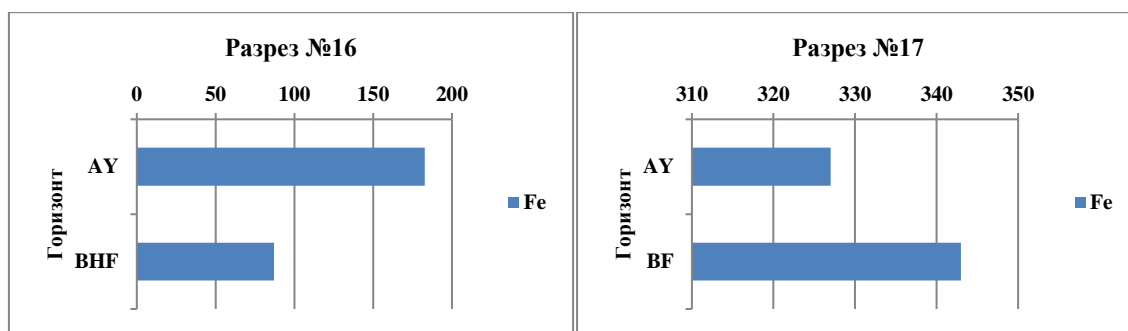


Рисунок 36. Содержание Fe в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Зафиксированы высокие значения Fe в разрезах почв Байкальского региона, однако превышения ПДК не выявлены. В основном накопление железа происходит в горизонте А и АУ. Однако в разрезах 12 и 17 накопление Fe зафиксировано в иллювиальном горизонте ВФ и ВНФ. Миграция железа хорошо прослеживается в профиле №4. В верхнем горизонте разреза 11 Fe превышает концентрации 1000 мг/кг, однако в нижних горизонтах прослеживается снижение концентрации. Но в разрезе 12 железо накапливается в нижнем горизонте ВНФ.

Никель. ПДК=4,0

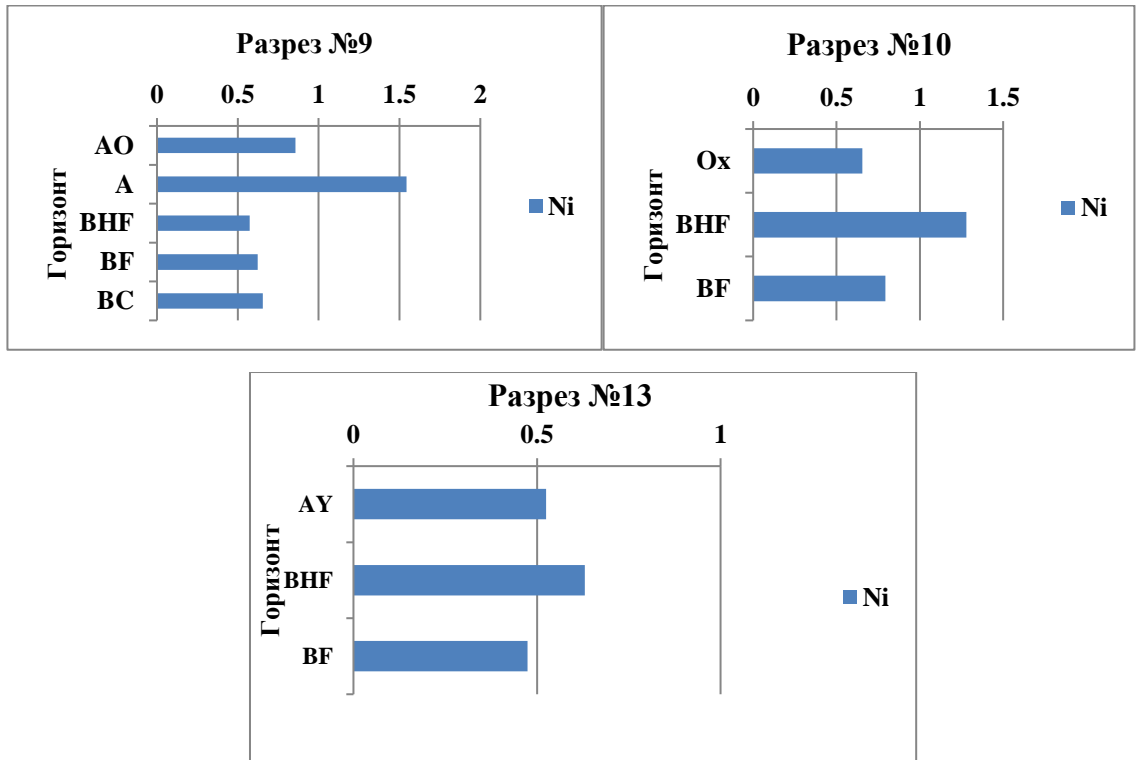


Рисунок 37. Содержание Ni в профиле №3 (Байкальский заповедник)

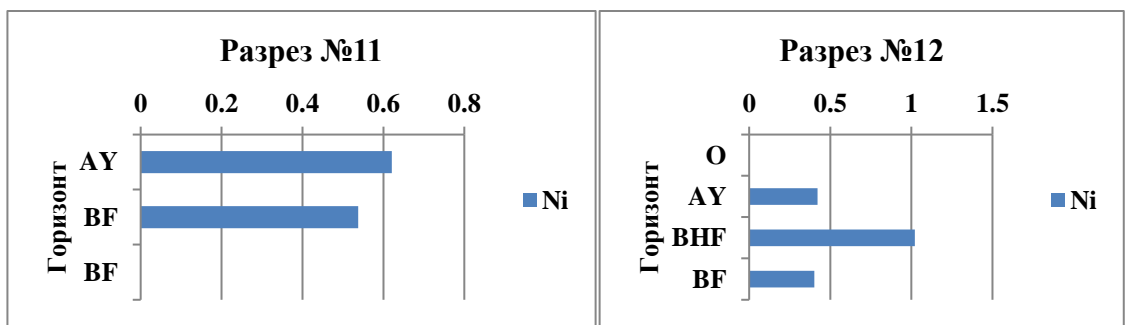


Рисунок 38. Содержание Ni в профиле №4 (Байкальский заповедник)

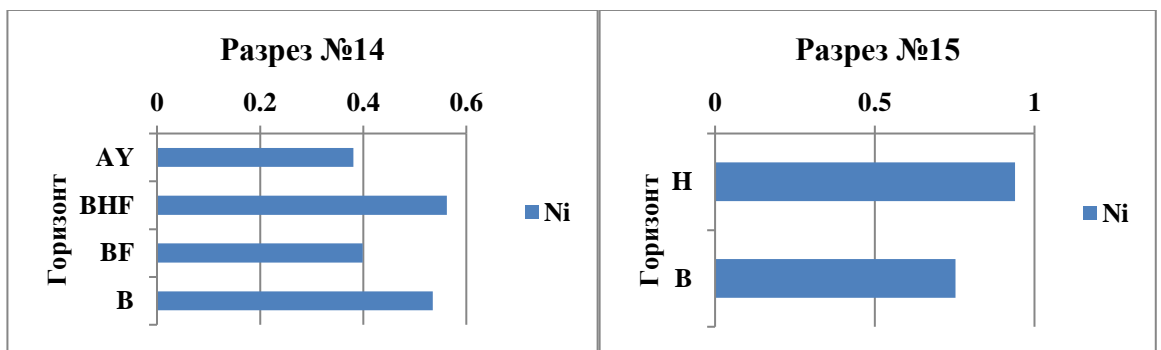


Рисунок 39. Содержание Ni в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)

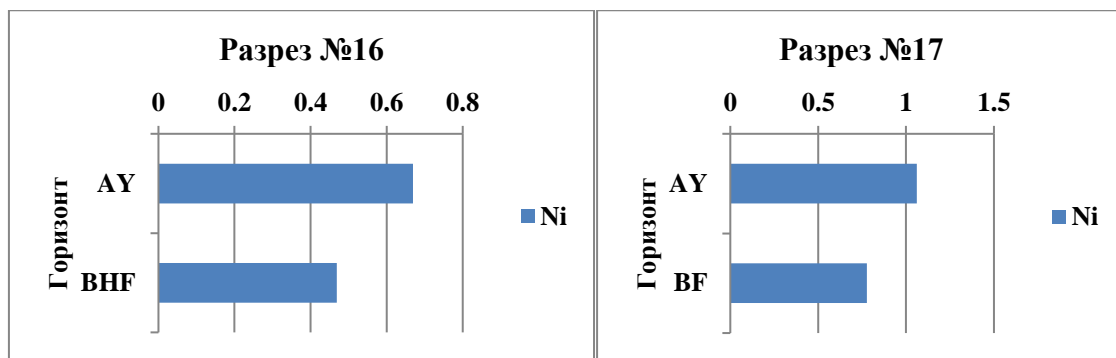


Рисунок 40. Содержание Ni в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Превышение ПДК никеля не зафиксировано. Никель в целом по горизонтам распределен достаточно равномерно. В разрезах 11 и 12 концентрация никеля достигла ниже порога обнаружения.

**Цинк. ПДК=23,0**

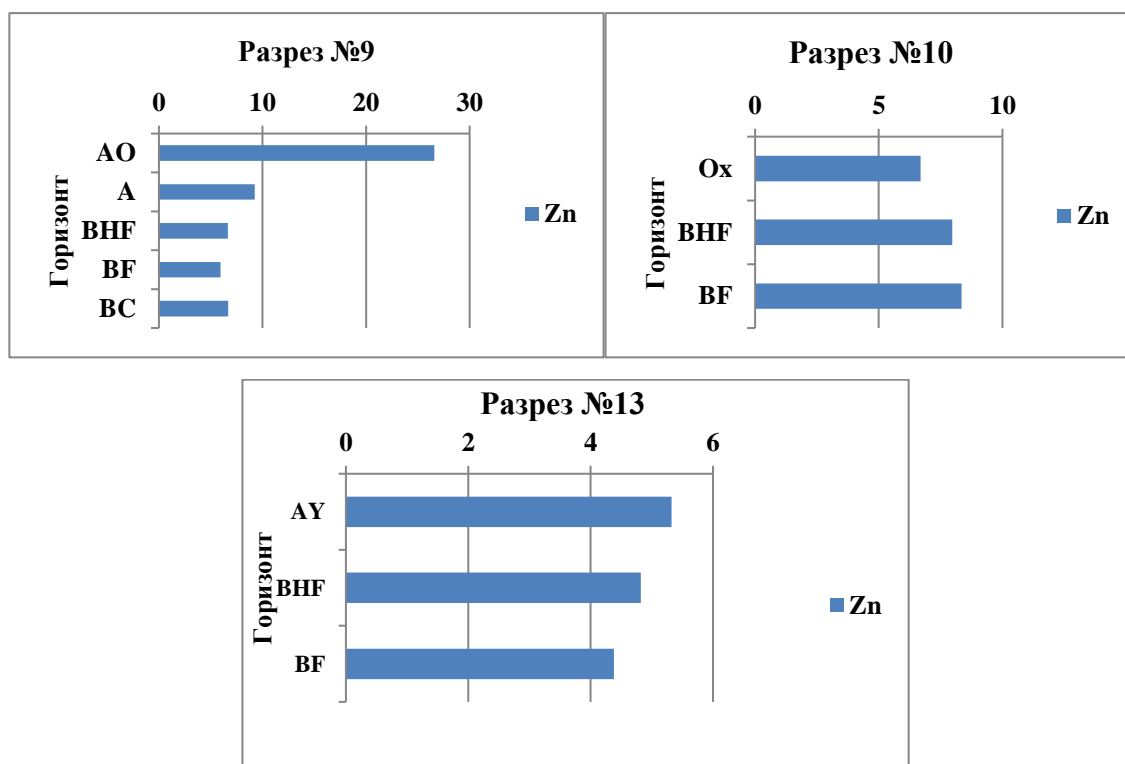


Рисунок 41. Содержание Zn в профиле №3 (Байкальский заповедник)

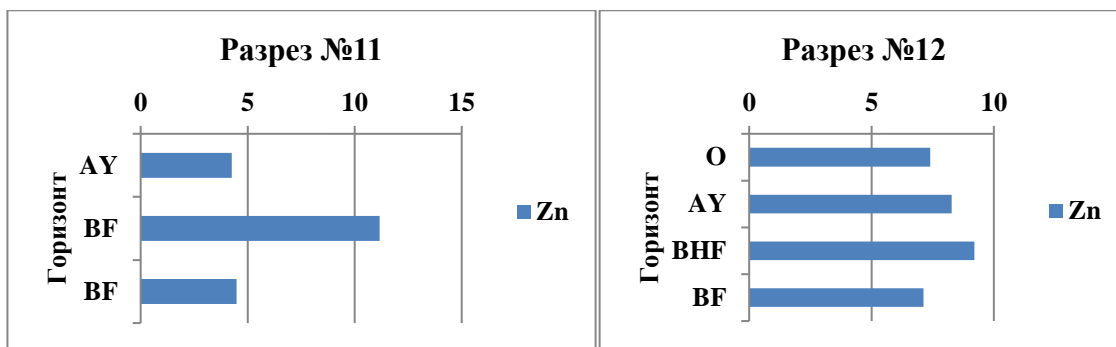


Рисунок 42. Содержание Zn в профиле №4 (Байкальский заповедник)

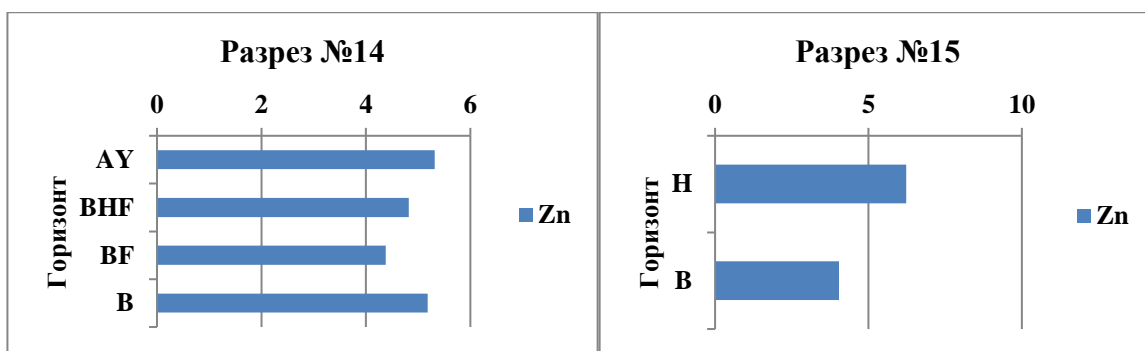


Рисунок 43. Содержание Zn в профиле №5 (п. Нов. Энхалук)

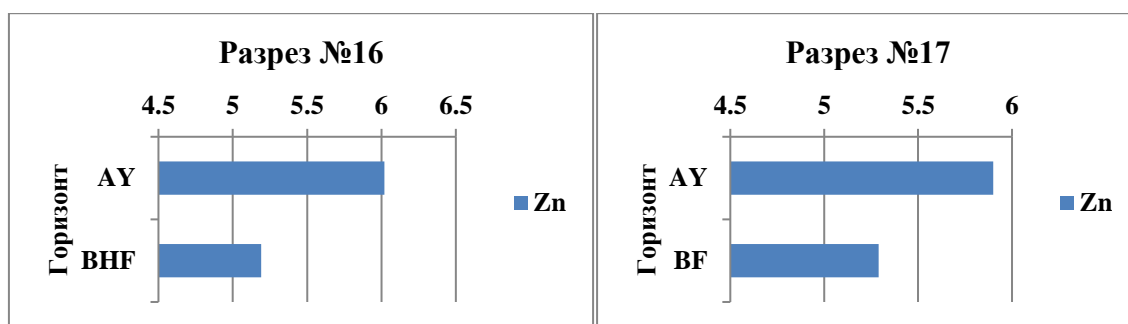


Рисунок 44. Содержание Zn в профиле №6 (Забайкальский национальный парк)

Превышений ПДК Zn не зафиксировано. В разрезе 9 в горизонте АО Zn накапливается больше всего (геохимический барьер), а в 11 разрезе аккумуляция концентрации Zn направлена на горизонт BF. В целом, Zn по горизонтам распределен равномерно.

Cd, Pb, V отсутствуют практически во всех отобранных образцах, то есть их значение достигает ниже порога обнаружения, поэтому и миграцию элементов проследить нет возможности.

В результате проведенного анализа, автором сделаны следующие выводы:



Изученные почвы имеют кислую среду, поэтому происходит интенсивная миграция элементов из горизонта в горизонт.

Результаты исследования на ТМ отобранных образцов представлены в приложении 2. В качестве критериев оценки уровня загрязнения использовались нормативы ПДК (САНПиН 1.2.3685-21).

В результате проведенных исследований удалось определить: содержание подвижных форм тяжелых металлов (Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn), кислотность почвы, тип почв.

Проведя анализ полученных данных, мы можем наблюдать некоторую закономерность: во всех заложенных почвенных разрезах в верхних горизонтах (преимущественно в АО, АУ) активно накапливаются такие подвижные формы, как Cu и Mn. В разрезе 17 Cu мигрировал до нижних слоев почвенного разреза.

Стоит отметить, что содержание Pb в горизонте О 11 разреза превышает ПДК в 1,1 раз.

Основная концентрация подвижных форм ТМ зафиксирована в подстилке (горизонт О), превышения ПДК зафиксированы у элементов Cu, Pb, Mn.

Поскольку в данных почвенных образцах преимущественно кислая среда, то наблюдается активная миграция элементов подвижных форм ТМ.

Таким образом, из приведённой таблицы видно, что концентрации ТМ содержатся в следующих диапазонах: Ba от 4,8 до 62,2, Co от 0,05 до 1,02 мг/кг, Cr от 0,13 до 6,6 мг/кг, Cu от 1,27 до 5,7 мг/кг, Fe от 84,5 до 6430 мг/кг, Mn от 2,39 до 86,9 мг/кг, Ni от 0,38 до 1,54 мг/кг, Pb от 0,58 до 6,46 мг/кг, V от 0,22 до 0,46 мг/кг, Zn от 3,27 до 26,6 мг/кг.

Зафиксированы превышения ПДК некоторых элементов (Cu, Zn, Mn, Cr).

Превышение ПДК Cu (в 2 раз) говорит о близком расположении источников интенсивного антропогенного воздействия. В данном случае, источником является ЦБК, автомобильные дороги, ЛЭП. Также, повышенное содержание Cu свойственны подстилающим горным породам данной территории.

9 разрез (пробы №30 и № 31), 10 разрез (пробы № 35 и № 36) заложены вблизи экотропы «Кедровая аллея». По этой причине в данных пробах наблюдается превышение ПДК по таким элементам, как Cu, Zn, Mn. По другим элементам превышения ПДК не зафиксированы.

В результате статистической обработки данных, была составлена таблица с концентрациями подвижных форм ТМ (приложение 2), а также их сравнение со значениями ПДК, ОДК и фоном.

Статистическая обработка данных проведена по стандартным методикам. (Чертко, Н. К., 2008) Были посчитаны такие показатели, как дисперсия, ошибка среднего, коэффициенты вариации и корреляции.

Исходя из коэффициента вариации, представленного в табл. 4, можно сделать вывод о том, что низким варьированием (меньше 30%) отличаются элементы – Ва, Со, Сг, Си, Fe, Mn, Ni, Zn характеризуются средним варьированием (30-60 %). Однако такие металлы, как Pb, V характеризуются аномально высоким варьированием (больше 100 %).

Таблица 4. Содержание подвижных форм ТМ в почвах

Показатель	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Среднее min-max	<u>26,9</u> 3,41- 83	<u>0,39</u> 0,06- 1,02	<u>1,77</u> 0,13- 6,60	<u>3,08</u> 0,13- 6,6	<u>917,87</u> 84,5- 6430	<u>27,61</u> 2,39- 86,9	<u>0,65</u> 0,38- 1,54	<u>0,33</u> 0,58- 6,46	<u>0,14</u> 0,19- 0,59	<u>7,10</u> 3,27- 26,6
Ошибка среднего	0,07	0,01	0,003	0,11	26,71	0,93	0,04	0,09	0,04	0,54
коэф вариации	1,40	14,69	0,75	18,43	15,40	17,79	30,60	150,43	169,17	39,91
медиана	25,3	0,31	1,24	3,11	365	23,86	0,62	0,66	0,29	6,13

Полученные коэффициенты корреляции подвижных форм ТМ представлены в таблице 5. Исходя из коэффициентов корреляции, можно сделать вывод, что между собой коррелируют Сг и Fe, Сг и Ni, Си и Ni, Си и Zn, а также Fe и V. Когда повышается содержание одного тяжелого металла, то стремительно растет содержание и другого. Можно отметить отрицательную корреляцию между Ва и Сг, а также Ва и V. Когда снижается содержание Ва, то, соответственно, снижается содержание и Сг, и V.

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между элементами

Элементы	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Ba
Co	1,00	-0,03	0,09	-0,14	0,31	0,26	-0,02	0,004	0,01	0,35
Cr		1,00	0,28	0,69	0,13	0,79	-0,03	0,49	0,08	-0,42
Cu			1,00	0,21	0,15	0,49	0,01	0,16	0,60	0,25
Fe				1,00	0,06	0,75	-0,01	0,69	0,11	-0,29
Mn					1,00	0,18	0,51	0,19	0,23	-0,01
Ni						1,00	-0,02	0,55	0,31	0,14
Pb							1,00	0,11	-0,01	-0,14
V								1,00	0,22	-0,40
Zn									1,00	-0,01
Ba										1,00

Достоверный коэффициент корреляции при n=28, P=0,95 – 0,38

## Заключение

Байкальский государственный заповедник расположен на южном побережье озера Байкала. Побережье и северные отроги магистрального хребта Хамар-Дабан формируются под влиянием Байкальской котловины, а южные имеют типичные черты, свойственные ландшафтам гор юга Сибири. В целом, можно сказать, что климат данного региона характеризуется, как влажный и умеренно-континентальный. На данной территории распространены преимущественно подбуры и буроземы, а также подзолы и дерново-подзолистые почвы. Говоря о растительном покрове территории, необходимо отметить, что здесь преобладает южносибирская тайга с такими типичными видами, как кедр сибирский, ель сибирская, пихта сибирская.

Основной источник антропогенного загрязнения – Иркутско-Черемховский промузел. Негативное влияние на экологическую ситуацию вблизи Байкальского заповедника оказывают выбросы диоксида серы, оксидов азота, серо- и углеводорода, метилмеркаптана, формальдегида, фенола, производимые прибрежными предприятиями, из ТМ колоссальный вклад в загрязнение экосистем и, в особенности, почвенного покрова Байкальского региона, вносят: Ni, Pb, Zn.

Основными источниками поступления ТМ на исследованных территориях являются различные топливные установки, автотранспорт, предприятия черной и цветной металлургии, горнодобывающие и химические предприятия.

В результате написания выпускной квалификационной работы, был проведен ряд исследований: отбор проб почвенного покрова на территории Байкальского заповедника, пос. Новый Энхалук, пос. Усть-Баргузин. Определена кислотность отобранных почв, проведена пробоподготовка, а также были определены подвижные формы ТМ с помощью атомно-эмиссионного метода.

Концентрации подвижных форм ТМ содержатся в следующем диапазоне: Ва от 4,8 до 62,2, Со от 0,05 до 1,02 мг/кг, Сг от 0,13 до 6,6 мг/кг, Си от 1,3 до 5,7 мг/кг, Fe от 84,5 до 6430 мг/кг, Mn от 2,4 до 86,9 мг/кг, Ni от 0,4 до 1,5 мг/кг, Pb от 0,6 до 6,5 мг/кг, V от 0,2 до 0,5 мг/кг, Zn от 3,3 до 26,6 мг/кг.

Поскольку на территории Байкальского заповедника и Забайкальского национального парка почвы имеют преимущественно сильнокислую и кислую среду, то можно отметить, что на их территории подвижные формы характеризуются более интенсивной миграции, чем в окрестностях пос. Новый Энхалук, где среда почв в основном слабокислая.

Исследованные микроэлементы обладают следующими тенденциями миграции в почвенных профилях: поскольку реакция среды кислая, то подвижные формы подвержены активной миграции по почвенному профилю. Органогенные горизонты (АО, АУ) служат геохимическими барьерами для Mn (2,4-86,9 мг/кг), Co (0,055-1,023 мг/кг), Cu (1,3-5,7 мг/кг); в средней части профиля (горизонты ВНФ, ВФ) характерно накопление для Ba (4,8-62,2 мг/кг) и Zn (3,3-26,6 мг/кг); накопление в минеральных горизонтах Cr (0,1-6,6 мг/кг) и Fe (84,5-6430 мг/кг) связано с геологическим строением Байкальского региона.

В почвах Забайкальского национального парка и пос. Новый Энхалук превышения ПДК зафиксированы только у одного ТМ – Cu. Однако в Байкальском заповеднике зафиксированы также превышения таких микроэлементов, как Pb, Mn, Cr, Zn. Превышение ПДК Cu (в 2 раз), Mn (в 1,4 раз) говорит об особенностях геологического строения данной территории. Также, повышенное содержание Cu свойственны подстилающим горным породам данного региона, а также почвам, богатым органикой. Также отмечены незначительные превышения ПДК таких элементов, как Cr, Zn. Однако высокое содержание хрома может свидетельствовать об особенностях химического строения подстилающих пород Байкальского региона. В результате, были сделаны выводы о повышенном содержании в почвенном покрове таких подвижных форм, как Cu, Mn, Pb.

#### **Рекомендации:**

Чтобы анализировать эколого-геохимическую характеристику почвенного покрова Байкальского регион, необходимо провести ещё ряд исследований на содержание различных загрязняющих веществ. Однако рекомендуется на территории Байкальского заповедника и Забайкальского национального парка проводить регулярный мониторинг экологического состояния почв.

## Список использованных источников

Научная литература:

1. Балсанова Л.Д., Гынинова А.Б., Цыбикдоржиев Ц.Ц., Гончиков Б.-М. Н., Шахматова Е.Ю. Генетические особенности почв бассейна озера Котокельское (Восточное Прибайкалье) // Почвоведение. - 2014. - № 7. - С. 1-9.
2. Балсанова, Л. Д. Выбор методов и индикаторов для мониторинга состояния лесных почв Забайкальского национального парка при рекреационном использовании / Л. Д. Балсанова, Б. Б. Найданов // Биологическое разнообразие и устойчивость лесных и урбоэкосистем. Первые международные чтения памяти Г.Ф. Морозова : Материалы научно-практической конференции, Ялта, 12–15 сентября 2019 года. – Ялта: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2019. – С. 160-163.
3. Балсанова, Л. Д. Разнообразие лесных почв полуострова Святой нос в Забайкальском национальном парке / Л. Д. Балсанова, Б. Б. Найданов // Биологическое разнообразие и устойчивость лесных и урбоэкосистем. Первые международные чтения памяти Г.Ф. Морозова : Материалы научно-практической конференции, Ялта, 12–15 сентября 2019 года. – Ялта: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2019. – С. 9-13.
4. Белозерцева И.А, Кичигина Н.В, Абалаков А.Д, Дроков В.В, Марышкин Д.И. Особенности химического состава вод и почв в Приольхонье на побережье Байкала // Успехи современного естествознания. - 2014. - № 5-2. - С. 195-196.
5. Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Гагаринова О.В., Янчук М.С., Лопатинова Д. Н. Экологическое состояние побережья озера Байкал и его влияние на загрязнение озера//Успехи современного естествознания 2018. С. 85-95.
6. Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Лопатина Д.Н., Янчук М.С. Загрязнение атмосферы и содержание фтора в снеге на акватории оз. Байкал//Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С. 735.
7. Болонева М.В., Афанасьева Л.В. Экологическое состояние залежей восточного Прибайкалья // Агрехимия. - 2011. - № 33. - С. 56-62.
8. Вашукевич О.Ю. Оценка степени рекреационной дигрессии на территории экологической тропы байкальского биосферного заповедника // Антропогенная трансформация природной среды. 2012. №1. С. 96-100.
9. Гагаринова О.В., Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н. 2018. Степень трансформации устьевых областей притоков оз. Байкал. Природа Внутренней Азии, 4 (9): 15-26.

10. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2017 году». – Иркутск: АНО «КЦ Эксперт», 2018 – 340 с.: илл.
11. Гынинова А.Б., Балсанова Л.Д. Геохимическая обстановка в Селегинском среднегорье и разнообразие почв // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, географии. 2014. №4-2. С. 59-64.
12. Ермакова О.Д. экология бурых горно-лесных почв хребта Хамар-Дабан. 2012. С. 24.
13. Ефимова Е.А. Загрязнение экосистемы озера Байкал // МНСК-2018: ЭКОНОМИКА. 2018. С. 114-115.
14. Извлечение химических элементов из горных пород Байкальской водой и органическими соединениями / А. Н. Сутурин, Н. Н. Куликова, С. М. Бойко, Е. В. Сайбаталова // Геохимия. – 2013. – № 5. – С. 471.
15. Китаев Н.А. Гребенщикова В.И. Геохимические особенности почв ландшафтных областей Прибайкалья // Вестник государственного технического университета. – 2012. С. 39-43.
16. Методы физико-химического анализа почв и растения. Методические указания. / Авторы: Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю.-СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. 70 с
17. Сенькин О.В., Опекунова М.Г., Щербаков В.М. Ландшафтно-экологическое картографирование и экологическая оценка нарушенных территорий с применением методов биоиндикации. Учебно-методическое пособие. Издательство СПбГУ. Санкт-Петербург, 2000. 68 с.
18. Убугунова В.И. Разнообразие почв Байкальского государственного заповедника // Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования. – 2012. – С. 77-79
19. Чепинога В.В. К вопросу классификации высокогорной растительности восточного Саяна и Хамар-Дабана// Итоги и перспективы геоботанических исследований в Сибири. Новосибирск. 2019. С. 119-120.
20. Чертко, Н. К. Математические методы в географии: пособие для студентов геогр. фак. / Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко. – Минск: БГУ, 2008.– с.
21. Шарова О.Г., Безрукова Е.В., Летунова П.П., Кулагина Н.В., Щеников А.А., Филинов И. А., Иванов Е.В., Левина О.В. Растительность и климат Танхойской подгорной равнины (южное побережье оз. Байкал) в позднеледниковье и голоцене// Известия иркутского государственного университета. – Изд-во Иркутского государственного.

Иностранная литература:

22. Belozertseva Irina A., Sorokovoy Andrey A., Enkhtavan Dangaа. 2018. Landscape-geochemical principles of mapping of soil degradation and pollution (the example of the basin of lake baikal), Irkutsk, 2018, pp. 177-180
23. Daly G.L., Wania F. Organic Contaminants in Mountains // Environ. Sci. Technol. 2005. V. 39. № 2. P. 385-398.
24. Ecologically focused planning of land use in the Baikal region. Olkhon district / Ed. A.N.Antipov. Irkutsk: IG SB RAS, 2004. 147 p.
25. Soils of the Lake Baikal Drainage Basin: Results of Research for 1980–2017 / L. L. Ubugunov, V. I. Ubugunova, A. B. Gyninova [et al.] // Geography and Natural Resources. – 2018. – Vol. 39. – No 4. – P. 332-342.
26. Znamenskaya T.I., Vanteeva J.V., Solodyankina S.V. Factors of the development of water erosion in the zone of recreation activity in the Ol'khon region // Eurasian Soil Science. 2018. No. 2. P. 221-228.

Электронные ресурсы:

27. Бурятский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2021. [Электронный ресурс]. - <http://www.burpogoda.ru/>(дата обращения 15.04.21)
28. Классификация и диагностика почв России. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с. [Электронный ресурс]. — <http://soils.narod.ru/taxon/type/a.html> (дата обращения 22.11.21).
29. Официальный сайт Байкальского государственного биосферного заповедника. [Электронный ресурс]. - <http://baikalzarovednik.ru/reserve> (дата обращения 14.04.21)

Нормативные документы:

30. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: Постановление главного санитарного врача от 28 января 2021г № 2 // САНПиН 1.2.3685-21. – 2021. - № 2. – 990 с.
31. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
32. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Почвы. Общие требования к отбору проб.
33. ГОСТ 17.4.1.02-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

pH<sub>H2O</sub>, pH<sub>KCl</sub>

№ п/п	Название почвы	№ разреза, генетический горизонт, глубина, см	Проба	pH	
				Солевой	Водный
1	Подбур иллювиально-железистый	№9, АО, 0-3	30	3,85	5,29
2		№9, А, 4-15	31	3,59	4,71
3		№9, ВHF, 15-23	32	3,92	4,48
4		№9, ВF, 24-51	33	4,38	5,60
5		№9, ВС, 51-65	34	4,26	5,14
6	Подбур иллювиально-железистый	№10, Ох, 3-7	35	3,96	4,69
7		№10, ВHF, 7-25	36	3,86	4,74
8		№10, ВF, 24-51	37	4,49	5,35
9	Подубр иллювиально-железистый	№11, АУ, 3-10	38	3,83	4,89
10		№11, ВF, 10-47	39.1	4,55	5,26
		№11, ВF, 10-47	39.2	4,50	4,54
11	Подбур глееватый	№12, О, 0-4	40	3,47	4,26
12		№12, АУ, 4-19	41	3,73	4,53
13		№12, ВHF, 19-24	42	3,00	4,45
14		№12, ВF, 24-63	43	4,62	5,01
15	Подбур иллювиально-железистый	№13, АУ, 4-13	44	3,56	3,30
16		№13, ВHF, 13-20	45	3,86	4,68
17		№13, ВF, 20-46	46	3,91	4,50
18	Подбур иллювиально-железистый	№14, АУ, 3-7	47	4,34	5,93
19		№14, ВHF, 7-49	48	4,82	6,44
20		№14, ВF, 49-68	49	4,60	5,11
21		№14, В, 68-72	50	4,39	6,11
22	Подбур перегнойный	№15, Н, 0-12	51	3,89	4,94
23		№15, В, 12-48	52	4,08	4,92
24	Подбур иллювиально-гумусовый	№16, АУ, 6-14	53	5,10	5,93
25		№16, ВHF, 14-51	54	5,34	6,59
26	Дерново-подбур	№17, АУ, 4-14	55	4,22	5,55
27	иллювиально-гумусовый	№17, ВF, 14-41	56	4,27	5,90



Приложение 2

Содержание подвижных форм ТМ в почве, мг/кг (красным цветом выделены значения, превышающие фоновые и ПДК)

№	Координаты	h н.у.м	Тип почвы	№ пробы	Горизонт	Глубина, см	Мг/кг										
							Va ОДК=390 мг/кг	Cd ОДК=2,0	Co ПДК=5,0	Cr ПДК=6,0	Cu ПДК=3,0	Fe Фон=55-264	Mn ПДК=60	Ni ПДК=4,0	Pb ПДК=6,0	V ПДК=150	Zn ПДК=23,0
Профиль 3 ПК 9 Разрез № 9	N51°32'20.02'' E105°07'11.83''	537	Подбур иллювиально-железистый	30	АО	0-3	33,2	нпо	0,434	2,22	5,07	1675	54,8	0,857	2,3	0,319	26,6
				31	A	3-15	19,25	нпо	0,51	6,6	3,23	6430	44,9	1,544	Нпо	0,408	9,24
				32	BHF	15-23	35,6	нпо	0,729	2,6	3,14	327	33,9	0,574	Нпо	Нпо	6,66
				33	BF	24-51	31,2	нпо	0,943	3,22	3,09	797	45	0,622	Нпо	0,194	5,94
				34	BC	51-65	15,65	нпо	0,309	3,76	2,163	1140	65,6	0,655	Нпо	0,248	6,69
Профиль 3 ПК 10 Разрез № 10	N51°32'4.2'' E102°07'11.2''	548	Подбур иллювиально-железистый	35	Ох	3-7	17,00	нпо	0,111	2	2,163	1160	66	0,655	Нпо	0,25	6,69
				36	BHF	7-25	9,64	нпо	0,152	4,5	4,33	1530	8,03	1,28	Нпо	0,278	7,97
				37	BF	24-51	25,4	нпо	0,832	3,32	2,81	236	28,4	0,793	Нпо	Нпо	8,34
Профиль 4 ПК 11 Разрез 11	N51°27'36.2'' E104°53'42.2''	469	Подбур иллювиально-железистый	38	О	3-10	11,66	нпо	0,211	2,05	3,227	1050	86,9	0,621	6,464	0,22	7,23
				39,1	AY	10-47	9,97	нпо	0,207	4,2	2,66	708	10,03	0,538	Нпо	0,273	5,97
				39,2	BF	10-47	4,8	нпо	0,224	0,831	1,575	93,1	10,32	Нпо	Нпо	Нпо	3,271
Профиль 4 ПК 12 Разрез 12	N51°27'35.5'' E104°53'39.1''	498	Подбур глееватый	40	О	0-4	3,411	нпо	0,082	0,687	1,266	591,4	4,611	Нпо	Нпо	Нпо	4,256
				41	AY	4-19	6,21	нпо	0,055	1,175	3,52	736	2,54	0,421	Нпо	0,306	11,16

				42	BHF	19-24	5,24	нпо	Нпо	3,5	3,24	5210	2,56	1,022	Нпо	0,588	4,48
				43	BF	24-63	10,07	нпо	0,304	2,021	5,06	328	32,1	0,401	Нпо	Нпо	7,4
Профиль 3 ПК 13 Разрез № 13	N51o32'19,0 E105o07'6.6	525	Подбур иллювиально-железистый	44	AY	4-13	30,19	нпо	0,544	0,65	3,226	279,1	38,9	0,525	0,921	Нпо	8,27
				45	BHF	13-20	25,2	нпо	0,185	1,31	2,686	424	2,386	0,63	Нпо	Нпо	9,21
				46	BF	20-46	28,9	нпо	0,193	2,12	1,697	304	2,49	0,474	Нпо	Нпо	7,12
Профиль 5 ПК 14 Разрез № 14	N52o32.922 E107o08.86 6'	459	Подбур иллювиально-железистый	47	AY	3-7	34,1	нпо	0,653	0,413	1,551	170,5	40,8	0,381	0,584	Нпо	5,32
				48	BHF	7-49	56	нпо	0,307	0,506	2,992	204,1	18,85	0,562	Нпо	Нпо	4,82
				49	BF	49-68	26	нпо	0,086	0,217	3,363	166,8	4,18	0,399	Нпо	Нпо	4,38
				50	B	68-72	21,94	нпо	0,141	0,242	2,589	84,5	4,49	0,535	Нпо	Нпо	5,18
Профиль 5 ПК 15 Разрез № 15,	N51°27'35.5 E104°53'39. 1''	480	Переговойный	51	H	0-12	38,7	нпо	0,673	0,32	3,355	727	48,1	0,939	0,662	0,362	6,23
				52	B	12-48	18,46	нпо	1,023	0,303	2,869	329	19,33	0,753	0,62	0,464	4,04
Профиль 6 ПК 16 Разрез № 16 нац. Парк	N53°39'38.1 E108°58'43. 71''	472	Подбур иллювиально-гумусовый	53	AY	6-14	62,2	нпо	0,385	0,229	2,862	182,8	2,45	0,669	нпо	Нпо	6,02
				54	BHF	14-51	49,8	нпо	0,327	0,128	4,53	87	55,3	0,469	нпо	Нпо	5,19
Профиль 6 ПК 17 Разрез № 17	N53°53.618' E108°58.829'	461	Дерново-подбур иллювиально-гумусовый	55	AY	4-14	41,2	нпо	0,755	0,209	3,831	387	37,2	1,061	нпо	Нпо	5,9
				56	BHF	14-41	83	нпо	0,428	0,365	4,03	343	3,01	0,777	нпо	Нпо	5,29